

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان-
Université ABOU BEKR BELKAID



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

MEMOIRE

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en **Hydraulique**
Option: **Ouvrages hydrauliques**

Thème

Etude des performances d'un lit bactérien à garnissage en double couches (pouzzolane, brique)

Présenté par :

M^{elle} KAID NASSIMA et BEN-YELLES MERYEM HADJER

Devant le jury :

M^{ME} DABELLE FAIZA

Présidente

M^R BESSEDIK MADANI

Examineur

M^R BOUMEDIENE MAAMAR

Examineur

M^{ME} BOUCHELKIA FADILA

Encadreure

M^R BOUCHELKIA HAMID

Encadreur

Promotion 2017/2018

Remerciements

Au terme de cette étude, nous remercions avant tout, Dieu tout puissant de nous avoir guidé durant toutes nos années de formation et nous avoir permis la réalisation du présent travail.

Nous tenons à remercier vivement à *madame **Fadila. BOUCHELKIA*** et Monsieur ***HAMID BOUCHELKIA***, d'avoir accepté d'encadrer et de diriger ce travail, *pour leurs aides, leurs critiques et leurs suggestions, qui ont été pour nous d'un grand apport.*

*Nous tenons également à remercier **M^R BOUMEDIENE MAAMAR** qui a accepté de présider le jury et **M^{ME} FANDI WASSILA** et **M^R BESSADIK MADANI** qui nous ont fait l'honneur de juger ce travail.*

*Mes sincères remerciements s'adressent aux responsables des laboratoires de la faculté de technologie: **Mohammed, Abdellatif** et **M^{me} SAHLI .F** pour leurs précieuses aides.*

*Nos remerciements s'adressent au personnel de la station de AIN EL HOUTZ ; **M^{me} HABI** la directrice et l'ingénieur du laboratoire **M^R KHAOUANI** pour leur collaboration et leur patience.*

Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

Dédicace

Je remercie tout d'abord le bon dieu tout puissant qui m'a donné la force et le courage pour terminer ce travail.

Je dédie ce modeste travail, aux deux personnes que j'aime le plus dans la vie, ma raison de vivre qui méritent tout le respect du monde qu'ils trouvent ici le témoignage de mon profond amour et mon dévouement infini, et pour tous leurs efforts et leurs sacrifices ;

*Ma mère, **ASSIA HANAA** source de compassion et de tendresse, l'exemple de patience et de sacrifice, la raison de mon existence et le support de ma vie.*

*A mon très cher père, **BOUMEDIENE** l'homme le plus parfait dans le monde, mon grand exemple et le secret de ma réussite.*

Que dieu les protège et leur réserve une longue vie pleine de bonheur et de santé.

*A mes sœurs : **LAMIA. DALILA. NASSIMA. NADJIBA. ASSMA.***

*A mon très cher ami : **CHARAF***

*A tous mes collègues de la promotion « **OUVRAGE HYDRAULIQUE** » 2017/2018.*

Benyelles Meriem Hadjer

Dédicace

Je remercie tout d'abord le bon dieu tout puissant qui m'a donnée la force et le courage pour terminer ce travail.

Je dédie ce travail à :

✚ *Mes très chers parents ; (ABDELRAHMEN, FADILA) pour leurs encouragements et leurs conseils précieux pendant toute la durée de mes études, ainsi que tout au long de ma vie, c'est grâce à eux qu'aujourd'hui je suis présente devant vous.*

✚ *Mes frères **DJABER, YOUNES** et ma sœur **SOUMIA**.*

✚ *Mes amie **MANEL ; SARRA ; FADIA ; SARRA ;***

✚ *Mes amies de génie civil **OUSSAMA, KARIM, FAHIMA** qui m'a aidé énormément dans ce travail*

✚ *Toute la promotion « **OUVRAGE HYDRAULIQUE** » 2017/2018.*

Kaid Nassima

RESUME

Ce travail présente une étude expérimentale sur l'épuration des eaux usées urbaines par lit bactérien. Dans cette étude le garnissage du lit est à deux matériaux : la pouzzolane et la brique rouge concassée. Une fois leurs caractéristiques sont déterminées, les deux matériaux sont insérés dans la cartouche servant de lit bactérien sur un pilot d'épuration des eaux (TE900). Le garnissage permet de piéger la flore bactérienne contenue dans les eaux qui procèdera à la dégradation de la matière organique contenue dans l'eau. Des analyses de quelques paramètres de pollution (MES, DCO, MO, TUR, MO, MM, O₂ dissous) nous ont permis d'estimer les rendements d'élimination de la pollution contenue dans l'eau usée et d'apprécier l'efficacité de l'épuration.

L'étude a été faite sur les eaux usées issus de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ.

Les résultats obtenus sont assez satisfaisants, du fait de l'importance des rendements d'élimination obtenus : pour l'épuration par lit bactérien seul (entre 93 et 100 % pour les MES, entre 94.83 et 99.91 % pour turbidité) : en couplage des deux procédés (98.94 % pour les MES, 99.09 %, pour la turbidité, 87.5 % pour la DCO et 97.46 % pour DBO).

Mots clés: eaux usées, lit bactérien, pouzzolane, brique rouge, rendement.

ملخص

يقدم هذا العمل دراسة تجريبية على معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية من قبل سرير بكتيري. في هذه الدراسة تكون المفروشات من مادتين: البوزولان والطوب الأحمر المسحوق. بمجرد تحديد خصائصها، يتم إدخال مادتين في الخرطوشة بمثابة سرير بكتيري على نموذج تنقية مياه تجريبية (TE900). تسمح التعبئة بحبس النباتات البكتيرية الموجودة في الماء والتي ستؤدي إلى تدهور المادة العضوية الموجودة في الماء. يمكننا تحليل بعض معايير التلوث (للمادة المعلقة، طلب الأكسجين الكيميائي، الأكسجين الذائب، التعكر، المادة العضوية، مادة معدنية) من تقدير كفاءة القضاء على التلوث الموجود في مياه الصرف وتقييم الكفاءة تنقية.

تم إجراء الدراسة على مياه الصرف الصحي من محطة معالجة مياه الصرف الصحي عين الحوت.

وكانت النتائج مرضية تماما، نظرا للأهمية من عائدات القضاء: لتنقية كتبها خريز فقط (ما بين 93 و 100% للمادة المعلقة، بين 94.83 و 99.91 % للتعكر) في اقتران عمليتين (98.94% للمادة المعلقة، 99.09 % للتعكر، 87.5 % لطلب الأكسجين الكيميائي و 97.46 % لطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي على مدى 5 أيام).

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، السرير البكتيري، البوزولان، الطوب الأحمر، المحصول.

Abstract:

This work presents an experimental study on urban sewage treatment by bacterial bed. In this study the bedding is of two materials: pozzolan and crushed red brick. Once their characteristics are determined, the two materials are inserted in the cartridge serving as a bacterial bed on pilot water purification (TE900). The packing allows to trap the bacterial flora contained in the water which will proceed to the degradation of the organic matter contained in the water. Analyzes of some pollution parameters (dissolved MES, COD, MO, TUR, MO, MM, O₂) allowed us to estimate the efficiency of elimination of the pollution contained in the waste water and to assess the efficiency purification.

The study was done on wastewater from the AIN EL HOUTZ wastewater treatment plant.

The results obtained are quite satisfactory, because of the importance of the elimination efficiencies obtained: for purification by bacterial bed alone (between 93 and 100 % for MES, between 94.83 and 99.91 % for turbidity): in coupling of two processes (98.94 % for MES, 99.09 % for turbidity, 87.5 % for COD and 97.46 % for BOD).

Key words: sewage, bacterial bed, pozzolan, red brick, fixed culture, yield, lining.

Liste des Abréviations

STEP : station d'épuration.

ONA : Office National d'Assainissement.

EH: Equivalent habitant.

C° : Degré Celsius.

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène (mg/l).

DCO : Demande Chimique en Oxygène (mg/l).

MES : Matière En Suspension (mg/l).

T : Température (°C).

pH : Potentiel Hydrogène.

O₂ : oxygène dissous (mg/l).

MO : Matière organique (mg/l).

MM: Matière minérale (mg/l).

Tur : Turbidité(NTU).

Im : Indice de Mohlman (mg/l).

V₃₀: volume de boue obtenu après 30 minutes de décantation (ml)

M_e : masse d'eau (g).

M_s : masse du de matériau sec (g).

M_{es} : masse du mélange d'eau et de matériau (g).

ρ_s : La masse volumique absolue (kg/m^3).

ρ_{app} : La masse volumique apparente (kg/m^3).

ϵ : La porosité total.

V_T : Volume total (apparent) des vides (m^3).

V_S : Volumes des solides (m^3).

V_V : Volume des vides (m^3).

e : indice de vide

γ_s : La densité relative.

A_b : Coefficient d'absorption (%).

D_{10} ou D_e : La taille effective (mm).

D_{60} : diamètre de la maille du tamis retenant 60 % de la masse.

C_u : coefficients d'uniformités.

Q : Débit (l/h).

Liste des figures

Figure I.1 : coliformes fécaux	07
Figure I.2 : coliformes totaux	07
Figure I.3 : Disque biologique	11
Figure I.4 : Principe de l'épuration à boue activé	13
Figure I.5 : Panoramique de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tlemcen	16
Figure I.6 : Grille grossière automatique	18
Figure I.7 : Grille manuelle	18
Figure I.8 : Désableur- déshuileur	19
Figure II.1 : Schéma représentatif du procédé biologique des lits bactériens.....	24
Figure II.2 : lit bactérien a garnissage traditionnel	25
Figure II.3 : Alimentation du lit bactérien (garnissage plastique)	26
Figure II.4 : procédé Rhizopur de la Lyonnaise des Eaux	28
Figure III.1 : Pilote TE 900 (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).....	32
Figure III.2 : Support pratique	34
Figure III.3 : La variation des débits recyclés de la pompe doseuse	36
Figure III.4 : Clarificateur (laboratoire du département d'hydraulique)	37
Figure III.5 : Schéma d'une cartouche (laboratoire du département d'hydraulique).....	38
Figure III.6 : Schéma d'un bassin d'aération (laboratoire du département d'hydraulique)	39
Figure III.7 : Schéma fonctionnel d'épuration avec un lit bactérien	40
Figure III.8 : L'échantillon de 300 litres prélevé.....	43
Figure III.9 : Les prélèvements des eaux usées brute et les eaux épurées.....	43
Figure III.10 :Oxymètre (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).....	44
Figure III.11 :PH mètre manuel (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).....	45
Figure III.12 :Turbidimètre (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).....	45
Figure III.13 : Appareil de mesure de MES	46

Figure III.14 : Réacteur DCO (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen)	49
Figure III.15: Dispositif de mesure de la DBO	51
Figure III.16: La pouzzolane	52
Figure III.17 : La brique rouge concassé.....	55
Figure IV.1. Schéma fonctionnel d'épuration à lit bactérien et photo du lit bactérien	65
Figure IV.2 : schéma fonctionnel boue activée + lit bactérien et Photo du Pilote TE 900 , Descriptif du dispositif expérimental d'amélioration de la qualité des eaux épurées	66
Figure IV.3 : Histogramme de la variation des paramètres (entré et la sortie) (pour Q=10l/h)	68
Figure IV.4 : Courbe de variation du PH (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.5 : Courbe de variation de la température (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.6 : Courbe de variation du L'O ₂ dissous (pour Q=10l/h).....	70
Figure IV.7 : Courbe de variation de MES (pour Q=10l/h).....	70
Figure IV.8 : Courbe de variation des MM (pour Q=10l/h)	71
Figure IV.9: Courbe de variation des MO (pour Q=10l/h).....	71
Figure IV.10 : Courbe de variation de la turbidité (pour Q=10l/h).....	72
Figure IV.11 : Courbe de variation de la DCO pour (Q=10l/h).....	73
Figure IV.12 : Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie) (pour Q=15l/h).....	74
Figure IV.13 : Courbe de variation du PH (pour Q=15l/h).....	74
Figure IV.14 : Courbe de variation de la température (pour Q=15l/h).....	75
Figure IV.15 : Courbe de variation d'O ₂ dissous (pour Q=15l/h).....	75
Figure IV.16 : Courbe de variation des MES (pour Q=15l/h)	76
Figure IV.17 : Courbe de variation des MM (pour Q=15l/h)	76
Figure IV.18 : Courbe de variation des MO (pour Q=15l/h)	77
Figure IV.19 : Courbe de variation de la turbidité (pour Q=15l/h).....	77
Figure IV.20 : Courbe de variation de la DCO (pour Q=15l/h).....	78

Figure IV.21 : Histogramme de la variation des paramètres (entré et la sortie) (pour Q=20l/h).....	79
Figure IV.22 : Courbe de variation du PH (pour Q=20l/h).....	80
Figure IV.23 : Courbe de variation de la température (pour Q=20l/h).....	80
Figure IV.24 : Courbe de variation de l'O ₂ dissous (pour Q=20l/h).....	81
Figure IV.25 : Courbe de variation de MES (pour Q=20l/h).....	81
Figure IV.26 : Courbe de variation des MM (pour Q=20l/h).....	82
Figure IV.27 : Courbe de variation des MO (pour Q=20l/h).....	82
Figure IV.28 : courbe de variation du la turbidité (pour Q=20l/h).....	83
Figure IV.29 : Courbe de variation de la DCO (pour Q=20l/h).....	83
Figure IV.30 : Histogramme de la variation des paramètres (entré et la sortie) (pour Q=25l/h).....	85
Figure IV.31 : Courbe de variation du PH (pour Q=25l/h).....	85
Figure IV.32 : Courbe de variation de la température (pour Q=25l/h).....	86
Figure IV.33 : Courbe de variation de l'O ₂ dissous (pour Q=25l/h).....	86
Figure IV.34 : Courbe de variation des MES (pour Q=25l/h).....	87
Figure IV.35 : Courbe de variation des MM (pour Q=25l/h).....	87
Figure IV.36 : Courbe de variation des MO (pour Q=25l/h).....	88
Figure IV.37 : Courbe de variation de la turbidité (pour Q=25l/h).....	88
Figure IV.38 : Courbe de variation de la DCO (pour Q=25l/h).....	89
Figure IV.39 : Histogramme de la variation des paramètres (entré, cartouche et la sortie) (pour Q=15l/h).....	91
Figure IV.40 : Courbe de variation du PH (pour Q=15l/h).....	92
Figure IV.41 : Courbe de variation de la température (pour Q=15l/h).....	93

