

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ELCHAHID HAMMA LAKHDAR

Faculté des technologies

Département d'hydraulique et de génie civil

Filière d'hydraulique

MEMOIRE :

Présente en vue de l'obtention du diplôme du master professionnel en
Hydraulique

Option : Ouvrages hydrauliques

Thème :

**Étude d'un système de filtration biologique pour le
traitement des effluents urbains faiblement pollués**

Présenté par :

Youcef Hour
Med Tahar Nesrat
Chouaib Badda

Encadreur : M

Dr. Ouakouak Abdelkader

Co-encadreur :

Pr. KHECHANA Salim

Promotion : juin 2023

Remerciement

Nous remercions notre Dieu qui nous a donné la force et la sagesse pour achever ce modeste travail.

Nous adressons tous nos respects et nos remerciements à ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour l'élaboration de cette étude et particulièrement à :

Notre promoteur "MR l'Encadreur : Dr. Ouakouak Abdelkader" et "MR le Co-encadreur : Pr. Khachana Salim" pour ses orientations et ses soutiens.

J'exprime mes remerciements à l'équipe de la STEP1 à Kouinine surtout Mademoiselle Khaoula Sai l'analyste du laboratoire.

A tous les enseignants d'hydraulique qui ont contribué à notre formation.

Aux membres du jury qui ont bien voulu examiner notre travail et de l'apprécier à sa juste valeur.

Youcef Hourri

Nesrat med Tahar

Badda Chouaib

الملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو اثبات فعالية نظام التصفية البيولوجية في معالجة مياه الصرف الحضري ضعيفة التلوث.

استعملت في هذه الدراسة المياه المنقاه بمحطة التصفية رقم 1 (بلدية كوينين) كمياه مستعملة خامة. هناك نجاعة كبير على مستوى جميع المعايير الفيزيوكيميائية، والكيميائية وخصوصا على مستوى معايير التلوث حيث اثبتت الدراسة فعالية كبير لنظام التصفية البيولوجية من حيث نزع الملوثات بشكل ملفت للاهتمام دون أي تكاليف إضافية للإستغلال. مما يدعونا الى التوجه العميق لدراسة مثل هذه النماذج من الناحية التقنية والتفكير بجدية لتجسيدها عبر الواقع وتحقيق غاية إعادة استعمال المياه المستعملة من أجل الزراعة والصناعة وغيرها.

الكلمات المفتاحية: التصفية البيولوجية – الصرف الحضري – الخصائص الفيزيوكيميائية – خصائص التلوث – المياه المستعملة.

Résumé :

L'objectif de cette étude est de prouver l'efficacité du système de filtration biologique pour le traitement des effluents urbaines à faible pollution.

Dans cette étude, les effluents urbaines à faible pollution utilisées qui ont été utilisées sont les eaux épurées de la station de d'épuration n° 1 (commune de Kouinine) comme eau brute.

Il y a une grande efficacité au niveau de tous les paramètres physico-chimiques et chimiques, notamment au niveau des paramètres de pollution, car l'étude a prouvé une grande efficacité du système de filtration biologique en termes d'élimination des polluants de manière intéressante sans surcoût d'exploitation .

Ce qui nous appelle à approfondir l'étude de tels modèles d'un point de vue technique et réfléchir sérieusement pour les incarner à travers la réalité et atteindre l'objectif de la réutilisation des eaux usées pour l'agriculture, l'industrie et autres.

Mots clés : Filtration biologique - effluents urbaines - paramètres physicochimiques - Paramètres de pollution - Eau usée.

Summary

The objective of this study is to prove the effectiveness of the biological filtration system for the treatment of urban effluents with low pollution.

In this study, the low-pollution urban effluents used which were used are the purified treated water of the sewage treatment station No. 1 (Kouinine commune) as raw water.

There is a high efficiency at the level of all the physico-chemical and chemical parameters, especially at the level of the pollution parameters, because the study has proven a high efficiency of the biological filtration system in terms of eliminating pollutants in an interesting way. without additional operating costs.

Which calls us to deepen the study of such models from a technical point of view and think seriously to embody them through reality and achieve the goal of reusing wastewater for agriculture, industry and others.

Keywords: biological filtration - urban effluents - physicochemical parameters - pollution parameters - wastewater.

Liste des tableaux

Tableau N°01 : Dimensionnement de la STEP1.....	06
Tableau N°02 : Repartition mensuelle de la température.....	07
Tableau N°03 : Répartition mensuelle de la pluviométrie.....	07
Tableau N°04 : Les variations des vitesses moyennes mensuelles du vent.....	07
Tableau N°05: Les moyennes mensuelles de l'humidité relative	07
Tableau N°06: Les moyennes mensuelles de l'évaporation.....	08
Tableau N°07: Les moyennes mensuelles de l'ensoleillement.....	08
Tableau N°08: Les moyennes mensuelles de l'évapotranspiration.....	08
Tableau N°09 : Caractéristiques géométriques des différents bassins.....	11
Tableau N°10 : Démentions de la STEP01 Kouinine	12
Tableau N°11 : Résultats d'analyses des effluents de la STEP 01	15
Tableau N°12 : Analyses des métaux lourds des effluents de la STEP 01.....	16
Tableau N°13 : Concentration moyenne des eaux usées urbaines.....	18
Tableau N°14 : Suivi de pH.....	51
Tableau N° 15 : Suivi de la Température.....	52
Tableau N° 16 : Suivi de l'oxygène dissous.....	53
Tableau N° 17: Suivi de la DBO ₅	55
Tableau N° 18: Suivi du rendement de la DBO ₅	56
Tableau N° 19 : Suivi de DCO.....	57
Tableau N° 20 : Suivi du rendement de la DCO.....	58
Tableau N° 21 : Suivi de la MES.....	60
Tableau N° 22 : Suivi du rendement de la MES.....	61
Tableau N° 23 : Suivi de Nitrite.....	62
Tableau N° 24 : Suivi de Nitrate.....	62
Tableau N° 25 : Suivi de l'Ortho phosphate.....	64
Tableau N° 26 : Suivi du Phosphate Total.....	65

Liste des figures

Figure N° 01 : Situation géographique de la région d'El Oued.....	05
Figure N°02 : STEP 01 Kouinine.....	11
Figure N°03 : Vue aérienne STEP 01 Kouinin.....	11
Figure N° 4 : Matériels de l'expérience et mise en place du système de filtration.....	36
Figure N° 5: Schéma de l'expérience.....	37
Figure N° 6: pH-mètre.....	39
Figure N° 7 : Oxymètre.....	39
Figure N° 8: Thermo-réacteur.....	41
Figure N° 9: Spectrophotomètre.....	41
Figure N° 10: réactif DCO.....	41
Figure N° 11 : Dessiccateur.....	42
Figure N° 12 : Balance électrique.....	42
Figure N° 13 : Rampe de filtration	43
Figure N° 14 : Etuve universel (105c°).....	43
Figure N° 15 : DBO mètre (oxitop).....	44
Figure N° 16 : Spectrophotomètre	45
Figure N° 17 : Réactif NO ₂ ⁻	45
Figure N° 18 : Spectrophotomètre	46
Figure N° 19 : Réactif NO ₃ ⁻	46
Figure N° 20 : Réactif PT(GG).....	47
Figure N° 21 Spectrophotomètre	47
Figure N° 22 : Réactif PT(PG).....	47
Figure N° 23 : Suivi de pH.....	51
Figure N° 24 : Suivi de la Température.....	52
Figure N° 25: Suivi de l'Oxygène dissous.....	54
Figure N° 26 : Suivi de la DBO ₅	55
Figure N° 27: Suivi du rendement de la DBO ₅	56
Figure N° 28 : Suivi de DCO.....	58
Figure N° 29 : Suivi du rendement de la DCO.....	59
Figure N° 30 : Suivi de la MES.....	60
Figure N° 31 : Suivi du rendement de la MES.....	61
Figure N° 32 : Suivi de Nitrite.....	63
Figure N° 33 : Suivi de Nitrate.....	63
Figure N° 34 : Suivi de l'Ortho phosphate.....	64
Figure 35 : Suivi du Phosphate Total.....	65

Sommaire

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I

Présentation de la région d'étude

I.1 - Situation géographique de la Wilaya d' « El Oued ».....	05
I .2. Caractéristiques géographiques.....	05
II. Site de l'étude de la STEP1 de KOUININE.....	06
II.1. Délimitation de la zone de la STEP1	06
II.2. Caractéristiques climatiques	06
II.4.1. La température.....	07
II.4.2. Pluviométrie.....	07
II.4.3. Le vent.....	07
II.4.4. L'humidité relative.....	07
II.4.5. L'évaporation.....	08
II.4.6. L'ensoleillement.....	08
II.4.7. L'évapotranspiration.....	08
II.4.8. Conclusion.....	09
III-processus de traitement des eaux usées.....	10
III.1. Présentation de la STEP01 Kouinine.....	10
III.2. Données d'entrée de base et paramètres de l'eau brute.....	10
III.3. Paramètres de conception de l'eau traitée.....	10
III.4. Caractéristique de la STEP01.....	10
III.5. processus de traitement des eaux usées.....	12
III.5.1. Aperçu du processus.....	12
III.5.2. Description de procédé.....	12
1 - Traitement préliminaire.....	13
3. Répartiteur N°01.....	13

4. Lagunes aérées primaires, étage A.....	13
5. Répartiteur N°02.....	14
6.. Lagunes aérées secondaires, étage B.....	14
7. Répartiteur N°03.....	14
8. Lagunes de finition.....	14
9. Déshydratation et dépose des boues.....	15
III.6. Résultats d'analyses physico-chimiques et métaux lourds des effluents de la STEP01 de KOUININE par ONA.....	15

CHAPITRE II

Généralités sur les eaux

II.1. Introduction.....	18
II.2. L'origine des eaux usées.....	18
II.3. Composition des eaux usées.....	18
II.3.1. Éléments microbiologiques	19
II.3.2. Matières en suspension MES	19
II.3.3. Substances nutritives.....	19
II.3.3.1. L'azote (N).....	19
II.3.3.2. Le phosphore (P).....	19
II.3.3.3. Le potassium (K ⁺)	19
II.3.3.4. Chlore et sodium	20
II.3.4. Les micropolluants organiques et non organiques	20
II.3.4.1. Éléments traces	20
II.3.4.2 Les micropolluants organiques	20
II.4. La pollution : risque et réglementation	20
II.4.1. La pollution par les eaux usées.....	20
II.4.1.1. Définition.....	20
II.4.1.2. Origine et type de la pollution par les eaux usées	21
II.4.1.3. Les différents paramètres de la pollution.....	21

II.4.2. Risques de la pollution par les eaux usées	22
II.4.2.1. Risque sur l'environnement	22
II.4.2.2. Risque sur la santé humaine.....	22
II.4.3. La Règlementation	22
II.4.3.1. Les normes de L'OMS	22
II.4.3.2. Les normes Européenne	22
II.4.3.3. Les normes Algérienne	22
II.5. Conclusion	23

CHAPITRE III

PROCEDES D'EPURATION DES EAUX USEES

III.1. Introduction	25
III.2. Critères de choix du procédé d'épuration	25
III.3. Etapes d'épuration des eaux usées.....	25
III.3.1. Prétraitement	25
III.3.1.1. Dégrillage	26
III.3.1.2. Dessablage	26
III.3.1.3. Déshuilage- dégraissage.....	26
III.3.2. Traitement primaire.....	27
III.3.2.1. Décantation primaire	27
III.3.2.2. Traitement physico-chimique	27
III.3.3. Traitement secondaire	28
III.3.3.1. Traitement biologique	28
III.3.3.2. Décantation secondaire	28
III.3.4. Traitements tertiaires.....	29
III.3.4.1. Elimination de l'azote et de phosphore	29
III.3.4.2. Adsorption	29
III.3.4.3. Les procédés de désinfection	30

III.4. Conclusion	30
-------------------------	----

CHAPITRE IV

Matériels et méthodes

IV.1 Introduction	33
IV.2 But Principal	33
IV.3 Prélèvement et échantillonnage	34
IV.4 Matérielles d'étude	34
IV.4.1 Matériels de l'Expérience.....	34
IV.4.2 Les eaux usées	36
IV.5 Méthode d'étude.....	36
IV.5.1 Dispositif expérimental.....	36
IV.5.2 Analyse des eaux.....	37
IV.5.3 Méthode et processus des paramètres	38
IV.6 Conclusion	48

CHAPITRE V

Résultats et discussions

V.1. Introduction.....	50
V.2. Rendement épuratoire.....	50
V.3. Résultats et discussions des paramètres analysées.....	51
V.3.1. Paramètres physiques.....	51
V.3.1.1. Potentiel d'hydrogène pH.....	51
V.3.1.2. Température.....	52
V.3.1.3. Oxygène dissous.....	53
V.3.1.4. Demande biochimique en oxygèneDBO5.....	54
V.3.1.5. Demande chimique en oxygène.....	57
V.3.1.6. Matières en suspension.....	59
V.3.1.7. Nitrates (NO_3^-) et Nitrites (NO_2^-).....	62

V.3.1.8. Ortho-phosphate (PO_4^{3-}).....	64
V.3.1.9. Phosphore total (PT).....	65
Conclusion générale.....	66

Liste d'abréviations

ONA	Office National de l'Assainissement
ADE	Algérienne d'eaux
STEP	Station d'épuration
DBO5	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (mg/l).
DCO	Demande biochimique en oxygène (mg/l).
MES	Matière en suspension (mg/l).
pH	Potentiel hydrogène
EB	Eau brute.
EE	Eau épurée.
ET	Eau traitée.
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations.
MO	Matière organique (mg/l).
MVS	Matière volatiles en suspension (mg/l).
OMS	Organisation Mondiale de la santé.
O.N.M	Office National de Météorologie.
(g/L)	Gramme par litre
(Cm)	Centimètre

Introduction Générale

Introduction

L'Algérie est actuellement aux prises avec un problème de pénurie de l'eau qui s'amplifie depuis des années, les précipitations sont insuffisantes et irrégulières dans le temps et dans l'espace. Le climat chaud et sec qui sévit sur une bonne partie du territoire réduit également les disponibilités en eau.

La pénurie de l'eau est aggravée par l'augmentation régulière des besoins en eau due à l'amélioration du niveau de vie des citoyens, l'accroissement de la population, l'industrialisation et l'essor de l'agriculture irriguée.

Ces facteurs ont conduit à la mise en œuvre des programmes de réalisation d'ouvrages destinés à l'épuration des eaux usées par des stations et des mini stations d'épuration pour protéger l'environnement contre la contamination d'un part et pour une réutilisation des eaux usées épurées produites à l'aval des stations d'épuration d'autre part. Cependant, en raison de l'origine et la composition de cette eau, sa réutilisation, devrait être gérée d'une manière rationnelle et judicieuse dans un objectif de maîtriser et de minimiser les risques sanitaires liés à cette pratique. Dans les régions où la pénurie d'eau est significative, il est important d'épurer les eaux usées et de réutiliser l'eau épurée par les différents systèmes d'épuration.

