



Department of Process Engineering

قسم هندسة الطرائق

Ref :...../U.M/F.S.T/2024

رقم :..... / ج.م.ك.ع.ت//2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : **GÉNIE DES PROCÉDÉS**

Option: **GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT**

THÈME

**Evaluation de l'efficacité et le fonctionnement de la station
d'épuration des eaux usées (STEP de Sablette- Mostaganem)**

Présenté par

- 1- KROMBA Nawel
- 2- RAZALI Wahiba

Soutenu le 24 / 06 / 2024 devant le jury composé de :

Président :	AZIZ Abdellah	Pr	Université de Mostaganem
Examinatrice :	BELHADJI Amel	MCA	Université de Mostaganem
Rapporteure :	BESBES Anissa	MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont à **Dr BESBES Anissa** d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.*

*Nous remercions les membres du jury **Pr AZIZ Abdellah** et **Dr BELHADJI Amel** qui ont bien voulu accepter d'examiner ce travail.*

Nous tenons à remercier madame le Cheffe de département de génie des procédés.

*Nous tenons également à remercier Mr **BENTOUNES** et tout le personnel de la station d'épuration des eaux usées de Salamandre pour leur accueil, disponibilité et leur contribution par les données et les documents nécessaires.*

Nos vifs remerciements vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.

Dédicaces

Avec l'aide d'Allah le tout puissant et miséricordieux, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie :

*A mon cher père **Nasredinne** et à ma tendre mère **Fatiha** mes plus chers êtres sur la terre, pour m'avoir aidé avec leurs conseils et leur soutien moral. Je prie Allah pour leur accordé la bonne santé et la prospérité.*

*À mon frère **Mohamed** et mes sœurs **Rahma** et **Aya** et Tous mes amis Et surtout **Houda** et **Ghizlene***

*A mes chères cousines **Aicha**, **Feriel**, **Marwa**, **Karima** et **Hamida**.*

A toute la famille et spécialement mes chères tantes.

*A mon cher binôme **Wahiba** pour son courage qui nous a permis d'achever ce travail malgré tout ce que nous avons enduré.*

A l'ensemble de mes collègues d'étude master 2 Génie des procédés de l'environnement promotion 2023/2024.

A tous mes enseignants, qui m'ont suivi dès mes premières années d'école jusqu'ici.

Nawel

ملخص

يتكون هذا العمل من تقييم كفاءة معالجة مياه الصرف الصحي في محطة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام عملية الحماية المنشطة. أظهرت نتائج التوصيف الفيزيوكيميائي للعينات المأخوذة خلال أسبوعين من شهر فيفري مطابقة للمعايير الجزائرية كما كشف القياس الكمي للمعايير تلوث المياه المعالجة بعد المرور التدفق عبر مراحل المعالجة المختلفة. إن المحطة تقلل من حمولة الملوثات. تظل عائدات التنقية مرضية الى حد ما وتلبي اهداف محطة معالجة مياه الصرف الصحي من حيث التصريف. وهذا يدل على فعاليات عمليات التنقية عن طريق المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة بحمولة منخفضة للمحطة.

الكلمات المفتاحية المياه العادمة-المياه النقية-الخصائص الفيزيائية والكيميائية-محصول لتنقية

Résumé :

Le présent travail consiste à une évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Sablette par procédé de boues activées. Les résultats de la caractérisation physico-chimique des échantillons prélevés durant deux semaines du mois de Février 2024 sont conformes aux normes algériennes, la quantification des paramètres de pollution des eaux traitées après le passage de l'effluent à travers les différentes étapes de traitement a révélé que la station de Sablette réduit la charge polluante. Les rendements épuratoires restent moyennement satisfaisants et répondent aux objectifs de la STEP en termes de rejets. Ce qui montre montrent l'efficacité de procédés d'épuration par le traitement biologique à boues activées à faible charge de la STEP.

Mots clés : Eau usée, eaux épurées, caractéristique physico-chimiques rendements épuratoires.

Summary :

This work consists of an evaluation of the wastewater treatment efficiency at the Sablette wastewater treatment plant using an activated sludge process. The physicochemical characterization result of the samples taken during two weeks of February 2024 comply with algerian standards. The pollution parameters quantification of treated water after the passage of the effluent through the different stages of treatment revealed that the Sablette station reduce the pollutant load. The purification yields remain moderately satisfactory and meet the WWTP's objectives in term of discharges. This shows the purification processes effectiveness by biological treatment with activated sludge at low load of WWTP.

Key words : Waster water, purified water, physico-chemical characteristic purifying yields

SOMMAIRE

Remerciements	i
Dédicace	ii
Résumé	iii
Sommaire	iv
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	viii
Liste des abréviations	ix
Introduction générale	01
CHAPITRE I GENERALITES SUR L'EPURATION DES EAUX USEES	
I-1 Introduction	03
I-2 Eaux usées	03
I- 3 Epuration des eaux usées	03
I-2-1 Le rôle principal	03
I-2-2 La réutilisation des eaux usées traitées en Algérie.....	03
I-2-3 Les principes du traitement des eaux.....	04
I-2-4 Les procédés d'épuration	04
I-4 Impacts des eaux usées	05
I-4-1 Impact sur l'environnement.....	05
I-4-2 Impact sur la santé humaine	06
I-5 Origine des eaux usées	06
I-5-1 Les eaux usées domestiques	06
I-5-2 Les eaux usées industrielles	07
I-5-3 Eaux pluviales.....	07
I-5-4 Les eaux usées agricoles.....	07
I-6 Composition des eaux usées	07
I-7 Paramètres des eaux usées	09
I-7-1 Paramètres Organoleptiques	09
I-7-2 Paramètres physiques.....	09
I-7-3 Paramètres chimiques	09
I-7-4 Paramètres Microbiologiques	11

I-8 Avantages de l'épuration des eaux usées	12
I-9 Conclusion	12
CHAPITRE II PRESENTATION DE LA STATION ET PROCEDE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES	
II-1 Introduction	13
II-2 Système d'épuration à Mostaganem.....	13
II-3 Présentation de STEP de Salamandre.....	14
II.3.1 Situation géographique de STEP.....	15
II.3.2 Rôle et objectif de STEP.....	16
II.3.3 Principe de fonctionnement.....	16
II.3.4 Caractéristiques techniques de la STEP.....	16
II.3.5 Point de rejet (destination).....	17
II.4 Les étapes d'épuration des eaux usées.....	17
II.4.1 Prétraitement	17
II.4.2 Traitement primaire.....	19
II.4.3 Traitement secondaire	20
II.4.4 Traitement tertiaire.....	21
II.4.5 Traitement des boues.....	21
II.5 Conclusion	24
CHAPITRE III EVALUATION DU FONCTIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION	
III-1 Introduction	25
III-2 Evaluation des paramètres Organoleptiques.....	25
III.2.1 Couleur	25
III.2.2 Odeur.....	26
III.3 Evaluation des paramètres physiques	26
III.3.1 Température.....	26
III.3.2 Matières en suspension (MES).....	27
III.4 Evaluation des paramètres chimiques	31
III.4.1 Potentiel d'Hydrogène (pH)	31
III.4.2 Oxygène dissous	33
III.4.3 Conductivité électrique	34

III.4.4 Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	36
III.4.5 Demande chimique en oxygène (DCO)	39
III.4.6 V30	44
III.4.7 Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	46
III.4.8 Le Phosphore (Ortho phosphate)	48
III.4.9 Nitrate (NO ₃ ⁻)	49
III.4.10 Matières volatiles en suspension (MVS%).....	51
III.5 Performances de fonctionnement de la station.....	53
III .5.1 Rendement d'élimination de (DBO ₅)	53
III .5.2 Rendement d'élimination de (DCO)	54
III .5.3 Rendement d'élimination de (MES)	54
III.6 Principaux problèmes de la STEP	54
III.7 Conclusion.....	55
Conclusion générale.....	56
Références bibliographiques	57

Listes des figures

Figure	Titre	Page
I-1	Les étapes d'épuration des eaux usées	4
I-2	Les procédés de traitement des eaux usées	5
I-3	Composition des eaux usées	8
II-1	Plan global de la station d'épuration des eaux usée Salamandre –Mostaganem	14
II-2	Dégrilleur grossier	18
II-3	Décantation primaire	20
II-4	Décantation secondaire (clarification)	21
II-5	Epaississement des boues	22
II-6	Bassin de stabilisation	23
II-7	Déshydratation par le procédé de filtre bande	23
III-1	Couleurs des échantillons d'eau brute et épurée	25
III-2	pH-mètre et conductimètre	26
III-3	Variation temporelle des températures des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.	27
III-4	Méthode de filtration	28
III-5	Variation temporelle de la matière en suspension (MES) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie	31
III-6	pH-mètre	32
III-7	Variation temporelle des Potentiels d'hydrogènes (pH) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.	32
III-8	Oxymètre	33
III-9	Variation temporelle des oxygène dissous (O ₂) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.	34
III-10	Conductimètre	35
III-11	Variation des teneurs de la conductivité électrique des eaux d'entrée et de la sortie .	35
III-12	Etuve Réfrigérée DBO ₅ (Oxytop)	37
III-13	Variation temporelle de (DBO ₅) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie	39
III-14	Dispositif de la détermination de la DCO	43
III-15	Variation temporelle de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.	44
III-16	Spectromètre	47
III-17	Variation des teneurs de (NH ₄ ⁺)des eaux d'entré et de la sortie	47
III-18	Variation temporelle des Ortho Phosphates (PO ₄ ³⁻) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.	49
III-19	Variation des teneurs des Nitrates (NO ₃ ⁻) des eaux de l'entré et de la sortie	51

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
II-1	Différents stations d'épuration de la wilaya de Mostaganem	13
II-2	Charge hydraulique entre STEP Mostaganem (STEP Salamandre).	16
II-3	Charge de pollution prise en compte -horizon 2030 (STEP Salamandre)	16
II-4	Qualité des eaux traitées (STEP Salamandre).	17
II-5	Les dimensions de la grille grossier	18
II-6	Les dimensions de la grille fine.	19
III-1	Valeurs des températures en ($^{\circ}\text{C}$)	27
III-2	Valeurs de MES pour le 1 ^{er} jour	29
III-3	Valeurs de MES pour le 2 ^{eme} jour.	29
III-4	Valeurs de MES pour le 3 ^{eme} jour.	30
III-5	Valeurs de MES pour le 4 ^{eme} jour	30
III-6	Valeurs de MES pour le 5 ^{eme} jour	30
III-7	Valeurs de pH	32
III-8	Valeurs de l'oxygène dissous en mg/l	33
III-9	Valeurs de la conductivité électrique en $\mu\text{s}/\text{cm}$	35
III-10	Facteur de conversion de la DBO_5 en fonction du volume de prise	37
III-11	Pesées d'inhibiteur de nitrification par rapport aux volumes de la DBO_5	38
III-12	Valeurs de DBO_5	38
III-13	Valeurs de la DCO en mg/l	43
III-14	Valeurs des indices de boue	45
III-15	Valeurs d'ortho phosphate (PO_4^{3-})	49
III-16	Valeurs de nitrate (NO_3^-)	50
III-17	Valeurs de MVS	52
III-18	Valeurs de MES en mg/L pendant 5 jours	54

Liste des abréviations

- STEP** : Station d'Épuration des eaux usées.
- ONA** : Office National de l'Assainissement.
- OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- EB** : Entrée brute.
- EE** : Eau Epurée.
- pH**: Potentiel Hydrogène.
- MES** : Matière en suspension.
- DBO** : Demande Biologique en Oxygène.
- DBO₅** : Demande biochimique en oxygène à cinq jours
- DCO** : Demande Chimique en Oxygène.
- IB** : Indice de boue.
- T°C** : Température.
- PO₄⁻³**: Ortho-Phosphate.
- NO₃⁻** : Nitrate.
- NH₄⁺** : Ammonium.
- O₂**: Oxygène.
- CE** : Conductivité électrique
- MO** : Matière organique
- MVS** : Matières volatile sèche
- MS** : Matière Sèche
- µs/cm** : Micro siemens sur centimètre
- mg/l** : Milligramme par litre
- BP** : Boue primaire
- BA1** : Bassin aéré 1
- BA2** : Bassin aéré 1/2
- BR** : Boue Recirculée
- BE** : Boue Epissée (boue en excès +boue primaire)
- BS** : Boue stabilisée
- BD** : Boue déshydratée

Introduction générale

L'eau demeure le principal constituant des êtres vivants et l'élément indispensable à toute forme de vie. Sans eau, aucun organisme, qu'il soit végétal ou animal, simple ou complexe, petit ou gros, ne peut vivre. La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique de ses qualités naturelles, provoquée par les activités de l'homme. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune et affecte l'équilibre écologique des écosystèmes. Elle est provoquée par les activités domestiques, industrielles ou agricoles nécessaires aux besoins quotidiens des populations et leur développement socioéconomiques. En Algérie, le procédé d'épuration par boues activées est le plus utilisé pour traiter les eaux usées urbaines, ce procédé a des performances épuratrices et une fiabilité très importante.

Des facteurs structurels et économiques liés au développement des secteurs agricole et industriel viennent encore accroître la demande et les besoins en **eau [1]**. Face aux pénuries d'eau dans les dernières décennies et afin de préserver les ressources en eau encore saines, et la protection de l'environnement ainsi que la santé publique. L'Algérie a adopté un programme riche en termes de traitement des eaux usées par la mise en service à la fin de l'année 2010, de plus d'une centaine de stations d'épuration, qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant-à-elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux [2].

Les boues d'épurations sont considérées comme une importante source de biomasse en Algérie, cependant leur utilisation comme source d'énergie reste restreinte par rapport à d'autres pays dans le monde [3].

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires et les rendements de la station d'épuration (Salamandre) de la ville de Mostaganem en analysant les paramètres suivants : DCO, DBO₅, MES, la turbidité, les matières azotées, ortho phosphates, le pH, la température et la conductivité de l'eau.

Pour aboutir à notre objectif, notre mémoire comporte trois chapitres :

- Des généralités sur l'épuration des eaux usées sont données au **premier chapitre**.
- Dans **le deuxième chapitre**, nous présentons la station et les procédés d'épuration des eaux usées.
- Dans **le troisième chapitre**, sont exposés les résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau épurée afin d'évaluer l'efficacité et le fonctionnement de la station.

Chapitre I

Généralités sur l'épuration des eaux usées

I.1 Introduction

Les eaux usées, provenant des activités humaines, sont chargées de polluants et se divisent en eaux domestiques, industrielles, agricole et pluviales. Les eaux domestiques incluent les eaux grises (douche, cuisine, lessive, l'eau de vaisselle) et les eaux noires (toilettes). Il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets pour avoir une bonne qualité avant de les rejeter dans l'environnement.

I.2 Eaux usées

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique. Les eaux usées, qui sont un mélange de plusieurs types d'eaux et pour éviter la pollution, sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées [4]

I.3 Epuration des eaux usées

I.3.1 Le rôle principal

Le rôle principal d'épuration des eaux usées est de les nettoyer et de les assainir avant qu'elles ne soient réintroduites dans les cours d'eau. Les stations d'épuration collectives et les systèmes d'assainissement individuels jouent un rôle crucial dans la gestion des eaux usées produites par les foyers. Le traitement des eaux usées est un processus scindé en plusieurs étapes, qui vise à séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur.