Figure IV.42 : Courbe de variation d'O ₂ dissous (pour Q=15l/h).....	93
Figure IV.43 : Courbe de variation des MES (pour Q=15l/h)	94
Figure IV.44 : Courbe de variation des MM (pour Q=15l/h)	95
Figure IV.45 : Courbe de variation des MO (pour Q=15l/h).....	95
Figure IV.46 : Courbe de variation de la turbidité (pour Q=15l/h).....	96
Figure IV.47 : Courbe de variation de la DCO (pour Q=15l/h).....	97
Figure IV.48 : Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie) (pour Q=20l/h).....	98
Figure IV.49 : Courbe de variation du PH (pour Q=20l/h).....	98
Figure IV.50 : Courbe de variation de la température (pour Q=20l/h)	99
Figure IV.51 : Courbe de variation d'O ₂ dissous (pour Q=20l/h)	99
Figure IV.52 : Courbe de variation de MES (pour Q=20l/h).....	100
Figure IV.53 : Courbe de variation des MM (pour Q=20l/h)	100
Figure IV.54 : Courbe de variation des MO (pour Q=20l/h).....	101
Figure IV.55 : Courbe de variation de la turbidité (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.56 : Courbe de variation de la DCO (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.57 : Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée, cartouche et sortie) (pour Q=25l/h)	103
Figure IV.58 : Courbe de variation du PH (pour Q=25l/h).....	104
Figure IV.59 : Courbe de variation de la température (pour Q=25l/h).....	104
Figure IV.60 : Courbe de variation d'O ₂ dissous (pour Q=25l/h).....	105
Figure IV.61 : Courbe de variation de MES (pour Q=25l/h).....	106
Figure IV.62 : Courbe de variation des MM (pour Q=25l/h)	106
Figure IV.63 : Courbe de variation des MO (pour Q=25l/h)	107

Figure IV.64 : Courbe de variation de la turbidité (pour $Q=25\text{l/h}$)..... 107

Figure IV.65 : Courbe de variation de la DCO (pour $Q=25\text{l/h}$)..... 108

Liste des tableaux

Tableau I.1. Norme internationale des eaux usées.....	15
Tableau II.1. Mise en œuvre des lits bactériens.....	23
Tableau II.2. Les caractéristiques de certains garnissages.....	27
Tableau III.1. Les débits recyclés de la pompe doseuse.....	36
Tableau III.2. Facteurs de conversion de la DBO5 en fonction du volume de prise.....	51
Tableau III.3. Caractéristiques physiques de la pouzzolane naturelle.....	54
Tableau III.4. Caractéristiques chimiques de la pouzzolane naturelle.....	54
Tableau IV.1. Résultats de l'analyse granulométrique de la pouzzolane de BENI-SAF.....	60
Tableau IV.2. Résultats de l'analyse granulométrique de brique.....	62
Tableau IV.3. Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau usée.....	67
Tableau IV.4. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.....	73
Tableau IV.5. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.....	79
Tableau IV.6. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.....	84
Tableau IV.7. Les rendements d'analyses des paramètres à chaque débit.....	90
Tableau IV.8. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.....	91
Tableau IV.9. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.....	97
Tableau IV.10. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.....	103
Tableau IV.11. Rendements (%) obtenus dans chaque étude.....	109
Tableau IV.12. Rendements (%) obtenus dans chaque étude.....	110

Table des matières

Introduction générale	0
-----------------------------	---

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées

I. 1.Définition des eaux usées	1
I.2.Classification des eaux usées :.....	1
I.2.1. Eau usée domestique	1
I.2.2 .Eau usée industriel :.....	1
I.2. 3 .Eau usée agricole :	1
I.2. 4 .Eau usée pluviale	2
I.3. Paramètres de pollution des eaux usées :	2
I.4.Caractéristique et composition des eaux usées :	5
I.4.1. micro-organismes :	5
I.4.2. Salinité	6
I.4.3.Les micropolluants organiques	6
I.4.4. Paramètres bactériologiques :	6
• Coliformes fécaux :	6
• Coliformes totaux :	6
I.4.5. L'équivalent habitant (EH) :	7
I.5. L'épuration des eaux usées :	7
I.6. Réutilisation des eaux usées :	13
I.6.1. Réutilisation industrielle :	13
I.6.2. Réutilisation en irrigation :	13
I.6.3. Réutilisation en zone urbaine :	14
I.7. Normes de rejets d'effluents :	14
I.7.1. Normes internationales :	14
I.8. Description de la station d'épuration de la ville de Tlemcen :	15

I.8.1.Situation géographique :	15
I.8.2.. Principe de fonctionnement de la STEP de AIN EL HOUTZ :	16
I.8.3. Rendement de la station :	20

CHAPITRE II: EPURATION DES EAUX USEES PAR LE LIT BACTERIEN

II.1 Introduction:	21
II. 2. Description du lit bactérien:	21
II.3. Classification des lits bactériens :	22
II.3.1. Lit bactérien à faible charge.....	22
II.3.2. Lit bactérien à forte charge:	22
II.4. Mise en œuvre des lits bactériens:	22
II.5. Principe du traitement par lit bactérien:	23
II.6. Réalisation des lits bactériens:	24
II.6.1. Choix du matériel:	24
II.6.2 Répartition de l'effluent:	27
II.6.3 .Utilisation du recyclage :	27
II.7. Domaine d'application recommandé:	28
II.8. Eléments de fonctionnement des lits bactériens:	28
II.9. Avantages et inconvénients des lits bactériens:	29
II.10. Bassin d'aération:	30
II.10.1. Principe de Fonctionnement :	30
II.10.2. Couplage entre le bassin d'aération et le lit bactérien:	30

CHAPITRE III : PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET MATERIEL ET METHODES

III.1.Objectifs principaux des expériences :	31
III.2. Composition de L'équipement :	31
III.3. Description du pilote TE900:	31
III.3.1. Instrumentation:	33
III.3.2 Liste des Vannes:	33
III.4. Mise en marche :	34
La mise en marche du pilote s'effectue selon les étapes si après :	34
III.4.1. La commande du recyclage de l'eau claire :	34
III.4.2. Etalonnage:	35
III.5. Fonctionnement du pilote :	37
III.5.1. Clarificateur:	37
III.5.2. Cartouche :	38
III.5.3. Bassin d'aération (Réacteur):	38
III.5.4. Paramètres d'entrée et de sortie:	39
III.6. Manipulation:	40
III.6.1. Procédé d'épuration avec lit bactérien :	40
III.6.2. Procédure générale d'arrêt	41
III.7. Principales méthodes d'analyses d'eau :	42
III.7.1. Echantillonnage :	42
III.7.2. Le prélèvement :	43
III.7.3. Paramètres, appareils de mesure et leur mode opératoire :	44
III.8. Matériaux de garnissage :	52
III.9. Caractéristique de matériaux filtrants :	56
III.9.1. Analyse granulométrique:	56
III.9.2. Coefficient d'absorption:	57

III.9.3. La masse volumique apparente :	57
III.9.4. La masse volumique absolue :	57
III.9.5. Porosité :	57
III.9.6. Indice de vide :	58

CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

IV.1. Analyse et interprétation des résultats :.....	60
IV.2. Epuration sur lit bactérien à double couche :.....	66
IV.2.1. Epuration avec un débit de 10 L/h :.....	67
IV.2.2. Epuration avec un débit de 15 L/h:.....	73
IV.2.3. Epuration avec un débit de 20L/h :.....	78
IV.2.4. Epuration avec un débit de 25 L/h :.....	84
IV.3. Amélioration de la qualité des eaux épurées par boue activée:.....	90
IV.3.1. Epuration avec un débit de 15L/h :.....	92
IV.3.2. Epuration avec un débit de 20L/h :.....	97
IV.3.3.Epuration avec un débit de 25L/h :.....	103
IV.4. Comparaison des résultats avec ceux des études précédentes :.....	106

Introduction Générale

Introduction générale

La problématique des rejets des eaux après l'utilisation (domestique ou industrielle) est un risque de pénurie d'eau, les pollutions des eaux provoquent la perturbation de l'écosystème qui a accentué la nécessité de protéger cette ressource contre toute altération pour la réutilisation. L'enjeu actuel est de traiter l'eau après utilisation.

Les procédés d'épuration d'eau usée sont multiples, nous citons : les lits bactériens, le lagunage naturel et aéré, les disques biologiques et les boues activées (le plus couramment utilisé), mais ce dernier nécessite une technicité élevée, une diversité d'équipement et une consommation énergétique importante.

Notre travail s'intéressera particulièrement à l'étude des performances d'un lit bactérien double couche dans l'épuration des eaux usées urbaines. Les matériaux de garnissage que nous avons choisis sont la pouzzolane de Beni Saf et la brique rouge concassée ; ce choix de matériaux a été fait suite aux rendements d'épuration assez satisfaisant obtenus lors de certaines études antérieures réalisées sur des lits bactériens à garnissage unique pour la pouzzolane et [1,2] et pour la brique concassée et [3].

Pour réaliser nos expériences, nous avons utilisé le pilot TE900 du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux de la faculté de technologie, qui est composée d'un aérateur, d'un décanteur et d'une cartouche transparente servant de biofiltre (Lits bactérien). Le garnissage du lit bactérien se compose de deux couches de pouzzolane intercalée d'une couche de brique rouge concassée, la hauteur du lit bactérien est fixée à (80cm), le débit d'alimentation et le débit de recyclage sont variés.

Deux séries d'expériences sont réalisées lors de cette étude ; une première série concerne l'étude d'un lit bactérien à double couches comme procédé d'épurations des eaux usées d'origine urbaine et une seconde série concerne la contribution d'un lit bactérien à double couche dans l'amélioration de la qualité des eaux épurées des station d'épuration à boue activée.

Les eaux usées issues de la station d'AIN EL HOUTZ sont utilisé dans ces expériences.

Introduction générale

Pour mener à bien notre étude nous avons structurés notre travail comme suis :

- Le premier chapitre : Généralités sur les eaux usées et leurs traitements
- Le second chapitre est consacré à l'épuration par lits bactériens.
- Le troisième chapitre présente le protocole expérimental et matériel et les méthodes analytiques utilisés dans le cadre de ce travail.
- Le quatrième chapitre résume les résultats expérimentaux trouvés ainsi que leurs interprétations.

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées

L'eau est essentielle à l'activité humaine (domestique, industrielle, ou agricole). Mais quand la quantité du rejet excède la capacité d'autoépuration de la rivière, cela causera la détérioration de l'environnement donc, après usage, l'eau doit être traitée avant de rejoindre le milieu naturel [4].

I. 1.Définition des eaux usées :

L'eau usée (l'eau résiduaire), qui est destinée à être rejetée après usage (les rejets domestiques, pluviale, industriels), cette eau a une odeur et une couleur qui indique la présence des polluants.

I.2.Classification des eaux usées :

Les quatre origines de l'eau sont :

I.2.1. Eaux usées domestiques :

Ce sont les eaux utilisées quotidiennement, elles repartent dans les égouts, comme les eaux des vannes d'évacuation des toilettes et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines et des salles de bains [5].

I.2.2 .Eaux usées industriels :

Les eaux de l'industrie représentent :

- Eaux des exploitations artisanales et industrielles et semi- industrielles.
- Eaux provenances des hôpitaux et des laboratoires .Qui sont caractérisé par une grande diversité de la composition chimique et qui représentent un risque potentiel de pollution [6].

I.2.3.Eaux usées agricoles :

Ce sont le ruissellement des eaux d'irrigations et la percolation des eaux de pluie dans les sols, qui contiennent des engrais et des pesticides. Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau [7].

I.2.4. Eaux usées pluviales :

Ces eaux proviennent des eaux des ruissellements, qui se forment après les précipitations.

I.3. Paramètres de pollution des eaux usées :

Les eaux usées rejetées dans le milieu naturel (les lacs) sont principalement composées des matériaux et polluants qui peuvent être présents en quantités suffisantes pour mettre en danger la santé publique et l'environnement [8].

✚ Paramètres organoleptiques :

- ✓ La couleur des eaux résiduaires industrielles est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes.
- ✓ Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur, significative d'une pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition. [9]

✚ Paramètres physico-chimiques :**a. Les MES (matière en suspension) :**

Dans les eaux usées urbaines on trouve des polluants sous forme de particule très fines, ce sont Les MES sont responsable d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution de l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton [7].

- ✓ Les matières minérales sèches :

Une matière sèche est une substance issue de matière organique qui reste après élimination de toute l'eau qu'elle contient. [10]

- ✓ Les matières volatiles en suspension :

Les matières volatiles est la différence entre les MES et MMS. La concentration des MVS est généralement exprimée en pourcentage par rapport aux MS : on parle de taux de Matières Volatiles Sèches (MVS). Le contrôle de ce paramètre permet de suivre la stabilité de la boue. [11]

- ✓ Les matières décantables et non décantables :

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant les conditions opératoires. Et les matières non décantables qui restent dans l'eau et qui vont donc être dirigée vers les procédés biologique [11].

b. carbone organique total(COT) :

Le carbone organique total est un paramètre qui permet la mesure de la teneur en carbone des matières organiques dissoutes et non dissoutes, présentes dans l'eau. Il ne donne pas d'indication sur la nature de la substance organique [12].

c. Pollution azotés et phosphorés :

❖ Pollution phosphorée :

Le phosphore est un élément nutritif à l'origine du phénomène d'eutrophisation qui est constituée d'une grande diversité de composés organiques [13].

❖ Pollution azotée :

L'eau usée contient l'azote sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et le risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3) il est souvent oxydé et en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+) [14].

d. Demande Biologique en oxygène après 5 jours (DBO₅) :

DBO est La demande biochimique en oxygène qui définit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques par voie biologique (oxydation des matières organiques biodégradables par des bactéries). Elle permet d'évaluer la fraction de la matière organique (biodégradable) de la charge polluante carbonée des eaux usées. Elle est en général calculée au bout de 5 jours à 20 °C et exprime en en (mg /L) [15].

e. Demande Chimique en oxygène(DCO) :

La demande chimique en oxygène représente la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique dans des conditions définies, de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau. Elle représente donc, la teneur totale en matières oxydables dans l'eau. [16].

f. Turbidité (TUR):

La turbidité est la variation des matières en suspension (MES) présentes dans l'eau, qui sous forme des colloïdales en suspension elle est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau [17].

g. Température (T) :

La température est un facteur important. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température comme la conductivité. La valeur de la température de l'eau joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique et la détermination du pH. Elle est un facteur écologique et physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivants dans l'eau [18].

h. Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH est un facteur qui permet de savoir si l'échantillon d'eau est acide, basique ou neutre, sa valeur variation de 0 à 14. Notons que l'on peut avoir une idée des pH en trempant dans le liquide à tester, un papier spécialement étudié à cet effet et qui change de couleur avec la valeur de pH [19].

i. Indice de biodégradabilité (k) :

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent aqueux à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient qui est calculé par :

$$K = \frac{DCO}{DBO5} \dots \dots \dots (I.1)$$

Si :

$K < 1.5$ l'effluent est biodégradable.

$1.5 < K < 2.5$ l'effluent est moyennement biodégradable.

$K > 2.5$ l'effluent n'est pas biodégradable.

Le rapport **K** permet d'apprécier la dégradation de la matière organique. Il est proche de 1.5 pour les eaux de vanne, de 2 pour les eaux usées urbaines et varie entre 3 et 5 pour les effluents issus des stations d'épuration ; l'élévation du rapport indique un accroissement des matières organiques non biodégradables [20].

j. Oxygène dissous (O₂ dissous) :

L'oxygène dissous est un paramètre essentiel qui intervient dans la dégradation de la matière organique et de la photosynthèse qui permet de maintenir plusieurs qualités d'eau donc une eau très aérée et chargée en matières organiques [21].

I.4. Caractéristique et composition des eaux usées :

L'eau est composée est par une multi des paramètres

I.4.1. micro-organismes :

La structure des micro-organismes des eaux usées classée en groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes [22].

A. Les bactéries :

La concentration des bactéries dans les eaux usées varie entre 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml. Les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles. Les germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau, ce sont les coliformes thermo tolérants [23].