Les eaux usées sont les eaux rejetées par les collectivités qui sont acheminées par les égouts aux stations et mini stations d'épuration afin d'être traitées. Après traitement, on les appelle des eaux usées épurées. Cette étude propose de traiter les eaux usées de faiblement chargées de s'en servir pour toutes sortes d'usages. Plus l'épuration n'est poussée, et différents composés retenus, pour protéger le milieu naturel.

Cette étude est appelée à présenter une solution technique viable et adaptée pour traiter les eaux résiduaires de faiblement chargées des petites localités ou pour reprendre l'épuration des eaux issues des mini stations d'épuration de lagunage aéré par un système de traitement tertiaire pour une éventuelle réutilisation des eaux usées épurées.

Introduction

Les eaux usées issues des petites localités ou des mini stations d'épuration sont **faiblement chargées** en polluants et en contaminants divers, mais elles posent toujours le problème des **risques sanitaires** liés à une **réutilisation**.

Pour réaliser ce système de traitement spécifique des eaux usées à faible charge, une gamme de techniques physiques, chimiques ou biologiques peut être mise en œuvre, chacune n'ayant qu'un domaine d'action particulier sur certaines formes de la pollution. Une bonne caractérisation des pollutions résiduelles de l'eau épurée à réutiliser est alors indispensable pour concevoir un complément de traitement fiable et performant.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I

Présentation de la région d'étude

I – Présentation de région d'étude

I.1 - Situation géographique de la Wilaya d' « El Oued » :

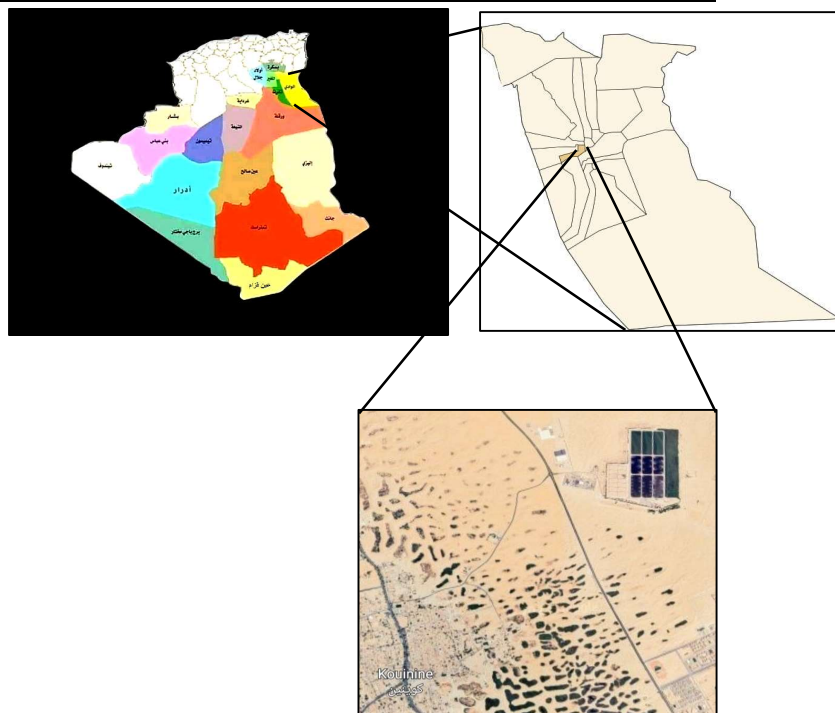


Figure N° 01 : Situation géographique de la région d'El Oued

La wilaya d'El-Oued est située au Nord-est du Sahara algérien (Bas-Sahara), aux confins septentrionaux du Grand Erg Oriental, entre les parallèles : (33° et 34°) Nord, et (6° et 8°) Est. Cette immense étendue sablonneuse se trouve, d'une part, à mi-chemin entre la mer méditerranée au Nord et la limite méridionale du Grand-Erg Oriental au Sud, et d'autre part, à égales distances entre le golfe de Gabès à l'Est et l'Atlas Saharien à l'Ouest. La zone est délimitée par :

La frontière Algéro-Tunisienne (chotts El-Djerid : région de Tozeur) à l'Est
Le chott Melghir et Merouane au Nord (région de Biskra)
Oued-Righ (région de M'Ghair et Touggourt) à l'Ouest

El-Oued forme un massif dunaire qui se trouve à environ 700 Km au Sud – Est d'Alger et 350 Km à l'Ouest de Golf de Gabes (Tunisie) avec une largeur d'environ 160 km

L'altitude moyenne d'El-Oued est de 80 m, alors que celle des Chotts, situés au Nord, elle descend jusqu'à moins 40 m (surface topographique) au-dessous du niveau de la mer.

I.2. Caractéristiques géographiques

Les coordonnées Lambert d'El Oued sont les suivantes :
X = 275 200 / 322 000 , Y = 3 665 000 / 3743 000

Chapitre 01

Le relief est très simple, forment des collines de sable en forme de cratères où subsistent, selon la direction des vents dominants, des couloirs propices à la circulation.

La couverture végétale est l'œuvre artificielle de ses habitants. Les palmeraies sont enfouies dans d'énormes entonnoirs (ghouts), au fond desquels s'épanouissent les palmiers dattiers dont les racines s'alimentent directement de la nappe superficielle.

II. Site de l'étude de la STEP1 de KOUININE

II.1. Délimitation de la zone de la STEP1

La délimitation spatiale de la zone d'étude dépend essentiellement :

❖ Du site accueillant la station d'épuration STEP 01 de KOUININE

La station d'épuration de lagunage aérée STEP 01 de KOUININE, située à 07 Km de la ville d'El Oued.

La station d'épuration STEP01, est destinée à épurer les eaux usées des communes de OURMES, TRIFAUI, KOUININE, EL OUED, ROBBAH et BAYADHA.

Désignation	Capacité (Eq/H) Horizon 2030	Débit nominal (m3/j) Horizon 2030
Station de lagunage aéré STEP01	246 000	44 335

Tableau N°01 : Dimensionnement de la STEP1

II.2. Caractéristiques climatiques

Le climat de la région semblable au désert algérien, est caractérisé par un climat désertique :

- Chaleur extrême et sécheresse en été.
- Froid en hiver.
- vent de sable au printemps et cirque en été
- La fluctuation des précipitations en automne et en hiver.
- Manque d'humidité dans l'atmosphère pendant l'été.

La région d'EL OUED, caractérisé par un faible taux des précipitations, des températures élevées, d'une évaporation importante d'un rayonnement solaire excessif.

COORDONNEES DE LA STSTAION DE GUERMAR EL OUED (ONM)

Latitude 33° 22' 0" N
Longitude 6° 53' 0" E
Altitude 70 m

Chapitre 01

II.2.1. La température

La température est un paramètre important dont il faut tenir compte pour la Une période chaude s'étalant de Mai à Octobre avec une moyenne de 29.9° C.

Mois	Jan.	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T °C	11.4	13.0	17.3	22.1	26.6	31.2	34.7	34.0	29.5	23.7	16.7	11.8

Tableau N°02 : Répartition mensuelle de la température

Source : ONM

II.2.2. Pluviométrie :

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable dans l'hydro climatologie

Elles sont irrégulières entre les saisons et les années. En effet la moyenne des précipitations est de 7.77 mm/an.

On révèle que la période pluviale de l'année est très courte (2 à 3 mois). Par contre la période sèche s'étale sur le reste de l'année (9 à 10 mois).

Mois	jan	Fev	Mar	Avri	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	P moy
P(mm)	3.87	4.90	8.48	8.35	1.18	0.68	0.20	0.43	9.77	3.55	7.18	2.18	7.77

Tableau N°03 : Répartition mensuelle de la pluviométrie

Source : ONM

II.2.3. Le vent

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	V moy
V m/s	5,12	6.68	6.22	7.76	7.68	9.52	7.96	7.72	6.72	4.12	4.22	4,4	6,51

Tableau N°04 : Les variations des vitesses moyennes mensuelles du vent

Source : ONM

Nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période du mois Février du jusqu' à le mois d'Août, avec un maximum de 9,52 m/s durant le mois Juin.

II.2.4. L'humidité relative

La région se caractérise par un air sec. Avec une humidité moyenne annuelle de 44.2 % Le taux d'humidité relative varie d'une saison à l'autre.

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Juill.	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Hum %	58,6	48.6	43.4	38.5	32.6	33.3	29.6	32.6	43.7	47.1	55.5	67.4

Tableau N°05: Les moyennes mensuelles de l'humidité relative

Source : ONM

Chapitre 01

II.2.5. L'évaporation

Le tableau ci-après fait ressortir que l'évaporation maximale est de l'ordre de 361,5 mm enregistré pendant le mois de Juillet, et le minimum est de l'ordre de 80,3 mm enregistré pendant le mois de Janvier.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Evap (mm)	80,3	93,1	167,7	203	288,5	337,7	361,5	321,3	184,2	144,8	105,2	87,3

Tableau N°06: Les moyennes mensuelles de l'évaporation

Source : ONM

II.2.6. L'ensoleillement

Les radiations solaires sont importantes au Sahara, car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année. On peut remarquer que les valeurs les plus importantes sont enregistrées en période allant du mois de Mars ou de Mai.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Ensol (Heure)	261,7	272,6	309,6	312	344	375,3	387,6	362	302,4	287,2	261	247

Tableau N°07: Les moyennes mensuelles de l'ensoleillement

Source : ONM

II.2.7. L'évapotranspiration

La variation de l'ETP moy mensuelle montre que cette dernière atteint son maximum au mois de juillet 238.9 mm et son minimum au mois de janvier 12.6 mm.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Evtp (mm)	12,6	20,9	36,7	61,2	116,7	183	238,9	233,5	133,6	73,4	32,1	15,1

Tableau N°08: Les moyennes mensuelles de l'évapotranspiration

Source : ONM

II.2.8. Conclusion

Le climat de la région semblable au désert algérien, est caractérisé par un climat désertique caractérisé par :

- Chaleur extrême et sécheresse en été.
- Froid en hiver. - vent de sable au printemps et sirocco en été
- La fluctuation des précipitations en automne et en hiver.
- Manque d'humidité dans l'atmosphère pendant l'été.

La région d'El-Oued est située dans l'étage bioclimatique aride. Elle est caractérisée par la faiblesse de la pluviométrie, les fortes amplitudes thermiques.

III-Processus de traitement des eaux usées

III.1. Présentation de la STEP 1 Kouinine

La station de lagunage aérée (STEP 01) de **Kouinine** est constituée d'un prétraitement, 06 bassins de lagunage aérés, 03 bassins de lagunage de finition et de 14 lits de séchage. Les caractéristiques géométriques des bassins sont résumées dans le tableau N°09.

III.2. Données d'entrée de base et paramètres de l'eau brute

Population raccordée : 246 000 EH

Débit d'eaux usées :

Moyenne quotidienne : 44 335 m³ /j

Moyenne horaire : 1413 m³ /h

Pointe horaire : 2826 m³ /h

Concentration de DBO5 : 250 mg/l

Charge journaliers DBO5 : 8476 Kg/j

Concentration de DCO : 500 mg/l

Charge journaliers DCO : 16 952 Kg/j

Concentration de MES : 361 mg/l

Charge journalière MES : 12 243 Kg/j

III.3. Paramètres de conception de l'eau traitée

Les eaux usées traitées doivent répondre aux critères de qualité suivant :

Concentration de DBO5 : 40 mg/l

Concentration de DCO : 125 mg/l

Concentration de MES : 40 mg/l

Critère parasitologique : moins de 1 Œuf d'helminthes par litre

III.4. Caractéristiques de la STEP 1 :

- Étage aéré n°1 : -

- 3 bassins d'une surface unitaire de 21 167 m²

- 13 aérateurs de 15 kw par bassin

- Étage aéré n°2 :

- 3 bassins d'une surface unitaire de 21 167 m²

- 6 aérateurs de 15 kw par bassin

- Étage finition :

- 3 bassins d'une surface unitaire de 17 944 m²

-Lits de séchage : 14 lits de séchage ; 42 000 m² de surface

Chapitre 01

Etage aéré 1 – Bassins A1 à A3	
Longueur (m)	232,60
Largeur (m)	91
Hauteur d'eau (m)	3,5
Volume de lagunage (m ³)	66 471
Etage aéré 2 – Bassins B1 à B3	
Longueur (m)	194,80
Largeur (m)	92,11
Hauteur d'eau (m)	3,5
Volume de lagunage (m ³)	66 471
Etage de finition – Bassins F1 à F3	
Longueur (m)	253,30
Largeur (m)	91,60
Hauteur d'eau (m)	1,5
Volume de lagunage (m ³)	33 250

Tableau N°09 : Caractéristiques géométriques des différents bassins

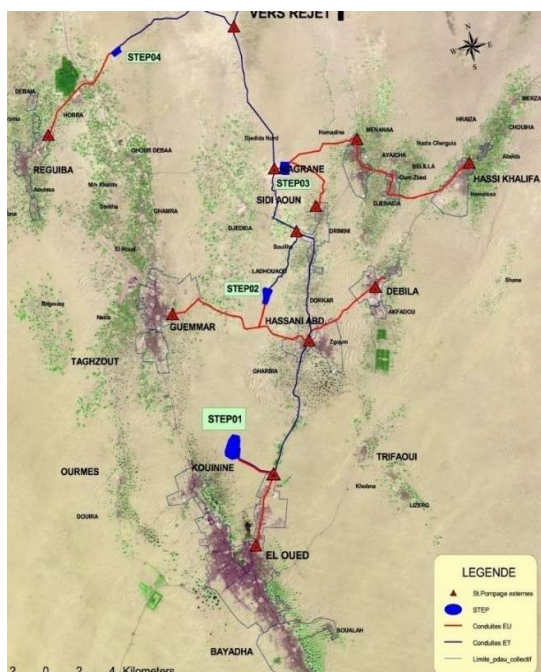


Figure N°02 : STEP 01 Kouinine



**Figure N°03 : Vue aérienne
STEP 01 Kouinine**

Chapitre 01

STEP	Localisation	Surface (m ²)	Périmètre (m)
STEP 01	Commune de KOUININE	470 100	2800

Tableau N°10 : Délimitations de la STEP01 Kouinine

III.5. Processus de traitement des eaux usées :

III.5.1. Aperçu du processus :

Dans le cas d'El Oued, en vue de la grande population et le taux d'effluents élevés, le processus de traitement se base sur les lagunes aérées, pour assurer une grande efficacité.

Le processus de traitement des eaux usées comprend les étapes principales ci-après :

- Prétraitement avec dégrillage et évacuation des sables
- Etape d'aération primaire (étage A), de 3 lagunes aérées en parallèles.
- Etape d'aération primaire (étage 2), de 3 lagunes aérées en parallèles.
- Etape de finition tertiaire, de 3 lagunes en parallèles.
- Etape de déshydratation des boues comprenant 14 lits de séchage des boues.