I.3.2 La réutilisation des eaux usées traitées en Algérie

L'Algérie dispose actuellement de 137 stations d'épuration des eaux usées, produisant un volume estimé à 16 millions de mètres cubes d'eaux usées traitées par an. La réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale [5]. Les principales utilisations des eaux usées épurées sont :

- **Utilisations agricoles** : « irrigation » est la plus répandue, permettant d'exploiter la matière fertilisante contenue dans ces eaux réalisant ainsi une économie d'engrais ;
- **Utilisations Municipales** : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, lutte contre les incendies
- **Utilisations industrielles** : refroidissement

- **Amélioration des ressources** : recharge des nappes pour la lutte contre les rabattements des nappes et la protection contre l'intrusion des biseaux salés en bord de mer.

I.3.3 Les principes du traitement des eaux

1. Le prétraitement commence par le dégrillage : séparation des déchets solides les plus gros, retenus par un système de tamis ou de grilles.
2. Le prétraitement se poursuit par le dessablage - dégraissage : élimination des graisses par flottaison et des matières lourdes par décantation.
3. Le traitement biologique par boues activées : les micro-organismes (bactéries) transforment la pollution dissoute en boues biologiques par une alternance de phase d'aération et de repos dans des bassins. Le traitement biologique est la transformation de la pollution par des bactéries en gaz carbonique, eau traitée et boues
4. La clarification sépare les boues de l'eau qui, dépolluée à plus de 90 %, est ensuite rejetée dans le milieu naturel.
5. Le traitement des boues consiste à concentrer la matière organique en filtrant les boues liquides pour obtenir des boues solides plus facilement transportable et stockable.

En règle générale, pour les stations collectant plus de 1000 équivalents-habitants, l'épuration des eaux usées arrivant à l'usine, est effectuée par un traitement biologique et suit les étapes citées ci-dessus et mentionnées sur **la figure I.1**

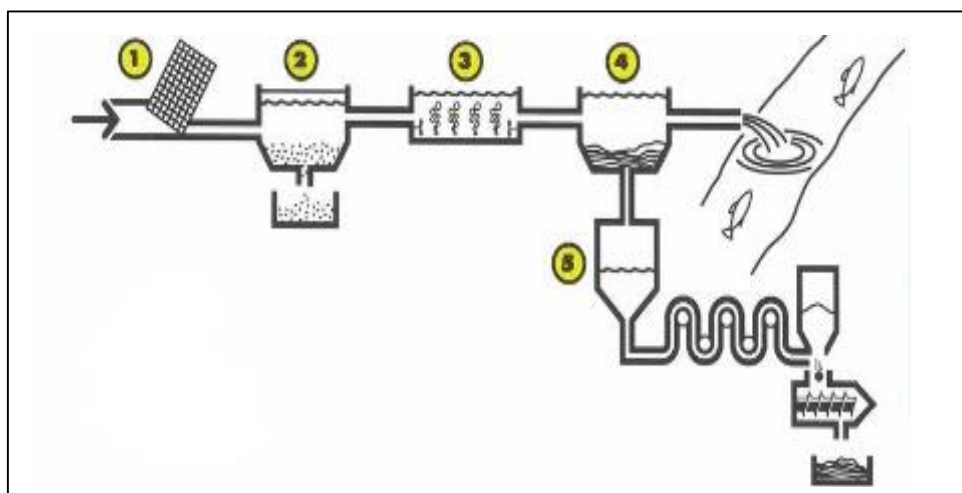


Figure I.1 : Les étapes d'épuration des eaux usées

I.3.4 Les procédés d'épuration

Les procédés d'épuration visent à éliminer les composés indésirables des produits traités, des effluents liquides et gazeux, pour éviter des impacts nocifs sur les utilisateurs des produits fabriqués et l'environnement. Les processus d'épuration passent par quatre étapes successives :

- Les prétraitements.
- Le traitement primaire.
- Le traitement secondaire (biologique).
- Le traitement tertiaire.

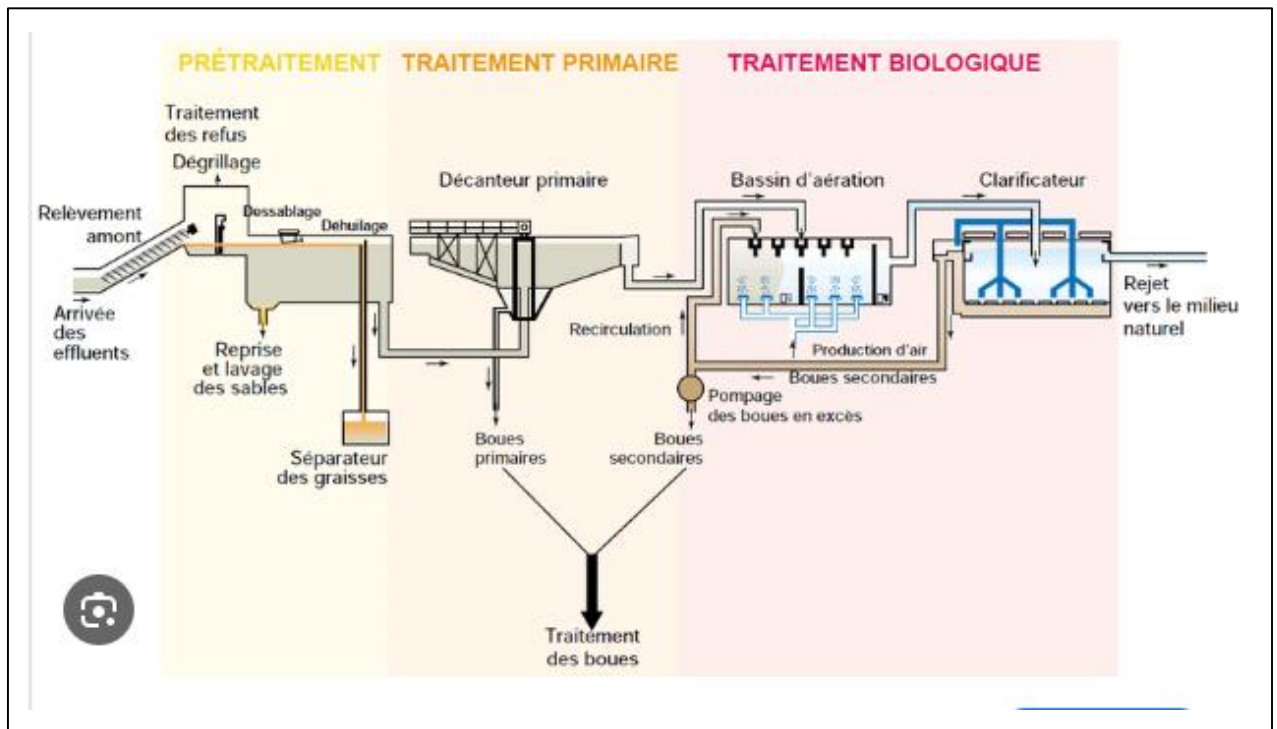


Figure I.2 : Les procédés de traitement des eaux usées

Le choix des procédés d'épuration des eaux usées est crucial pour garantir une efficacité énergétique et une performance globale optimales, en prenant en compte des multicritères tels que l'efficacité épuratoire, énergétique et environnementale.

I.4 Impacts des eaux usées

La quantité de pollution rejetée est devenue incompatible avec les capacités d'autoépuration des cours d'eau et provoque des conséquences néfastes sur la santé publique et l'environnement [8]

I.4.1 Impact sur l'environnement :

Les rejets d'eaux usées non-traitées ou partiellement traitées dans l'environnement entraînent la pollution des eaux de surface, du sol et des eaux souterraines. Une fois rejetées dans les plans d'eau, les eaux usées sont diluées et transportées en aval ou s'infiltrent dans les aquifères, où elles peuvent affecter la qualité (et donc la disponibilité) des approvisionnements en eau douce

[9]. Parmi Les conséquences du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate on peut citer :

- Diminution de la teneur en oxygène dissous.
- Présence de produits toxiques.
- Prolifération d'algues.
- Modification physique du milieu récepteur.
- Présence de bactéries ou virus dangereux [10].

I.4.2 Impact sur la santé humaine :

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites) et des éléments toxiques qui sont dangereux pour la santé humaine. L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 million de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue par un risque pour la santé [10].

I.5 Origine des eaux usées

Selon l'origine des eaux usées, quatre grandes catégories sont distinguées :

- Les eaux usées domestiques
- Les eaux usées industrielles
- Les eaux pluviales
- Les eaux agricoles

I.5.1 Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau, elles sont essentiellement porteuses de pollution organique et elles proviennent essentiellement :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protéines) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses.

- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vanne qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme [11-12].

I.5.2 Les eaux usées industrielles

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme [13]. Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, et elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés [14].

I.5.3 Eaux pluviales

Elles peuvent aussi constituer la cause de pollutions importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles) et en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburant, ...).

I.5.4 Les eaux usées agricoles :

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement [15] :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides, ...).

I.6 Composition des eaux usées

Les eaux usées sont théoriquement composées de 99% d'eau et de 1% de matières en suspension colloïdales et dissoutes. Bien que la composition exacte des eaux usées varie naturellement entre différentes sources et au fil du temps, l'eau demeure de loin son constituant

principal .Les eaux usées domestiques et municipales sont susceptibles de contenir des charges bactériennes élevées, bien que la plupart des bactéries présentes dans les matières fécales humaines ne soient pas pathogènes en soi. Toutefois, lorsqu'une infection se produit, un grand nombre de microorganismes pathogènes (tels que les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes) sont répandus dans l'environnement par les matières fécales (**Figure I.3**) [16].

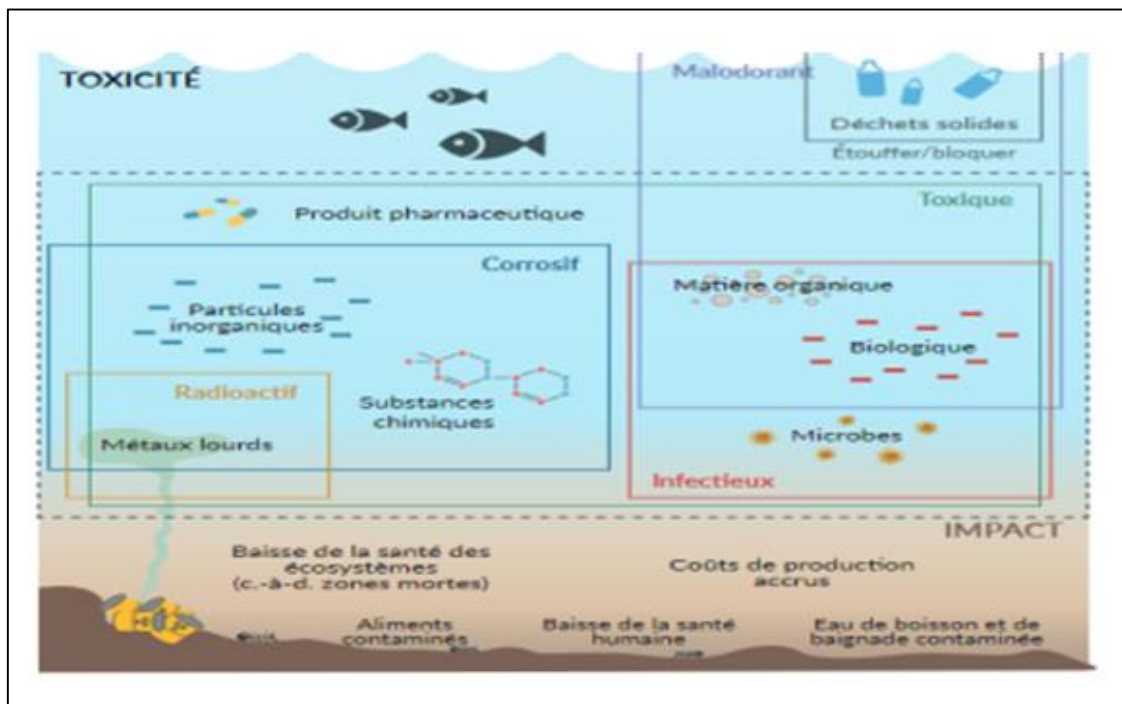


Figure I.3 : Composition des eaux usées

Les eaux usées issues d'activités industrielles et minières ainsi que de la gestion des déchets solides (par exemple le lixiviat des sites de décharge), peuvent également contenir des composés organiques toxiques tels que les hydrocarbures, les biphényles polychlorés (BPC), les polluants organiques persistants (POP), les composés organiques volatils (COV) et les solvants chlorés. De très petites quantités de certains composés organiques peuvent contaminer d'importantes quantités d'eau

Les conséquences du rejet d'eaux usées non-traitées ou traitées de façon inadéquate peuvent être classées en trois catégories : les effets indésirables sur la santé associés à une réduction de la qualité de l'eau, les effets environnementaux négatifs en raison de la dégradation des ressources en eau et des écosystèmes et les effets potentiels sur les activités économiques.

I.7 Paramètres des eaux usées

I.7.1 Paramètres Organoleptiques

I.7.1.1 Couleur

Les eaux usées fraîches sont normalement brunes et jaunâtres, mais avec le temps, elles deviennent noires.

I.7.1.2 Odeur

Les eaux usées, en particulier les eaux provenant des toilettes, sont responsable de dégagement d'odeurs désagréables soit par émission de gaz, soit par dégradation de la matière organique.

I.7.2 Paramètres physiques

I.7.2.1 Température

Pour les eaux résiduaires, elle est corrélée à la température extérieure tout en étant plus chaude car presque personne ne prend de douche froide [17].

I.7.2.2 Turbidité

En raison des matières en suspension (MES) fines comme les argiles, les grains de silice et les microorganismes [17], les eaux usées auront une turbidité plus élevée.

- **NTU < 5 => Eau claire**
- **NTU < 30 => Eau légèrement trouble**
- **NTU > 50 => Eau trouble**

I.7.2.3 Matières en suspensions (MES)

Les matières en suspension désignent les matières solides insolubles visibles à l'œil nu présentes en suspension dans un liquide. La présence de matières en suspension dans les eaux usées provoque le colmatage et la détérioration des installations par lesquelles transitent les effluents. Lorsqu'elles sont de nature organique, elles sont également sources de fermentation et d'infections possibles. [18].

I.7.3 Paramètres chimiques

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres chimiques sous diverses formes :

I.7.3.1 Potentiel Hydrogène :

Le pH (potentiel hydrogène) est la mesure de la concentration en ions hydrogène dans l'eau afin de déterminer l'alcalinité ou l'acidité de l'eau. L'acidité et l'alcalinité des eaux usées sont très importantes, car elles ont des conséquences importantes sur le traitement des eaux usées et sur l'environnement. En moyenne, le pH des eaux usées domestiques se situe entre 6,5 et 8,0.

Mais pour que les bactéries se développent dans la fosse septique, un pH de 6,5 à 7,5 est nécessaire. Il est donc vital de maintenir les eaux usées de la fosse septique dans cette plage de pH afin de maintenir les microorganismes en vie et en bonne santé.

I.7.3.2 Oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie des microorganismes pour les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. En effet, la forte présence de matière organique dans l'eau permet aux microorganismes de se développer tout en consommant de l'oxygène [17].

I.7.3.3 Conductivité électrique :

La conductivité électrique des eaux usées est la mesure de la capacité à transmettre le courant électrique. Plus la conductivité est élevée, plus l'électricité peut facilement circuler à travers l'eau. La conductivité peut fournir des informations précieuses sur la qualité et la composition de l'eau. En mesurant la conductivité, nous pouvons déterminer le niveau d'ions dissous, de sels et d'autres substances dans l'eau. Cette information est cruciale pour évaluer la santé et la sécurité de l'environnement, ainsi que pour gérer efficacement les processus de traitement des eaux usées [18].

I.7.3.4 Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO ou Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours, paramètre incontournable pour le traitement biologique des eaux usées, elle représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique présente dans un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours. En cas de forte pollution, la suractivité des micro-organismes provoque une baisse de la quantité d'oxygène dans l'eau. Par conséquent, la demande d'oxygène est élevée et son taux diminue, ce qui permet de quantifier la pollution. Ce paramètre est très utilisé pour évaluer les capacités d'une station d'épuration.