B. Les Virus :

Leur concentration dans les eaux usées est comprise entre 10^3 et 10^4 particule/l.

Parmi les virus entériques humains les plus importants nous avons les entérovirus, les rotavirus et les rétrovirus [24].

C. Protozoaires :

Les protozoaires prennent une forme de résistance formant des kystes qui peuvent être véhiculés par les eaux usées [2].

D. Helminthes :

Les eaux usées urbaines contiennent les helminthes que leur nombre d'œufs peut être évalué entre 10 et 10^3 œufs /l. Parmi ces œufs on trouve notamment les Ascaris et les tœnias [25].

I.4.2. Salinité :

La salinité dépend de la concentration en sels dissous dans leur ensemble. Elle détermine la valeur de la conductivité électrique ou par le résidu sec [26].

I.4.3. Les micropolluants organiques

Les micropolluants organiques sont extrêmement nombreux et dangereux pour la santé et le milieu naturel. Ils proviennent de l'utilisation domestique (détergents, pesticides, solvants, et également des eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier). Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées : Hydrocarbures polycycliques aromatiques, chlore-phénols, palatales, avec une concentration de l'ordre de 1 à 10 µg/l dans les effluents. Dans le sol, ces micropolluants restent liés à la matière organique ou absorbés sur les particules du sol [23].

I.4.4. Paramètres bactériologiques :

Ses paramètres sont présents dans l'eau usée se forme de :

✚ Coliformes fécaux :

Ils sont capables de se développer à 44°C, et permettent d'estimer le risque épidémique dans l'eau et devrait logiquement tenir compte de la présence plus ou moins important de germes pathogènes. La principale bactérie fécale est Escherichia coli.

✚ Coliformes totaux :

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels, les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes, cependant l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement, que l'eau présente pas un risque pathogène.

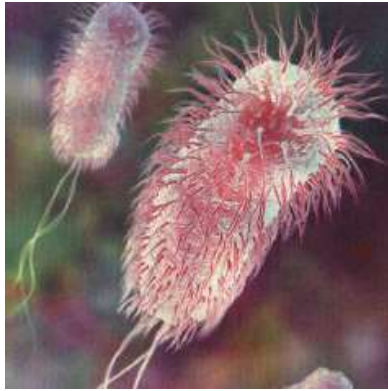


Figure I.1 : coliformes fécaux [27]



Figure I.2 : coliformes totaux [27]

Streptocoques fécaux :

Ce groupe n'est généralement pas considéré comme pathogène, tout fois leur recherche associée celle des coliformes fécaux consiste un bon indice de contamination fécale car les streptocoques étaient un meilleur témoin que les coliformes fécaux pour des pathologies infectieuses [28].

I.4.5. L'équivalent habitant (EH) :

L'équivalent-habitant est exprimée (EH) qui est une unité de mesure de la pollution moyenne rejetée (les ménages, les industries) par habitant et chaque jour [29].

I.5. L'épuration des eaux usées :

Les rejets des eaux résiduaires dans le milieu naturel déséquilibrent l'écosystème, donc l'épuration joue un rôle très important pour éliminer les polluants des eaux usées, afin d'obtenir une eau épurée qu'on peut réutiliser et même protéger l'environnement.

L'épuration des eaux usées se fait dans des stations d'épurations composées de plusieurs installations de traitement des eaux et des dispositifs de traitement des boues. Le traitement des eaux usées nécessite une succession d'étape faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques [30]. Les différents procédés d'épuration des eaux usées sont :

✚ Prétraitement :

Le prétraitement comprend le dégrillage, le dessablage et le déshuilage. Chaque traitement s'effectue dans un bassin spécifique, dans le premier bassin « Prétraitement » qui contient :

A. Dégrillage :

Le dégrillage est réalisé avec des grilles, l'eau évacuée vers le dégrillage traverse les grilles à barreaux pour séparer l'eau et les éléments grossiers (les branches, les plastiques, serviettes hygiéniques), il existe des grilles manuelles et des grilles automatiques. On distingue deux types de dégrillages :

- Un dégrillage grossier : le diamètre supérieur à 50 mm .
- Un dégrillage fin : le diamètre inférieur à 20 mm [31].

B. Dessablage:

Le dessablage est l'élimination des particules sédimentables présente dans l'eau usée, dont le diamètre est supérieur à 0,2 mm par décantation, afin de protéger les installations à l'aval (les conduites et les pompes).

C. Déshuilage :

Ce procédé a pour objectif de retenir les graisses et les huiles présentes dans l'eau (particule de densité plus faible que l'eau) afin de protéger le milieu naturel et les installations sensibles à l'aval. Il existe différents types de déshuileurs : déshuileurs indépendants installés après un dessableur ou des ouvrages combinés dessableur-déshuileur [32].

✚ Traitement primaire:

Ce traitement est effectué en utilisant des procédés physiques et physico-chimiques, on distingue comme

a. Décantation :

C'est une méthode utilisée dans les usines d'épuration et de traitement des eaux pour séparer de l'eau les MES et les colloïdes (éliminer les particules dont la

densité est supérieure à celle de l'eau par gravité). La décantation des particules est en fonction de la vitesse de chute, la grosseur et la densité des particules [33].

b. Coagulation-floculation :

On utilise la coagulation et floculation pour éliminer les particules trouver dans les eaux usées (la turbidité et la couleur), qui ont pour but de déstabiliser les particules en suspension et faciliter leur agglomération ,par l'injection des réactifs tels que(le sulfate d'alumine, le sulfate ferrique)pour coagulation et pour floculation en trouve : (les flocculant minéraux, les flocculant organiques)et la deuxième (floculation) pour obtenir un mélange lent, et mettre le contact entre les particules déstabilisées. [34].

c. Centrifugation :

Ce procédé est utilisé seulement dans les rejets fortement chargés en matières en suspension ayant une faible vitesse de décantation [35].

- **Traitement secondaire (épuration biologique)**

L'épuration secondaire (ou biologique) concerne les procédés biologiques, naturels ou artificiels, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène [36]. On distingue :

A. Boues activées (culture libre):

On utilise le procédé de boue activée dans la station d'épuration pour dégrader et séparer les polluants (particules, substances dissoutes, microorganismes) de l'eau, ce procédé est le traitement biologique aérobie le plus utilisé (OMS). Il consiste à provoquer le développement d'une culture dispersé d'un flocon dans un bassin aéré et brassé pour éviter les dépôts et homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée .L'aération se fait à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène, afin de répondre au besoin des bactéries aérobie [37].

L'avantage du traitement de la boue activée : donne une bonne qualité de l'eau traitée, mais peut subir des fluctuations, la surface au sol relativement

réduit .Leurs inconvénients : le décanteur (primaire et secondaire) ; problèmes de boues ; coût d'exploitation plus élevé et l'entretien mécanique [38].

□ **Indice de MOLHMAN ou Indice de boue :**

L'indice de MOHLMAN est un paramètre de synthèse quantitatif, qui est destiné principalement à la caractérisation des boues biologiques. L'indice de MOHLMAN dépend de la concentration initiale de boue.

I_m : c'est le rapport entre le volume de boues après 30 minutes de décantation (cm^3) et les matières en suspensions présentes dans ce volume (g) [39].

$$I_m = \frac{V}{M} \dots \dots \dots (ml/g) (I.2)$$

B. Lagunage

Le lagunage est une technique utilisée dans le traitement biologique des eaux usées .Ce traitement est assuré par une combinaison de procédés aérobies et anaérobies, impliquant un large éventail de micro-organismes des algues et des bactéries. Il est réalisé dans des bassins à l'air libre et peu profonds, dans lesquels les eaux usées s'écoulent naturellement.

Le lagunage consiste à faire passer des effluents d'eau usée par écoulement gravitaire [40].

L'avantage du lagunage consiste à son nécessite peu d'entretien, un coût exploitation faible, donne une bonne qualité de l'eau traitée, pas de décantation primaire. ;

Mais per suite des inconvénients que surface au sol importante, odeurs et moustiques, peuvent se développer [38].

C. Lit bactérien (culture fixe) :

Le procédé lit bactérien consiste à faire ruisseler l'eau brute, préalablement décantée sur les matériaux poreux ou caverneux qui servent de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. L'aération est pratiquée par tirage naturel ou par ventilation [41].

- Les avantages sont : bonne qualité de l'eau traitée, excellent rendement lorsqu'ils sont bien calculés, surface au sol réduit, faible consommation d'énergie [38].

D. Les bio-disques :

Système semi-immersé, le bio-disque consiste en un assemblage de plusieurs disques, réalisés en matériau composite, montés et solidement fixés sur un arbre. L'arbre est mis en rotation lente par un motoréducteur, avec une vitesse comprise entre 1 et 6 rotations par minute, selon le diamètre des disques et les caractéristiques de l'effluent à traiter.

Le bio-disque est en partie immergé (environ à 40-60%) dans l'effluent à épurer, lui-même contenu dans un réservoir. Son mouvement rotatif le met alternativement en contact avec l'oxygène de l'air. Une flore bactérienne, nourrie par le substrat contenu dans l'effluent, se forme à la surface des disques [42].

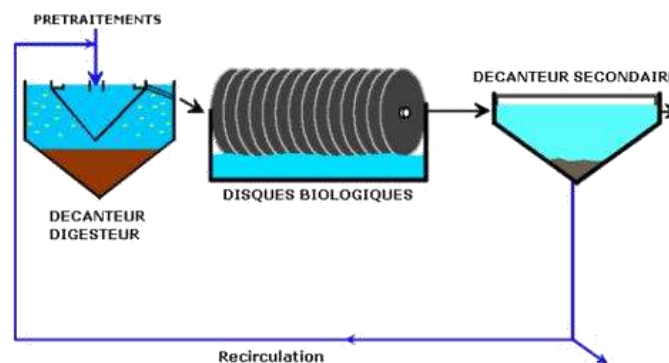


Figure I.3: Disque biologique [2].

✚ Décantation secondaire :

Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur. La liqueur mixte, venant des bassins biologiques via la deuxième chambre de répartition est séparée en eau épurée et boues biologiques par décantation. Les boues décantées sont siphonnées par une pompe à vide, une partie sera acheminée vers la première chambre du répartiteur assurant la recirculation des boues contenant la culture bactérienne épuratrice. Afin de maintenir la concentration en biomasse nécessaire dans ce bassin, l'autre partie sera transmise au flotteur [43].

✚ Traitements tertiaires :

Le but du traitement tertiaire est éliminer les éléments indésirables (MES, la DCO, colloïdale, le phosphore), et les composés spécifiques (pesticides, métaux, détergents) pour améliorer la qualité de l'eau épurée en vue de leur rejet dans le milieu naturel ou pour réutilisation. Les traitements tertiaires sont complément des traitements primaires et secondaires [44].

✚ Traitement des odeurs :

Les matières organiques particulières retrouvées dans les eaux brutes, peuvent induire par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables.

Les odeurs provenant des STEP sont dues aux gaz, aérosols ou vapeurs émises par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans les composés se formant au cours des différentes phases de traitement.

Pour éliminer ce problème : les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs [45].

✚ Traitement des boues :

Le traitement des boues représente 30% de l'investissement dans la construction d'une station d'épuration. Le traitement des boues a pour but de :

- réduire la fraction organique et diminuer leur pouvoir fermentescible et les risques de stabilisation ;
- diminuer leur volume total afin de réduire leur coût d'évacuation

Les boues nécessitent un traitement avant d'être rejeté dans la nature ou réutilisées [46].

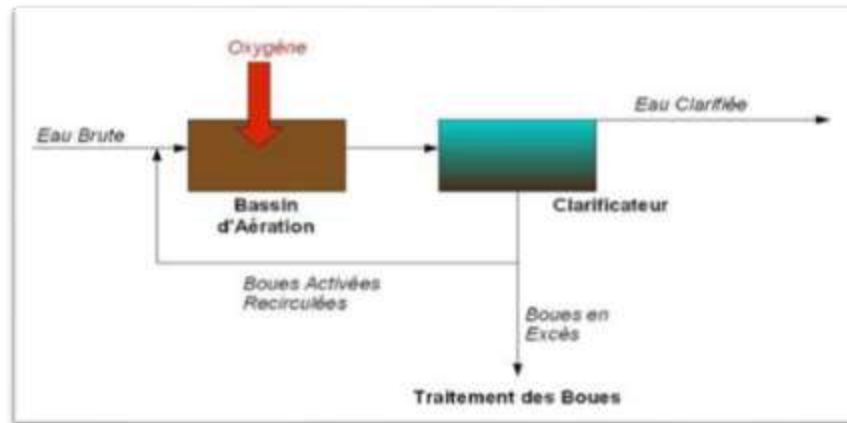


Figure I.4. Principe de l'épuration par boue activée [47].

I.6. Réutilisation des eaux usées :

Le principe de la réutilisation des eaux usées consiste à fournir des quantités d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, et assurer l'équilibre de l'écosystème (la protection du milieu environnant). La réutilisation est planifiée et vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

Les domaines de réutilisation de l'eau est multiples : l'irrigation (70 %), des utilisations qui ne nécessitent pas l'eau potable (usages industriels à environ 20 % et usages domestiques pour environ 10 % [48].

I.6.1. Réutilisation industrielle :

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une technique économique. Dans les pays industrialisés, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau.

Les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) sont parmi les secteurs qui utilisent les eaux usées en grande quantité. Parmi les activités industrielles (les stations de lavage de voiture. L'industrie du papier. La production d'acier, de textile. Les industries d'électroniques) [49].

I.6.2. Réutilisation en irrigation :

L'irrigation des cultures est la voie la plus répandue l'utilisation des eaux usées urbaines. Au niveau mondial, c'est la solution qui a d'avenir à court terme et à moyen terme. La quantité des eaux usées rejetés incite les agriculteurs à utiliser cette source

d'eau aussi que sa richesse en éléments fertilisants (l'azote, le phosphore et le potassium) nécessaires pour le développement des plantes et aussi pour la fertilisation du sol, cela permet d'économiser l'achat des engrais et d'augmenter le rendement [49].

I.6.3. Réutilisation en zone urbaine :

La réutilisation des eaux usées est une source importante en zone urbaine où les usages les plus courants sont arrosages des espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre les incendies.

Une autre application importante est le recyclage en immeuble, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage [49].

I.7. Normes de rejets d'effluents :

I.7.1. Normes internationales :

L'OMS (1979) a choisi plusieurs témoins répondant à certaines exigences; il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux, et parfois les *Clostridium perfringens* .

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration [50].

Tableau I.1: normes internationales des eaux usées [46].

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
Ph	6,5-8,5
DBO5	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l
NH4+	<0,5 mg/l
NO2-	1 mg/l
NO3-	<1 mg/l
P2O5	<2 mg/l
Température	<30°C
Couleur	Inodore

I.8. Description de la station d'épuration de la ville de Tlemcen :

I.8.1.Situation géographique :

La station d'épuration de la ville de Tlemcen se situe au nord du chef-lieu « Tlemcen Ville », à l'ouest de Chetouane « Daïra », sur la Route de Ain El Houtz conçue pour une population de 150 000 Eq/Hab et capacité de 30 000 m³/j, elle a été réalisée par l'Entreprise Hydrotraitement, elle mise en service le 05 Novembre 2005 et elle est gérée et exploitée actuellement par l'Office National de l'Assainissement (ONA).

La station est de type boues activées à faible charge, dont le traitement biologique des effluents fait appel aux processus aérobies.