III.5.2. Description de procédé

Les eaux usées recueillies sont acheminées par des collecteurs à effet de pompage via des stations de refoulement vers une installation de prétraitement des eaux usées, et elles franchissent le processus de traitement en 3 étapes.

La première phase, le prétraitement mécanique, est chargé d'évacuer les impuretés grossières et le sable et graviers des eaux usées d'admission.

La configuration de la deuxième et troisième étape est subdivisée en trois voies de traitement parallèles qui ont toutes la même taille.

La phase de traitement principale comprend la dégradation biologique et la décomposition des polluants organiques. Dans chaque ligne de traitement, cette phase a lieu dans des lagunes aérées, connectées en série (processus biologique aéré à deux étapes).

La phase finale comprend un étage de 03 lagunes non aérée dans chaque ligne de traitement, ces lagunes de finition servant à l'optimisation de la qualité des effluents des lagunes aérées. Le régime d'écoulement de l'eau usée du prétraitement vers la station de pompage est régi par l'effet de gravité.

Lors de la biodégradation des matières organiques dans les lagunes aérées, une quantité de boue importante est générée. Les couches de boue activée au fond des lagunes augmentent graduellement. Pour maintenir un volume d'eau usée

Chapitre 01

suffisant pour le traitement, la boue décantée est à évacuer périodiquement, l'évacuation devrait avoir lieu environ tous les trois ans.

La boue évacuée sera pompée vers les lits de séchage. Pour une distribution homogène de l'eau prétraitée vers la première étape des lagunes aérées et dans les étapes de traitement ultérieurs, des répartiteurs en béton sont installés en amont de chaque étage.

1 - Traitement préliminaire

Le but principal de prétraitement est d'éliminer les débris et des substances grossières brutes à influence négative sur les processus.

L'installation de dégrillage consiste en deux canaux de dégrillage parallèles comportant des grilles motorisées automatiques et un canal de dérivation d'urgence muni d'une grille passive.

Avant de parvenir aux grilles, les eaux usées d'arrivée sont recueillies dans la chambre d'admission qui s'élargit vers l'aval, dans laquelle la dissipation d'énergie et le dégazage partiel auront lieu.

Trois canaux d'évacuation du sable parallèles, de conception identique, qui sont également installés. La section transversale et la longueur des canaux sont conçues de manière créer une faible vitesse d'écoulement et des conditions de décantation favorables qui permettraient d'obtenir une efficacité d'évacuation du sable d'au moins 90 %.

Un pont racleur d'aspiration est installé au-dessus des trois canaux de dessableur, s'étendant sur chacun des trois canaux et se déplaçant sur toute la longueur des canaux, sera utilisé pour l'évacuation des sables décantés.

A partir des canaux d'évacuation du sable, l'eau traverse un canal d'intersection qui se rétrécit en aval dans le canal Venturi de mesure du débit.

2. Répartiteur N°01

Suite au passage du canal de mesure, l'eau usée prétraitée s'écoule dans le répartiteur RP1. Son but est une distribution homogène de l'eau usée dans les lagunes aérées primaires des trois lignes en service.

3. Lagunes aérées primaires, étage A

Le traitement biologique des eaux usées commence à l'étage A, qui consiste en trois lagunes aérées (A1, A2, A3) de mêmes dimensions et de même conception, de manière à permettre une réduction de 75% de la pollution biologique, chaque lagune est conçue pour traiter un tiers du débit nominal et de la charge biologique.

Chapitre 01

L'étanchéité est assurée par une Géomembrane bitumineuse imperméable et résistante.

Pour l'aération des lagunes, des aérateurs flottants de surface à hélice sont installés, 13 dans chaque lagune. Pour optimiser l'effet d'oxygénation obtenu. La puissance nominale de chaque aérateur est 15 kW. Avec une capacité d'oxygénation de 0,85 à 1,05 kg O₂/kWh, les aérateurs choisis sont aptes de satisfaire à la demande d'oxygène spécifique de 1,5 kg O₂/kg DBO₅.

La recirculation de boue n'est pas prévue.

Les eaux usées aérées sortent des lagunes aérées primaires (étage A) par les ouvrages de sorties vers le répartiteur RP2.

5. Répartiteur N°02

Le design, la taille et construction du répartiteur RP2 correspondent largement à ceux du RP1 pour une distribution homogène d'eau usée vers les trois lagunes aérées secondaires (B1, B2 et B3, Etage B)

6.. Lagunes aérées secondaires, étage B

Le second stade de traitement des eaux usées se déroule dans les lagunes de l'étage B. Fonctionnant avec l'effet de gravité du répartiteur. Les conditions de base permettre une réduction de 25% de la pollution, chaque lagune est conçue pour traiter un tiers du débit nominal et de la charge biologique. Les ouvrages de sorties de l'eau usée des lagunes secondaires se trouvent sur l'extrémité en aval de chaque lagune aérée secondaire, l'eau s'écoule vers le répartiteur N° 03.

7. Répartiteur N°03

La fonction, le design et dimensionnement du RP3 sont les mêmes que pour RP2.

8. Lagunes de finition

Le but des lagunes de finition non aérées (F1, F2, F3) est l'optimisation de la qualité de l'effluent traité biologiquement. Vu que la grande majorité des matières en suspension aptes à la sédimentation décante dans les lagunes aérées en amont de l'étage 1 et 2, l'éloignement de boue des lagunes de finition est rarement nécessaire. Une estimation indique la nécessité pour cette action environ tous les 7 à 8 ans.

Suite au passage par les lagunes de finition, par les ouvrages de sortie respectifs, l'effluent clarifié s'écoule par l'effet de gravité vers le collecteur en aval vers la station de pompage.

Chapitre 01

9. Déshydratation et dépose des boues

La déshydratation de la boue évacuée à lieu dans ces conditions naturelles dans les lits de séchages.

Il y a 14 lits de séchage disposés sur deux lignes, les lits sont remplis des couches du sable et du gravier de granulométrie différente. La boue évacuée sera pompée sur le remplissage en sable,

La boue sèche est éloignée par une mini chargeuse.

III.6. Résultats d'analyses physico-chimiques et métaux lourds des effluents de la STEP01 de KOUININE par ONA

Les résultats d'analyses physico-chimiques et métaux lourds des eaux épurées sont représentés dans le tableau suivant :

Mois	Débit eau épurée (m³/j)	PH	T °(C)	Cond (ms/cm)	MES (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	Salinité (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
JAN	23 366	6,75	10,9	5,33	30	63	177	2,8	1,04
FEV	26 624	6,75	11,2	5,21	26	45	166	2,8	0,97
MAR	23 596	6,96	12,3	5,2	33,33	53	175	2,8	3,57
AVR	25 021	6,77	14,9	5,2	33	65	175	2,8	3,57
MAI	24 909	6,96	21	5,44	48	74	164	2,9	/
JUIN	27 275	7,2	23,8	5,48	23	81	/	3	/
JUILL	28 638	7,58	25	5,27	33,1	76	/	2,9	1,13
AOUT	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SEP	24782	7,86	26,7	5,32	36,6	82	/	2,9	/
OCT	19621	7,84	20,5	5,33	35	70	/	2,9	/
NOV	24485	7,77	18,2	5,17	33	68	129	2,8	/
DEC	28 460	6,85	10	5,29	26	41	109	2,8	2,84

Tableau N°11 : Résultats d'analyses physico-chimiques des effluents de la STEP 01 de KOUININE

(ONA) en 2018

Chapitre 01

Métaux lourds		Les Valeurs (mg/l)
Cadmium	Cd	0,891
Chrome	Cr	0,271
Cyanure	CN	0,092
Fer bivalent (divalent)	Fe 2 ⁺	0,974
Fer trivalent	Fe 3 ⁺	1,250
Plomb	Pb	0,005
Zinc	Zn	0,383
Sulfure	S ²⁻	0,1
Nickel	Ni	0.767

Tableau N°12 : Résultats d'analyses des métaux lourds des effluents de la STEP 01 de KOUININE

(ONA) en 2018

Au vu des résultats d'analyses des effluents de la STEP effectués au niveau du laboratoire de la STEP01 de KOUININE, nous pouvons conclure que le traitement au niveau de cette dernière ne fournira pas une eau de qualité répondant aux normes de rejet en vigueur en Algérie à cause des valeurs de la **DCO** et de la **DBO₅** qui sont importantes, ce qui due à la présence des huiles dans les lagunes aérées et qui nécessite de prévoir un déshuileur au niveau du prétraitement.

CHAPITRE II

Généralités sur les eaux

Chapitre 02

II.1. Introduction :

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, agricole, ou pluviale. Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel. Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu sur l'origine des eaux usées et leurs compositions, et puis nous décrirons le problème de la pollution de ces eaux, et leur impacts sur l'écosystème, et puis la réglementation relative à les eaux usées.

II.2. L'origine des eaux usées :

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue quatre catégories d'eaux usées :

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

II.3. Composition des eaux usées :

La composition des eaux usées, est extrêmement variable en fonction de leur origine, le tableau suivant présente la concentration moyennes de ces eaux :

Concentration moyennes		
Paramètres	Echelle de variation	Fraction décantables
pH	7,5 à 8,5	
MES totales (mg/l)	100 à 400	50 à 60 %
DBO ₅ (mg/l)	150 à 500	25 à 30 %
DCO (mg/l)	300 à 1000	30 %
COT (mg/l)	100 à 300	30 %
NTK (mg/l)	30 à 100	< 10 %
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	20 à 80	0 %
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	< 1	0 %
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	< 1	0 %
P total (mg/l)		

Tableau N°13 : Concentration moyenne des eaux usées urbaines. (Laurent, 1994)

Les eaux usées urbaines contiennent des matières solides, des nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute et des micro-organismes. Ces substances peuvent être classées en quatre groupes :

II.3.1. Éléments microbiologiques :

Les eaux usées contiennent tous les microbiologiques excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes.

II.3.2. Matières en suspension MES :

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES.

II.3.3. Substances nutritives :

Parmi ces éléments présents dans l'eau, deux sont très importants parce qu'ils sont indispensables à la synthèse des micro-organismes dans le milieu aquatique. Il s'agit de l'azote N et du phosphore P

II.3.3.1. L'azote (N) :

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute.

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ à NO_2^- : nitratisation par Nitrosomonas
- NO_2^- à NO_3^- : nitratisation par Nitrobacter.

II.3.3.2. Le phosphore (P) :

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l. Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement (FAO, 2003).

II.3.3.3. Le potassium (K^+) :

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l

Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes (FAO, 2002).

II.3.3.4. Chlore et sodium :

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres (Faby, 1997).

II.3.4. Les micropolluants organiques et non organiques :

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées.

II.3.4.1. Eléments traces :

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces.

II.3.4.2 Les micropolluants organiques :

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile, l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc. (Djeddi, 2007).

II.4. La pollution : risque et réglementation :

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Pour lutter contre cette pollution et éviter les maladies d'origine hydrique, plusieurs normes de réglementation ont été établies au niveau national et international.

II.4.1. La pollution par les eaux usées :

II.4.1.1. Définition :

On appelle pollution de l'eau, toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants qui la consomment. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée ou l'utilisent (en irrigation par exemple), il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé (Haouti, 2005).

II.4.1.2. Origine et type de la pollution par les eaux usées :

a- Origine de pollution:

Les origines de la pollution peuvent être domestiques, industrielles, agricoles ou pluviales.

b- Types de la pollution:

Il plusieurs types de pollution parmi lesquelles on distingue :

- ✓ La pollution chimique
- ✓ La pollution organique
- ✓ La pollution microbienne
- ✓ La pollution thermique
- ✓ La pollution par hydrocarbures

II.4.1.3. Les différents paramètres de la pollution :

a- Les paramètres physiques:

- ✓ La température
- ✓ La conductivité
- ✓ Salinité
- ✓ Les Matières en suspension (MES)
- ✓ Les matières volatiles sèches (MVS)
- ✓ La couleur et l'odeur
- ✓ La turbidité

b- Les paramètres chimiques:

- ✓ Le pH (potentiel hydrogène)
- ✓ Demande biologique en oxygène en 5 jours (DBO5)
- ✓ Demande chimique en oxygène (DCO)
- ✓ Relation entre DCO et DBO5

c-Éléments toxiques:

La présence des métaux lourds (plomb, mercure, ...) et des substances toxiques (phénols) dans l'eau usée peut la rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.

d- Les nutriments (Azote, phosphore):

Le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et polyphosphates) provenant surtout des poudres à lessives, et sous forme organique provenant des matières fécales (*Haouati, 2005*)

II.4.2. Risques de la pollution par les eaux usées :

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et l'environnement.

II.4.2.1. Risque sur l'environnement :

- ✓ 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 (*Yahiaoui, 2015*).

II.4.2.2. Risque sur la santé humaine :

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils 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 (*OMS, 2005*).

II.4.3. La Règlementation :

La réglementation exige des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés par les taux de concentration des divers composants de ces eaux.

II.4.3.1. Les normes de L'OMS :

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial. Elle propose des normes sanitaires pour diminuer les risques sanitaires.

II.4.3.2. Les normes Européenne :

La directive européenne du 19 mars 1991, relative au traitement des eaux résiduaires, impose la collecte et le traitement de la globalité des eaux urbaines résiduaires.

II.4.3.3. Les normes Algérienne :

La réglementation algérienne est assez succincte concernant des eaux usées épurées. Les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées sont fixées par voie réglementaire en prenant en compte notamment les critères relatifs aux agglomérations, aux possibilités d'utilisation des eaux épurées, aux risques de contamination et de pollution.

II.5. Conclusion :

Les eaux usées urbaines peuvent être rejetés directement dans le milieu naturel aboutissant à des stations d'épuration dont ils ne doivent pas perturber le fonctionnement. Pour cela on est appelé à préciser des normes de rejet pour protéger l'environnement contre impacts négative. Les normes doivent tenir compte des sensibilités des méthodes de dosage et des possibilités techniques de traitement. La connaissance de la composition des eaux résiduaires et leur paramètre essentiel pour assurer la pertinence du choix et du dimensionnement des filières de traitement appropriées. Bien que les gammes de concentrations des paramètres typiques des eaux usées soient globalement connues.

CHAPITRE III

Procédés d'épuration des eaux usées

Chapitre 3:

III.1. Introduction :

Les eaux usées sont chargées des matières minérales ou organiques, pouvant être en solution ou en suspension, et dont certains sont toxiques, alors pour éviter toute pollution on doit les épurer avant leurs évacuations.

L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante que pour protéger le moins possible le milieu récepteur. Les procédés d'épuration des eaux usées sont nombreux et très différents l'un par rapport à l'autre, ce chapitre vise essentiellement à définir les divers procédés d'épuration des eaux usées. Le principe de fonctionnement, les avantages et les inconvénients de chaque procédé sont également illustrés.

III.2. Critères de choix du procédé d'épuration :

Le choix d'un procédé par rapport à une autre repose sur :

- Le degré de pollution et nature des eaux à traiter (DCO, DBO5, MES...)
- La facilité d'exploitation, de gestion et d'entretien.
- La disponibilité du terrain et du site récepteur, la nature du sol, les facteurs climatologiques....
- Le coût d'investissement, et d'exploitation
- Qualification du personnel d'exploitation.
- Le rapport DCO/ DBO5 est une indication très importante pour le choix du procédé de traitement à effectuer.