I.7.3.5 Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène dissous qui doit être présente dans l'eau pour oxyder les matières organiques chimiques. Elle est utilisée pour évaluer l'impact à court terme des effluents d'eaux usées sur les niveaux d'oxygène des eaux réceptrices. Lorsque les eaux usées traitées sont rejetées dans l'environnement, elles peuvent introduire une pollution sous forme de contenu organique dans les eaux réceptrices et les niveaux élevés de DCO des eaux usées indiquent des concentrations de matières organiques qui peuvent appauvrir l'oxygène dissous dans l'eau, entraînant des conséquences négatives sur l'environnement et la

réglementation. Pour aider à déterminer l'impact et limiter la quantité de pollution organique dans l'eau, la demande en oxygène est une mesure essentielle.

I.7.3.6 Azote ammoniacal (NH_4^+)

La présence d'ammoniaque en quantités importante est l'indice de contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. L'ammoniaque présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce. La proportion de (NH_4^+) augmente en fonction croissante du pH et de la température [19].



I.7.3.7 Phosphore

Le phosphore est un nutriment essentiel aux plantes et plus particulièrement à la croissance des algues. Le rejet de phosphore et d'autres nutriments essentiels dans les effluents d'eaux usées stimule la prolifération des algues dans les cours d'eau dans lesquels les eaux usées sont rejetées

I.7.3.8 Nitrate

Un excès de nitrates dans les eaux usées peut entraîner une contamination des eaux souterraines et générer ensuite des problèmes environnementaux comme l'eutrophisation, une croissance excessive d'algues et de plantes, qui perturbe les écosystèmes marins [17].

I.7.4 Paramètres Microbiologiques

Les paramètres microbiologiques font références à la présence et la quantité des organismes biologiques pathogènes, principalement l'Escherichia Coli, les streptocoques, les salmonelles, les virus, et les parasites. Ces paramètres doivent être tenu en compte et éliminés, afin d'assurer la désinfection des eaux, et limiter ainsi un danger pour la santé publique [20]. Les microorganismes les plus rencontrés sont :

I.7.4.1 Les bactéries

Elles possèdent la structure interne la plus simple de toutes les espèces vivantes. Les eaux usées brutes contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont 10^5 sont des entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridium. La concentration en bactérie pathogènes est de l'ordre $10^4/1$. Les plus fréquemment rencontrées, les salmonelles qui sont responsables de la typhoïde et des troubles intestinaux

I.7.4.2 Les virus

Ils se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau [21]. Leur concentration dans les eaux usées est comprise entre

10^3 et 10^4 particules/l. Parmi les virus entériques humains les plus importants nous avons les entérovirus, les rota virus et les rétrovirus.

I.7.4.3 Les parasite

L'OMS qualifie la présence des helminthes parasites, en particulier les nématodes intestinaux (*Ascaris*, *Trichuris*, *Ankylostoma*), comme principale contrainte pour la réutilisation des eaux usées en agriculture à cause de leur dose infectante faible et leur longue survie dans l'environnement [22]. De ce fait, l'aspect parasitologique des eaux usées doit faire l'objet d'une attention particulière avant tout projet de réutilisation des eaux usées en agriculture.

I.8 Avantages de l'épuration des eaux usées

L'épuration des eaux usées consiste à réduire la pollution présente dans l'eau. Cette pollution résulte d'activités humaines : à travers des utilisations domestiques, ou dans les réseaux industriels. Le traitement des eaux usées sert à s'assurer de sa qualité. En effet, l'eau traitée, considérée comme "eau propre", va être utilisée dans les activités humaines, ou rejetée en milieu naturel. Ces milieux peuvent être de différentes natures : rivière, mer, lac, etc. Il est important de ne pas rejeter de matières nuisibles aux espèces qui vivent dans le milieu naturel. Ces rejets sont régulés par les législations et arrêtés préfectoraux.

I.9 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de définir les eaux usées, leurs origines et leurs caractéristiques physico chimiques ainsi que les origines de la pollution, ces informations pouvant mettre une idée sur la technique de traitement qui doit suivre après l'accumulation de ces eaux usées dans une station d'épuration

Chapitre II

Présentation de la station et procédé de traitement des eaux usées

II.1 Introduction

A mesure que les populations urbaines augmentent et que les activités industrielles se développent, la production d'eaux usées devient de plus en plus importante. L'épuration des eaux usées vise à traiter ces eaux contaminées afin de les rendre propres et sûres pour le rejet dans l'environnement ou pour une réutilisation ultérieure. Ce processus implique l'utilisation de diverses technologies et méthodes, allant des traitements biologiques aux processus physico-chimiques. L'ensemble de ces méthodes permettent de purifier les eaux usées et de réduire leur impact sur l'environnement, contribuant ainsi à préserver la santé publique et les écosystèmes aquatiques.

II.2 Système d'épuration à Mostaganem

La wilaya de Mostaganem dispose d'un réseau étendu de dispositifs de traitement des eaux usées répartis à travers son territoire. Ces installations comprennent des stations de relevage, des stations de traitement et d'épuration (STEP) ainsi que des stations de lagunage. Parmi les différentes méthodes de traitement, le procédé des boues activées est largement utilisé. Ce procédé est l'une des solutions les plus répandues pour l'épuration des eaux usées dans les petites, moyennes et grandes collectivités.

Tableau II.1 Différents stations d'épuration de la wilaya de Mostaganem [23].

Commune	Nombre de station d'épuration (Lagune et STEP)
Hassi Mameche	Raccordé à la STEP Mostaganem
Mazagran	Raccordé à la STEP Mostaganem
Stidia	Raccordé à la STEP Mostaganem
Sour	1
Bouguirat	1
Sidi Ali	1
Khadra	1
Ain Nouissy	1
Fornaka	1
Masra	1
Sidi Lakhdar	1
Hadjadj	1
Kheir Edine	Raccordé à la STEP Mostaganem
Sayada	Raccordé à la STEP Mostaganem

II.3 Présentation de STEP de Salamandre

La station d'épuration de Salamandre est une unité de traitement et purification des eaux usées domestique de la ville de Mostaganem de type biologique (boue activée) à moyenne charge. Le projet de réalisation a duré 24 mois à partir du mois de Novembre 2014. Elle a été mise en exploitation en Mars 2017 sous la direction de BUTEC . En Mai 2019, sa gestion a été transférée à l'office national d'assainissement (ONA). La station est conçue pour traiter les eaux usées domestiques de la ville de Mostaganem, elle a une capacité de 56 000 m³ /jour pour traiter les eaux d'une population équivalente à 350 000 Eq /habitants.



Figure II.1 Plan global de la station d'épuration des eaux usée Salamandre –Mostaganem

Le service STEP de Salamandre se compose de :

- Chef de STEP.
- L'opérateur maintenance.
- Responsable maintenance.
- Des techniciens maintenance.
- Des agents maintenance.
- Des gardes.
- Des biologistes et chimiste.

Dans la station d'épuration Salamandre on trouve des blocs et deux filières (filière eaux, filière boues).

Blocs :

- Bloc administration.
- Bloc exploitation.
- Ateliers.

Filière eaux :

- Réception avec by-pass (déversoir d'orage).
- Fosse à bâtards.
- Dégrillage grossier.
- Relevage de tête.
- Comptage des eaux brutes.
- Dégrillage fin, by-pass.
- Dessablage déshuilage aéré.
- Décantation primaire.
- Bassin d'aération de type moyenne charge.
- Désinfection par hypochlorite de sodium.
- Canal de comptage des eaux épurées.

Filière boues :

- Recirculation des boues et extraction des boues en excès.
- Epaissement gravitaire des boues en excès.
- Stabilisation aérobie des boues.

Principaux ouvrages :

- Eaux industrielles et lavage machine.
- Poste toutes eaux.
- Eaux d'arrosage des espaces verts.
- Poste de livraison électrique.
- Groupe électrogène.

II.3.1 Situation géographique de STEP

La station d'épuration de Salamandre ou nous avons effectué notre stage, est située à Mostaganem en face de la mer, entre les Sablettes et la Salamandre, délimité au Nord par la mer, à l'Est par SOACHLORE et CELPAP, à l'Ouest par la station de pompage (SEOR) et au Sud par des terrains vagues. Elle s'étend sur une superficie de 12 hectares.

II.3.2 Rôle et objectif de STEP

La station d'épuration de Salamandre joue un rôle important, elle permettra la dépollution des eaux usées urbaines domestiques des régions ouest et sud de Mostaganem. Elle permet d'éviter le recours par les agriculteurs à l'utilisation des eaux brutes, et améliorer les conditions hygiéniques des populations [24].

II.3.3 Principe de fonctionnement

La station d'épuration de Salamandre est de type Boues activées à moyen charge. Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

II.3.4 Caractéristiques techniques de la STEP

Les bases retenues pour le dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées de Salamandre sont conformes au cahier de charge de l'appel d'offre est sont récapitulées dans les tableaux suivants :

Tableau II.2 Charge hydraulique entre STEP Mostaganem (STEP Salamandre).

Débit	Total 2030
Équivalent habitant	350 000 EH
Volume journalier	56 000 m ³ /j
Débit moyen en temps sec	2 334 m ³ /h
Débit de pointe temps sec (Qts)	3 735 m ³ /h
Débit max, admis en temps de pluie (Qtp)	5 600 m ³ /h

Tableau II.3 Charge de pollution prise en compte -horizon 2030 (STEP Salamandre)

Paramètres	Horizon 2030
Charge journalier DCO	47 250 Kg/j
Charge journalier DBO ₅	19 600 Kg/j
Charge journalier MES	24 500 Kg/j
Charge NTK	3 500 Kg/j
Charge en phosphore total (Pt)	880 Kg/j

Tableau II.4 Qualité des eaux traitées (STEP Salamandre).

Paramètres	Concentration	Rendement minimal d'élimination en %
DCO	≤ 90 mg/l	≥ 80
DBO ₅	≤ 30 mg/l	≥ 90
MES	≤ 30 mg/l	≥ 90

II.3.5 Point de rejet (destination)

II.3.5.1 L'eau épurée

Les eaux usées de la wilaya de Mostaganem destinées à l'unité de traitement des eaux usées (STEP) de Salamandre seront soumises à différents traitements visant à minimiser le risque de pollution. Les eaux traitées sont rejetées en mer après avoir été contrôlées selon les normes en vigueur.

II.3.5.2 Les sous-produits issus de l'épuration

Après le traitement des eaux usées dans la station, les sous-produits issus de l'épuration sont nommées les boues d'épuration, ils sont traités pour leur valorisation agricole.

II.4 Les étapes d'épuration des eaux usées

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Mostaganem est prévue pour traiter un débit journalier moyen de 56.000 m³/j. La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boues.

II.4.1 Prétraitement

Le prétraitement est un ensemble d'opérations physiques et mécaniques destinées à éliminer les éléments les plus grossiers qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs de l'eau brute. S'il s'agit de déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) [25].

II.4.1.1 Dégrillage

Dans la station d'épuration, les dégrilleurs jouent un rôle crucial dans la préservation des équipements électromécaniques et dans la prévention du colmatage des conduites. Il consiste en l'insertion d'une grille grossière et grille fine à travers du courant d'eau usée à prétraiter.

➤ **Dégrillage grossier** : L'eau brute passe à travers une première grille qui permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 50 mm. il est de type grille verticale à barreaux.

Tableau II.5 Les dimensions de la grille grossier.

Dimensions	Valeurs
Espacement	40 mm
Epaisseur des barreaux	10 mm
Largeur de canaux	1,5 m
Angle	90°
Largeur de grille	1,3 m
Vitesse de passage dans le canal A travers la grille propre	0.3-0.8 m/s 0.5-1 m/s

**Figure II.2** Dégrilleur grossier.

➤ **Dégrillage fin** : Après le dégrillage grossier et l'élimination des matières grosses, l'eau usée passe par la deuxième grille composée de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale et permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 20 mm.

Tableau II.6 Les dimensions de la grille fine.

Dimensions	Valeurs
Espacement	8 mm
Epaisseur des barreaux	5 mm
Largeur de canaux	2 m
Angle	90°
Largeur de grille	1,3 m
Débit	5600 m ³ /h
puissance	1 ,5 kW
Vitesse de passage	0,6 à 1 m/s

II.4.1.2 Dessablage

L'opération de dessablage implique l'extraction de gravier, de sable et d'autres particules métalliques dont la taille dépasse 0,2 mm des eaux usées. Afin de prévenir les dépôts dans les canalisations, de protéger les composants mécaniques tels que les pompes contre l'abrasion, et d'éviter toute perturbation des autres phases de traitement, les sables sont habituellement collectés par raclage au fond des bassins.

II.4.1.3 Dégraissage-Déshuilage

Le dégraissage-déshuilage est effectué dans le même bassin que l'étape de dessablage, la récupération des graisses et huiles se fait en surface. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage qui permet de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface.

II.4.2 Traitement primaire

Le traitement primaire basé sur le principe de décantation primaire et flottation. Ce processus repose sur des méthodes physico-chimiques visant à éliminer autant que possible les particules en suspension ainsi que les matières organiques facilement séparables. Après cette étape préliminaire, l'eau est dirigée vers un vaste bassin connu sous le nom de décanter. À cet endroit, la surface et le fond sont soigneusement raclés pour récupérer les graisses en surface et les graviers ainsi que le sable au fond.

Pendant la phase de traitement primaire, une quantité significative de la pollution totale est éliminée (pouvant réduire les matières en suspension jusqu'à 90 % et la demande biochimique en oxygène d'environ 35 %). De plus, la DCO et la concentration en azote peuvent également être réduites au cours de cette phase. Les matières solides extraites sont ce que l'on appelle les boues primaires.



Figure II.3 Décantation primaire.

II.4.3 Traitement secondaire

L'étape de traitement secondaire comprend trois étapes essentielles : le traitement biologique, la décantation secondaire et la désinfection par chlore.

➤ **Traitement biologique** : La STEP est dotée de deux bassins avec une forme rectangulaire. Chacun d'eux est équipé de six turbines avec 12 aérateurs. L'aération est réalisée à l'aide d'aérateur de surface. Au niveau de chaque bassin il existe une sonde de mesure d'oxygène dissous pour assurer le déclenchement automatique de l'aération en cas de défaillance de la concentration de cette dernière. Ce milieu favorable provoque le développement des bactéries et des microorganismes qui dégradent la matière organique par voie aérobie en présence d'oxygène où le carbone organique se retrouve sous forme de CO_2 et de biomasse, ou par voie anaérobie, où la réaction s'effectue à l'abri de l'air, Le carbone organique après dégradation se retrouve sous forme de CO_2 , méthane et biomasse.

➤ **Décantation secondaire (Clarificateurs)** : Après le traitement biologique, l'eau arrive vers le décanteur secondaire, ce dernier a le même principe que le décanteur primaire. Il contient un racleur qui tourne avec une vitesse de 0.04m/s. Dans ce bassin les matières en suspension tombent au fond en constituant les boues secondaires (activées) et l'eau sorte par les conduites de débordement. Une partie boues évacuées, se dirige vers la filière de traitement des boues et l'autre vers le bassin d'aération.



Figure II.4 Décantation secondaire (clarification)

➤ **Désinfection par le chlore** : Cette étape est nécessaire car les eaux usées traitées de la STEP Salamandre sont rejetées dans un milieu aquatique à usage balnéaire. Elle s'effectue dans un bassin de 55 m de longueur, 22 m de largeur, 1.8 m de hauteur avec une capacité de 1867,5 m³. Le produit utilisé est l'hypochlorite de sodium NaClO à une concentration en chlore égale à 2g/ m³ et un temps de contact de 30 mn.