Figure I.5. Panoramique de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tlemcen [46]

I.8.2. Principe de fonctionnement de la STEP de AIN EL HOUTZ :

a. Données de base:

La station d'épuration de la ville de Tlemcen a été dimensionnée sur la base des données suivante :

- Type se réseau : unitaire
 - La nature d'eau brute : domestique
 - Le nombre de population : 150 000 Eq/hab;
 - Débit journalière : 30 000 m³ /j ;
 - Débit de pointe horaire : 3800 m³ /h ;
 - DBO5 journalière : 9300 Kg/j ;
 - Matières en suspension : 13 950 Kg/j ;
 - Azote à nitrifié : 1980 Kg/j
- La réalisation : 05 Novembre 2005

b. **L'origine d'eau brute:** Les eaux usées épurées au niveau de cette station sont de prévenance ménagère (domestique) et ne contiennent aucune substance industrielle, ce qui a facilité beaucoup le processus d'épuration.

c. Les installations de la STEP :

Il y a deux types de canaux d'emmener des eaux usées à la station :

- Des dalots (2 m de largeur et 1m de hauteur) qui proviennent de Sidi YAKOUB vers FEDDAN SBAA.
- Conduite de 1250mm de diamètre qui va de FEDDAN SBAA jusqu'à la tête de la station [46].

La STEP de AIN EL HOUTZ est équipée par deux filières : une pour les eaux usées et l'autre pour les boues :

Filière d'épuration des eaux usées :

La station fonctionne sur la base d'un procédé à boue activée avec aération prolongée à l'aide d'aérateurs de surface à vitesse lente. L'eau entrant à la station passe en premier lieu par :

✓ **Un déversoir d'orage :**

Les eaux usées provenant des habitations sont collectées jusqu'à la station par un réseau d'égouts. Leur transport se fait généralement par gravité à la tête du premier procédé dans la station à l'aide d'une conduite de 800 mm de diamètre et puis elles sont déversées à travers le déversoir d'orage qui est dimensionné pour prendre en charge un maximum de 3300 m³ /h.

✓ **Deux dégrilleurs :**

Le dégrilleur a pour but de retenir les déchets solides et volumineux par des barreaux métalliques d'une grille. L'eau usée passe à travers une grille grossière à nettoyage manuel, ensuite, elle passe par une grille mécanisée. Les déchets sont recueillis par un tapis qui les déverse dans un endroit spécialisé, puis, ils sont envoyés en décharge ou en unité d'incinération selon leur nature

On a :

- Les grilles grossières manuelles (1 unité) :
 - Largeur de la grille : 1,8 m
 - Inclinaison : 70%
 - Écartement entre les barreaux : 50 mm
- Les grilles mécaniques (2 unités) :
 - Largeur de la grille : 1,0 m
 - Profondeur du chenal : 1,5 m
 - Écartement entre les barreaux : 20 mm
 - Puissance du moteur : 0,37 kw

**Figure I.6.** Grille grossière automatique [46]**Figure I.7.** Grille manuelle [46]

✓ **Un Dessableur-déshuileur (2 unité):**

Sous forme trapézoïdale, le dessableur déshuileur est équipé d'un pont suceur et écumeur et a pour dimensions :

- Longueur : 26m
- Largeur : 4m



Figure I.8 : Dessableur- déshuileur [46].

✓ **Un Bassin d'aération :**

La STEP dispose de quatre bassins, Chaque bassin à les dimensions suivantes ;

- Volume : 4723 m³
- Forme rectangulaire de :
 - Longueur : 55,5 m
 - Largeur : 18,5 m
 - Profondeur d'eau : 4,6 m
 - Hauteur béton : 5,6 m.

✓ **Une Décantation secondaire :**

La STEP contient deux décanteurs secondaires et chacun est caractérisé par:

- Pont racleur à vitesse de rotation 0,04 m/s
- Sont de forme circulaire
- Diamètre : 46 m
- Surface : 1661 m²
- Profondeur d'eau : 4 m en périphérie

✓ **Un Bassin de chloration :**

Après la clarification et afin d'éviter le risque de la présence des microorganismes pathogènes, l'eau épurée passe dans un bassin de chloration en béton armé d'un volume de 700 m³ avant son rejet,

- Filières de traitement des boues :

Ce traitement est réalisé selon les étapes suivantes:

✓ **L'épaississement des boues :**

Les boues sont pompées par des vis de recirculation, dans un épaisseur qui est caractérisé :

- Diamètre : 14 m
- Hauteur utile : 04 m
- Pente de fond : 1/10

✓ **La déshydratation des boues sur lits de séchage :**

Les boues en excès sont séchées dans 14 lits de séchage dont les dimensions sont suivantes

- Nombre : 14
- Longueur : 30 m
- Largeur : 15 m

I.8.3. Rendement de la station :

Les analyses effectuées au niveau de l'entrée et à la sortie de la station donnent de bons résultats, ce qui indique que l'eau rejetée ont des caractéristiques physico-chimiques conformes aux normes de rejets, et le rendement qualitatif de la STEP varie entre 95% et 97% [46].

Chapitre II

Epuration des eaux usées par lit bactérien

CHAPITRE II: EPURATION DES EAUX USEES PAR LIT BACTERIEN

II.1 Introduction:

L'épuration biologique des eaux usées par lit bactérien a le même principe que ceux de l'autoépuration naturelle des cours d'eau (rivières, lacs, barrages, mers) sous l'action des microorganismes aquatiques. Dans les ouvrages d'épuration biologique, tous les processus sont intensifiés à cause des conditions artificielles plus favorables à la dégradation de la matière organique [51].

Les conditions qui assurent l'épuration biologique des eaux usées par ce procédé sont :

- La formation des flocons est une propriété commune des bactéries qui se groupent et se développent en flocons ;
- Les flocons légers possèdent une grande surface qui leur confère la propriété d'absorber les substances organiques ;
- Il y'a une forte concentration des micro-organismes dans les flocons ;
- Une aération intensive de l'eau résiduaire assure dans les ouvrages :
 - ✓ Une quantité d'oxygène dissous suffisante pour une forte concentration de micro-organismes sur les flocons.
 - ✓ Une bonne agitation de l'eau qui crée un contact optimal entre les microorganismes et l'eau épurée.
 - ✓ Une bonne dispersion des flocons dans l'eau [52].

II. 2. Description du lit bactérien:

Le lit bactérien est un procédé d'épuration biologique aérobie. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre comme de la pierre concassée (pouzzolane, sable volcanique...) ou en plastique et l'effluent passe à travers ce substrat. La difficulté de ce procédé consiste à trouver une bonne vitesse du flux d'eau qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation bactérienne) ni lente (pour assurer une bonne évacuation des MES en excès) [53].

Dans le lit bactérien, les micro-organismes sont retenus sur un support appelé garnissage, sous la forme d'un biofilm. Il s'agit d'une couche dense de bactéries. Le garnissage est arrosé avec l'eau usée à traiter après une décantation primaire ou un simple tamisage fin. Le temps du passage de l'eau au sein du système est très court de l'ordre de quelques minutes. Les rendements d'épuration sur lit bactérien peuvent atteindre 85 à 95 % [54].

II.3. Classification des lits bactériens :

Le classement des lits bactériens se fait en fonction des charges hydrauliques et organiques:

- La charge hydraulique est le rapport entre le débit horaire des polluants traités et la surface de lit ($m^3/m^2.j$)
- La charge organique est la masse de DBO_5 par jour sur le volume du matériau $kg\ DBO_5/m^3.j$.

II.3.1. lit bactérien à faible charge:

Ces types de lits sont caractérisés par :

- ✓ La charge hydraulique est de $[1\ \text{et}\ 5\ m^3/m^2.j]$;
- ✓ La charge organique : $[0,08\ \text{à}\ 0,2\ kg\ DBO_5/m^3.j]$;
- ✓ Le rendement d'épuration est de l'ordre de 90% en DBO_5 [11].

II.3.2. Lit bactérien à forte charge:

Ces types de lits sont caractérisés par :

La charge hydraulique est de $[20\ m^3/m^2.j]$;

- ✓ La charge organique: $[0,7\ kg\ DBO_5/m^3.j]$;
- ✓ Hauteur minimale des matériaux: 2 m ;
- ✓ Les rendements d'épurations sont de l'ordre de 60% sans recyclage, et de 80% à 90% avec recyclage [11].

II.4. Mise en œuvre des lits bactériens:

Un lit bactérien est considéré comme un tas de cailloux muni d'un dispositif de répartition de l'effluent.

- La première étape consiste à disposer un radier qui supportera les matériaux de telle manière que l'effluent pourra ruisseler sur le lit facilement sans laisser de dépôts boueux qui colmatent rapidement du lit.
- Certains auteurs préfèrent et recommander la mise en place d'un double radier, le premier servira de support, le second aura le rôle d'un évacuateur de l'effluent traité.
- La distance entre les deux radiers devra être suffisamment grande pour une bonne aération surtout pour les couches les plus basses.
- Les parois latérales des lits bactériens sont souvent constituées par des murs en béton pour des raisons économiques.
- La hauteur du lit est faible pour des petites agglomérations car cela va permettre une aération naturelle du film biologique [11].

La mise en œuvre d'un lit bactérien est illustrée sur le tableau suivant:

Tableau II.1. Mise en œuvre des lits bactériens [55].

Mise en œuvre des lits bactériens		
Caractéristiques	Moyenne et forte charge	Très forte charge
Types de remplissage	Plastique	Plastique
Charge hydraulique	1,8	1,6-8
Charge organique	0,6-3,2	1,6-8
Taux de recirculation	1-2	>3
Hauteur (m)	3-8	3-6
Rendement en DBO₅ (%)	60-90	40-70

II.5. Principe du traitement par lit bactérien:

A la fin du 19^{ème} siècle le traitement par lit bactérien a été développé en Grande-Bretagne [56]. Le principe de ce procédé consiste à faire ruisseler des eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs, de surface spécifique comprise entre 50 et 200 m²/m³.

Après l'étape du prétraitement, les eaux usées sont admises par relèvement sur le support au sommet du lit. Un bras rotatif répartit uniformément les effluents à traiter à la surface du lit et ces derniers ruissellent par gravité au sein des pores du garnissage.

Les bactéries assurent ainsi la dégradation de la pollution carbonée et partiellement de la pollution azotée. La circulation de l'air s'effectue naturellement et apporte l'oxygène nécessaire aux bactéries pour dégrader la pollution. La dernière étape du traitement réside en une décantation des eaux au sein d'un clarificateur et en un recyclage partiel des eaux en tête du dispositif [57].

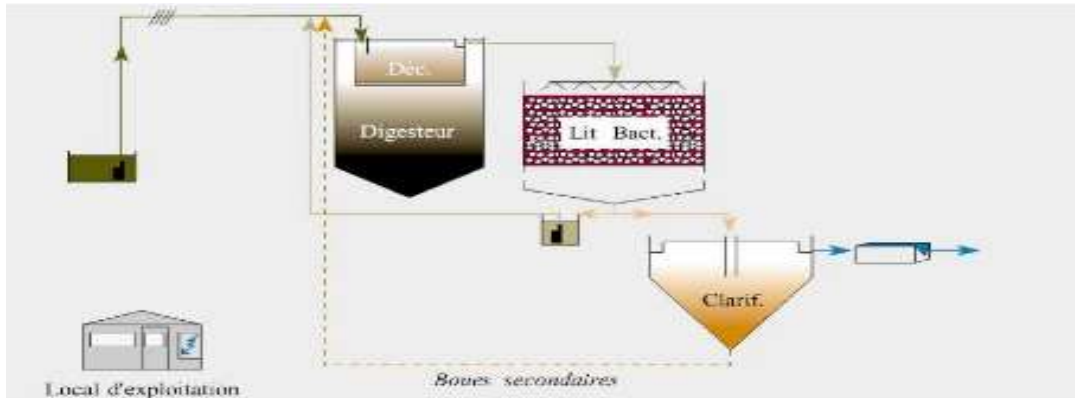


Figure II. 1: Schéma représentatif du procédé biologique des lits bactériens [58].

II.6. Réalisation des lits bactériens:

Cette opération est basée sur trois paramètres importants:

- Le choix du matériel;
- La répartition de l'effluent;
- L'utilisation du recyclage [11].

II.6.1. Choix du matériel:

Il doit satisfaire préalablement les conditions physiques suivantes :

- Avoir une grande résistance mécanique à l'attrition (érosion) ;
- Avoir une faible densité pour réduire les efforts sur le plancher supportant de matériau ;
- Avoir des interstices suffisamment larges pour permettre une bonne circulation de l'air et de l'eau [11].

Le garnissage du lit bactérien peut être en :

- **Plastique** : disques, anneaux ou toutes formes en PVC ou PE. La surface développée est de 150 à 200 m² /m³ avec un indice de vide de 90 % .

- **Traditionnel** : les plus utilisés sont les lits bactériens à garnissage en pouzzolane.
- **Cailloux** : briques creuses avec une granulométrie de (40 – 80 mm), terre cuite, gravier (80 - 120 mm) [59].

Suivant la nature du matériau du support (ou garnissage), on distingue:

❖ **Les lits bactériens à remplissage traditionnel (minéral) :**

Les matériaux les plus utilisés sont la pouzzolane ou les cailloux siliceux concassés dont la taille minimale est de 40 mm et la taille maximale est 80 mm, présentant un taux de vide de l'ordre de 50%. La hauteur maximale de remplissage est de 2,5 m.. Pour ce type de lit bactérien, une charge hydraulique maximale de $1,2 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$, permet d'atteindre des rendements supérieurs à 85% lors du traitement d'eaux usées domestiques [60].



Figure II.2 lit bactérien à garnissage traditionnel [60].

❖ **Les lits bactériens à remplissage en plastique :**

Ces matériaux plastiques mis en œuvre en vrac ou ordonnés présentent des taux de vide supérieurs à 90%. Ils nécessitent une hauteur minimale de remplissage de 4 m environ.

Les remplissages en plastiques permettent de réduire considérablement les risques de colmatage et présentent un coefficient de transfert d'oxygène plus élevé que ceux au remplissage traditionnel. Ce type de lit bactérien est destiné souvent pour les eaux usées industrielles. Les charges hydrauliques appliquées sont alors plus élevées et peuvent atteindre $(10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h})$ [61].

Il existe aussi des surfaces spécifiques élevées (80 à 220 m² /m³.h), avec des remplissages, constitués de matériaux synthétiques (PVC, polystyrène) empilés en vrac ou sous forme de plaques ondulées ou de tubes cloisonnés caractérisés d'un poids très léger ($\rho = 40$ à 80 kg/m³) et possèdent un fort pourcentage de vide (94 à 98 %).

Ces dispositifs ont l'avantage d'offrir pour la fixation du biofilm une surface beaucoup plus importante que les matériaux traditionnels, tout en réduisant les risques de colmatage des lits bactériens classiques. Il existe un grand nombre de matériaux de remplissage sur le marché; les plus courants sont :

- ✓ Cloisonyle : matériau sous forme de tubes en PVC rigide de 80 mm de diamètre, cloisonné intérieurement ;
- ✓ Plasdek et Flocor : matériaux sous forme de plaques ondulées assurant une circulation croisée ;
- ✓ Filterpack : matériau à remplissage vrac se présentant sous forme d'anneaux en polypropylène [62].