Le rapport DCO/ DBO5 donne une estimation de la biodégradabilité des matières présentes dans l'eau usée, (la biodégradabilité est la capacité d'une substance, ou son aptitude à être décomposée par les bactéries).

III.3. Etapes d'épuration des eaux usées :

Les eaux usées peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des processus physiques, chimiques et biologiques. D'une façon générale, une station d'épuration des eaux usées comprend les étapes suivantes :

- Prétraitements ;
- Traitements primaire ;
- Traitements secondaire ;
- Traitements tertiaires ou de finition.

III.3.1. Prétraitement :

Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un « prétraitement » qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement.

Chapitre 3:

Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage, et le déshuilage-dégraissage.

III.3.1.1. Dégrillage :

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses, et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation. L'eau brute passe à travers d'une grille composée de barreaux placés verticalement ou inclinés à un angle sur l'horizontale. La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s (Gaïd, 2007).

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants, la nature de l'effluent à traiter et le mode de nettoyage des grilles. On cite :

- a) -Grilles manuelles
- b) -Grilles mécaniques
 - Grille
 - Grille courbes

III.3.1.2. Dessablage :

Le dessablage c'est un procédé consiste à l'élimination des sable présents dans l'effluent brute est indispensable pour protéger les conduites et les pompes contre l'érosion et le colmatage.

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200 μm , la vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre). La section du dessableur calculée de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,30 à 0,20 m/s, et éviter ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables (Gaïd, 2007).

Les types des dessableurs à prévoir sont :

- Les dessableurs couloirs
- Les dessableurs circulaires
- Les dessableurs rectangulaires

III.3.1.3. Déshuilage- dégraissage :

Les graisses et les huiles étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau issues non seulement des habitations, mais aussi des restaurants, des garages, des chaussées, des usines, etc.

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières s'estiment par la mesure des matières extractibles par solvants ». La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L. Le temps de séjour dans cet

Chapitre 3:

ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m³/h (Gaïd, 2007).

Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage parmi lesquels :

- Dégraisseur-déshuileur aéré
- Déshuileur longitudinal

III.3.2. Traitement primaire :

III.3.2.1. Décantation primaire :

La décantation primaire a pour objet d'améliorer la qualité des prétraitements notamment par la capture des matières en suspension 'MES' naturellement décantables et par élimination poussée des flottants (huile et graisse) (Aouabed, 2009).

Elle consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur, les matières solides se déposent dans le fond d'un ouvrage appelé **décanteur** pour former les boues primaires.

En moyenne elle élimine jusqu' à 80% de MES et 30% à 40% de la DBO5. La décantation primaire s'impose généralement pour les stations d'épuration des grandes agglomérations (Aouabed, 2009).

Il y a plusieurs types de décantation parmi lesquels on distingue :

- Décantation classique
- Décantation lamellaire

III.3.2.2. Traitement physico-chimique :

Le traitement physico-chimique a pour objectif d'éliminer en plus des matières en suspension une fraction importante de la pollution colloïdale. Ils mettent en œuvre une coagulation- floculation par adjonction de réactifs minéraux et organiques suivie d'une décantation ou une flottation permettant d'éliminer une fraction importante des matières en suspension et colloïdales. Ces procédés assurent un rendement épuratoire variant de 50 à 70 % de la DBO5 et 80 à 90 % de MES (D'ornano et Mehaignerie, 1979).

Le traitement se déroule en 4 phases sont :

- 1- La coagulation qui consiste en un ajout de coagulant ;
- 2- La floculation qui consiste en un ajout de polymère qui permet agglomération les particules destabilisées ;
- 3- La neutralisation, qui consiste à optimiser le pH des réactions précédentes par ajout d'une base ou d'un acide ;
- 4- La décantation qui permet la séparation des phases solide/liquide.

III.3.3. Traitement secondaire :

III.3.3.1. Traitement biologique :

L'épuration biologique a pour but d'éliminer les matières polluantes biodégradables (essentiellement les matières organiques) contenue dans l'eau usée en la transformant en matières en suspension : micro-organismes et leurs déchets, plus facilement récupérables.

La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'O₂) ou anaérobie (en l'absence d'O₂).

Le traitement biologique peut être, soit libre, c'est-à-dire intimement mêlée au milieu aqueux à épurer (boues activées, lagunage), soit fixée ; elle est alors accrochée sur un support solide à la surface duquel percole l'eau à traiter (lits bactériens, disques biologiques) (Gaïd, 2007).

a. Les procédés biologiques intensifs :

Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (Perera et Baudot, 1991). Parmi ces procédés on distingue :

- a.1. Procédé de lit bactérien
- a.2. Procédé de boues activées
- a.3. Procédé de disques biologiques

b. Les procédés biologiques extensifs :

La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement. Parmi ces procédés on distingue :

- b. 1. Procédé des filtres plantés de roseaux
- b.2. Procédé des lits d'infiltration-percolation sur sable
- b.3. Procédé de lagunage
 - b.3.1 Le lagunage aéré
 - b.3.2 Le lagunage naturel

III.3.3.2. Décantation secondaire :

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes

Chapitre 3:

épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues (lits de séchage, silos) (Boumediene, 2013).

III.3.4. Traitements tertiaires :

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie.

On y distingue généralement les opérations suivantes :

III.3.4.1. Elimination de l'azote et de phosphore :

a. Elimination de l'azote :

a.1. Nitrification-dénitrification :

- Nitrification
 - Nitritation
 - Nitratisation
- Dénitrification

a.2. Les résine échangeuses d'ions

b. Elimination de phosphore

b.1. La déphosphoration biologique

b.2. La déphosphoration physico-chimique

III.3.4.2. Adsorption :

L'adsorption est le processus où des molécules d'une espèce appelée adsorbat (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant.

L'adsorption est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques.

Le charbon actif est souvent utilisé comme adsorbant, c'est un matériau obtenu par pyrolyse du bois, noix de coco, charbon, lignine, et en général tout composé organique. L'utilisation de filtres à charbon actif en grains dans les installations de traitement a été mis en œuvre dans le but de retenir, par adsorption, une partie de la pollution organique qui n'a pas pu être éliminée par les premières étapes de traitement.

III.3.4.3. Les procédés de désinfection :

Pour les zones sensibles, il est primordial de rejeter une eau épurée ne contenant pas de concentration élevée en pathogènes. C'est pourquoi un traitement supplémentaire est parfois réalisé : la désinfection. Cette dernière peut s'effectuer par différentes méthodes, notamment par la chloration, les rayons ultraviolets et l'ozonation.

a. La chloration :

Le chlore est un oxydant puissant, leur utilisation est plus ancienne mais elle présente des contraintes de transport et de manutention. Pour agir correctement, le chlore impose d'une part que l'eau soit préalablement bien épurée et, d'autre part, qu'un temps de contact de 30 min soit respecté. Le chlore se combine à l'ammoniac contenu dans l'eau pour former des chloramines qui deviennent alors l'agent désinfectant.

b. L'ozonation :

L'ozone est un procédé de désinfection utilisé aux quelques pays, il est très efficace dans l'élimination des micro-organismes.

L'ozone offre un large spectre d'action. Il est efficace aussi bien contre les virus que contre les bactéries et agit avec un temps de contact de courte durée (10 min). Produit sur site, il nécessite pour son exploitation du personnel qualifié. (Gaïd, 2007).

c. Les rayons ultraviolets :

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement aux flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes (*Metahri, 2012*).

Le principe d'action des UV repose sur le fait que les rayons ultraviolets sont des ondes électromagnétiques qui correspondent à une gamme de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm. L'absorption de ces rayons par les micro-organismes provoque une modification de leur ADN qui bloque toute répllication du matériel génétique et engendre leur mort (*Gaïd, 2007*).

III.4. Conclusion :

A partir d'une eau usée et grâce aux procédés de l'épuration, il est possible d'obtenir toute une gamme des eaux de qualités différentes. Il y a plusieurs procédés de traitements des eaux usées qui sont très différents au principe de fonctionnement, mais tout fait le même objectif de protéger le milieu récepteur par réduire les concentrations de toutes les charges polluantes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux.

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV

Matériels et méthodes

Chapitre 4:

IV.1 Introduction :

L'objectif principale de notre mémoire consiste en l'analyse expérimentale durant l'étude de l'évolution des performances d'un système de filtration biologique utilisé pour le traitement des effluents urbaines faiblement pollués. Et parce que nous ne pouvions pas assurer un débit continu des eaux domestiques, nous avons remplacé les eaux domestiques par les eaux épurées de la STEP01 de Kouinine à Oued Souf (qui se gère par l'office national de l'Assainissement). Ces eaux sont aussi faiblement polluées, avec une possibilité de garder toujours un débit fixe et permanent durant toute la période d'essais.

La réalisation d'une série d'analyses des eaux usées est faite avant et après l'alimentation du système de filtration au niveau du laboratoire de la station d'épuration susmentionnée.

Nos mesures ont porté sur les paramètres physiques suivants : T° les paramètres de pollution suivants : DCO, DBO₅ et MES et les paramètres de chimiques suivants : pH, O₂, Nitrite (NO₂⁻) Nitrate (NO₃⁻), Phosphate total (PT) et le Phosphate (PO₄³⁻).

IV.2 But Principal :

Le but principal de ces essais est de suivre l'évolution des performances de notre système de filtration, l'objectif principal de ce travail est de mettre en évidence les potentialités de système de filtration composés essentiellement par deux filtre, le premier a été formé par du gravier moyen et le deuxième a été formé par de biomasse composé par des pétioles de palmier et les tiges des plantes du tabac hachés avec du fibre de palmier, ceci pour une bonne élimination de la pollution, surtout d'organique.

L'épuration de ces eaux est assurée grâce à la prolifération des bactéries sur toute la surface spécifique du massif filtrant, c'est un procédé biologique à cultures fixées.

Chapitre 4:

Nous allons présenter également dans ce travail les analyses des eaux usées brutes (les eaux épurées de la STEP) à travers des quels on testera le pouvoir épuratoire de système de filtration étudié. Les résultats obtenus après filtration seront discutés avec un examen de leur conformité vis-à-vis de différentes normes de réutilisation des eaux épurées.

IV.3 Prélèvement et échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) (RODIER, 2005).

Les prélèvements doivent être dans des éprouvettes en plastique préalablement bien lavés et rincés avec de l'eau à examiner.

Les objectifs de cette étape sont :

- ❖ Préserver l'intégrité de l'échantillon et éviter la contamination.
- ❖ Assures la fiabilité de l'opération et réduire les aléas.
- ❖ Assurer la comparabilité des résultats dans les temps et l'espace.
- ❖ Diminuer au maximum les erreurs et les incertitudes.

IV.4 Matérielles d'étude :

Dans cette expérience nous avons utilisé les matériaux suivants :

IV.4.1 Matériels de l'expérience :

❖ **Réservoir** : Un réservoir de 500l équipé par un flotteur pour garder le réservoir plein

❖ **Pneus usés** : 02 grands pneus usés de 1100 mm de diamètre et de 280 mm d'hauteur pour contenir les filtres.

❖ **Tuyauterie, Robinets et compresseur d'air** : Des tuyaux en PVC pour l'alimentation du réservoir ainsi que pour la connexion entre les pneus et à la sortie de ces dernier pour évacuer les eaux traitées de notre système de filtration,

Chapitre 4:

et des robinets en en métal pour le réglage de débit et en plastiques pour la fermeture si nécessaire ; avec un compresseur à air.

❖ *La composite des filtres :*

- ✓ Gravier calcaire lavé de moyen taille.
- ✓ Biomasse (Mélange de Pétioles de palmier concassés et criblés et les tiges des plantes du Tabac concassées et criblés avec de la fibre de palmier).

Pneus usés



Pétiole de palmier (Deglet Nour)



Pétiole de palmier concassé



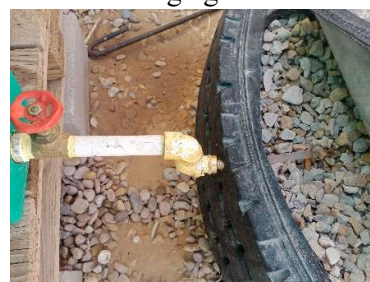
Réservoir d'alimentation



Flotteur de remplissage



Vanne de réglage de débit



Flask de fermeture et remplissage par le gravier



Tiges des plantes du Tabac concassées



Remplissage de biomasse et mise en place du filtre en gravier gradué



Chapitre 4:

Le vide au milieu des pneus est rempli par du sable et planté par des herbes (Esthétiquement)



Eprouvette jaugé pour calcul de débit et échantillonnage



Figure N° 04 : Matériels de l'expérience et mise en place du système de filtration

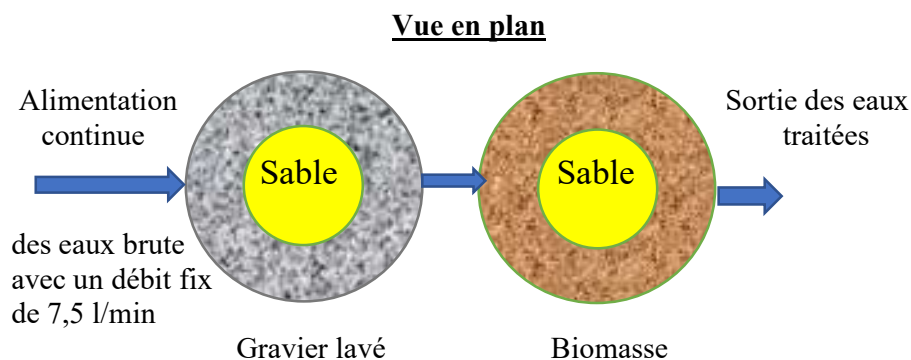
IV.4.2 Les eaux usées :

Les eaux usées d'origine domestiques faiblement polluées utilisées dans cette expérience proviennent des eaux épurées de la (STEP01 de Kouinine)

IV.5 Méthode d'étude :

IV.5.1 Dispositif expérimental :

Le dispositif utilisé pour nos essais porte sur deux compartiments des filtres en série fabriqué par deux pneus usés comportant un système de filtration comme suit :



Chapitre 4:

Vue latérale

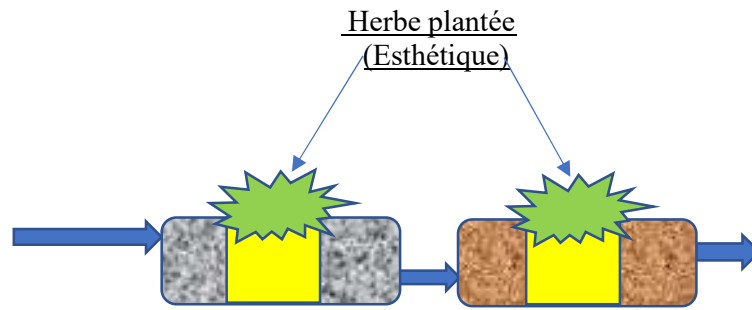


Figure N° 5 : Schéma de l'expérience

IV.5.2 Analyse des eaux :

Les analyses physico-chimiques, de pollution et chimiques des eaux brutes et traitées de notre système de filtration sont réalisées entièrement au laboratoire de la STEP01 de Kouinine.