II.4.4 Traitement tertiaire

La station d'épuration des eaux usées de la wilaya de Mostaganem, unité de Salamandre, n'affecte pas le traitement tertiaire. Les eaux usées après le traitement secondaire sont rejetées à la mer. Les résidus secondaires (les boues) sont passés par un traitement spécifique avant leur valorisation agricole.

II.4.5 Traitement des boues

Les boues d'épuration sont des résidus issus du traitement réalisé par les stations d'épuration d'eaux usées. Ce sont des suspensions complexes formées d'eau, de matière organique et inorganique de différentes tailles ainsi que d'une population microbienne très variée. Le volume et les caractéristiques des boues varient en fonction de leurs origines et des types de traitement donné à l'eau usée. Les boues d'épuration peuvent être d'origine primaire ou secondaire résultent de traitement des eaux, ou d'origine biologique résulte de l'activité vital des microorganismes.

II.4.5.1 Epaissement des boues

L'épaississement consiste à réduire de manière active le volume des boues tout en améliorant leur concentration afin de faciliter la déshydratation. Les concentrateurs statiques fonctionnant en deux étapes : la clarification pour obtenir un liquide clarifié avec peu de matières en suspension, et l'épaississement, qui agit comme un décanteur. Sous l'effet de la gravité, les particules en suspension dans les boues se déposent progressivement.



Figure II.5 Epaissement des boues.

II.4.5.2 Stabilisation des boues

La stabilisation des boues réside essentiellement dans l'élimination ou la réduction du pouvoir fermentescible des boues organiques, notamment des matières à évolution bactérienne rapide afin d'éviter l'émission d'odeurs désagréables [26]. En bloquant les réactions soit par voie aérobie, anaérobie ou chimique. Les boues peuvent rester dans le bassin jusqu'à 14 jours. La couleur marron chocolaté est un indice d'une bonne stabilisation. Les paramètres mesurables sont : Le taux d'oxygène, les matières sèches, le pH, la température et la vue microbiologique.



Figure II.6 Bassin de stabilisation.

II.4.5.3 Déshydratation

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à une consistance plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie. La boue est déversée entre deux toiles filtrantes mises en rotation et progressivement rapprochées afin d'augmenter la pression de contact permettant d'éliminer l'eau à travers des toiles. Ce système de table d'égouttage permet d'augmenter la charge massique ou la concentration de 10 à 100 g/l et d'augmenter la siccité finale d'environ 8 %.

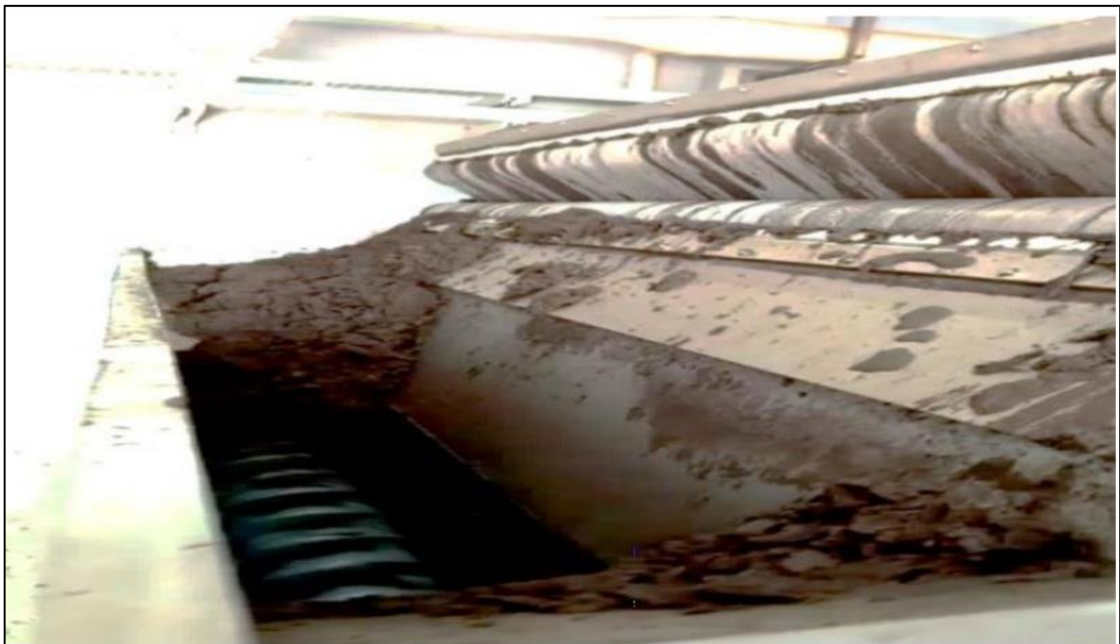


Figure II.7 Déshydratation par le procédé de filtre bande.

II.5 Conclusion

La station d'épuration des eaux usées STEP Salamandre représente un élément essentiel de préservation de l'environnement et de la santé publique dans la région de Mostaganem. Grâce à ses processus de traitement efficaces et conformes aux normes, elle permet de réduire considérablement la pollution des eaux avant leur rejet dans le milieu naturel, notamment en mer. Il est essentiel de prendre en compte toutes les procédures visant à améliorer et à accroître l'efficacité ainsi que la performance de la station

Chapitre III

Evaluation du fonctionnement de la station d'épuration

III.1 Introduction

Pendant la période du 11 au 25 Février 2024, nous avons effectué notre stage au niveau du laboratoire d'analyse de la station d'épuration de la ville de Mostaganem (**STEP de Sablette**) affiliée à l'office national d'assainissement (**ONA**). Notre travail a pour objectif d'évaluer l'efficacité et le fonctionnement de cette station en analysant les différents paramètres organoleptiques, physiques et chimiques des échantillons homogènes d'eau brute et d'eau épuré, suivre les performances épuratoires de la station et le contrôle de la qualité de l'effluent à la sortie de chaque unité de traitement ainsi d'analyser et détecter les différents problèmes et anomalies de la STEP rencontrés.

III.2 Evaluation des paramètres Organoleptiques

III.2.1 Couleur

Le changement de couleur d'une eau peut être le premier signe d'un problème de qualité.

III.2.1.1 Mode opératoire

Nous avons pris une bouteille d'un litre d'eau brute du poste de relevage et une autre bouteille d'un litre d'eau épurée du bassin de désinfection.

III.2.1.2 Résultats

Nous avons observé que la couleur d'eau brute est jaunâtre (**Figure III.1**) qui est due à la présence de matières organique dissoutes, des polluants ou des composés chimiques solubles qui sont colorés tandis que la couleur d'eau épurée est transparente et claire ce qui prouve qu'elle est bien traitée et non polluée.



Figure III.1 Couleurs des échantillons d'eau brute et épurée.

III.2.2 Odeur

L'odeur désagréable d'une eau peut être le premier signe d'un problème de pollution.

III.2.2.1 Mode opératoire

Nous avons pris une bouteille d'un litre d'eau brute du poste de relevage et une autre bouteille d'un litre d'eau épurée du bassin de désinfection.

III.2.2.2 Résultat :

Nous avons constaté que l'eau épurée n'a pas d'odeur alors que l'eau brute présente une odeur désagréable des urines qui est due fortement à la présence de bactéries, de matières organiques en fermentation ou de produits chimiques.

III.3. Evaluation des paramètres physiques

III.3.1 Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, car elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous et sur la conductivité électrique.

III.3.1.1 Mode opératoire

La température est mesurée à l'aide d'un appareil de pH-mètre et aussi d'un conductimètre.



Figure III.2 pH-mètre et conductimètre

III.3.1.2 Résultats

Nous présentons les résultats des analyses effectuées pendant 5 jours de la même semaine.

Tableau III. 1 Valeurs des températures en (°C)

Les jours	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}
EB	19.4	19.1	20.3	20	21.3
EE	18.2	18.4	19.2	19.4	19.6

Les valeurs des températures enregistrées pendant la période de suivi sont présentées dans la **Fig III.3** et elles montrent que la température maximale des eaux usées d'entrées est 21.3 °C et la valeur minimale est 19.4°C, et celles des eaux usées de la sortie sont comprises entre 18.2 et 19.6 °C. Ces valeurs sont inférieures aux normes algériennes [1] et internationales [2] des rejets liquides urbains qui sont de l'ordre de 30°C.

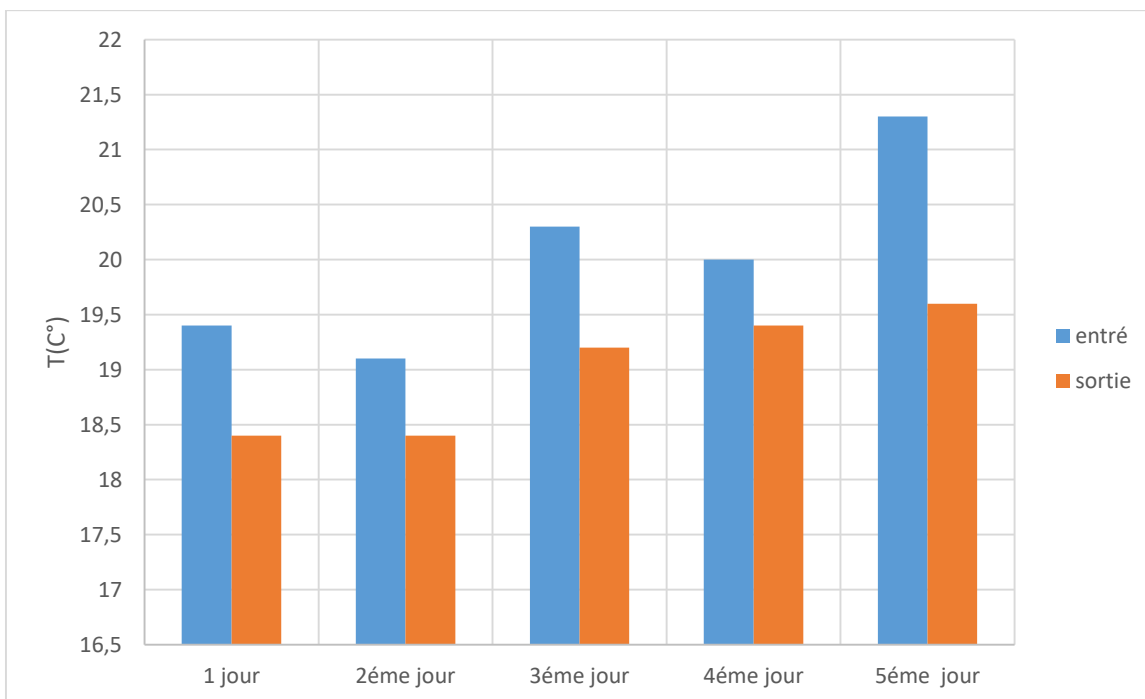


Figure III.3 : Variation temporelle des températures des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.

III.3.2 Matières en suspension (MES)

III.3.2.1 Mode opératoire

La matière en suspension est mesurée par deux méthodes en utilisant la centrifugation et la filtration :

- **Centrifugation** : est utilisée pour l'eau brute (entrée) parce qu'elle contient les matières en suspension chargées.
- **Filtration** : est utilisée pour l'eau épuré (sortie) parce qu'elle contient une faible quantité de la matière en suspension.

ANALYSE	Méthode	Matériel utilisé	Endroit de prélèvement
MES	Centrifugation	Etuve + centrifugeuse + balance	Eau brute + décantation + sortie + Recirculation + bassins d'aération
	Filtration	Dispositif de filtration + Etuve + balance	

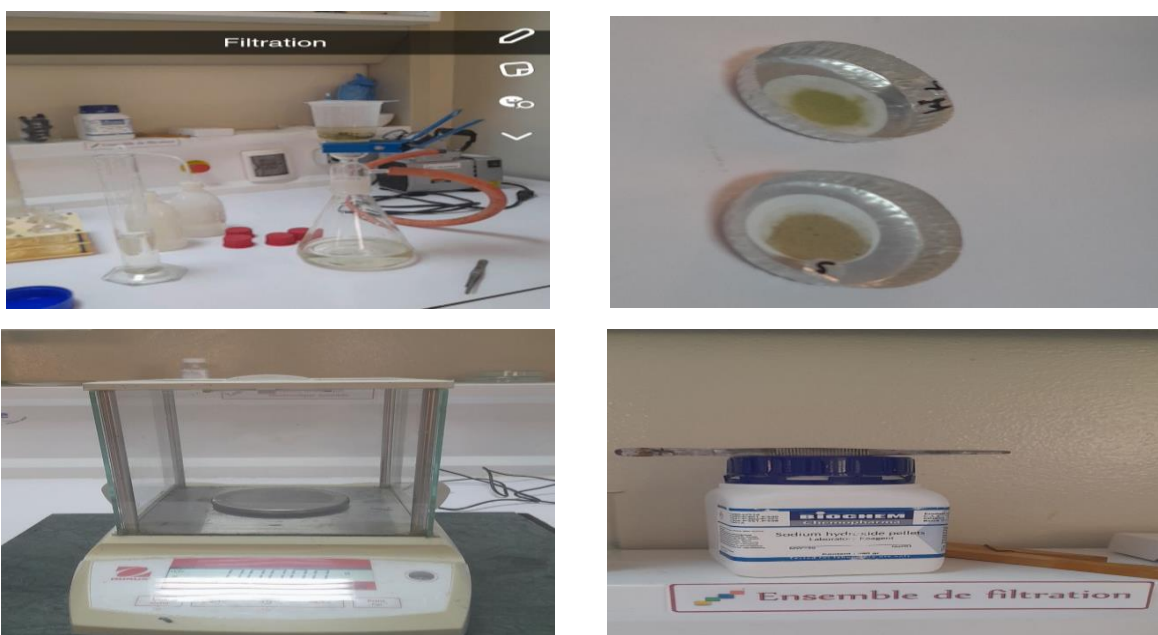


Figure III.4 Méthode de filtration.

III.3.2.2 Résultats

Nous présentons les résultats des analyses effectuées pendant une semaine pour des échantillons de volume de 160 ml d'eau brute, eau épurée, bassins d'aération 1 et 2 et les différents types de boue.

Tableau III. 2 Valeurs de MES pour le 1^{er} jour.

Echantillon	Tare (M ₀)	Masse capsule remplie	Masse après séchage à 105°C (M ₁)	(MES) mg/l	Siccité (%)
EB	11.2265	160	11.3500	771.88	
EE	0.0884	200	0.0935	25.5	
BA1	10.9725	160	12.1032	7060	
BA2	10.9408	160	11.8789	5860	
BR	10.3667	160	12.3576	12440	
BP	13.6475	50	14.7449	21950	
BE	12.6845	50	13.8072	22450	
BS	13.5025	50	15.9623	4920	
BD	M ₀ =12.6403	M ₁ =74.3337	M ₂ =20.3795		12.54 %

La loi :

$$\text{MES} = 1000 * ((M_1 - M_0) / V)$$

$$\text{MES}_{\text{EB}} = 1000 * ((11.3500 - 11.2265) / 160)$$

$$\text{MES}_{\text{EB}} = 0.77188 \text{ g/l} = 771.88 \text{ mg/l}$$

Pour La boue déshydratée :

$$\text{Siccité (\%)} = (M_2 - M_0) / (M_1 - M_0) * 100$$

$$\text{Siccité \%} = (20.3795 - 12.6403) / (74.3337 - 12.6403)$$

$$\text{Siccité \%} = 12.54\%$$

Tableau III. 3 Valeurs de MES pour le 2^{ème} jour.