La figure suivante représente l'alimentation d'un lit bactérien de type garnissage plastique



Figure II.3: Alimentation du lit bactérien (garnissage plastique) [60]

Tableau II.2. Les caractéristiques de certains garnissages [63].

Matériaux de garnissage	Densité (Kg/m ³)	Surface spécifique (m ² /m ³)	Indice de vide (%)
Pouzzolane	600	105	50
Galets	1600	90	50
Plastique vrac	40-80	95-200	95
Plastique ordonné	30-90	90-200	90

II.6.2 Répartition de l'effluent:

La distribution de l'eau joue un rôle très important pour obtenir une bonne qualité d'épuration. Pour l'alimentation des lits bactériens, on utilise une distribution rotative qui se représente comme des tourniquets hydrauliques à deux, quatre ou encore six bras horizontaux, permettant une distribution homogène de l'effluent sur la surface du lit. La répartition des orifices distributaires présents sur les bras est calculée de façon à assurer une bonne aspersion.

- Les pertes de charges dans les sprinklers est inférieure à 0,5 m ;
- On adopte une vitesse de rotation de 3 à 4 tr/mn pour les petits appareils (diamètre est inférieur à 6m) ;
- La vitesse de rotation est de 1 tr/mn pour les appareils de grande dimension [11].

II.6.3 Utilisation du recyclage :

L'épuration des eaux usées par les lits bactériens nécessite souvent un recyclage des effluents, cette opération permet d'avoir plusieurs avantages:

- Un auto-curage du lit en maintenant un débit suffisant pour éroder le film bactérien qui s'est accumulé sur le matériau ;
- Une amélioration du rendement d'épuration après dilution de l'effluent d'entrée et la diminution de la concentration de la DBO ce qui permet de rejeter une eau de qualité satisfaisante aux normes ;
- Elle favorise un ensemencement permanent du lit, apporte de l'oxygène et des nitrates permettant d'activer le travail épuratoire [11].

II.7. Domaine d'application recommandé:

Cette filière est adaptée pour les petites collectivités avec des charges de pollution à traiter comprises entre 200 et 2000 EH, sur les unités les plus importantes, il peut être plus économique de répartir le traitement sur deux étages de lits bactériens en série. On notera la possibilité d'une association d'un lit bactérien avec des filtres plantés de roseaux pour remplacer le décanteur [64].

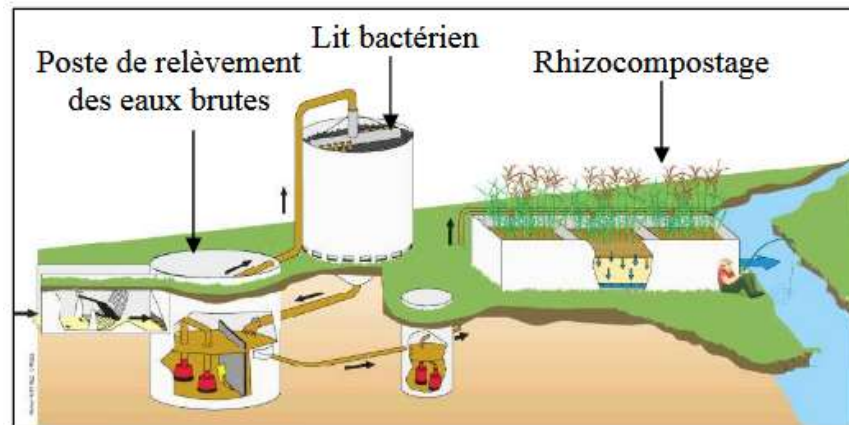


Figure II.4: procédé RHIZOPUR de la Lyonnaise des Eaux [64].

II.8. Eléments de fonctionnement des lits bactériens:

Les lits bactériens sont placés dans différentes catégories, en fonction de la charge hydraulique et organique qu'ils reçoivent.

- La charge hydraulique (ou vitesse superficielle): représente le rapport du débit admis sur le lit et sa surface horizontale (A) du lit bactérien (à ne pas confondre avec la surface développée du garnissage). La charge hydraulique est communément exprimée en $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$, parfois abrégée en m/h . La charge hydraulique est souvent notée Ch :

$$Ch = Q * \frac{(1+R)}{A} \dots \dots \dots (II.1)$$

Avec:

Ch = charge hydraulique [m/h]

Q = débit d'effluent à traiter [m^3/h]

R = taux de recyclage [%]

A = surface horizontale du lit [m^2]

- La charge organique ou volumique : exprime le flux polluant journalier en (Kg DBO_5 /j rapporté au volume unitaire du matériau m^3 [65].

II.9. Avantages et inconvénients des lits bactériens:

Il est intéressant de situer les avantages et les inconvénients des lits bactériens par rapport aux procédés par boues activées.

a) Avantages:

- Système d'épuration robuste et simple nécessitant peu d'entretien et de contrôle ;
- Compacité des ouvrages pour les lits à remplissage plastique, peu sensibles au colmatage;
- Faible dépense d'énergie au pompage (alimentation, recyclage) [66] ;
- Bonne sédimentation des boues ;
- Les boues bien épaissies par le décanteur-digesteur [63].

b) Inconvénients:

- Performances épuratoires moins élevées que les systèmes à boues activées ;
- les lits classiques sont surtout sensibles au colmatage d'où la nécessité d'un prétraitement particulièrement performant et d'une décantation efficace ;
- Risques de sources d'odeurs non négligeables et de prolifération d'insectes divers ;
- Variation des rendements d'épuration par une création de zones mortes et de chemins préférentiels ;
- Coûts d'investissement assez élevés ;
- Très sensible au gel, car il faut que le haut et le bas du lit soient bien ouverts afin de permettre une aération naturelle suffisante. [63], [66].

II.10. Bassin d'aération:

C'est un ouvrage d'épuration à culture en suspension dans un milieu liquide aéré (ou oxygéné) et mécanique (turbine, pont brosse, insufflateur d'air). Le bassin d'aération est également dénommé Bassin d'oxydation [67].

II.10.1.principe de Fonctionnement :

Les bassins d'aération sont des réacteurs biologiques dans lesquels s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies. Ils constituent un élément fondamental de la filière définie sous le terme de boues activées sachant aussi qu'une bonne gestion de l'aération permet également d'assurer les réactions biochimiques de transformation de la pollution de nitrification et de dénitrification [67].

II.10.2. Le couplage entre le bassin d'aération et le lit bactérien:

La dégradation du substrat (matière organique ou azote ammoniacal) nécessite la fourniture d'oxygène. Le biofilm transfère de l'air vers l'effluent puis de l'effluent vers le bassin. Ce dernier transfert est contrôlé par les mêmes phénomènes que le transport du substrat à dégrader, qui sont la diffusion à travers la couche limite puis à travers le biofilm. Ce processus peut être limitant et provoquer l'apparition d'une zone anaérobie dans la partie profonde du biofilm [67].

Chapitre III

Protocole Expérimental et Matériel et Méthodes

CHAPITRE III : PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET MATERIEL ET METHODES

Nos expériences sont orientées en premier lieu sur l'étude de l'épuration des eaux usées par un lit bactérien à double couche; les matériaux de garnissage utilisés sont la pouzzolane et la brique concassée pour pouvoir apprécier leurs efficacités et leurs rendements en épuration des eaux usées et en second lieu, nous avons fait le couplage entre le bassin d'aération et le lit bactérien pour étudier la contribution d'un lit bactérien dans amélioration de la qualité de l'eau épuré par boues activées. Pour mener à bien ces expériences, nous avons utilisés le pilote TE900 du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux du département d'hydraulique de l'université de Tlemcen et d'autre appareils d'analyses ; comme le DCO mètre, Spectrophotomètre, turbide-mètre,....

Les eaux usées prétraitée issues de la STEP de Ain El HOUTZ sont utilisées dans toutes nos expériences.

III.1.Objectifs principaux des expériences :

Les principaux objectifs de ce travail sont résumés en :

- Fonctionnement du pilot TE900.
- Dépollution des eaux usées urbaines.
- Amélioration de la qualité des eaux usées épurées par boues activées.
- Eliminer la pollution carboné azotée et phosphatée par vois biologique.

III.2. Composition de L'équipement :

L'équipement est composé de :

- Pilote de l'épuration à boues activées (TE 900).
- Des appareils de mesures des paramètres physico-chimique de l'eau.

III.3. Description du pilote TE900:

Le pilote TE900 (figure III.1) du laboratoire est une mini station d'épuration biologique des eaux usées par voie bactérienne.



Figure III.1: Pilote TE 900 (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

Le pilote est composée essentiellement de :

- Une cuve d'alimentation des eaux résiduaires en PVC transparent cylindrique d'une capacité de 300 litre avec vanne de vidange.
- Une pompe d'alimentation de suspension d'eau brute.
- Jeu de vannes à trois voies d'alimentation de la cartouche du filtre
- Canalisations d'alimentation des eaux résiduaires en PVC.
- Cartouche du filtre en verre borosilicaté d'une hauteur de 1m et d'un volume de 5l.
- Jeu de vannes à trois voies d'alimentation de la cartouche du filtre de type a boissons sphérique.
- Décanteur statique cylindro-conique en verre borosilicate d'une capacité de 25l.
- Canalisations de recyclage de boue du décanteur en PVC par air lift.
- Cheminée d'alimentation cylindrique, en PVC [68].
- Vanne d'évacuation du liquide clarifié.
- Vanne de recyclage du liquide clarifié.

III.3.1. Instrumentation:

- ✓ Débitmètre a flotteur (rotamètre) entre le décanteur d'eau clarifié et la cartouche du filtre.
- ✓ Variateur électronique de vitesse de la pompe de recyclage des boues, variation par potentiomètre sur l'armoire électronique.
- ✓ Variateur électronique de vitesse de la pompe de recyclage de l'eau épuré du décanteur vers la cartouche.
- ✓ Pompe de recyclage des boues du décanteur vers le filtre à vitesse variable.
- ✓ Pompe de recyclage de l'eau claire du décanteur vers le filtre à vitesse variable [69].

III.3.2 Liste des Vannes:

Dans la (**figure III.2**) sont représentées toutes les vannes du pilote dont les désignations et les rôles sont les suivants :

- Vanne manuelle de réglage circuit alimentation eau usée: VR1
- Vanne manuelle de réglage circuit alimentation filtre: VR2
- Vanne manuelle d'arrêt recyclage eau clarifiée: VA2
- Vanne manuelle d'arrêt recyclage boue: VA2
- Vanne manuelle trois voies alimentation eau usée. VL1
- Vanne manuelle trois voies alimentation filtre:VL3
- Vanne manuelle vidange cuve alimentation eau usée: VS1
- Vanne manuelle vidange eau clarifiée décanteur: VS3
- Vanne manuelle vidange boues décanteur: VS4 [69]

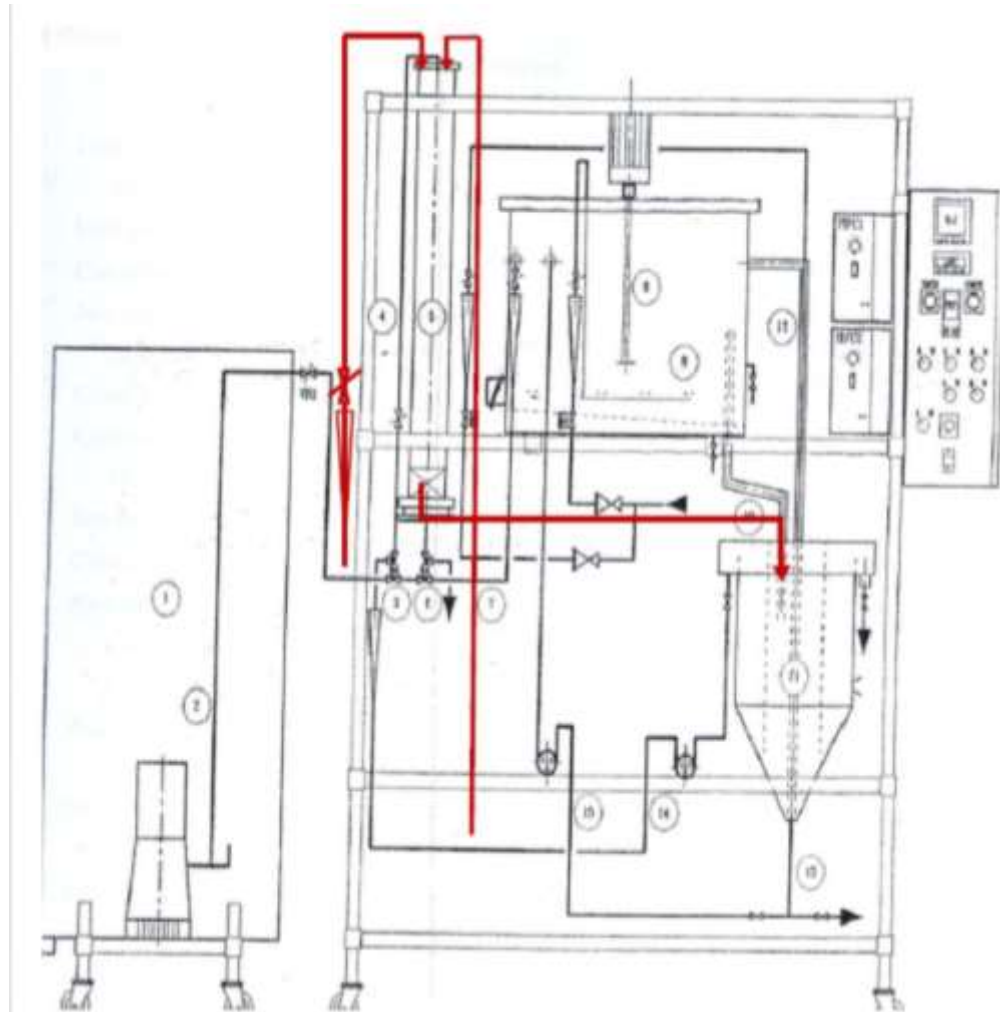


Figure III.2: Support pratique [69].

Remarque : —Le trait en rouge représente le circuit modifié apporté sur le TE900 [69].

III.4. Mise en marche :

La mise en marche du pilote s'effectue selon les étapes si après :

III.4.1. La commande du recyclage de l'eau claire :

La pompe de recyclage de l'eau claire, il convient d'utiliser le temps électronique situé sur la face avant de l'armoire de contrôle.

- Mettre le bouton de la pompe de recyclage, situé sur l'armoire électrique de contrôle sur la position « marche auto ».
- Le cadran extérieur permet de modifier la valeur du temps d'arrêt de la pompe de recyclage de l'eau claire avec une échelle graduée 0 à 10 ; Le cadran central

permet de modifier la valeur du temps de fonctionnement de la pompe de recyclage de l'eau claire avec une échelle graduée 0 à 10.