Chapitre 4:

IV.5.3 Méthode et processus des paramètres

Afin de déterminer la qualité des effluents à traiter, des analyses ont été effectués à l'entrée et sortie de notre système de filtration, les paramètres considérés sont les suivants :

- ✓ Température et le potentiel hydrique (pH) de l'eau.
- ✓ L'oxygène dissous (O_2).
- ✓ Les matières en suspension (MES).
- ✓ Demande biochimique en oxygène (DBO_5).
- ✓ Demande chimique en oxygène (DCO).
- ✓ Nitrite (NO_2^-)
- ✓ Nitrate (NO_3^-)
- ✓ Ortho-Phosphate (PO_4^{3-})
- ✓ Phosphate Total (PT)

IV.5.3.1 Détermination des pH et Température :

Principe :

La température influe sur la quantité d'oxygène, la décomposition de la matière organique, le développement des parasites responsables de certaines maladies, et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxines.

Le potentiel hydrogéné (pH) est en relation avec la concentration des ions hydrogéné présent dans l'eau ou les solutions.

But d'analyse :

Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau .

La mesure a été effectué à l'aide du pH-mètre de poche.

Appareil :

pH Mètre (HACH)

Electrode :

Electrode de pH combiné

Chapitre 4:

Expression des résultants : La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil après l'immersion d'une électrode spécifique de pH dans l'échantillon.

Mode opératoire :

Pendre environ de 100 ml d'eau à analyser et la mettre dans un bécher, allumer le pH mètre et rincer l'électrode avec de l'eau distillée, et tremper l'électrode dans la solution, attendre un moment de lecture et le résultat sera affiché sur l'écran de pH-mètre

Figure N° 6: pH-mètre



IV.5.3.2. Détermination de l'oxygène dissous :

Principe :

La concentration réelle en oxygène dépend de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologiques de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple, par les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux.

L'appareil utilisé : Oxymètre (HACH).

Expression des résultants : Le résultat est donné directement en mg/l.

Figure N° 7 : Oxymètre



Chapitre 4:

Mode opératoire :

Allumer l'oxymètre et rincer l'électrode avec de l'eau distillée, et tremper cette électrode dans le bécher qui contient environ 100 ml d'eau à analyser et la laisser stabiliser un moment, la concentration de l'oxygène dissous s'affiche directement sur l'écran de l'appareil Oxymètre. Après chaque usage rincer bien l'électrode avec l'eau distillée.

IV.5.3.3 Détermination de la demande chimique en oxygène DCO :

But d'analyse :

Mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permettant d'estimer le volume de prise d'essai de DCO .

Principe :

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

Appareillages :

Spectrophotomètre

Réacteur (CR 2200)

Adaptation de tube DCO sur Spectrophotomètre jaugée 2,00 ml Poire à pipete

Réactifs :

Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.

Expression des résultants : Le résultat est donné directement en mg/l.

Mode opératoire:

Agiter le tube réactif DCO d'essai pour amener le résidu en suspension et ajouter 2 ml d'échantillon dans le tube de réactif, ensuite boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté et bien secouer le tube pour le mélange avec le saisir du tube par son bouchon. Chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans le

Chapitre 4:

thermo réacteur ; et retirer le tube chauffé du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir. Chaque 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à le refroidissement à température ambiante après 30 minutes au minimum.

Ne pas refroidir à l'eau froide.

Mesurer l'échantillon dans le Spectrophotomètre, la valeur mesurée sera affichée sur l'écran de l'appareil.



Figure N° 8 :
Thermo-réacteur



Figure N° 9 :
Spectrophotomètre



Figure N° 10 :
réactif DCO

IV.5.3.4 Détermination des matières en suspension (MES) :

But d'analyse :

Est de déterminer la teneur de matières en suspensions d'une eau usée

Principe :

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée .

Appareil :

Papier filtre en verre diamètre 47 μm

Rampe de filtration sous vide

Pompe à vide ou sous vide

Etuve chauffé (105°C)

Balance (0.001 g de précision)

Chapitre 4:

Le dessiccateur.

Formule : $M.E.S = (P1 - P0) / V \times 1000000$.

Avec :

P0 : Poids de filtre en vide.

P1 : Poids de filtre en plein

Mode opératoire :

Mouiller le filtre avec de l'eau distillée et mettre le filtre pendant quelque minute dans l'étuve chauffée à 105°C préalablement, et laisser les filtres refroidir dans dessiccateur quelque minute après l'étape précédente.

Peser le filtre sur la balance (soit P_0 en mg), ensuite placer le filtre (la partie lisse en bas) dans la rampe de filtration et la connecter à la pompe à vide pour filtrer un volume (V ml) de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec 20 ml d'eau distillée, et rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 ml d'eau distillée, retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates ; si nécessaire (le filtre peut être plié), puis placer le filtre dans l'étuve à 105 °C pendant 2 heures. Ensuite laisser se refroidir à la température ambiante dans le dessiccateur sans le contaminer et le peser comme précédemment (soit P_i en mg).



Figure N° 11 : Dessiccateur



Figure N° 12 : Balance électrique



Figure N° 13 : Rampe de filtration / Figure N° 14 : Etuve universel (105c°)

IV.5.3.5 Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

Principe :

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostat est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacés en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP.

Appareillages :

Réfrigérateur conservant à une température de 20C°

Flacons d'incubation à bouchons rodés de 510ml

Barrou-magnétique

Pastilles de KOH.

Expression des résultants : Lecteur de la valeur après 5 jours.

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur.}$$

Chapitre 4:

Mode opératoire :

Le Barrou-magnétique devra être mis dans la bouteille de DBO ainsi qu'un volume (V) dans la bouteille de DBO, puis mettre le support d'alcalin (caoutchoute) sur la bouteille et ajouté 3 ou 4 pastilles de KOH sur le support d'alcalin en évitant la chute d'une masse de KOH dans l'eau à analyser. La bouteille doit être bien fermé par la tête DBOsensor qui devra être réglée ensuite sur la gamme désirée en appuyant sur le bouton (A) et (B) au même temps pour changer le programme, puis sur le bouton (A) pour régler la gamme et appuyer sur bouton (B) pour enregistrer la valeur chaque jour pendant l'incubation.



Figure N° 15 : DBO mètre (oxitop)

IV.5.3.6 Détermination du nitrite (NO₂⁻) :

Appareil :

Spectrophotomètre HACK

Pipete 2 ml

Réactifs

Réactifs nitrite (LCK 341) gamme (2 à 20 mg/l) pour les faibles concentrations.

Mode opératoire :

Le couvercle du tube de réactif doit être s'ouvrir en ajoutant 2 ml de l'échantillon à analyser et tournez le couvercle pour fermer le tube de réactif

Chapitre 4:

ensuite bien secouer ce tube et le laisser reposer pendant 10 minutes. Après le refroidissement mettez tube de réactif dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.

Expression des résultants : Les résultats sont donnés directement en mg/l.



Figure N° 16 : Spectrophotomètre



Figure 17 N° : Réactif NO₂⁻

IV.5.3.7 Détermination de la nitrate (NO₃⁻) :

Appareil :

Spectrophotomètre HACK

Pipete

Réactifs

Réactifs nitrate (LCK 339) gamme (1 à 60 mg/l)

Expression des résultants : Les résultats sont donnés directement en mg/l.

Mode opératoire :

Le couvercle du tube de réactif doit être ouvert en ajoutant 1 ml de l'échantillon et 0,2 ml de la solution A puis fermer le tube et le bien secouer ensuite laisser le reposer pendant 15 minutes, mettez tube de réactif à essai dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.



Figure N° 18 : Spectrophotomètre / Figure N° 19 : Réactif NO3-

IV.5.3.8 Détermination de la phosphate PO_4^{3-} :

Appareil :

Spectrophotomètre HACK

Pipete 2

Réactifs

Réactifs phosphate (LCK 348) gamme (1.5 à 15.0 mg/l) pour les faibles concentrations.

Réactifs phosphate (LCK 350) gamme (6 à 60 mg/l) pour les fortes concentrations.

Expression des résultants : Les résultats sont donnés directement en mg/l.

Mode opératoire :

(Pour les faibles concentrations)

Le couvercle du tube de réactif doit être s'ouvert en ajoutant 0.5ml de l'échantillon puis tournez le couvercle pour fermer le tube ensuite bien secouer le tube et le laisser reposer pendant 15 min, puis le mettre dans le thermo-réacteur à 100°C pendant 1 heure. Sortez le tube à essai de la machine, puis le laisser refroidir, après le bien mélanger, ensuite ajouter 0.2 ml de solution B dans le tube de réactif et ajoute 1 capsule C dans le tube de réactif et le bien mélanger encore

Chapitre 4:

le tube de réactif puis le laisser reposer pendant 10 minutes. Enfin mettez le tube à essayer dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.

IV.5.3.9 Détermination de la phosphate total PT :

Appareil :

Spectrophotomètre HACK

Pipete 2

Réactifs

Réactifs phosphate (LCK 348) gamme (1.5 à 15.0 mg/l) pour les faibles concentrations.

Réactifs phosphate (LCK 350) gamme (6 à 60 mg/l) pour les fortes concentrations.

Expression des résultants : Les résultats sont donnés directement en mg/l.

Mode opératoire :

(Pour les fortes concentrations)

Le couvercle du tube de réactif doit être s'ouvrir en ajoutant 0.4ml de l'échantillon et 0.5 ml de solution B et 1 capsule C dans le même tube de réactif, ensuite bien mélanger le tube de réactif et le laisser reposer pendant 10 minutes. En fin mettez le tube à essayer dans le Spectrophotomètre HACK et lire le résultat.



Figure N° 20 :
Réactif PT(GG)



Figure N° 21 :
Spectrophotomètre



Figure N° 22 :
Réactif PT(PG)

IV.6 Conclusion :

Dans ce chapitre il a été présenté les matériels de l'expérience utilisé pour une filtration biologique, l'appareillage du laboratoire utilisé et méthode permettant l'analyse expérimentale du pouvoir épuratoire de notre système de filtration, ce système est composé du gravier et de biomasse chaque un séparément, l'étude a été effectuée durant 40 jours en continuation avec un débit permanent.

CHAPITRE V

Résultats et discussions

V.1. Introduction :

Plusieurs travaux ont montré que le procédé de filtration biologique a une bonne capacité d'éliminer la charge organique des eaux usées résiduelles ou de faible pollution. Dans ce chapitre, nous allons étudier la purification d'une faiblement chargée d'origine urbain (Eaux épurées de la STEP de Kuinine).

Le système de filtration étudié est composé par deux filtres le premier formé par du gravier moyen et le deuxième a été formé par de biomasse composé par des pétioles de palmier et les tiges des plantes du tabac hachés avec du fibre de palmier.

La cinétique d'élimination de la charge polluante a été évaluée par le suivi des résultats obtenus des paramètres physico-chimique, de pollution et chimique du notre système de filtration.

V.2. Rendement épuratoire :

L'évaluation du pouvoir épuratoire du système de filtration et l'interprétation des résultats obtenus qui sont basés essentiellement sur l'évaluation des paramètres obtenus au laboratoire et sur le calcul du rendement d'élimination de la charge polluante. Le pourcentage d'abattement de la pollution (R %) est donné par la relation suivante :

$$R\% = ((C_o - C_f)/C_o) \times 100$$

Avec :

C_o: Concentration du paramètre considéré dans l'eau usée brute (à l'entrée du filtre).

C_f: Concentration du paramètre considéré dans l'eau traitée (eau sortante du filtre).

Chapitre 5

V.3. Résultats et discussions des paramètres analysés :

V.3.1. Paramètres physiques :

V.3.1.1. Potentiel d'hydrogène pH :

Les résultats de la valeur de pH des eaux usées brutes et traitées sont présentés sur le tableau (14). D'une façon générale, le pH des eaux usées brutes doit se varier entre 6,5 et 8,5. Les valeurs du pH dans le filtre sont entre 6,77 et 7,85.

Date	pH	
	/	
	B	T
14-3-2023	7.85	7.71
19-3-2023	7.58	7.49
23-3-2023	7.37	7.32
27-3-2023	7.68	7.58
30-3-2023	7.26	7.18
3-4-2023	7.69	7.65
5-4-2023	7.48	7.51
10-4-2023	7.53	7.43
13-4-2023	6.77	6.79
17-4-2023	7.12	7.16
20-4-2023	7.43	7.48
23-4-2023	7.36	7.4

Tableau N° 14 : Suivi de pH

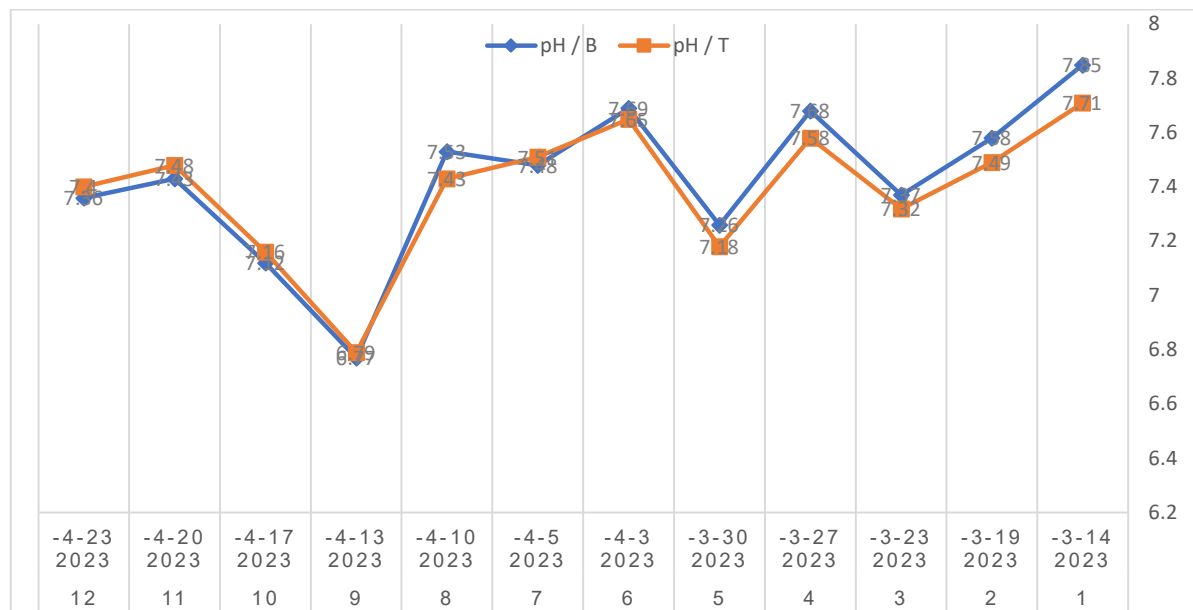


Figure N° 23 : Suivi de pH

Chapitre 5

Le pH de tous les prélèvements est assez proche de la neutralité que ce soit pour l'eau brute ou l'eau traitée. Toutes les valeurs de pH sont conformes aux normes algériennes du rejet (entre 6,5 et 8,5).