Echantillons	EB	EE	BA1	BA2	BR	BP	BE	BS	BD
(MES) mg/l	218	10	7850	6960	10910	14400	16780	49430	
Siccité (%)									16.46%

Tableau III. 4 Valeurs de MES pour le 3^{ème} jour.

Echantillons	EB	EE	BA1	BA2	BR	BP	BE	BS	BD
(MES) mg/l	332	9.5	8300	7670	10640	19590	19210	50240	
Siccité (%)									15.83%

Tableau III. 5 Valeurs de MES pour le 4^{ème} jour.

Echantillons	EB	EE	BA1	BA2	BR	BP	BE	BS	BD
(MES) mg/l	417	12	8870	8120	10250	19990	19250	22570	

Tableau III. 6 Valeurs de MES pour le 5^{ème} jour.

Echantillons	EB	EE	BA1	BA2	BR	BP	BE	BS	BD
(MES) mg/l	308	11	8770	7610	10760	15530	17710	35180	
Siccité (%)									16.79%

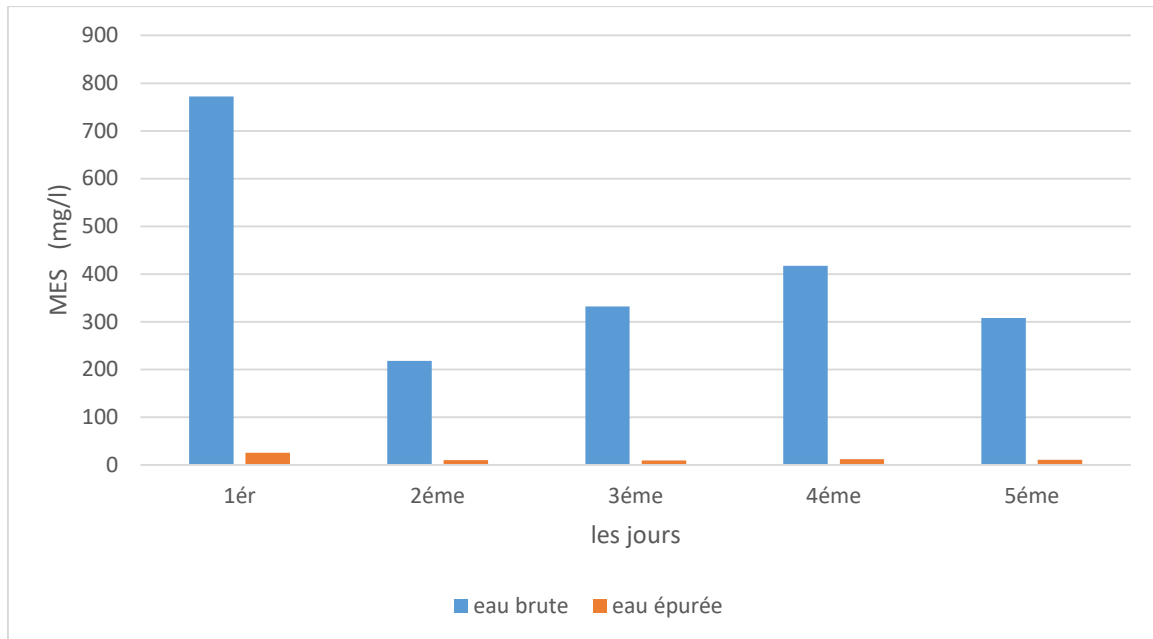


Figure III.5 Variation temporelle de la matière en suspension (MES) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.

La Fig. **III.5** montre que la valeur maximale de (MES) pour les eaux usées d'entrées est 772 mg/l et la valeur minimale est 218 mg/l et les valeurs des (MES) maximale pour les eaux usées de la sortie est 25.5 mg/l et la minimale est 9.5 mg/l. Ces valeurs de qualité des eaux traitées sont inférieures aux normes algériennes (30mg) [1] et légèrement supérieures aux normes internationales (20mg) [2].

III.4 Evaluation des paramètres chimiques :

III.4.1 Potentiel d'Hydrogène (pH) :

III.4.1.1 Mode opératoire

Le pH est mesuré pour les échantillons d'eau brute, eau décantée, eau épurée, bassins d'aération, bassin de stabilisation à l'aide du pH-mètre et en respectant les étapes suivantes :

- Rincer le vase, le barreau magnétique, l'électrode avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon.
- Remplir le vase de mesure avec l'échantillon.
- Faire la correction de température.
- Immerger l'électrode avec les précautions habituelles et agiter.
- Lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée.



Figure III.6 pH-mètre

III.4.1.2 Résultats

Nous présentons les résultats des analyses effectuées pendant 5 jours de la même semaine.

Tableau III. 7 Valeurs de pH

Les jours	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}
EB	7.94	7.67	8.21	7.62	7.28
EE	7.61	7.70	7.61	7.70	7.68

D'après La Fig. III.7, la valeur maximale de pH des eaux d'entrées est 8.21 et la valeur minimale est 7.28 et la valeur maximale de pH des eaux de la sortie est 7.70 et la valeur minimale est 7.61. Les valeurs de pH des eaux usées (à l'entrée et à la sortie) sont presque neutres (reste dans les normes de rejets algériennes et internationales ($6.5 < \text{pH} < 8.5$) [1,2]

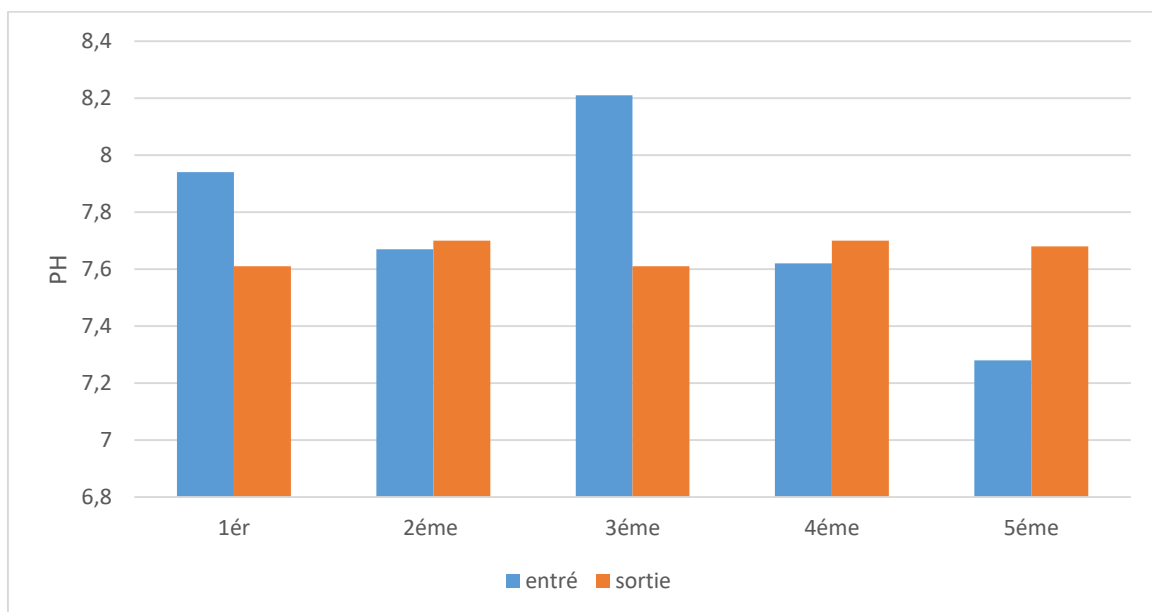


Figure III.7 Variation temporelle des Potentiels d'hydrogènes (pH) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.

III.4.2 Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre important dans la dégradation de la matière organique.

III.4.2.1 Mode opératoire

Préparation de l'instrumentation (oxymètre):

- Vérifier les diverses connexions : secteur, électrodes, etc.
- Dégager l'électrode de son support.
- Oter le chapeau protecteur de l'électrode double, le déposer en lieu sûr.

Etalonnage :

- Prélever un échantillon d'eau.
- Mettre l'appareil sous tension, attendre quelques minutes (2 – 5 minutes).
- Plongez l'électrode de l'appareil dans l'eau et attendre que la lecture soit stable.



Figure III.8 Oxymètre

III 4.2.2 Résultats

Nous présentons les résultats des analyses effectués pendant 5 jours de la même semaine.

Tableau III. 8 Valeurs de l'oxygène dissous en mg/l

Les jours	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}
EB	0.29	0.91	0.66	0.95	0.56
EE	4.4	5.93	4.84	5.7	5.21

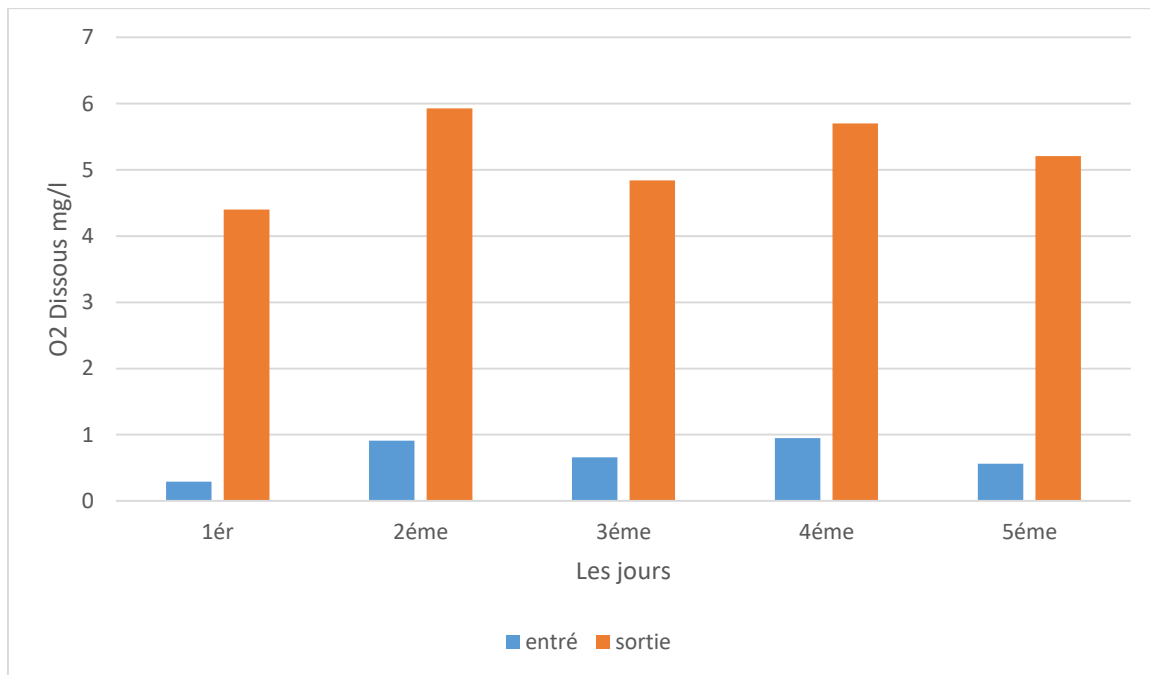


Figure III.9 Variation temporelle des oxygène dissous (O_2) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.

D'après La Fig III.9, la valeur maximale de O_2 des eaux d'entrée est 0.95 mg/l et la valeur minimale est 0.29 mg/l. Pour l'eau de sortie, la valeur maximale est 5.93 mg/l et la valeur minimale est 4.4 mg/l. Toutes les valeurs enregistrées pour l'eau épurée sont inférieures à la norme de rejet (6 mg/l).

III.4.3 Conductivité électrique

III.4.3.1 Mode opératoire

La conductivité électrique est mesurée à l'aide d'un conductimètre pour des échantillons d'eau brute, eau décantée et eau épurée suivant les étapes citées ci-dessous.

- Vérifier les connexions cellule/conductimètre.
- Rincer soigneusement la cellule de mesure à l'eau distillée et l'essuyer convenablement.
- Immerger la cellule dans la solution inconnue.
- Placer le commutateur sur $\mu\text{s/cm}$ et lire le résultat.
- Multiplier le résultat par la valeur K pour avoir la valeur exacte de la conductivité.



Figure III.10 Conductimètre

III.4.3.2 Résultats

Nous présentons les résultats des analyses effectués pendant 5 jours de la même semaine.

Tableau III. 9 Valeurs de la conductivité électrique en $\mu\text{s}/\text{cm}$

Les jours	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}
EE	1829	1468	1691	1626	1623
EB	1234	1260	1310	1379	1508

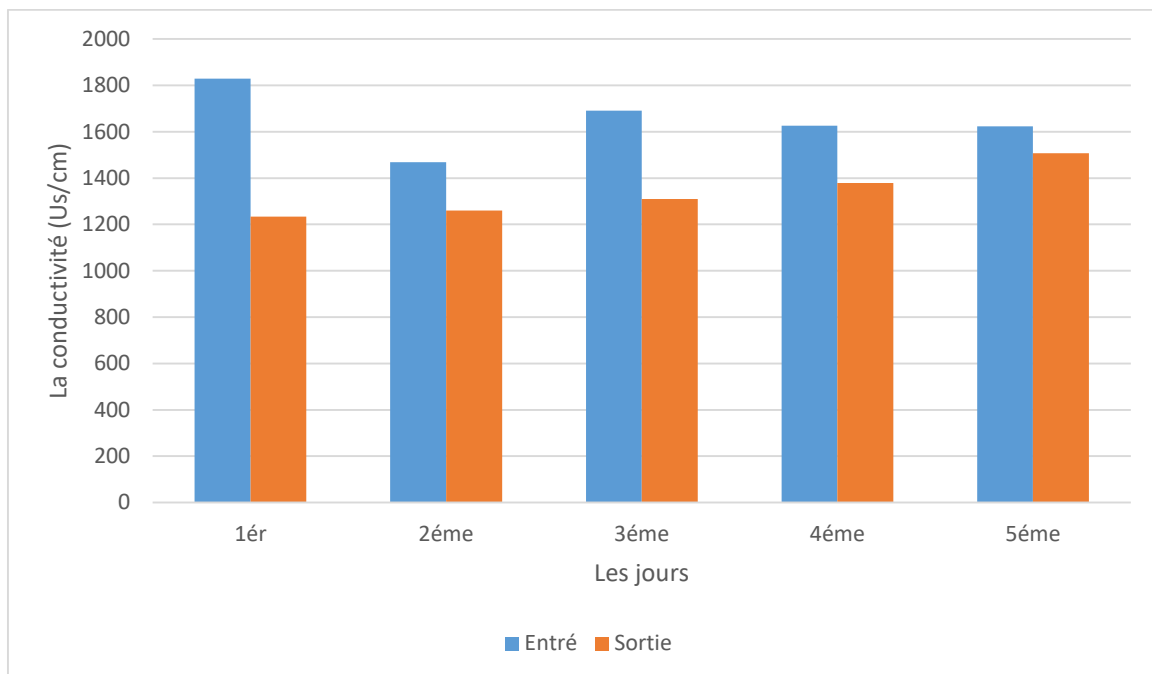


Figure III.11 Variation des teneurs de la conductivité électrique des eaux d'entrée et de la sortie .

D'après la Fig **III.11**, les valeurs de la conductivité électrique des eaux d'entrées sont comprises entre 1234 et 1508 $\mu\text{s}/\text{cm}$, alors que celles des eaux de sortie sont comprises entre 1468 et 1829 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Ce qui est dû à la couleur transparente de l'eau et les valeurs de pH et de l'oxygène dissous qui sont dans les normes. Que se soit pour les eaux brutes ou pour les eaux épurées, les résultats obtenus mettent en évidence une minéralisation importante de ces eaux exprimée en conductivité moyenne. Ces valeurs de conductivité pourraient être expliquées par des rejets fortement minéralisés raccordés au collecteur.