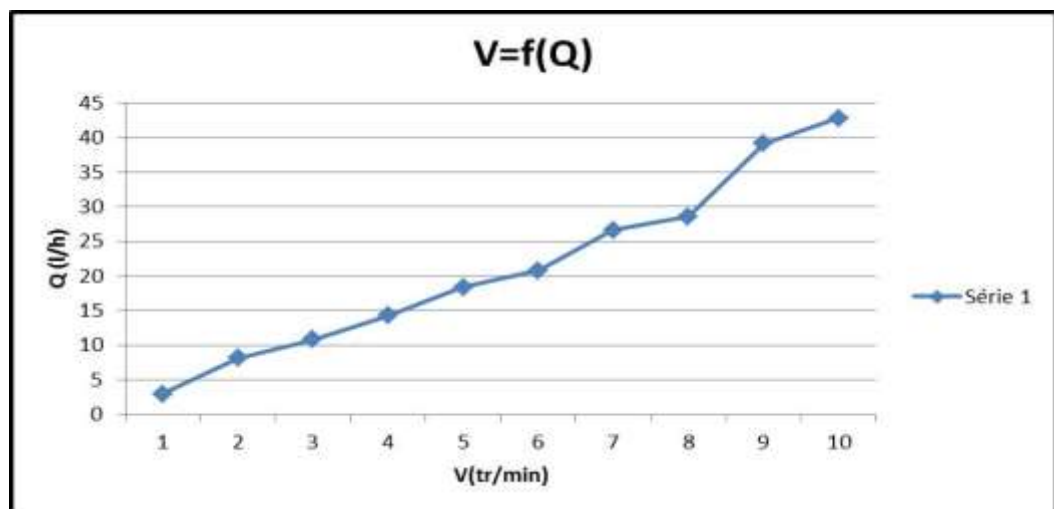
III.4.2. Etalonnage:

- Mettre en marche le pilote.
- Ouvrir la vanne de recyclage des boues VA2.
- Remplir le décanteur d'eau propre.
- Démontez le raccordement du tuyau de refoulement de la pompe de recyclage des boues sur le pilote.
- Plonger ce tuyau dans une éprouvette de 1L.
- Mettre en marche la pompe de recyclage des boues par son bouton sur la position « marche manu ».
- Mettre en marche la pompe de recyclage des boues par son bouton «arrêt/marche» situé sur le variateur de vitesse sur la position « marche» si nécessaire.
- Positionner le bouton de variation de vitesse de la pompe de recyclage des boues sur la graduation 1.
- Lorsque l'éprouvette est presque pleine, il convient d'arrêter votre chronomètre et simultanément d'enlever le tuyau de recyclage des boues.
- Le volume lu à l'éprouvette et le temps de l'essai vous permet de déterminer le débit.
- Positionner le bouton de variation de vitesse de la pompe de recyclage des boues sur la graduation 2.
- Déterminer le débit d'alimentation pour cette valeur de vitesse de rotation de la pompe doseuse.
- Recommencer l'opération pour toutes les graduations du variateur de vitesse de la pompe de recyclage des boues.
- Positionner à nouveau le tuyau de refoulement de la pompe de recyclage des boues sur le pilote.
- Les résultats d'étalonnage sont résumés dans le Tableau III.1.
- Lorsque l'essai est terminé, il convient d'arrêter le pilote [69].

Tableau III. 1 : Les résultats d'étalonnage de la pompe doseuse [69].

Vitesse (Tr/min)	Volume (l)	Temps (min)	Q (l/min)	Q (l/h)
1	1	20,32	0,049	2,94
2	1	7,32	0,136	8,16
3	1	5,5	0,181	10,86
4	1	4,2	0,238	14,28
5	1	3,25	0,307	18,42
6	1	2,89	0,346	20,761
7	1	2,25	0,444	26,64
8	1	2,1	0,476	28,56
9	1	1,53	0,653	39,18
10	1	1,4	0,714	42,84

La figure III.3 représente la variation des débits recyclés de la pompe doseuse en fonction des vitesses

**Figure III.3** : La variation des débits recyclés de la pompe doseuse en fonction des vitesses.

[69]

III.5. Fonctionnement du pilote :

Le pilote fonctionne pour le traitement secondaire, qui doit comporter un réacteur biologique, un clarificateur, un système de circulation de l'eau et des boues et une cartouche qui peut contenir un filtre d'alimentation.

III.5.1. Clarificateur:

Le clarificateur est un décanteur secondaire représenté comme un bassin qui assure la séparation des eaux traitées de la biomasse. Son rôle est de séparer le floc bactérien de l'eau par gravitation. Son dimensionnement consiste à déterminer sa surface et son volume nécessaire à cette opération. L'eau claire est aspirée ou recyclée par surverse dans la cartouche du pilote, et les boues doivent être décantées au niveau du clarificateur (figure III.4).



Figure III.4 : Le Clarificateur (laboratoire du département d'hydraulique)

➤ **zone de clarification :**

La zone de clarification constitue la partie supérieure du décanteur par laquelle l'effluent est rejeté de l'unité d'épuration. Le taux des particules en suspensions est donc très faible.

➤ **zone de l'épaississement :**

La zone d'épaississement est la couche intermédiaire entre le clarificateur qui est la partie supérieure du décanteur ou l'effluent clarifié est reconduit hors de l'unité de traitement, et la zone de compression qui constitue la partie la plus profonde du bassin.

Le transfert des boues entre les zones de clarification et d'épaississement est régi par le phénomène de suspension et décantation [68].

III.5.2. Cartouche :

Dans notre cas, la cartouche a été utilisée comme lit bactérien rempli avec double couche (pouzzolane et une couche de brique) cette cartouche est d'une hauteur de 80cm (figure III.5).



Figure III.5 : Schéma d'une cartouche (laboratoire du département d'hydraulique)

III.5.3. Bassin d'aération (Réacteur):

Le réacteur d'oxydation et d'aération, de type aquarium positionnées de part et d'autres de l'agitateur. Surface d'aération 0.0075m^2 . l'aération est primordiale pour le métabolisme des micro-organismes dans les procédés aérobies a boues activées ; sans apport d'oxygène, il n'y a pas de développement bactérien et la dégradation de la pollution est inhibée [1].

Le système d'aération est composé de :

- ✓ une vanne proportionnelle commandable incluant un débitmètre.
- ✓ Des vannes manuelles.
- ✓ Les rampes de bullage [52].



Figure III.6: Schéma d'un bassin d'aération (laboratoire du département d'hydraulique)

III.5.4. Paramètres d'entrée et de sortie:

- ❖ Le débit d'entrée.
- ❖ Le pH.
- ❖ La température.
- ❖ La concentration en MES.;
- ❖ L'oxygène dissous
- ❖ La turbidité.
- ❖ La DCO.
- ❖ La DBO5.

III.6. Manipulation:

III.6.1. Procédé d' épuration avec lit bactérien :

Le pilote TE900 à été modifié pour les besoins de cette étude; afin de tester l'efficacité de l'épuration par lit bactérien à garnissage en pouzzolane et en brique ; le circuit générale de l'écoulement est schématisé dans la (**figure III.7**).

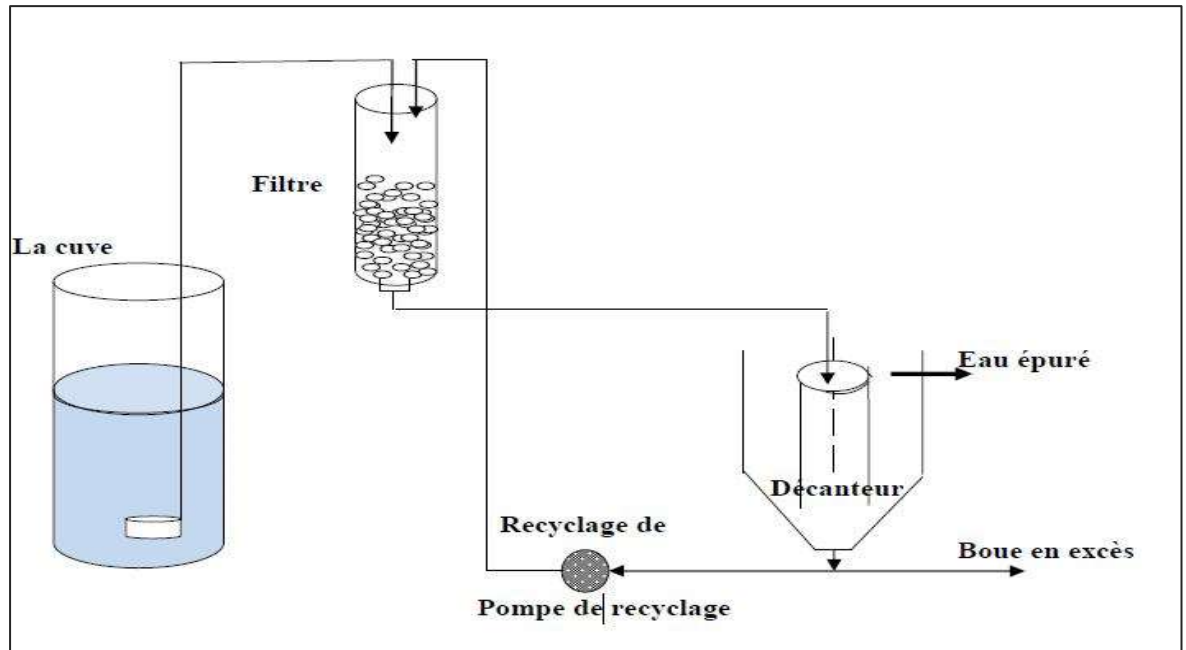


Figure III.7 : Schéma fonctionnel d'épuration avec un lit bactérien [2].

La manipulation se fait par les actions suivantes :

- Mettre le matériau dans le cartouche (pouzzolane et le brique)
- Préparer la charge d'eau usée et introduire cette charge dans la cuve d'alimentation prévue à cet effet.
- Mettre le pilot marche
- Mettre en marche la pompe de la cuve d'alimentation de substrat par son bouton sur la position (marche).
- Introduire les boues provenant de la station d'épuration dans le lit bactérien
- Positionner la vanne à trois voies d'alimentation de la charge d'eau usée VL1 de manière à alimenter le liquide directement vers le clarificateur.
- Ouvrir (maximum) la vanne de réglage de sortie de la charge d'eau usée de la cuve d'alimentation VR1.

- Après un quart d'heure de fonctionnement, ouvrir la vanne de recyclage des boues vers le filtre VA2.
- Fermer la vanne de prélèvement de l'eau clarifiée VS3.
- Lorsque le décanteur est au trois quart plein, il convient de commencer le recyclage des boues.
- Mettre en marche la pompe de recyclage des boues par son bouton sur la position (marche manu).
- Régler le débit de recyclage des boues par le variateur de vitesse correspondant de manière à recycler 0.1 fois le débit d'alimentation total pour ne pas brusquer les bactéries.
- Au bout de quelques minutes, il convient d'augmenter le débit de recyclage des boues
- 1 fois, puis 1.5 fois et enfin à 2 fois le débit d'alimentation.
- Quand il démarre, il convient d'éliminer les boues qui flottent à la surface du décanteur bactéries non flocculées ou morte
- Régler le trimer de commande de la pompe de recyclage des boues.
- Lorsque le pilote est en fonctionnement continu et en régime permanent (environ une semaine), il convient de ne recycler que partiellement les boues.
- Mettre le bouton de la pompe de recyclage des boues sur la position (MARCHE AUTO) [69].

III.6.2. Procédure générale d'arrêt :

- ❖ Fermer la vanne générale d'arrivée d'air comprimé du pilote.
- ❖ Introduire 5L d'eau de javel à 12°C dans le décanteur.
- ❖ convient de laisser le pilote en fonctionnement pendant une heure environ.
- ❖ Arrêter la pompe d'alimentation d'eau usée.
- ❖ Vidanger la cuve d'alimentation d'eau usée après neutralisation des bactéries par l'eau de javel par sa vanne de vidange VS1.
- ❖ Laver cette cuve avec une solution d'eau javel.
- ❖ Fermer la vanne de vidange de la cuve d'alimentation.
- ❖ Remplir cette cuve d'eau propre.

- ❖ Positionner la vanne trois voies d'alimentation de la charge d'eau usée VL1 de manière à alimenter l'eau propre vers le filtre (T orienté à gauche, clé de vanne verticale).
 - ❖ Positionner la vanne trois voies d'alimentation du filtre VL3 de manière à alimenter l'eau propre vers le filtre (T orienté à droite, clé de vanne horizontale).
 - ❖ Positionner la vanne trois voies de sortie du filtre VL4 de manière à alimenter le liquide sortant du filtre dans le décanteur.
 - ❖ Ouvrir au maximum la vanne de réglage de sortie de la cuve d'alimentation VR1
 - ❖ Ouvrir la vanne de réglage VR2 de manière à alimenter le filtre.
 - ❖ Ouvrir la vanne de soutirage du décanteur VS4 (prendre la précaution de neutralisation des boues du décanteur avant leur rejet dans l'égout).
 - ❖ Mettre en marche la pompe de la cuve d'alimentation.
 - ❖ Lorsque le liquide alimenté par la pompe de la cuve d'alimentation dans le filtre puis dans le décanteur est clair, il convient de nettoyer ce circuit avec un produit antibactérien.
 - ❖ Arrêter de la cuve d'alimentation.
 - ❖ Remplir la cuve d'alimentation avec une solution d'eau de javel.
 - ❖ Mettre en marche la pompe de la cuve d'alimentation.
 - ❖ Lorsque la solution d'eau de javel, alimentée par la pompe de la cuve d'alimentation dans le filtre puis le décanteur a désinfecté tout le circuit d'alimentation, il convient de rincer ce circuit abondamment avec de l'eau propre [69].
- Pour la deuxième expérience le couplage entre le lit bactérien et le bassin d'aération.

III.7. Principales méthodes d'analyses d'eau :

III.7.1. Echantillonnage :

Nous avons ramenés 300 litre d'eaux usées de la STEP de Ain EL HOUTZ (figure III.8) pour chaque expérience, cette eau usée brute est prise à partir de prétraitement.



Figure III.8 : L'échantillon de 300 litres prélevé

III.7.2. Le prélèvement :

Nous avons effectués deux prélèvements par jour ; a 10h :00 et à 12h :00 au niveau de la cuve d'alimentation en eau brute et au niveau du décanteur sur lesquels nous avons analysés les paramètres physico chimiques au laboratoire par les différentes appareils de mesure sur le pilot.



Figure III.9 : Les prélèvements des eaux usées brute et les eaux épurées.

III.7.3. Paramètres, appareils de mesure et leur mode opératoire :

Plusieurs paramètres sont analysés dans notre étude à savoir:

a. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est l'un des paramètres chimiques importants, il sert au contrôle du fonctionnement du traitement biologique.

• Appareillage :

L'oxymètre (figure III.10) est un appareil utilisé pour mesurer l'oxygène dissous. Les mesures couramment utilisées sont les suivantes: parties par million (ppm) ou par pourcentage (%), laquelle est définie comme étant le pourcentage d'oxygène dissous dans 1 litre d'eau.

Il faut d'abord étalonner l'appareil avec des solutions tampons, puis rincer l'électrode de l'oxygène dissous et les immerger dans la solution à mesurer, lire la valeur sur l'écran une fois le signal se stabilise [70].



Figure III.10: Oxymètre (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen)

b. Température :

La valeur de la température est donnée par l'oxymètre en, degré Celsius (C°)

c. Mesure du pH:

Pour mesurer le pH nous avons utilisé un pH-mètre (figure III12), qui est étalonné avant chaque utilisation avec une solution d'étalonnage d'un pH=7 ou pH=10 ou pH=4, puis rincer

le pH-mètre avec de l'eau distillé et introduire dans l'échantillon, la lecture sera faite après stabilisation de la valeur du pH.