V.3.1.2. Température

La variation de la température des eaux usées (brutes et traitées) a été donnée par le tableau (15). D'une façon générale, la variation de la température n'est pas trop significative et elle est toujours dépend de changement climatique. Nous avons enregistré une valeur minimale de 18,2 C°, et une valeur maximale de 24,4 C°.

Date	T	
	°C	
	B	T
14-3-2023	18.2	18.7
19-3-2023	21.6	21.9
23-3-2023	21.1	21.6
27-3-2023	21.8	22
30-3-2023	22.3	22.5
3-4-2023	20.4	20.4
5-4-2023	20.3	20.6
10-4-2023	22.5	22.8
13-4-2023	23.6	23.3
17-4-2023	23.3	23.5
20-4-2023	23.9	24.2
23-4-2023	24.3	24.4

Tableau N° 15 : Suivi de la Température

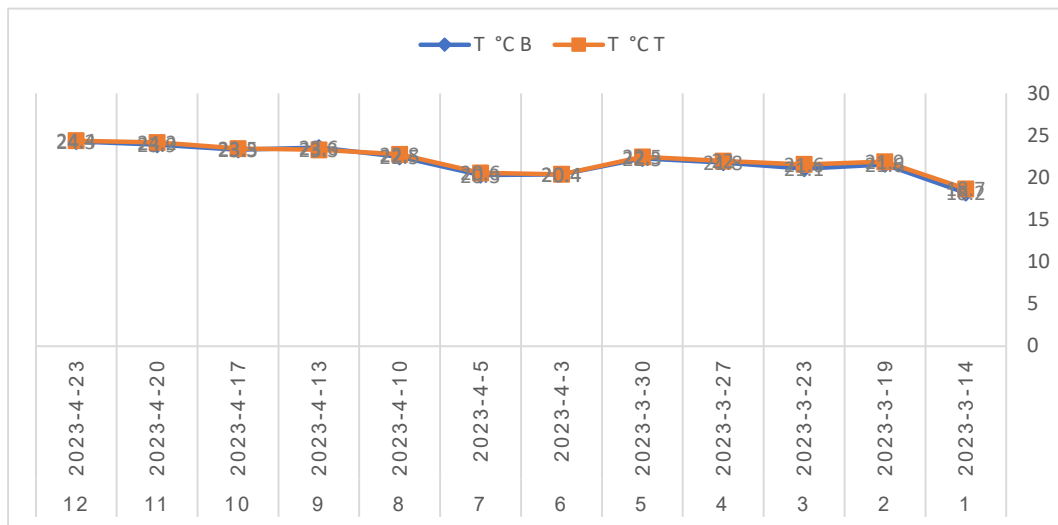


Figure N° 24 : Suivi de la Température

V.3.1.3. Oxygène dissous

Les résultats du tableau (16) indiquent que les concentrations en oxygène dissous des eaux brute dépassent largement la concentration de l'eau traitées. La concentration en oxygène était faible au début de l'essai comme c'est clair dans les deux premiers résultats, mais on a amélioré cette concentration d'O₂ par l'ajout d'un compresseur à air qui alimente une conduite perforée dans le réservoir d'alimentation en eau en formant des bulles d'air dans les eaux d'alimentation du filtre, La teneur en oxygène est très importante dans les filtres jouant un rôle important dans le processus de purification de l'eau usée.

Nous avons enregistré avant l'aération des eaux de réservoir d'alimentation des valeurs varient de 3,65% à 3,83% dans les eaux brutes et de 1,31% à 1,88% dans les eaux traitées, mais après l'aération les valeurs étaient très mieux, où les résultats étaient variés de 6,41 % à 7,48% dans les eaux brutes et de 4,68% à 5,53% dans les eaux traitées.

Date	O ₂	
	mg/l	
	B	T
14-3-2023	3.83	1.88
19-3-2023	3.65	1.31
23-3-2023	7.13	4.93
27-3-2023	6.41	4.68
30-3-2023	6.88	4.82
3-4-2023	7.34	5.27
5-4-2023	6.79	4.87
10-4-2023	7.46	5.53
13-4-2023	7.21	5.51
17-4-2023	6.94	5.02
20-4-2023	7.48	5.29
23-4-2023	7.2	5.18

Tableau N° 16: Suivi de l'oxygène dissous

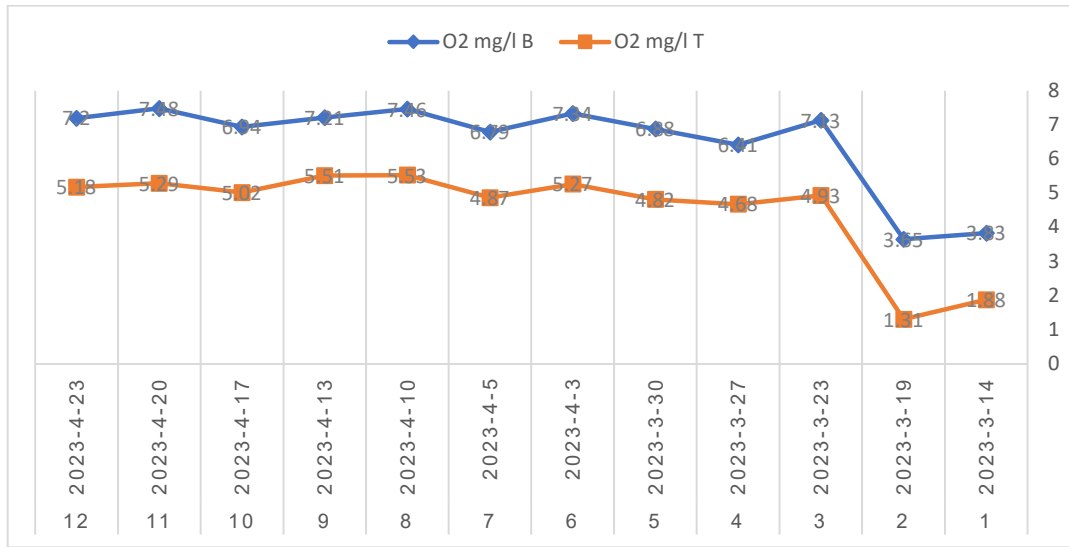


Figure N° 25: Suivi de l'Oxygène dissous

D'une manière générale, la totalité des valeurs d'O₂ des eaux traitées sont inférieures par rapport aux eaux brutes, ceci causé par la consommation du O₂ par les bactéries dans le filtre, et ce qui confirme d'une part l'efficacité des processus de traitement et d'assurer une autoépuration complète de l'effluent traité après leur rejet dans le milieu récepteur d'autre part.

V.3.1.4. Demande biochimique en oxygène DBO₅ :

La demande biochimique en oxygène exprime la fraction biodégradable de la matière organique. Le tableau (17) montre clairement que les valeurs de DBO₅ pour les eaux traitées récupérées après filtration sont toujours inférieures à celles de l'eau brute. De plus, nous avons pu remarquer une nette amélioration du taux d'abattement de DBO₅ dans notre système de filtration après l'aération des eaux d'alimentation, même avec les pics qu'on a eu au niveau des résultats enregistrés dans les analyses des eaux brutes, surtout les jours de 27 Mars et du 13 Avril 2023.

Chapitre 5

Date	DBO ₅		
	mg/l		
	B	T	N
14-3-2023	54	30	30
19-3-2023	58	33	30
23-3-2023	57	19	30
27-3-2023	76	26	30
30-3-2023	30	11	30
3-4-2023	48	20	30
5-4-2023	42	14	30
10-4-2023	48	16	30
13-4-2023	78	27	30
17-4-2023	60	20	30
20-4-2023	57	19	30
23-4-2023	54	17	30

Tableau N° 17: Suivi de la DBO₅

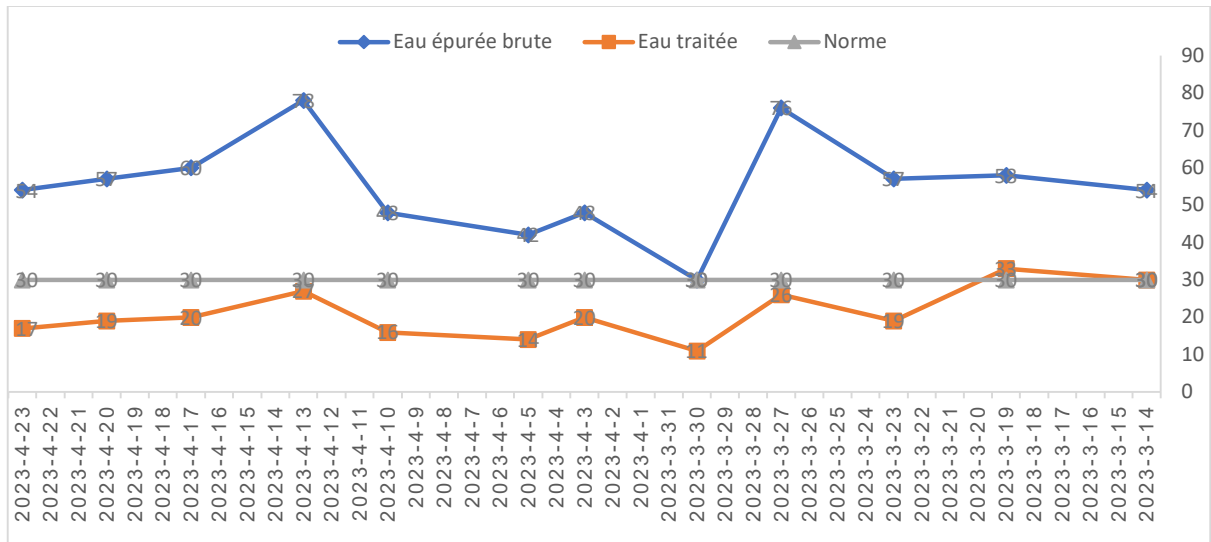


Figure N° 26 : Suivi de la DBO₅

Les concentrations de la DBO₅ enregistrées après la filtration des eaux usées faiblement chargées sont conformes aux normes algériennes admises pour les eaux épurées utilisées à des fins agricoles (30 mg/l) (NA 17683 :2014).

De tous ces résultats, nous avons marqué que notre système de filtration permet une réduction importante de la DBO₅. Les processus de dégradation de la matière organique pourraient s'effectuer via deux principaux processus :

- Décantation physique (Bac à décantation ou fosse septique) pour les eaux domestique.

Chapitre 5

- Dégradation biologique de la matière organique biodégradable par les bactéries (culture fixe sur surface spécifique de particules des deux compartiments du filtre.

DBO ₅	
Date	R%
14-3-2023	44.4
19-3-2023	43.1
23-3-2023	66.7
27-3-2023	65.8
30-3-2023	63.3
3-4-2023	58.3
5-4-2023	66.7
10-4-2023	66.7
13-4-2023	65.4
17-4-2023	66.7
20-4-2023	66.7
23-4-2023	68.5

Tableau N° 18: Suivi du rendement de la DBO₅

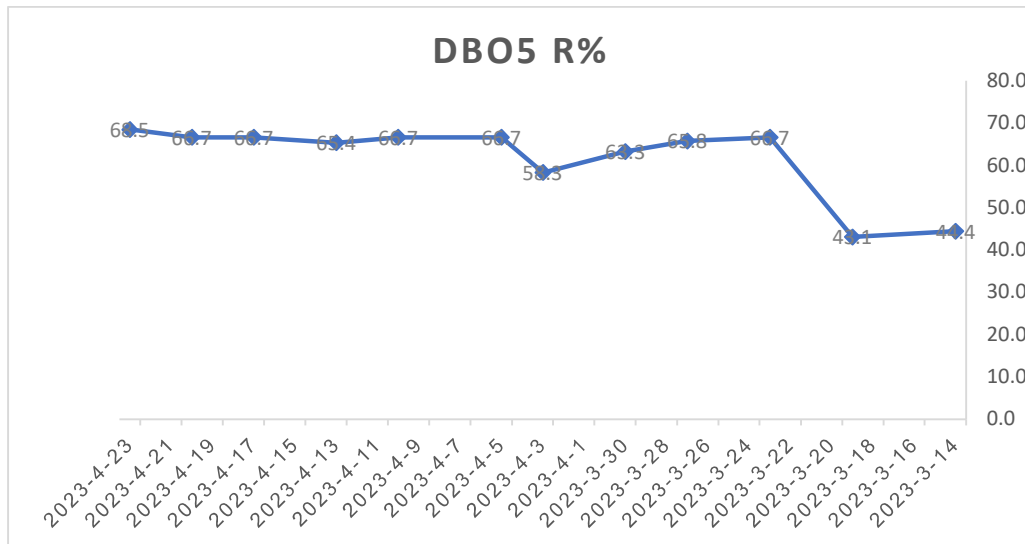


Figure N° 27: Suivi du rendement de la DBO₅

Les résultats du rendement de la DBO₅ commencent par 44.4% et arrivent en fin de l'expérience à 68.6% et durant cette période s'intensifie peu à peu.

Les résultats enregistrés du rendement de la DBO₅ durant la filtration des eaux usées faiblement chargées ont montré que la performance de notre filtre

Chapitre 5

s'augmente généralement avec le temps, cela est dû à la bonne prolifération des micro-organismes sur toute la surface spécifique du massif filtrant.

V.3.1.5. Demande chimique en oxygène :

Les résultats présentés dans le tableau (19) présentent les valeurs DCO, malgré que ces eaux brutes soient des eaux épurées mais ces valeurs sont trop élevées par rapport à la norme de rejet (194 mg/l) ce qui indique que l'effluent étudié est chargé en matière organique.

Les valeurs de DCO après filtration ont montré une très bonne diminution de la charge organique totale (biodégradable et non biodégradable) pour la totalité des prélèvements, s'explique essentiellement par l'élimination d'une grande quantité de la matière organique. Nous pouvons constater que notre système de filtration donne des meilleurs résultats. De plus, l'efficacité du traitement est améliorée après l'aération des eaux brutes.