III.4.4 Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Elle représente la quantité de pollution biodégradable. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire, pendant 5 jours, aux micro-organismes contenus dans l'eau pour oxyder une partie des matières organiques.

III.4.4.1 Mode opératoire :

- Mesurer la quantité désirée avec le ballon jaugé de trop-plein et verser dans la bouteille propre.
- Introduire l'agitateur magnétique dans chaque bouteille.
- Ajouter une pincée de l'allyle thio-urée.
- Mettre 2 pastilles de soude dans chaque bouchon intérieur (noir) avec deux pincettes.
- Visser sans fermer hermétiquement le bouchon.
- Mettre sur le système d'agitation à 20 °C.
- Laisser s'établir l'équilibre pendant 30 mn et fermer hermétiquement le bouchon.
- Relever les valeurs après 5 jours (système Oxytop).
- Utiliser les mesures des autres groupes et déterminer la précision des mesures.
- Il est recommandé d'effectuer le double de chaque dosage (selon la disponibilité du matériel de mesure).



Figure III.12 Etuve Réfrigérée DBO₅ (Oxytop)

Les résultats sont déterminés par l'expression suivante : **DCO*0.8 =DBO₅**

DCO	1^{er} jour (EE)	2^{ème} jour (EE)
Les valeurs	19.04	28.56
AN	19.04*0.8	28.56*0.8
Résultats	15.23 mg/l	22.84 mg/l

Le choix de volume de prise est basé sur les critères mentionnés sur le tableau suivant :

Tableau III. 10 Facteur de conversion de la DBO₅ en fonction du volume de prise

Portée de mesure (mg/l)	Quantité (ml)	Facteur
0 – 40	432 ml	1
0 – 80	365 ml	2
0 – 200	250 ml	5
0 – 400	164 ml	10
0 – 800	97 ml	20
0 – 2000	43.5 ml	50
0 – 4000	22.7 ml	100

Les valeurs de la DBO₅ déterminées précédemment (15.23 et 22.84) sont inférieures à **40 mg**, alors on choisit le volume **432** et le facteur **1**. Ce qui correspond à une pesée d'inhibiteur de nitrification égale à **0.23 g (tableau III.10)**

Tableau III. 11 Pesées d'inhibiteur de nitrification par rapport aux volumes de la DBO₅

Volume de DBO₅ (ml)	Pesé inhibiteur de nitrification (gr)
432	0.23
365	0.19
250	0.13
164	0.087
97	0.05
43.5	0.023

III.4.4.2 Résultats

Les analyses de DBO₅ se font deux fois par semaine sur des échantillons de EB et EE , ils sont exprimés en mg/l et calculés en appliquant l'expression suivante :

$$\text{La valeur de DBO}_5 \text{ de 5}^{\text{ème}} \text{ jour} * \text{facteur} = \text{DBO}_5$$

Tableau III. 12 Valeurs de DBO₅

Les jours	1^{er} jour	2^{ème} jour
EB	320	580
EE	5	5

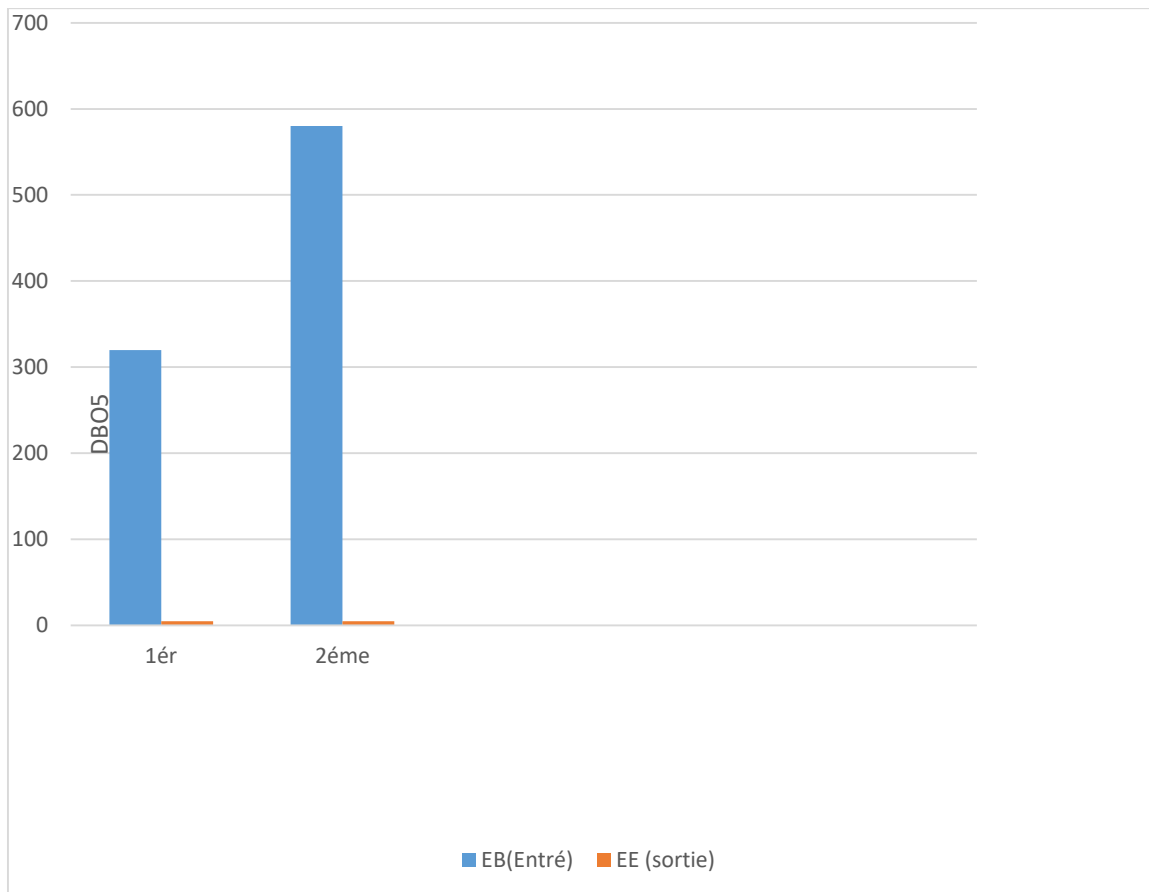


Figure III.13 Variation temporelle de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie

La valeur maximale de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) des eaux d'entrées est 580 et la valeur minimale est 320 mg tandis que les valeurs la DBO₅ de l'eau de sortie sont de l'ordre de 5 mg. Cette valeur indique la bonne qualité de l'eau car elle est inférieure aux normes algériennes (30 mg).

III.4.5 Demande chimique en oxygène (DCO)

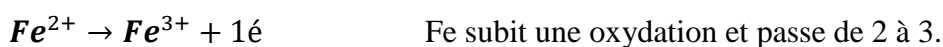
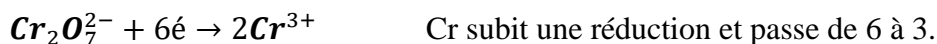
III.4.5.1 Mode opératoire

IL est nécessaire, avant d'effectuer la détermination de la DCO proprement dite, de vérifier le titre de la solution ferreuse et de procéder à un essai à blanc.

1. Vérification du titre de la solution ferreuse doit se faire chaque jour

- Introduire 10 ml de solution de dichromate dans un bécher à l'aide d'une pipette ;
- Compléter à environ 100 ml avec la solution d'acide sulfurique diluée ;
- Ajouter avec la solution ferreuse jusqu'à passage du mélange à la coloration rouge violacé.

Expression des résultats : Au cours de la réaction redox, on assiste aux modifications suivantes des degrés d'oxydation :



Donc une solution molaire en $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ correspond à 6 N et une solution molaire en Fe^{2+} correspond à 1N.

Soit:

N_1 = Normalité de Fe^{2+}

V_1 = Volume de solution ferreuse utilisé.

N_2 = Normalité de la solution de dichromate, soit $0.04 \times 6 = 0.24 \text{ N}$

V_2 = Volume de dichromate

On a : $N_1 V_1 = N_2 V_2 \quad N_1 = N_2 V_2 / V_1$

D'où $N_1 = 0.24 * 10 / V_1 = 2.4 / V_1$

2. Essai à blanc

Il a pour but d'évaluer la consommation de dichromate par les réducteurs qui pourraient se trouver dans le mélange et qui ont pour origine un manque de pureté des réactifs et l'utilisation d'une verrerie douteuse.

Effectuer cet essai parallèlement à la détermination de la DCO, mais en remplaçant la prise d'essai par 10 ml d'eau distillée.

3. Détermination de la DCO

3.1 Préparation de l'échantillon

Homogénéiser l'échantillon si besoin est et introduire dans l'ordre, dans un ballon de 250 ml:

- 10 ml d'échantillon à l'aide de l'éprouvette ; rincer l'éprouvette d'un jet de pissette d'eau distillée, transvaser les eaux de lavage dans le ballon.
- Quelques billes de verre ou équivalent.
- Une pincée de sulfate mercurique, environ 0.4 g.
- 5 ml de dichromate de potassium à la pipette.
- 15 ml d'acide sulfurique concentré (dangereux), à l'aide d'une éprouvette ; procéder à cette opération avec précaution et en agitant doucement le vase d'un mouvement circulaire.

IL est souhaitable de poser au cours de toute l'opération le ballon sur un lit de glace afin d'éviter que le dégagement de chaleur n'entraîne la disparition des matières volatiles. (On peut éventuellement refroidir le ballon sous l'eau du robinet).

- Relier le réfrigérant au ballon et l'alimenter avec l'eau du robinet ;
- Porter à ébullition sous reflux pendant 2 h à 150 C⁰ ; l'ébullition doit être régulière, sans soubresauts ni excès ;
- Laisser refroidir le ballon ;
- Entraîner au fond du ballon, par un jet de pissette, les dépôts qui se sont formés sur la paroi interne ;
- Retirer le ballon du dispositif de chauffage et du réfrigérant ;

Compléter à environ 75 ml avec de l'eau distillée et laisser refroidir à la température ambiante.

3.2 Dosage

- Transvaser le contenu du ballon dans un erlenmeyer de 250 ml.
- Rincer le ballon avec le minimum d'eau distillée et joindre les eaux de lavage au mélange.
- Introduire quelques gouttes de féroïen dans l'erlenmeyer.
- Titrer par la solution ferreuse jusqu'à ce que la coloration bleu vert passe au brun rouge.
- Soit V_e le volume de solution ferreuse utilisée.

Expression des résultats

La DCO exprimée en mg/l est donnée par la formule : $DCO \text{ mg/l} = 952.F (V_B - V_e)/V_0$

Avec :

V_B = volume de solution ferreuse utilisé pour l'essai à blanc

V_e = volume de solution ferreuse utilisé pour l'échantillon

V₀ = volume de la prise d'essai

F= la facteur

Par exemple le 1^{er} jour après le dosage :

	Volume (ml)	DCO(mg/l)
Blanc	9.95	—
EB	00	947.24
EE	9.5	42.84
Témoin		« 952 »

$$DCO=(9.95-0)*(952)/10 = 947.24 \text{ mg/l}$$

Dans le 2^{ème} jour on a :

	Volume (ml)	DCO(mg/l)
blanc	10	
EB	7 (F=2)	571.2
EE	9.8	19.04
Témoin		« 952 »

$$DCO=(10-7)*(952*2)/10 = 571.2 \text{ mg/l}$$



Dosage de la DCO

Féroiën



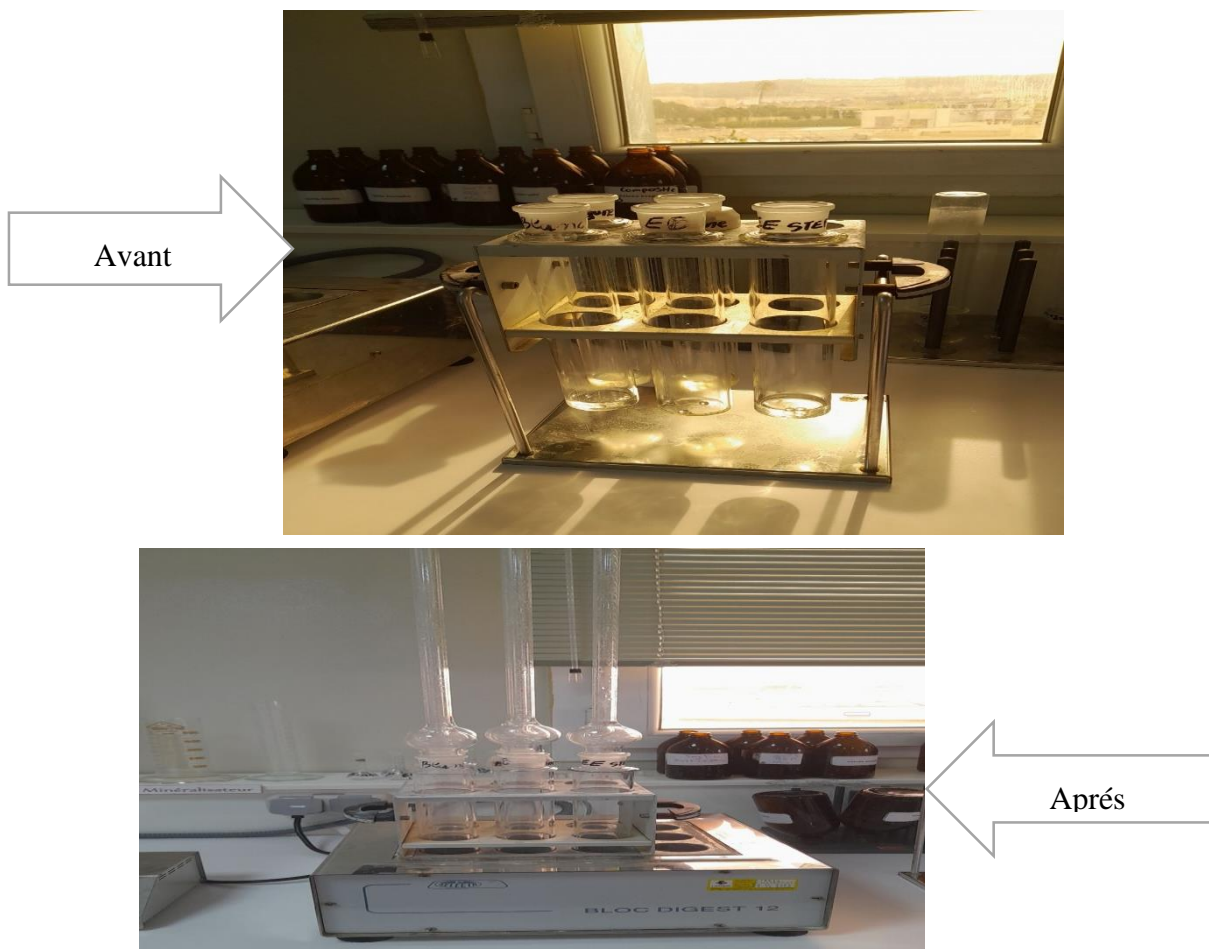


Figure III.14 Dispositif de la détermination de la DCO

III.4.5.2 Résultats

Tableau III. 13 Valeurs de la DCO en mg/l

Les jours	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}
EB	947.24	571.20	733.04	885.36	923.44
EE	42.84	19.04	38.08	28.56	33.32

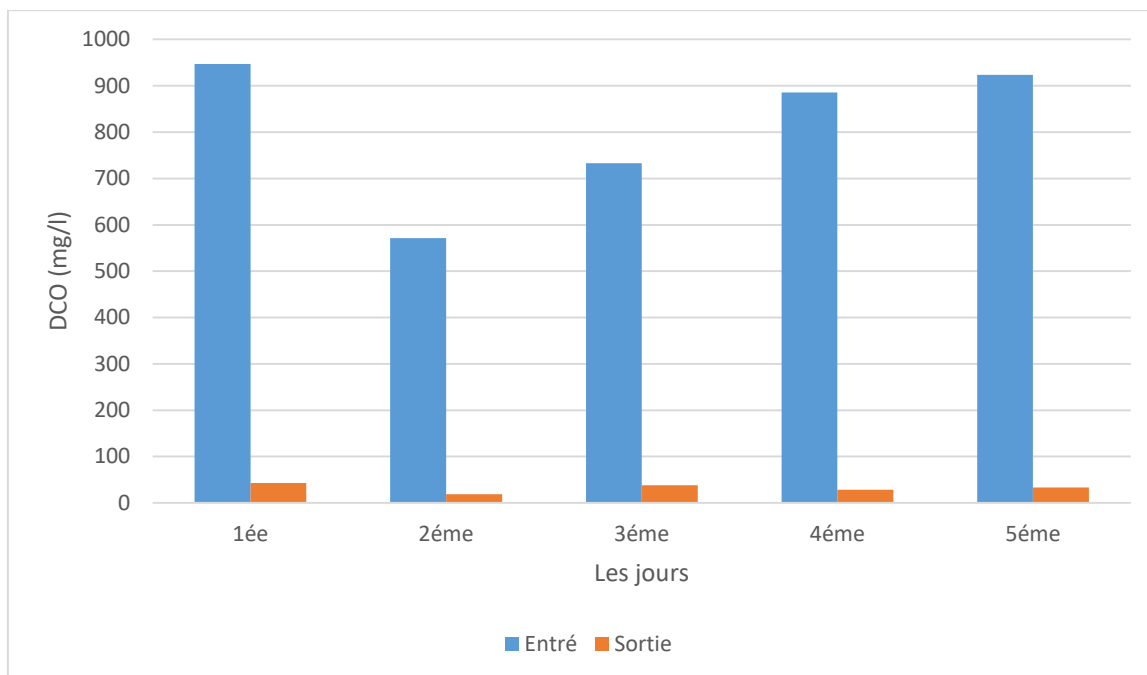


Figure III.15 Variation temporelle de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.