Figure III .11 : pH-mètre (manuel) (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

d. Mesure du la Turbidité:

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension (colloïdales) dans l'eau .L'appareil de mesure est appelé « turbidimètre » (figure III.12), il donne une lecture directe en NTU (Unit Turbidité Néphélométrie). On prend 10ml de l'échantillon et touille 10 fois puis mettre dans l'appareil et lire la valeur.



Figure III.12 : Turbidimètre (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

e. Matières en suspension (MES) :

Mesures de poids des matières flottants en suspension et décanales contenues dans les eaux décantés et épurées, dans le but de contrôler le fonctionnement de bassin de décantation. La détermination des matières en suspension dans l'eau est réalisée soit par filtration, soit par centrifugation, séchage à 105 C° et pesée [68]. La centrifugation est préférée pour les eaux chargées (colmatage du filtre).

✚ Matériels utilisé :

- Dispositif de filtration.
- Balance.
- Capsules.
- papier Filtres.
- Étuve.



Dispositif de filtration



Balance



Étuve.

Figure III.13 : Appareil de mesure de MES**✚ Mode d'opérateur :**

- Rincer le filtre à l'eau distillée et le sécher à l'étuve à 105 °C environ 30 à 60 min.
- Laisser refroidir puis peser le filtre sec et noter sa masse M1
- Homogénéiser l'échantillon à analyser.
- Filtrer sous vide un volume V de l'échantillon mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée.
- Sécher, refroidir et peser une seconde fois le filtre. sa masse est noté M2.

La concentration de la matière en suspension en mg/l dans l'échantillon analysé est obtenue par la relation suivante :

$$MES = \frac{(M2 - M1)}{V} * 1000 \dots \dots \dots (III.1)$$

Avec :

M1 : Poids du filtre sec avant filtration (en mg) ;

M2 : Poids du filtre sec après filtration (en mg) ;

V : Volume de la prise d'eau (en ml). On prend 100ml pour l'eau brute et 250ml pour l'eau épurée

f. Demande chimique en oxygène DCO :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique certaines matières organiques.

Principe :

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium « $K_2Cr_2O_7$ » en milieu acide dans une solution portée à ébullition à reflux pendant 2 heures en présence d'ions Ag^+ comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg^{2+} permettant de complexer les ions chlorures.

L'oxygène consommé en mg/L est calculé après détermination de l'excès de dichromate de potassium par titration avec du sulfate de fer ferreux et d'ammonium (sel de MOHR) [22].

Matériel nécessaire

Un réacteur pour le chauffage à $105C^\circ$ ECO6 ; les équipements nécessaires sont les suivantes

- Pipette graduée double trait ;
- Matras à goulot large ;
- Ballons gradués ;
- Burette ;
- Cylindres gradués.

Réactifs utilisés :(la méthode de préparation se trouve dans l'annexe F)

- Solution de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 0,04 mol/l et contenant du sulfate de mercure (II) ;
- Solution d'acide sulfurique ;
- Solution sulfate d'argent ;
- Solution sulfate de fer ferreux et d'ammonium (sel de MOHR) $[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ à 0,12 mol/l ;
- Solution indicateur Féroïen.

Mode opératoires

- Digestion de l'échantillon
- Transvaser 10 ml de l'échantillon pour l'analyse dans le tube de l'appareil puis ajouter 5 ml de solution de dichromate de potassium;
- Ajouter avec précaution 15 ml d'acide sulfurique et sulfate d'argent et raccorder immédiatement le tube au réfrigérant ;
- Répéter les deux étapes précédentes pour tous les échantillons à analyser mais aussi pour deux échantillons à blanc (10 ml d'eau distillée) ;
- Amener le mélange réactionnel à l'ébullition pendant 120 minutes à 150°C
- Rincer les réfrigérants à l'eau distillée et refroidir les tubes.
- Titrage de l'échantillon
- Transvaser le contenu de chaque éprouvette en matras à goulot large, rincer avec l'eau distillé 3 ou 4 fois.
- Ajouter 5 gouttes l'indicateur coloré Féroïen.
- Après le refroidissement titrer avec une solution de sulfate de fer ferreux et ammonium jusqu'au moment où la couleur de la solution change de vert bleu à orangé.

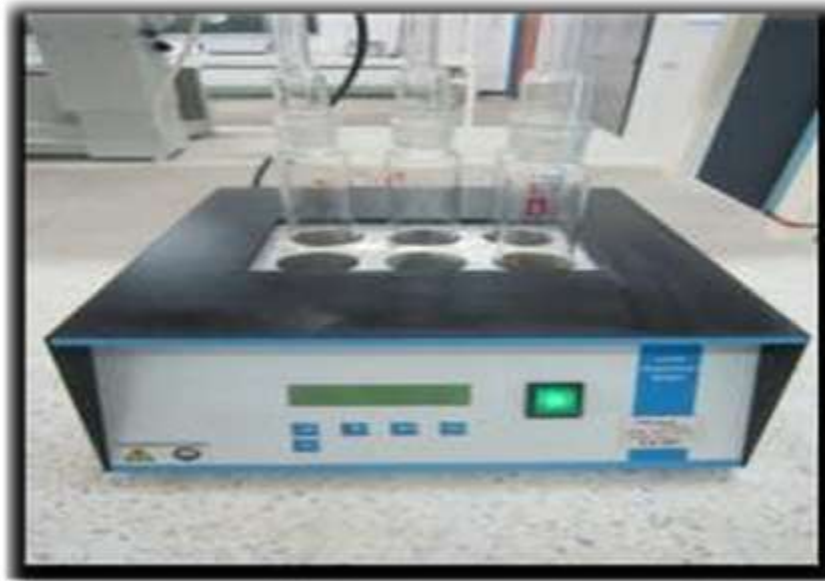


Figure III.14 : Réacteur DCO (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

✚ Expression des résultats

La formule utilisée pour calculer la DCO en mg /L est:

$$\text{DCO} = 8000 * C_{\text{Fe}} * \frac{(\text{VT}-\text{VE})}{E} \dots \dots \dots \text{(III. 2)}$$

Avec :

8000 : Masse molaire en mg/L de 1/2 O₂.

C Fe : Concentration de la solution de sel MOHR déterminée par étalonnage, soit 0,12 mol/l dans notre cas.

E : Volume de la prise d'essai en ml.

VT : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'essai à blanc.

VE : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'échantillon.

g. Demande biochimique en oxygène DBO :

DBO est la demande biochimique en oxygène qui indique la quantité d'oxygène qui est utilisé pour la dégradation de matières organiques décomposable par des processus biochimiques. Elle est mesuré à l'aide d'un DBO-mètre (figure III.15)

 Mode opératoire :

- Mesurer la quantité avec le ballon jaugé de trop plein et verser dans la bouteille propre.
- Introduire l'agitateur magnétique dans chaque bouteille.
- Ajouter une pincé de l'allyle thio-urée.
- Mettre 2 pastilles d'hydroxyde de potassium dans chaque bouchon intérieur (noir) avec deux pincettes.
- Visser sans fermer hermétiquement le bouchon.
- Mettre sur le système d'agitation à 20 °C.
- Laisser s'établir l'équilibre pendant 30min et fermer hermétiquement le bouchon.
- Relever les valeurs après 5 jours.

La demande biochimique en oxygène pour une analyse dépend de la charge en substance organique .la mesure de la DBO5 est évaluée à 80% de la DCO.

Tableau III.2 : Facteurs de conversion de la DBO5 en fonction du volume de prise.

Porté de mesure	Quantité	Facteur
0-40	432 ml	1
0-80	365 ml	2
0-200	250 ml	5
0-400	164 ml	10
0-800	97 ml	20
0-2000	43.5 ml	50
0-4000	22.7 ml	100

**a. Incubateur****b. DBO mètre****Figure III.15** : Dispositif de mesure de la DBO

III.8. Matériaux de garnissage :

Les matériaux de garnissage que nous avons utilisé sont : la pouzzolane (Beni Saf) et la brique (l'usine de brique de Zenâta).

A. La pouzzolane :

❖ Définition :

La pouzzolane d'origine volcanique (figure III.16) est une roche siliceuse, faiblement agglomérée, friable, sa couleur varie du gris au rougeâtre, utilisée depuis l'antiquité comme constituant secondaire des ciments et des mortiers. Ce sont des matériaux naturels ou artificiels riches en silice et en alumine, capables de réagir avec la chaux en présence de l'eau et de former à l'issue de cette réaction des produits manifestant des propriétés liantes [71].



Figure III.16: La pouzzolane. [72]

❖ Origine du nom pouzzolane :

Le nom "pouzzolane" vient de la ville de Pouzzoles, un port Italien riche en sable volcanique, situé dans le golfe de Naples au pied du Vésuve.

❖ Types de pouzzolane :

On distingue deux types de pouzzolane :

- **Pouzzolane naturel :**

Les pouzzolanes naturelles sont des matériaux d'origine naturelle qui sont calcinées dans un four ou transformées, puis broyées pour obtenir une fine poudre. Les variétés de Pouzzolanes naturelles les plus fréquemment utilisées en Algérie sont celle du côté Nord-Ouest comprenant de l'argile calcinée, du schiste calciné et du méta kaolin.

- **Pouzzolane artificielle :**

Les pouzzolanes artificielles sont essentiellement composées de silice, d'alumine et d'oxyde de fer ayant subi un traitement thermique pour lui assurer des propriétés pouzzolaniques. Elles sont des déchets des différentes industries. On distingue. Soit des résidus de fabrication industrielle tel que le mach fers, cendre de bois ou d'houille , soit des débris de brique et de tuile fabriquées avec des argile pures à des températures modérées . On distingue aussi le schiste cuit, et les déchets de l'industrie à base de méta kaolinite [2].

- ❖ **Caractéristiques de la Pouzzolane :**

- ✓ **Insoluble:** C'est une pierre qui ne se dégrade pas et n'interagit pas dans l'eau.
- ✓ **Minérale:** ce qui est important quand on ne veut pas utiliser un substrat organique
- ✓ **Poreuse :** elle laisse toujours passer l'eau, ne se colmate pas facilement et peut abriter de très nombreuses bactéries [2].

Elle est caractérisée par sa :

- **Teneur en eau naturelle :**

Par rapport aux autres roches naturelles, la teneur en eau de la pouzzolane est élevée et peut varier de 8 à 13 % suivant l'état hygrométrique ambiant.

- **Porosité :**

La Pouzzolane peut varier de 30 à 60 % en volume suivant les granulométries. Contrairement aux agrégats lourds, ce sont les gros éléments qui possèdent le coefficient de porosité le plus important.

- **Légèreté :**

La pouzzolane a une faible densité du fait de sa porosité.

Densité : $1 \text{ m}^3 = 1 \text{ tonne}$ environ selon granulométrie (vrac et non tassé).

- **Capacité d'absorption d'eau :**

Les essais d'absorption d'eau à 24 heures montrent que la texture cellulaire, et la porosité de la pouzzolane lui confèrent une grande capacité d'absorption qui peut varier de 20 à 30 % en poids du granulat sec.

- **Résistance à la chaleur :**

La température de fusion de la pouzzolane est de 1140°C, mais sa mauvaise conductibilité est telle qu'un élément de 0,150 m d'épaisseur exposé sur une face 8 heures à cette chaleur intense présente sur la face opposée une température d'environ 100°C seulement. La face exposée se vitrifie [2].

Tableau III.3 : Caractéristiques physiques de la pouzzolane naturelle [2].

Caractéristiques physiques	Valeurs
Masse volumique apparente (g/cm ³)	0.98
Masse volumique absolue (g/cm ³)	2,75
Surface spécifiques (cm ³ /g)	3560
Absorption (%)	58.70
Porosities (%)	57.10
Humidité (%)	2.50

Tableau III.4 : Caractéristiques chimiques de la pouzzolane naturelle [2]

Les composants	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₄	Cl
Les teneurs (%)	74.48	12.83	1.51	3.92	0.34	Nul	Nul

❖ **Localisation de la pouzzolane :**

Le massif volcanique de Beni-Saf et de la basse-Tafna correspond à un ensemble important de déjections basaltiques qui couvre une superficielle sur 30 Km² de côté entre le Cap Oulassa au Nord et le Cap de Sidi Mohamed Bel Ourdini au Sud-Ouest [71].

B. La brique :

La brique (figure III.17) constituée de terre argileuse crue, on parle de brique crue ou cuite au four, employée principalement dans la construction de murs, le type de brique que nous avons utilisé dans nos expériences est la brique de terre cuite. Elle est fabriquée à partir d'argile devenant souvent rouge à la cuisson, issu de l'usine de Zenâta dans la wilaya de Tlemcen [3].



Figure III.17 : La brique rouge concassé.

❖ Caractéristiques principales de la brique rouge :

Les caractéristiques principales de ce type de brique sont :

- Coefficient d'absorption : $< 2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{min}$.
- Résistance à l'écrasement : brique RC28.
- Poids cuit : $\leq 4.700 \text{ kg}$. - Masse volumique apparente sèche : 570 kg/m^3 avec une tolérance $D1 \pm 10\%$.
- Masse volumique absolue sèche : 1600 kg/m^3 avec une tolérance $D1 \pm 10\%$.
- Pourcentage de vide 65% avec une tolérance $D1 \pm 10\%$.

III.9. Caractéristique de matériaux filtrants :

Avant d'utiliser chaque matériau, on doit étudier leur caractéristiques afin d'avoir leur performances.

III.9.1. Analyse granulométrique:

L'objectif de l'analyse granulométrique est de calculer le diamètre effectif et coefficient d'uniformité pour déterminer le type de matériau :

A. Tamisage:

Le tamisage est une opération définie la répartition granulométrique d'un échantillon, en fonction de leur taille, poids,... Elle permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux des différents composants. Cette opération est réalisée en utilisant une tamiseuse équipée d'une série de tamis de diamètres normalisés et superposés, dont le diamètre diminue de haut en bas.

Mode opératoire :

- Sécher d'abord l'échantillon (pouzzolane) de manière progressive et à température d'environ 105°C pour ne pas faire éclater les grains et ne pas modifier la nature chimique de l'échantillon.
- Emboîter les tamis utilisés les uns sur les autres, les dimensions croissant de bas en haut. Mettre au-dessous un récipient à fond plein pour recueillir les éléments fins, et au-dessus un couvercle pour éviter la dispersion des poussières.
- Verser la pouzzolane sur le tamis supérieur, mettre le couvercle, et appliquer à l'ensemble une série de secousses à l'aide d'un tamiseur. Le granula sera ainsi réparti sur les différents tamis.
- On pèse le refus de chaque tamis séparément et en suite on calcule les refus cumulés. On doit retrouver le poids pesé au départ.
- Noter tous les résultats trouvés dans un tableau.

a. Diamètre effectif (De):

Le diamètre effectif correspond à la taille des mailles du tamis qui laisse passer 10% de la masse de l'échantillon :

b. coefficient d'uniformité :

C'est le rapport entre le diamètre qui laisse passer 60% des particules et le diamètre qui laisse passer 10%.

$$Cu = \frac{D60}{D10} \dots \dots \dots (III. 3)$$

III.9.2. Coefficient d'absorption:

✚ Mode opératoire:

- On pèse une quantité de sol M_s .
- Immerger la masse M_s dans l'eau et laissez pendant 24h à 20°C après on pèse, on aura M_i .

le coefficient d'absorption est définis par la formule :

$$Ab = \frac{(M_i - M_s)}{M_s} * 100\% \dots \dots \dots (III. 4)$$

III.9.3. La masse volumique apparente :

La masse volumique apparente est le rapport entre la masse de granulats sec et le volume du récipient:

$$\rho \text{ apparente} = \frac{M}{V} \dots \dots \dots (III. 5)$$

✚ Mode opératoire :

- Prendre un récipient d'un volume 1L.
- Remplir le récipient de masse M puis pesez.