Date	DCO		
	mg/l		
	Brute	Traitée	Norme
19-3-2023	174	66	90
23-3-2023	180	69	90
27-3-2023	194	74	90
30-3-2023	181	67	90
3-4-2023	182	68	90
5-4-2023	177	66	90
10-4-2023	165	61	90
13-4-2023	176	67	90
17-4-2023	177	65	90
20-4-2023	179	63	90
23-4-2023	176	62	90

Tableau N° 19 : Suivi de DCO

Chapitre 5

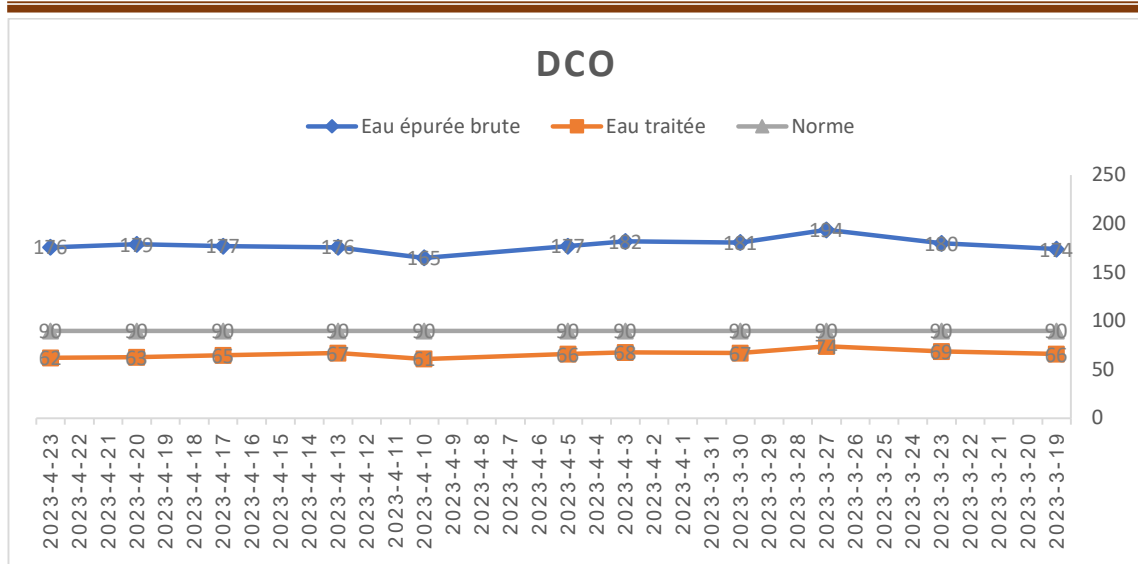


Figure N° 28 : Suivi de DCO

Les données d'analyses montrent que toutes les concentrations de la DCO des eaux traitées oscillent 61 mg/l et 74 mg/l, ces valeurs respectent largement les normes algériennes admises pour les eaux épurées utilisées à des fins agricoles (90 mg/l) (NA 17683 :2014).

DCO	
Date	R%
19-3-2023	62.1
23-3-2023	61.7
27-3-2023	61.9
30-3-2023	63.0
3-4-2023	62.6
5-4-2023	62.7
10-4-2023	63.0
13-4-2023	61.9
17-4-2023	63.3
20-4-2023	64.8
23-4-2023	64.8

Tableau N° 20 : Suivi du rendement de la DCO

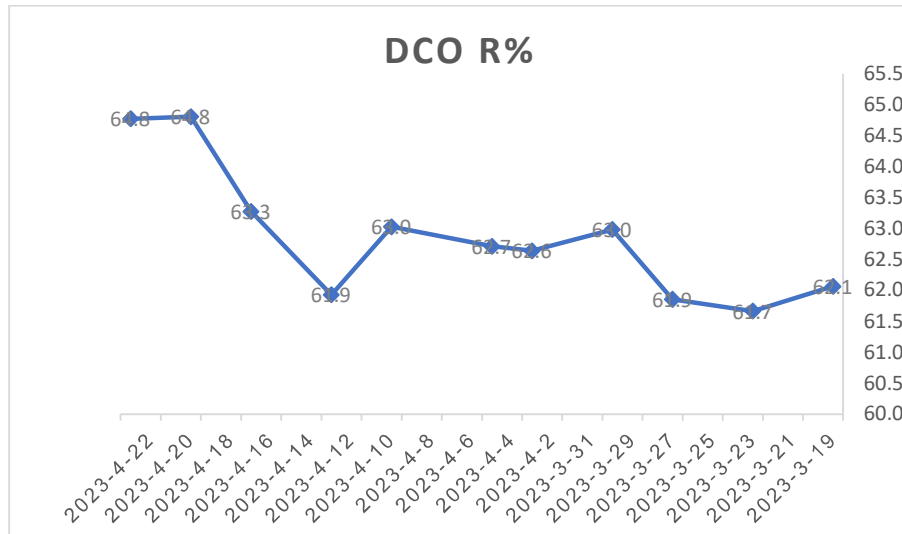


Figure N° 29 : Suivi du rendement de la DCO

Les résultats du rendement de la DCO commencent par 62.1% et arrivent en fin de l'expérience à 64.8% et durant cette période s'intensifie peu à peu.

Les résultats enregistrés du rendement de la DCO durant la filtration ont montré que la performance de notre filtre s'augmente généralement avec le temps, cela est dû à la bonne prolifération des micro-organismes sur toute la surface spécifique du massif filtrant.

V.3.1.6. Matières en suspension :

Les analyses de la matière en suspension de l'eau brute étaient de l'ordre de 30 mg/l, ceci indique que l'effluent est faiblement chargé en MES. Néanmoins, nous observons que les résultats obtenus à la sortie des filtres mettent en évidence une bonne diminution de MES. Les valeurs obtenues pour les eaux traitées varient entre de 7,1 et 14 mg/l, ces valeurs sont largement conformes aux normes des eaux épurées destinées à l'irrigation (30 mg/l) (NA 17683 :2014).

Chapitre 5

Date	MES		
	mg/l		
	B	T	N
14-3-2023	23.4	12.3	30
19-3-2023	22	11.8	30
23-3-2023	28.5	13.9	30
27-3-2023	20	11.2	30
30-3-2023	30	14	30
3-4-2023	30	13.9	30
5-4-2023	20	11.4	30
10-4-2023	13.3	7.1	30
13-4-2023	20	11.3	30
17-4-2023	25	12.8	30
20-4-2023	28	13.6	30
23-4-2023	26	13	30

Tableau N° 21 : Suivi de la MES

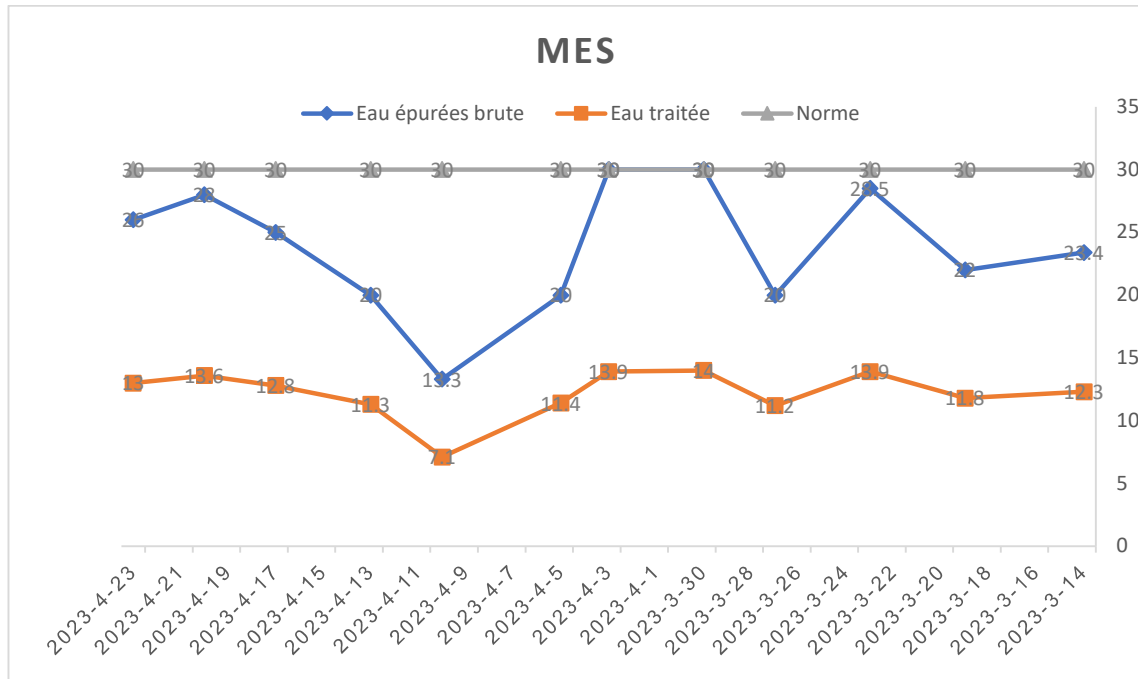


Figure N° 30 : Suivi de la MES

Les résultats que nous avons obtenus nous ont permis de constater que la concentration de MES des prélèvements effectués diminue progressivement en allant du premier jour des essais vers le dernier jour.

En général, nous pouvons marquer que les pourcentages d'élimination de la MES de l'eau usée brute après filtration sont élevés. Cette élimination est due à la rétention des matières solubles par le substrat (Gravier et biomasse). Le passage

Chapitre 5

horizontal des eaux usées à travers le les particules du système de filtration permet une rétention physique des solides en suspension.

MES	
Date	R%
14-3-2023	47.4
19-3-2023	46.4
23-3-2023	51.2
27-3-2023	44.0
30-3-2023	53.3
3-4-2023	53.7
5-4-2023	43.0
10-4-2023	46.6
13-4-2023	43.5
17-4-2023	48.8
20-4-2023	51.4
23-4-2023	50.0

Tableau N° 22 : Suivi du rendement de la MES

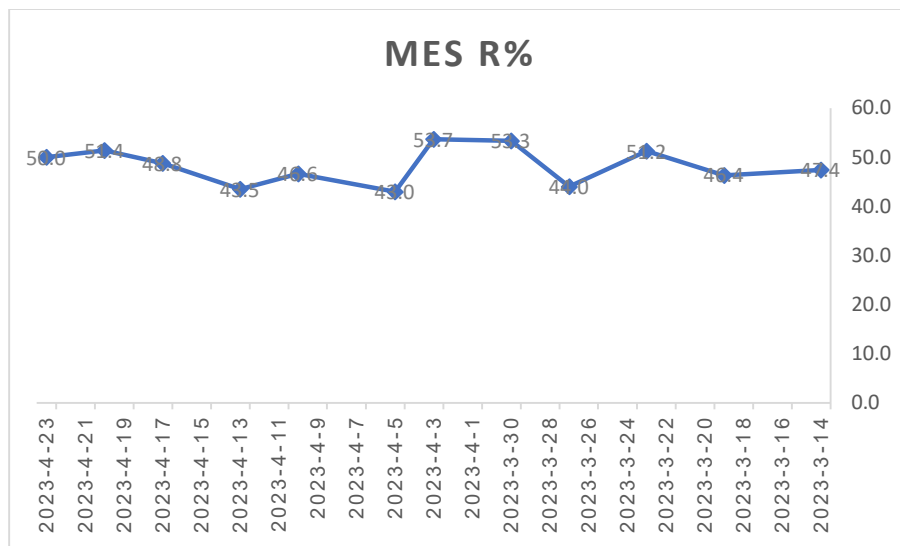


Figure N° 31 : Suivi du rendement de la MES

Les résultats du rendement de la MES commencent par 47.4% et arrivent en fin de l'expérience à 50.2%, avec une moyenne de 48.6%, et durant cette période le rendement ne s'intensifie pas trop.

Les résultats enregistrés du rendement de la DBO5 durant la filtration des eaux usées faiblement chargées ont montré que la performance épuratoire est

Chapitre 5

moyenne. Donc on peut dire que notre filtre est de moyenne efficacité au niveau de traitement de la charge MES.

V.3.1.7. Nitrates (NO_3^-) et Nitrites (NO_2^-) :

Les résultats obtenus concernant la variation des teneurs des éléments nutritifs (nitrates et nitrites) sont donnés par les tableaux (23 et 24).

De ces résultats, nous pouvons distinguer une diminution de taux de NO_2^- . L'augmentation des taux de NO_3^- qui peut s'expliquer par une forte dégradation de la matière organique azoté. La réduction des nitrites et l'augmentation du nitrates est dus aux réactions chimiques des nitrites avec l'oxygène et qui se forme au nitrate, soit une transformation de l'azote en azote gazeux (dénitrification).

Date	NO_2^-		
	mg/l		
	B	T	N
14-3-2023	0.354	0.083	1
19-3-2023	0.374	0.086	1
23-3-2023	0.372	0.073	1
27-3-2023	0.385	0.079	1
30-3-2023	0.363	0.053	1
3-4-2023	0.382	0.071	1
5-4-2023	0.394	0.063	1
10-4-2023	0.439	0.077	1
13-4-2023	0.452	0.078	1
17-4-2023	0.359	0.078	1
20-4-2023	0.395	0.08	1
23-4-2023	0.422	0.085	1

Tableau N° 23 : Suivi de Nitrite

Date	NO_3^-		
	mg/l		
	B	T	N
14-3-2023	0.769	1.53	1
19-3-2023	0.749	1.61	1
23-3-2023	0.812	1.45	1
27-3-2023	0.74	1.39	1
30-3-2023	0.785	1.42	1
3-4-2023	0.792	1.54	1
5-4-2023	0.853	1.55	1
10-4-2023	0.891	1.56	1
13-4-2023	0.914	1.59	1
17-4-2023	0.907	1.53	1
20-4-2023	0.863	1.37	1
23-4-2023	0.848	1.34	1