Les valeurs de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux usées d'entrée (brute) sont limitées entre 571.2 et 947.24 mg/l et celles de l'eau épurée sont limitées entre 19.04 et 38.08 mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de l'OMS (≤ 90 mg/l) et indiquent la bonne qualité d'eau de sortie.

III.4.6 V30

III.4.6.1 Mode opératoire

Les analyses se font sur des échantillons issus des bassins aéré 1 et bassin aéré 2 suivant les étapes mentionnées ci-après :

- Poser les échantillons dans les éprouvettes pendant 30 min pour vérifier la décantation de la boue.
- Lire dans les éprouvettes la valeur de décantation de la boue
- Calculer l'indice de boue.



III.4.6.2 Résultats :

Tableau III. 14 Valeurs des indices de boue

Les jours	BA1 (ml/l)	BA2 (ml/l)	MS BA1 (g/l)	MS BA2 (g/l)	IB _{BA1} (ml/g)	IB _{BA2} (ml/g)
1 ^{er}	840	760	7.06	5.86	118.98	129.69
2 ^{ème}	960	840	7.85	6.96	122.29	120.69
3 ^{ème}	985	960	8.30	7.67	118.67	125.16
4 ^{ème}	990	980	8.87	8.12	111.61	120.69
5 ^{ème}	995	960	8.77	7.61	113.45	126.15

Méthode de calcul :

IB < 150 **—————→** Une bonne décantation.

IB ≥ 150 **—————→** Une mauvaise décantation .

IB = valeur de BA1 /MS BA1

AN de 1^{er} jour :

$$\left\{ \begin{array}{l} IB_{BA1} = 840/7.06 = 118.98 \\ IB_{BA2} = 760/5.86 = 129.69 \end{array} \right\}$$

D'après les valeurs des indices de boue calculés pour les bassins d'aération 1 et 2 qui sont dans les normes, on confirme la bonne décantation de la boue.

III.4.7 Azote ammoniacal (NH_4^+)

III.4.7.1 Mode opératoire

Méthode :

- Appuyer sur programme enregistré du spectromètre (**Fig III.16**)
- Sélectionner le programme d'analyse
- Préparation de l'échantillon : Remplir une éprouvette graduée pour homogénéisation de 25 mL jusqu'au trait avec l'échantillon.
- Préparation du blanc : Remplir une éprouvette graduée pour homogénéisation de 25mL jusqu'au trait avec de l'eau désionisée.
- Ajouter 3 gouttes dans stabilisateur minéral dans chaque éprouvettes boucher les éprouvettes et les retourner plusieurs fois pour homogénéiser leur contenu.
- Ajouter 3 gouttes de l'agent dispersant à l'alcool polyvinylique dans chaque éprouvette. Boucher les éprouvettes et les retourner plusieurs fois pour homogénéiser leur contenu.
- Pipeter 1,0 ml de réactif au Nessler dans chaque éprouvette. Boucher les éprouvettes et les retourner plusieurs fois pour homogénéiser leur contenu.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur OK. Une période de réaction de 1 minute va commencer.
- Transférer 10 ml de chaque solution dans une Cuve carrée de 1''.

Lorsque la minuterie retentit, essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite. Sélectionner sur l'écran Zéro. Indication à l'écran : 0.00 mg/L NH_3-N

- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- Sélectionner sur l'écran : Mesurer. Les résultats sont indiqués en mg/L NH_3-N

Dosage: On prépare simultanément trois prises d'essais du même échantillon. Introduire 100 ml de l'échantillon dans chaque tube de distillation et reprendre toutes les étapes

$$N'. (V_1' - V_0) = N_3. V_3$$

$$N_3 = N_1' * (V_1' - V_0) / V_3$$

$$T_3 \text{ mg/l} = N_3 \cdot 1000 \cdot 14$$

Avec : V_1' = volume d'acide utilisé pour le distillat.

$(V_1' - V_0)$ = volume d'acide nécessaire à la neutralisation de NH_4^+ initialement présent sous cette forme dans l'échantillon.

N_1 = Normalité de l'acide.

V_3 = volume de la prise d'essai (100ml)

N_3 = normalité de la solution d'ammoniac.



Figure III.16 Spectromètre

III.4.7.2 Résultats

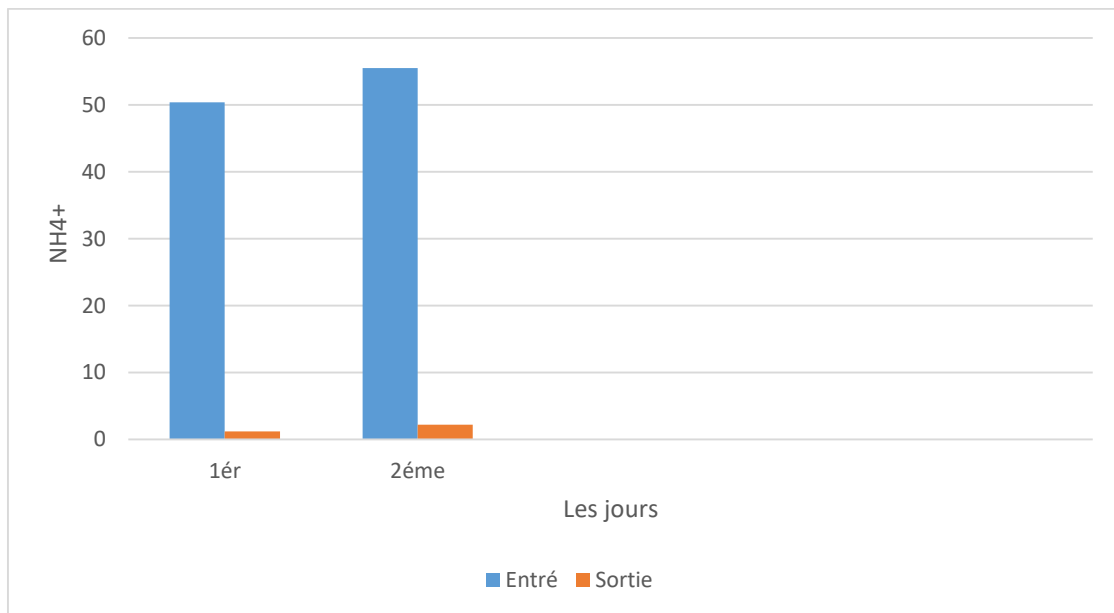


Figure III.17 Variation des teneurs de (NH_4^+) des eaux d'entrée et de la sortie

D'après la Fig III.17, la valeur maximale d'azote ammoniacal des eaux d'entrées est 55.5 mg/l et la valeur minimale est 50.4 mg/l, et pour les eaux sortie la valeur maximale d'azote ammoniacal est 2.2 mg/l et la valeur minimale est 1.2 mg/l. Ces valeurs sont un peu supérieure à la norme algérienne (<0.5mg/L).

III.4.8 Le Phosphore (Ortho phosphate)

Les composés phosphorés favorisent la croissance des végétaux dans l'eau et la prolifération des algues, étouffant les autres organismes vivant dans l'eau, générant des odeurs.

III.4.8.1 Mode opératoire

L'analyse d'ortho phosphore se fait aussi avec le spectromètre, en respectant les étapes suivantes :

➤ Préparer les articles suivants :

- Réactif à l'acide aminé
- Epprouvette graduée de 25ml
- Réactif au molybdate
- Cuves carrées, 1 pouce, 10ml

➤ **Méthode :**

- Appuyer sur programme enregistré
- Sélectionner le programme d'analyse.
- Transférer 25 mL de l'échantillon dans une éprouvette pour homogénéisation de 25 mL.
- Avec un compte-gouttes gradué de 1mL, ajouter 1ml de réactif au molybdate.
- **Préparation de l'échantillon :** Ajouter 1mL de la solution réactive à l'acide aminé, boucher l'éprouvette et la retourner plusieurs fois pour homogénéiser. Une coloration bleue apparaîtra en présence de phosphate.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur OK une période de réaction de 10 minutes va commencer. Durant cette période de réaction, achever l'étape 7
- **Préparation du blanc :** Remplir une cuve carrée de 1 jusqu'au trait de 10 mL avec l'échantillon original.
- Lorsque la minuterie retentit, essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- Sélectionner sur l'écran : Zéro indication à l'écran : 0.00 mg/L PO_4^{3-}
- Remplir une autre cuve carrée de 1'' jusqu'au trait de 10mL avec l'échantillon préparé.

III.4.8.2 Résultats:

Les analyses d'ortho phosphate se font deux fois par semaine sur des échantillons de EB et EE, ils sont exprimés en mg/l.

Tableau III. 15 Valeurs d'ortho phosphate (PO_4^{3-})

Les jours	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour
EB	14.49	14.37
EE	14.47	7.55

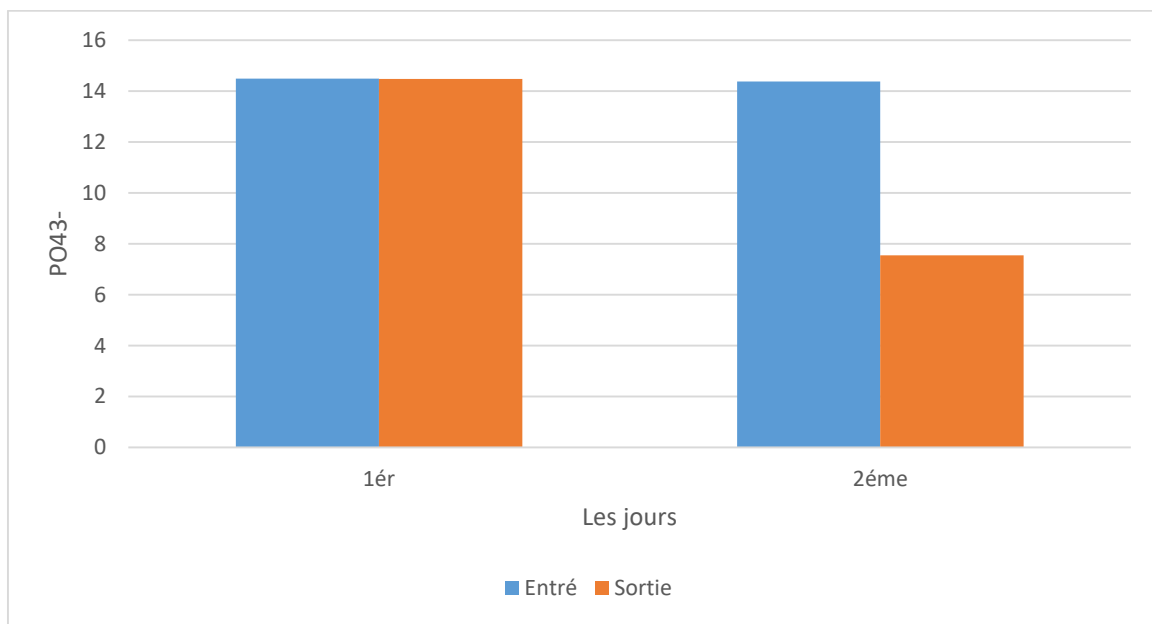


Figure III.18 Variation temporelle des Ortho Phosphates (PO_4^{3-}) des eaux de la station d'épuration entre l'entrée et la sortie.

La valeur maximale des Ortho Phosphates (PO_4^{3-}) des eaux d'entrées est 14.49 mg et la valeur minimale est 14.37 mg, à la sortie des eaux traitée la valeur maximale des Ortho Phosphates est 14.47 mg et la valeur minimale est 7.55 mg. On remarque que la valeur d'ortho phosphate du 2^{ème} jour mesurée pour l'eau épurée est inférieure à la norme (10 mg/L), donc cette eau peut être rejetée sans risque.

III.4.9 Nitrate (NO_3^-)

III.4.9.1 Mode opératoire

- Appuyer sur programmes enregistré du spectromètre.
- Sélectionner le programme d'analyse
- Remplir une cuve carrée de 1'' jusqu'au trait de 10 mL avec l'échantillon.

- Préparation de l'échantillon : Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour nitrate Nitraver 5 dans la cuve et boucher
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur OK, Une période de réaction de 1 minute va commencer.
- Agiter énergiquement la cuve jusqu'à ce que la minuterie retentisse.
- Lorsque la minuterie retentit, appuyer de nouveau sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur OK une période de réaction de 5 minutes va commencer. Une coloration ambre apparaitre en présence de nitrate.
- Préparation du blanc : Lorsque la minuterie retentit, remplir une autre cuve car- rée de 1 jusqu'au trait de 10 mL avec l'échantillon.
- Essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de cuve en di- rigeant le trait remplissage vers la droite
- Sélectionner sur l'écran : Zéro Indication à l'écran : 0.0 mg/L NO_3^- -N
- Dans la minute suivant le retentissement de la minuterie, essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- Sélectionner sur l'écran : Mesurer, Les résultats sont indiqués en mg/L NO_3^- -N
- Consulter le mode d'emploi de l'appareil pour de plus amples informations sur les modalités de lecture.

III.4.9.2 Résultat

Les analyses de nitrates se font deux fois par semaine sur des échantillons de EB et EE, ils sont exprimés en mg/l.

Tableau III. 16 Valeurs de nitrate (NO_3^-)

Les jours	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour
EB	30.8	19
EE	0.9	0.4

Nous remarquons que la concentration maximale de NO_3^- de l'eau d'entrée est 30.8 mg et la concentration minimale est 19 mg alors celles de l'eau de sortie sont limité entre 0.4 et 0.9 mg, ces valeurs sont des normes comparativement avec les normes internationales (< 1mg).