Tableau 24 N° : Suivi de Nitrate

Chapitre 5

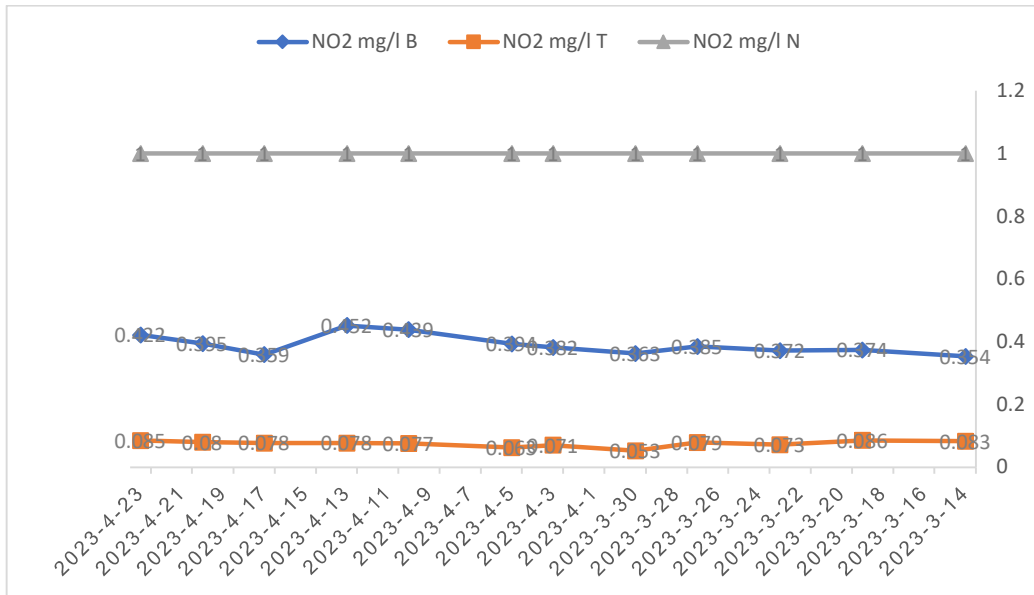


Figure N° 32 : Suivi de Nitrite

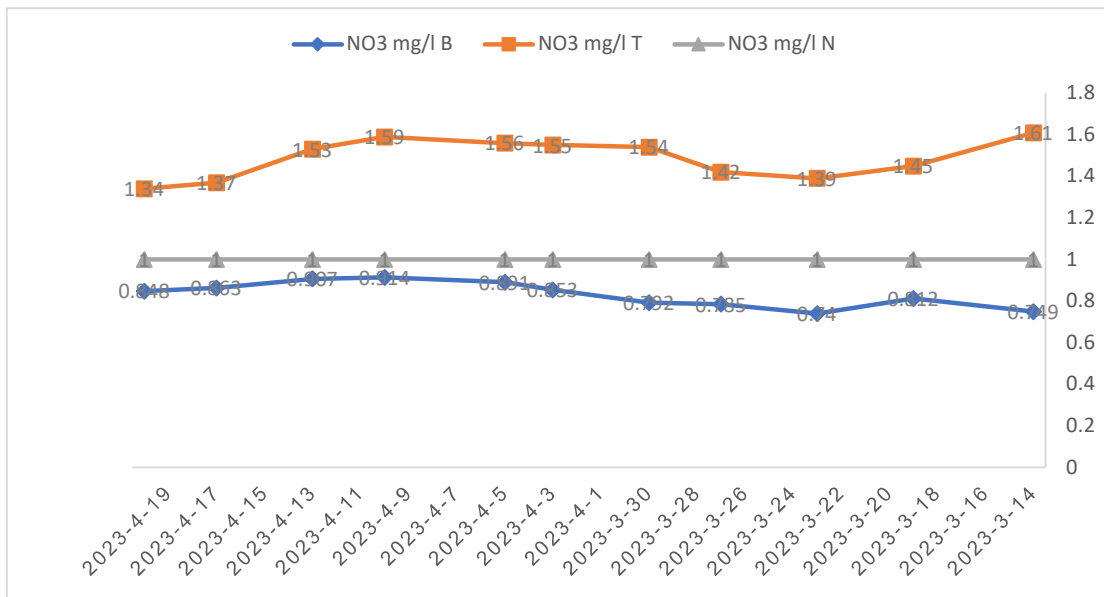


Figure N° 33 : Suivi de Nitrate

De tous ces résultats, nous pouvons conclure que les teneurs en nitrates et en nitrites (0,1 mg/l pour les nitrates et 30 mg/l pour les nitrates) répondent aux valeurs limites des eaux épurées et destinées à l'irrigation.

Chapitre 5

V.3.1.8. Ortho-phosphate (PO_4^{-3}) :

Les résultats obtenus concernant la variation des teneurs en Ortho-phosphate sont donnés par le tableau (25).

De ces résultats, nous pouvons distinguer une diminution de taux de l'ortho-phosphate. La réduction de l'ortho-phosphate dus aux réactions chimiques avec l'oxygène.

Date	PO_4^{-3}		
	mg/l		
	B	T	N
14-3-2023	6.45	0.083	2
19-3-2023	6.62	0.088	2
23-3-2023	6.59	0.072	2
27-3-2023	6.32	0.063	2
30-3-2023	6.88	0.071	2
3-4-2023	6.92	0.069	2
5-4-2023	6.41	0.061	2
10-4-2023	6.36	0.061	2
13-4-2023	6.29	0.062	2
17-4-2023	6.16	0.06	2
20-4-2023	6.84	0.068	2
23-4-2023	6.37	0.064	2

Tableau N° 25 : Suivi de l'Ortho phosphate

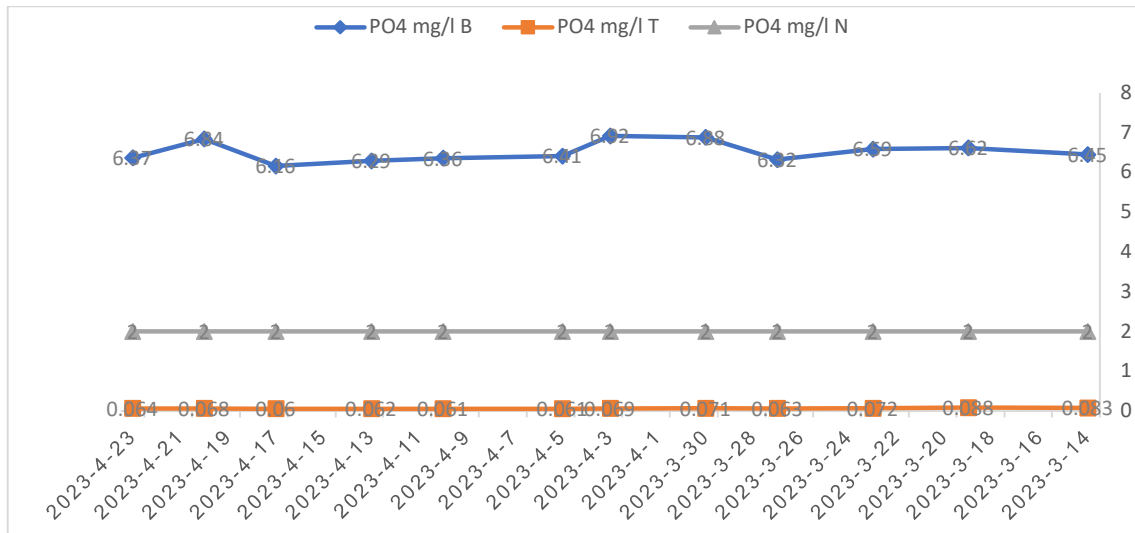


Figure N° 34 : Suivi de l'Ortho phosphate

Chapitre 5

V.3.1.9. Phosphore total (PT) :

Les résultats obtenus concernant la variation des teneurs en phosphore total sont donnés par le tableau (26).

De ces résultats, nous pouvons distinguer une diminution de taux du phosphore total.

La réduction du phosphore totale dus aux réactions chimiques avec l'oxygène.

Date	PT		
	mg/l		
	Brute	Trétée	Norme
14-3-2023	10.4	4.92	10
19-3-2023	10.8	4.97	10
23-3-2023	11.02	4.43	10
27-3-2023	11.13	4.45	10
30-3-2023	10.86	4.12	10
3-4-2023	10.93	4.15	10
5-4-2023	11.43	4.49	10
10-4-2023	11.64	4.53	10
13-4-2023	11.28	4.41	10
17-4-2023	12.04	4.27	10
20-4-2023	12.08	4.18	10
23-4-2023	12.11	4.23	10

Tableau N° 26 : Suivi du Phosphate Total

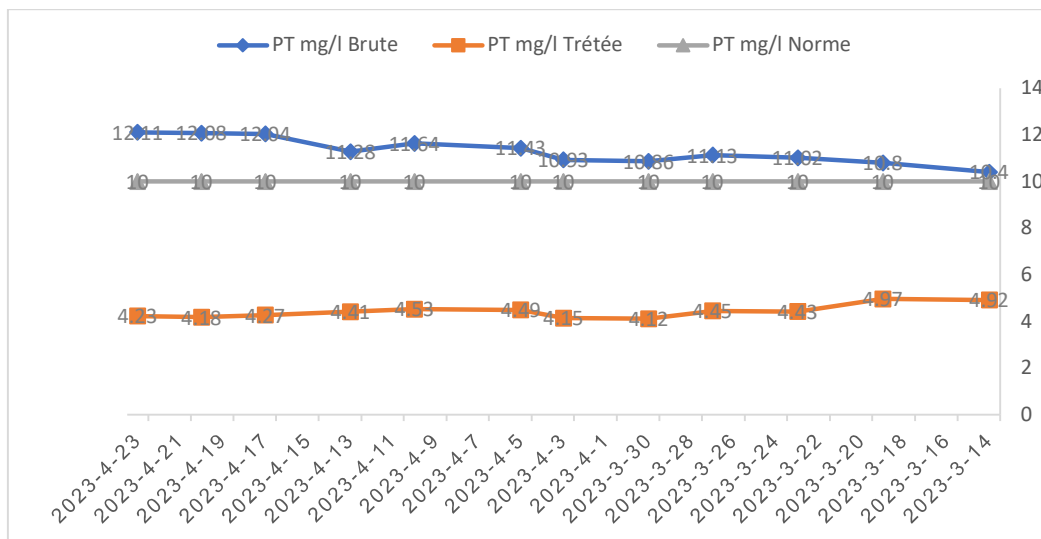


Figure N° 35 : Suivi du Phosphate Total

Conclusion générale

Conclusion générale

L'épuration des eaux usée par les systèmes de filtration biologiques apparaît comme technique incontournable pour le développement durable des stratégies de traitement des eaux usées.

De ce fait, le mode est purification naturelle ou les agents actifs dans le processus sont les bactéries fixées (culture fixe) sur le substrat comme support (le gravier et la biomasse organique). Cette technique plus écologique a beaucoup d'avantages (fiabilité, faible cout et ne demande pas une grande technicité ou grands couts d'exploitation).

Le but de ce travail était d'étudier la filtration des eaux usées faiblement polluées d'un effluent par filtre biologique composé par du gravier moyen d'un part et du biomasse (Mélange de Pétioles de palmier concassés et criblés et les tiges des plantes du Tabac concassées et criblés avec des fibres de palmier).

Les résultats décrits dans ce travail expérimental, montrent généralement une grande performance de ce système de filtration biologique utilisée, les données obtenues permettent de tirer les conclusions suivantes :

- Le pH de tous les prélèvements est assez proche de la neutralité que ce soit pour l'eau brute ou l'eau traitée (entre 6,5 et 8,5).
- La teneur en oxygène était très importante après l'injection de l'air comprimé dans les eaux d'alimentation.
- Les pourcentages d'délimitation de la matière organique dégradable DBO₅ présentes dans l'eau brute après filtration sont est remarquable, les valeurs de DBO₅ obtenues dans les eaux traitées varient entre 11 et 27 mg/l après l'ajout de l'air comprimé en amont du filtre.
- Les valeurs de DCO après filtration ont montré une très bonne diminution de la charge organique totale (biodégradable et non biodégradable).

L'efficacité du traitement est améliorée avec l'ajout de l'air comprimé dans les eaux d'alimentation.

Conclusion générale

- Les pourcentages d'délimitation de la matière en suspension MES présentes dans l'eau brute après filtration sont moyennes, les valeurs de MES obtenues pour les eaux traitées varient entre de 7,1 et 14 mg/l.
- Une diminution remarquable de la matière nutritive dans le filtre biologique montre que le filtre étudié possède la capacité de dénitrification.
- Une diminution remarquable de l'azote et l'azote total dans le filtre biologique montre que le filtre étudié est capable d'éliminer les composantes de l'azote.
- Le filtre biologique choisis a montré qu'il est très efficace pour éliminer la plupart des matières organiques et les polluants contenantes dans les eaux usées faiblement chargées.

D'une façon générale, nous pouvons dire que toutes les valeurs des paramètres étudiés sont largement conformes aux normes algériennes admises pour les eaux épurées utilisées à des fins agricoles (NA 17683 :2014).

Finalement, les résultats de ce travail confirment que la technologie étudiée semble très efficace et pratique pour résoudre le problème de dépollution des eaux usées notamment pour les zones rurales et les petites collectivités où les eaux usées sont faiblement polluées.

Références Bibliographiques

Références Bibliographies

1. **Achouri F** : Mémoire d'Etude des performances épuratoires de la station d'épuration par lagunage naturel de l'oued Béni-Messous W. d'Alger en vue de L'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Alger (2003).
2. **Alexandre O., Boutin C., Duchène P., Lagrange C., Lakel A., Liénard A., Orditz D.**, Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités (1997).
3. **Aouabed**: Les différents procédés de traitement des eaux usées, (2009)
4. **Asano T**: Waste water réclamation and reuse. Water quality management library, (1998).
5. **Boeglin J.C**: Traitements biologiques des eaux résiduaires (1998).
6. **Boumediene M.A**: Mémoire Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues actives : Cas de la STEP Ain el Houtz, Diplôme de licence en hydraulique, Tlemcen (2013).
7. **ONA. STEP01 de Kouinine** : Documentations techniques et résultats des analyses.
8. **Cauchi. Dossier** : la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118, (1996)
9. **Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermey L**: L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, (2005).
10. **D.R.E**: (Direction des ressources hydriques Wilaya d'El-Oued).
11. **Dhaouadi H**: Etude Traitement des eaux usées urbaines (les procédés biologiques d'épuration)Tunis, (2008).
12. **Djeddi H**: Mémoire d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, diplôme de Magistère en Ecologie et Environnement, (2007)
13. **D'ornano M., Mehaignerie P**: Lagunage naturel et lagunage aéré procédés d'épuration des petites collectivités (Juin, 1979).
14. **Faby J.A et Brissaud**: L'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, (1997).
15. **Faby J.A**: l'utilisation des eaux usées épurée en irrigation. Office International de l'Eau, (1999)
16. **FAO**: Etude L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage papier, (2003).
17. **Gaid.A**: Traitement des eaux usées urbaines, France (2007).
18. **GASMI. I**: Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara), Juin 2015.
19. **GHEDEIR AMAR. H**: Suivi Des Performances De Fonctionnement D'une Station D'épuration(Cas Step 01), 2016.
20. **Haouti H**: Mémoire Etude de réhabilitation et d'extension de la station d'épuration de la ville de Djelfa, diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Djelfa (2005)
21. **KHECHANA. S**: Etude de la gestion intégrée des ressources en eaux dans la vallée d'Oued-Souf, Mémoire de Magister en hydrogéologie. Université d'Annaba, (2007)
22. **Laurent J.L**: L'assainissement des agglomérations : Technique d'épuration actuelles et évolutions, France, (Avril 1994).
23. **ONM**: (Office National Météorologique), station de Guemar, données climatiques, (1976-2013)
24. **Perera P et Baudot B**: Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, France (mai,1991)
25. **SAHRAOUI. B**: Diagnostic et réhabilitation D'un forage du complexe Terminal et ses équipements Cas du forage de Guemar Est.(2016).
26. **ZAIZ ISSAM**: mémoire de magister, étude qualitative des eaux de la nappe du complexe terminal dans la vallée d'oued-Souf (sud-est algérien).

Références Bibliographiques

27. Zoubiedi. A: Etude de pouvoir épuratoire des eaux usées par filtre planté de macrophyte,(2016).

➤ **Quelques sites web pertinents :**

1. <http://www.cieau.com/les-eaux-usees/les-origines-des-eaux-usees>.
2. <http://www.degremont.com>
3. <http://www.oieau.fr>
4. <http://www.scitrav.com>
5. https://fr.wikipedia.org/wiki/Eaux_us.
6. <https://www.safewater.org>.