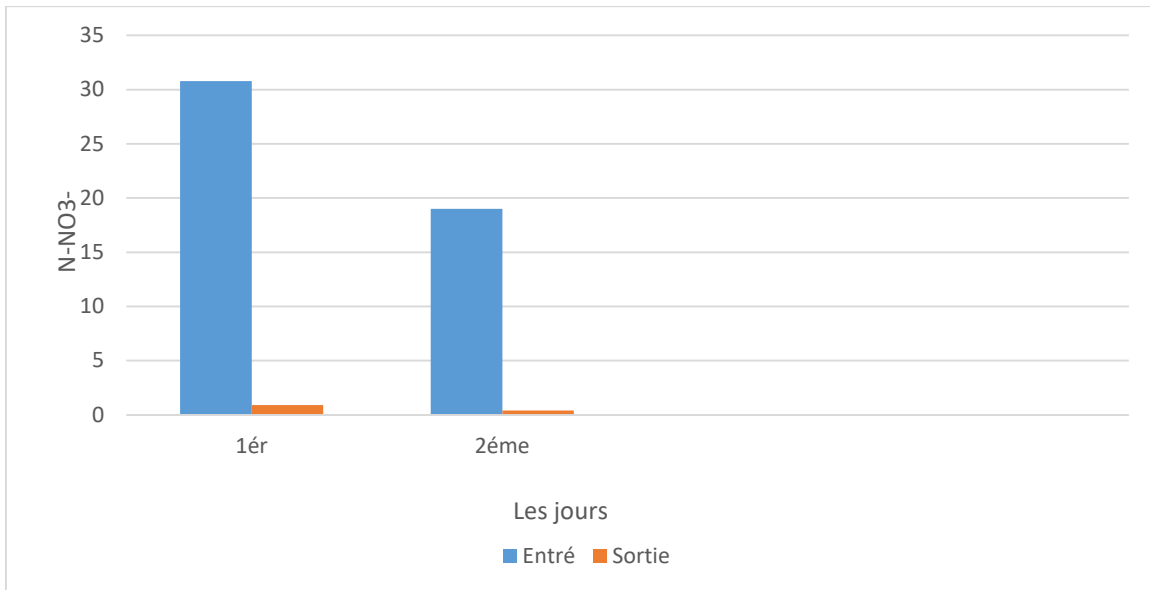


Figure III.19 Variation des teneurs des Nitrates (NO_3^-) des eaux de l'entrée et de la sortie.

III.4.10 Matières volatiles en suspension (MVS%)

Elles sont respectivement les matières sèches et les matières volatiles. Les MVS désignent la partie des MES susceptibles d'être volatilisées à 505°C. Ce paramètre est mesuré dans le domaine de l'auto surveillance des boues issue de l'épuration. La recherche des MVS est pratique par calcination à 505°C des MES obtenues après centrifugation puis séchage à 105°C.

III.4.10.1 Mode opératoire

La méthode de mesure consiste à mettre à l'étuve à 105°C, jusqu'à obtention d'une masse constante, un échantillon de boue.

$$MVS = (M_2 - M_0) - (M_3 - M_0) * 100 / (M_2 - M_0)$$

$$Siccité (\%) = (M_2 - M_0) * 100 / (M_1 - M_0)$$

Tel que :

- M_0 = masse de la capsule vide
- M_1 = masse d'échantillon humide
- M_2 = masse d'échantillon sec à 105°C
- M_3 = masse d'échantillon à 505°C

$$MVS (g/l) = MS - MM$$

Boue :

$$MVS (\%) = (M_2 - M_3) / (M_2 - M_0) * 100$$

III.4.10.2 Résultats

Tableau III. 17 Valeurs de MVS

Echantillon	Tare (M ₀)	Masse capsule remplie	Masse après séchage a 105°C (M ₁)	MS(g/l)	Poids calcinée à 505 °C	(MVS) (%)	Siccité (%)
EB	10.8109	160	10.8458	218.12	10.8184	78.51	
EE	0.0897	450	0.0943	10.22			
BA1	10.9612	160	12.2180	7.85	11.3022	72.87	
BA2	11.4684	160	12.5826	6.96	11.7714	72.81	
BR	11.1508	160	12.8968	10.91	11.6236	72.92	
BP	13.2898	50	14.0097	14.40	13.4956	71.41	
BE	13.2667	50	14.1059	16.78	13.5265	69.04	
BS	13.5939	50	16.0654	49.43	14.7694	52.35	
BD	12.5753	M ₁ =45.9262	M ₂ =18.1268	16.64	15.1491	53.64	16.64

Exemple BP

$$MVS = (14.0097 - 13.4956) / (14.0097 - 13.2898) * 100 = 71.41\%$$

Siccité boue déshydratée :

$$Siccité(\%) = (M_2 - M_0) / (M_1 - M_0) * 100 = (18.1268 - 12.5753) / (45.9262 - 12.5753) * 100 = 16.64\%$$

$$MVS(\%) = (M_1 - M_2) / (M_1 - M_0) * 100$$

$$MVS (g/l) = MS - MM \longrightarrow \text{Matière Minérale}$$



Matière sèche

Exemple EB

$$MVS(\%) = (10.8458 - 10.8184) / (10.8458 - 10.8109) * 100 = 78.51\%$$

D'après le tableau III.17, On constate que EB, EE, BA1, BA2, BR et BP ont MVS >65%, et BE, BS et BD ont MVS < 65 %, ce qui affirme que ces boues sédimentent facilement et sont le plus souvent bien minéralisées.

III.5 Performances de fonctionnement de la station

Les indicateurs de performance sont des paramètres qui permettent d'une part de suivre de manière détaillée dans le temps les différents résultats de la station d'épuration, et d'autre part, ils donnent une vision globale de son fonctionnement apportant aux responsables de services des éléments simples de comparaison.

Afin d'évaluer les performances de l'épuration des eaux usées au niveau de la STEP de Sablette, on présente dans cette partie de travail, le rendement d'élimination des principaux paramètres de pollution : DBO₅, DCO et MES au niveau de cette station durant la période de fonctionnement.

III .5.1 Rendement d'élimination de (DBO₅)

Les rendements d'élimination de DBO₅ ont été calculés le 12/02/2024 et 14/02/2024, à partir des résultats trouvés (**Tableau III. 12**)

Méthode de calcul $R (\%) = \frac{EB-EE}{EB} * 100$

- Rendement de date 12/02/24 :

$$R_1(\%) = (320-5)/320 * 10 = \mathbf{98.44\%}$$

- Rendement de date 14/02/2024

$$R_2(\%) = (580-5)/580 * 100 = \mathbf{99.14 \%}$$

Ces valeurs de rendement sont $\geq 90 \%$, donc elles sont conformes aux normes algériennes.

III .5.2 Rendement d'élimination de (DCO)

Les rendements d'élimination de DCO ont été calculés pendant 5 jours, à partir des résultats trouvés (**Tableau III. 13**)

Méthode de calcul $R (\%) = \frac{EB-EE}{EB} * 100$

- **1^{er} jour** : $R = (947.24-42.84)/947.24 * 100 = \mathbf{95.48\%}$

- **2^{ème} jour** : $R = (571.2-19.04)/571.2 * 100 = \mathbf{96.67\%}$

- **3^{ème} jour** : $R = (733.04-38.08)/733.04 * 100 = \mathbf{94.81\%}$

- **4^{ème} jour** : $R = (885.36-28.56)/885.36 * 100 = \mathbf{96.77\%}$

- **5^{ème} jour** : $R = (923.44-33.32)/923.44 * 100 = \mathbf{96.39\%}$

Ces valeurs de rendement sont $\geq 80 \%$, donc elles sont conformes aux normes algériennes et internationales.

III .5.3 Rendement d'élimination de (MES)

Les rendements d'élimination de MES ont été calculés pendant 5 jours, à partir des résultats mentionnés dans (**Tableau III. 18**).

Tableau III. 18 Valeurs de MES en mg/L pendant 5 jours

Echantillon	EB	EE
1 ^{er} jour	772	25.5
2 ^{ème} jour	218	10
3 ^{ème} jour	332	9.5
4 ^{ème} jour	417	12.5
5 ^{ème} jour	308	11

Méthode de calcul R (%) = $\frac{EB-EE}{EB} \times 100$

- Pour 1^{er} jour : $R = \frac{(771.88-25.5)}{771.88} \times 100 = 96.70\%$
- Pour 2^{ème} jour : $R = \frac{(218.12-10.22)}{218.12} \times 100 = 95.41\%$
- Pour 3^{ème} jour : $R = \frac{(331.88-9.25)}{331.88} \times 100 = 97.14\%$
- Pour 4^{ème} jour : $R = \frac{(417-12.5)}{417} \times 100 = 97 \%$
- Pour 5^{ème} jour : $R = \frac{(308-11)}{308} \times 100 = 96.43\%$

Les valeurs de rendement à la sortie sont $\geq 90 \%$, restent conforme à la norme de rejet fixée par l'OMS et norme algérienne.

III.6 Principaux problèmes de la STEP

La STEP de Sablette remplit sa mission principale qui est le traitement des eaux d'origine domestique et le respect des normes de rejet en termes de DBO et DCO. Durant la période de suivi, nous avons remarqué quelques problèmes dans la station qui ne permettent pas une bonne épuration d'eau et qui sont :

- La qualité des eaux est non conventionnelle car elle contient des rejets industriels issus par exemple de la laiterie **Giplait- Littoral**, ce qui cause une perturbation du pH de l'eau et par conséquent une perturbation de tous les paramètres caractéristiques.
- Problèmes techniques : pannes dans les ouvrages, manque de pièces de rechange électrique, mécanique et électromécaniques.

- Manque de produits de dosage.

III.7 Conclusion

A travers cette étude nous avons constaté que :

- La station respecte les normes décrites par l'office national d'assainissement concernant soit les analyses journalières telles que le pH, la conductivité, la température, la DCO, le V30 et les MES ou bien celles qui se font deux fois par semaine comme la DBO₅, les MVS, l'azote ammoniacal, les nitrates...
- Les rendements épuratoires restent moyennement satisfaisants et répondent aux objectifs de la STEP en termes de rejets, en confirmant les performances de la station et sa fiabilité en matière de dépollution de l'eau.

Conclusion générale

La station d'épuration des eaux usées STEP Salamandre représente un élément essentiel de préservation de l'environnement et de la santé publique dans la région de Mostaganem. Grâce à ses processus de traitement efficaces et conformes aux normes, elle permet de réduire considérablement la pollution des eaux avant leur rejet dans le milieu naturel, notamment en mer. Il est essentiel de prendre en compte toutes les procédures visant à améliorer et à accroître l'efficacité ainsi que la performance de la station.

En entreprenant cette étude, une évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Sablette par le procédé d'épuration par boues activées a été mise en évidence.

Après une description détaillée de la STEP, les résultats obtenus nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Les analyses physicochimiques (pH, température, conductivité électrique, DBO₅, DCO ...) nous ont permis de conclure que l'eau arrive à la station est chargée essentiellement par des polluants de nature domestique (charge moyenne) et elle sort débarrassée du maximum de sa charge, ceci est traduit par des résultats conformes aux normes algériennes, ce qui explique que le traitement effectué est acceptable.
- Le traitement des eaux usées à la STEP de Sablette est suffisant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants et d'atténuer donc le risque sanitaire à un niveau très acceptable. Cependant, il est nécessaire, pour évaluer davantage sa qualité de compléter les analyses physico-chimiques faites par le laboratoire de la station par des analyses microbiologiques, ainsi qu'un contrôle de la boue activée.
- Les rendements épuratoires restent moyennement satisfaisants et répondent aux objectifs de la STEP en termes de rejets, en confirmant les performances de la station et sa fiabilité en matière de dépollution de l'eau.
- Il faut trouver de bonnes solutions aux problèmes rencontrés au niveau de la station pour améliorer les rendements épuratoires

Il faut soutenir l'utilisation des eaux usées traitées qui peuvent compenser la rareté des ressources en eau, et leur mobilisation à l'usage agricole, et permet de consacrer les meilleures qualités aux consommations domestiques.

Références bibliographiques

- [1] Jean-Marc Jahn et Terra Messaoud « Le contrat de management d'Alger : la construction d'un partenariat public / privé exemplaire pour l'atteinte d'objectifs ambitieux» (2011)
- [2] Journal officiel de la republique algérienne N° 27(2006)
- [3] M. Sadi et F.Tarmoul « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel -cas de langune de Beni-Messous », mémoire de DEUA, Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (2007)
- [4] S.Baumont «Réutilisation des eaux épurées, risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France » Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France (2000).
- [5] J. Bontaux « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle », 2^{eme} édition Lavoisier technique et documentation (1994)
- [6] FAO «L'irrigation avec des eaux usées traitées » Manuel d'utilisation. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (2003)
- [7] R. Desjardins «Le traitement des eaux » Édition de l' Ecole polytechnique de Montréal (1997)
- [8] Z. Guendouz et N. Mekki. «Dimensionnement d'une station d'épuration pour la ville de Sidi – Aich (Béjaia) » mémoire de Master en Hydraulique, Université Mohamed Boudiaf - M'sila (2018)
- [9] A. Boumaarafi «Etude de performance d'un décanteur secondaire « station d'épuration de la ville d'Ain Beida »», Mémoire eu Master en Hydraulique, Université Larbi Ben M'hidi, Oum EL Bouaghi (2019)
- [10] Z. Belaid et H.Aouadi «Suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration (cas step 02) », Mémoire de Master en hydraulique, Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued (2018).
- [11] C. Gomella ,H. Guerrzee « Le traitement des eaux publiques, industrielle et privies », Ed. Eyrolles, Paris (1978)
- [12] F. Rejsek «Analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine » (2002).
- [13] S. Arbi et A. Kralfa« Etude et suivi des effluents liquides dans l'unité de traitement du complexe GL1/Z » memorize de master, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran (2013).

- [14] J.Rodier « L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer », DUNOD technique, 8^{ème} édition ,. Paris(2005).
- [15] G.Grosclaude «L'eau: Tome 2: Usages et polluants» Editions Quae (1999).
- [16] Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017 Les eaux usées une ressource inexploitée (2017)
- [17] J. Rodier DIER, « L'analyse de l'eau » 9^{ème} édition, Dunond, Paris (2009).
- [18] Les différents paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires - CPEPESC - Commission de Protection des Eaux , CPEPESC(2017)
- [19] Y. Bouanane et N. Boulhart« Etude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de Sidi Merouane (Mila) » ; Mémoire de master en Hydraulique urbaine, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf -Mila (2020)
- [20] A. Amselem « Etude des effets de la minimalisation des boues sur la méthanisation par digestion anaérobique » , mémoire présenté à l'école de technologie supérieure ,Université du Québec (2013).
- [21] I. Benfiala et Z. Haouli 2017.Le rendement épuratoire de la station d'épuration de la ville de Guelma ; Mémoire de Master en Hydraulique ; Université Badji Mokhtar ; Annaba(2017)
- [22] K.Dssouli et al, Acte Inst. Agron.Vet (Maroc)Vol 21(3) :139-146(2001)
- [23] Site officiel de la Wilaya de Mostaganem (direction des ressource en eaux DRE de la wilaya de Mostaganem)
- [24] M. Mahdjar, Mémoire Master « Etude des performances de la station d'épuration de la ville d'Ouargla », Univ. Kasdi Merbah(2016)
- [25] Badai Gondarf , « L'assainissement des eaux usées, édition Technicité », France(2003).
- [26] E. Koller, (2009). « Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues », 2^{ème} édition Dunod (2009)
- [27] Journal officiel de la république Algérienne N° 26.
- [28] L. Kardache, «Valorisation énergétique des boues de la station d'épuration de Boumerdes» Mémoire de master,Université M'Hamed Bougera Boumerdes (2016)