III.9.4. La masse volumique absolue :

✚ Mode opératoire:

La masse volumique absolue est la masse de granulat sec rapporté et son volume.

$$\rho_s = \frac{M}{V_{abs}} \dots \dots \dots (III. 6)$$

III.9.5. Porosité :

On calcule la porosité, ϵ , d'un matériau en divisant le volume des vides dans ce matériau par le volume total du matériau.

$$\epsilon = \frac{V_v}{V_v + V_s} = \frac{V_v}{V} \dots \dots \dots (III. 7)$$

V_s = volume des solides (matériau sec).

V_v = volume des vides.

VT= volume total du matériau ou (apparent) ($VT= V_s+ V_v$)

III.9.6. Indice de vide :

On utilise fréquemment la notion d'indice de vides noté « e » en mécanique des sols défini comme étant le rapport de volume des vides au volume de la matière solides ,

$$e = \frac{V_v}{V_g} \dots \dots \dots (III.8)$$

Avec :

V_v : volume des vides.

V_g : volume des grains. [73].

III.10. Travaux précédemment réalisés dans le domaine :

Diverses études expérimentales ont été réalisées sur le pilote TE900 spécialement modifié, afin d'apprécier l'efficacité de l'épuration des eaux en particulier l'étude de l'amélioration de la qualité des eaux épurées par boues activées ou par lit bactérien, ces derniers ont été réalisés par des étudiantes de département d'hydraulique:

- ❖ SAHOULI C. en 2012 il fait une étude expérimentale de la contribution d'un lit bactérien à Pouzzolane dans l'amélioration de la qualité des eaux épurées par boues activées qui avait donné des résultats suivants (DCO =97%, DBO5= 79%, MES =93%) et il utilise un lit bactérien a garnissage pouzzolane (6/10mm aval) (DCO =97%, MES =99%, turbidité= 76%).
- ❖ SAADI H. en 2013 elle a travaillé dans le but de l'étude des performances d'un lit bactérien classique à garnissage en pouzzolane de Beni Saf. Les rendements atteint par elle ce sont comme suit: (MES=97,82%, DCO=94,01%, TUR=99,86%) pour une hauteur de 80cm, (MES=92,85%, DCO=95,02%, TUR=99,4) pour une hauteur de 40cm avec un même garnissage de 10/25 mm. Pour un garnissage de granulométrie de 25/40 mm elle a obtenu les rendements suivants: (MES=95,45%, DCO=91,38%, TUR=99,37%) pour une hauteur de 40cm ; (MES=92%, DCO=90,21%, TUR=97,87% pour une hauteur de 80cm
- ❖ DEHBI F. en 2015, a contribué avec une étude expérimentale comparative sur la performance d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane traditionnelle et à garnissage en plastique. les meilleurs résultats ont été obtenus pour le lit bactérien a

garnissage traditionnel (la pouzzolane de Beni Saf), en particulier pour une granulométrie de 10/25mm dont les rendements sont, entre 83.33 et 96.15 % pour l'O₂ dissout, entre 97.22 et 100 % pour les MES, entre 98.55 et 99.91 % pour la turbidité et entre 88.3 et 97.56% pour la DCO, contre les valeurs entre 70.96 et 90 % pour l'O₂ dissout, entre 90 et 97.72 % pour les MES, entre 95.24 et 97.91 % pour la turbidité et entre 78.57 et 90 % pour la DCO), pour le lit bactérien en garnissage plastique.

- ❖ OUHOUD W. en 2016 dans le but est l' Etude des performances d'un lit bactérien à garnissage en brique locale concassée. Les rendements atteint par elle ce sont comme suit: Pour le garnissage en brique silico-calcaire les résultats trouvés (entre 91.53 et 95.83 % pour la DCO, et MES=100 %, entre 96.28 et 98.87 % pour la turbidité et entre 94 % et 96.19% pour la DBO₅).et pour le lit bactérien à garnissage en brique rouge. Les rendements atteint par elle ce sont comme suit (entre 93.30 % et 95 % pour la DBO₅, entre 88.23 % et 93.33 % pour les MES, entre 95 % et 98 % pour la turbidité et entre 88.57 et 96.15 % pour la DCO).

Chapitre IV

Résultats et Interprétations

CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

IV.1. Analyse et interprétation des résultats :

Nous avons effectué des analyses sur les deux matériaux utilisés dans cette étude ;

A. Résultats trouvés pour la pouzzolane :

Les résultats du tamisage de la pouzzolane de Beni-Saf testé comme matériau réutilisable :

Tableau IV.1: Résultats de l'analyse granulométrique de la pouzzolane de Beni-Saf

Diamètre des tamis (mm)	Masse des refus partiels R_i (Kg)	Masse des refus cumulés(Kg)	Pourcentage des refus cumulés $(R_n / P_s)*100$	Pourcentage des tamis cumulés 100- $(R_n / P_s)*100$
25	0.368	0.368	36.85	63.14
20	0.1535	0.5215	52.22	47.77
16	0.0775	0.599	59.98	40.01
12.5	0.1095	0.7085	70.95	29.04
10	0.1355	0.844	84.52	15.47
8	0.0735	0.9175	91.88	8.11
6.3	0.0505	0.968	96.94	3.05

Fond= 0.0305

$$P_s = R_n + F = 0.9985$$

A partir le tableau, on trace la courbe granulométrique de notre échantillon est donné dans l'annexe C de ce travail

➤ Diamètres effectifs :

D10 = 15 mm

D60 = 21 mm

➤ **Coefficients d'uniformité :**

$$Cu = 1.4$$

Cu < 2 donc la pouzzolane a une série granulométrique

➤ **Coefficient d'absorption :**

$$Mi = 1113\text{Kg}$$

$$M = 1000\text{Kg}$$

$$Ab = (1185 - 1000) / 1000 * 100 \dots (III.9)$$

$$Ab = 18.52\%$$

➤ **Masse volumique apparente :**

La masse volumique apparente est:

$$\rho \text{ apparente} = 0.64 \text{ Kg /L}$$

Matériaux	M(Kg)	V (L)	Masse apparent (Kg /L)
Pouzzolane	0.64	1	0.64

➤ **Masse volumique absolus :**

Matériaux	Ms	V1	Vi=Ms+V1	Vi-V	Ps
Pouzzolane	200	1000	1300	300	1.53

➤ **La densité des graines γ_s :**

La masse	M0 (g)	M1 pycnomètre (g)	M2=M1+M0 (g)	M3=M1+M0+L'eau (g)	M4=M1+eau (g)	γ_s

Valeur	49.93	158.27	208.2	687.95	657.10	2.6
--------	-------	--------	-------	--------	--------	-----

$$\gamma_s = 10 * \frac{(M2 - M1)}{M4 + M2 - M1 - M3} \dots \dots \dots (III. 10)$$

$\gamma_s = 2.6$

B. Résultats trouvées pour la brique :

Les résultats du tamisage de la brique concassée sont résumés sur le tableau ci-après :

Tableau IV.2: Résultats de l’analyse granulométrique de brique.

Diamètre des tamis (mm)	Masse des refus partiels Ri(Kg)	Masse des refus cumulés(Kg)	Pourcentage des refus cumulés (Rn /Ps)*100	Pourcentage des tamisas cumulés 100-(Rn /Ps)*100
25	0.3025	0.3025	30.25	69.75
20	0.23335	0.536	53.6	46.4
16	0.1235	0.6595	65.95	34.05
12.5	0.0995	0.759	75.9	24.1
10	0.1285	0.8875	88.75	11.25
8	0.0605	0.948	94.8	5.2
6.3	0.0265	0.9745	97.45	2.55

Fond= 0.0255 kg Ps=Rn +F =1Kg

A partir du tableau III.6, nous avons tracé la courbe granulométrique de notre échantillon qui est donné dans l’annexe D de ce travail, puis nous avons déterminé les diamètres effectifs et les paramètres suivants :

➤ **Diamètres effectifs :**

$D_{60} = 13 \text{ mm}$

$D_{10} = 7 \text{ mm}$

➤ **Coefficients d'uniformité :**

$$Cu = 1.83$$

Cu < 2 donc la brique a une série granulométrique uniforme.

➤ **Coefficient d'absorption :**

$$Mi = 1113Kg$$

$$M = 1000Kg$$

$$Ab = (1113 - 1000) / 1000 * 100.....(III.11)$$

$$Ab = 11.3\%$$

➤ **Masse volumique apparente:**

La masse volumique apparente est:

$$\rho \text{ apparente} = 0.85 \text{ Kg /L}$$

Matériaux	M(Kg)	V (L)	Masse apparent (Kg /L)
Brique	0.853	1	0.85

➤ **Masse volumique absolus :**

Matériaux	Ms	V1	Vi=Ms+V1	Vi-V	γ_s
Brique	200	1000	1100	100	2

➤ **La densité des graines γ_s :**

La masse	M0 (g)	M1 pycnomètre (g)	M2=M1+M0 (g)	M3=M1+M0+L'eau (g)	M4=M1+eau (g)	γ_s
Valeur	49.6	161.83	211.43	689.88	660.11	2.50

$$\gamma_s = 10 * \frac{(M2-M1)}{M4+M2-M1-M3} \dots \dots \dots \text{(III.12)}$$

$$\gamma_s = 2.50$$

Notre travail présente l'étude des performances d'un lit bactérien à garnissage en double couche ; les matériaux utilisés sont la pouzzolane et la brique, dont le but est de :

- vérifier les caractéristiques des matériaux utilisables et leur efficacité.
- utilisation des matériaux locaux
- avoir un rendement épuratoire acceptable
- permettre une réduction des coûts de la réalisation et de l'exploitation.

Nous avons effectué nos expériences au sein du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux du département d'hydraulique de l'université de Tlemcen.

Le pilot TE900 c'est l'appareil utilisé dans notre étude expérimentale, pour ce faire nous avons fait fonctionner le pilot ; d'abord nous avons essayé avec l'eau de robinet pendant une semaine, ceci nous a permis de régler certains paramètres qui nous assurent un bon fonctionnement de l'appareil, comme : le réglage du fonctionnement, l'arrêt du recyclage de l'eau claire, le calibrage des instruments de mesure en particulier les mesures de débits...

Pour mener à bien nos expériences nous avons utilisé 300L de l'eau brute et 5L de boue que nous avons ramené de la station d'épuration de Ain El Houtz, afin d'accélérer le processus de fixation des bactéries sur les matériaux utilisés.

Notre présente étude vise deux objectifs ; le premier, concerne l'utilisation d'un lit bactérien à double couche comme procédé d'épurations des eaux usées d'origine urbaine, celui-ci a été motivé par les résultats convainquants obtenus lors des études précédentes sur le lit bactérien à garnissage en pouzzolane et le lit bactérien à garnissage en brique, le second concerne la contribution d'un lit bactérien à double couche dans l'amélioration de la qualité des eaux épurées des stations d'épuration à boue activée, ceci est motivé suite à la qualité médiocre des eaux traitées constatée à la station de Maghnia et Ain El Houtz; ce qui a réduit l'éventail du choix de type des cultures pour la réutilisation des eaux (rustiques pour Maghnia et fourragères pour Ain El Houtz).

Selon les objectifs cités précédemment, nous avons organisé nos expériences comme suite :

✚ Epuration avec lit bactérien à double couche (Brique- pouzzolane):

Nous avons étudié expérimentalement les performances d'un lit bactérien à garnissage en briques et pouzzolane pour l'épuration des eaux usées urbaines en utilisant une granulométrie du garnissage de (10/25 mm) (brique et pouzzolane) sur une hauteur filtrante de 80 cm et pour des débits d'alimentation du lit de 10 l/h, 15 l/h, 20 l/h et 25 l/h.

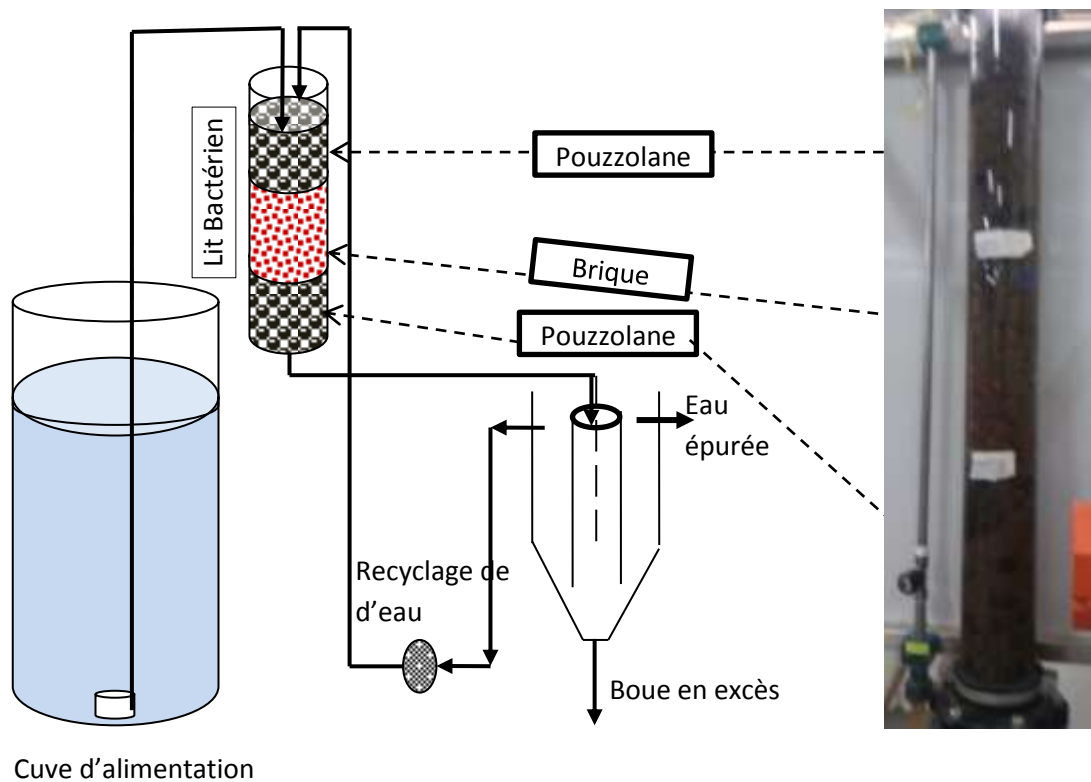


Figure IV.1. Schéma fonctionnel d'épuration à lit bactérien et photo du lit bactérien

✚ Amélioration de la qualité des eaux épurées :

Dans le but d'améliorer la qualité de l'eau épurée nous avons annexés au procédé à boue activée un lit bactérien de même caractéristiques et selon les même conditions

expérimentales que la précédente (granulométrie de 10/25 mm, hauteur de 80 cm , débits d'alimentation de 15 l/h, 20 l/h et 25 l/h).

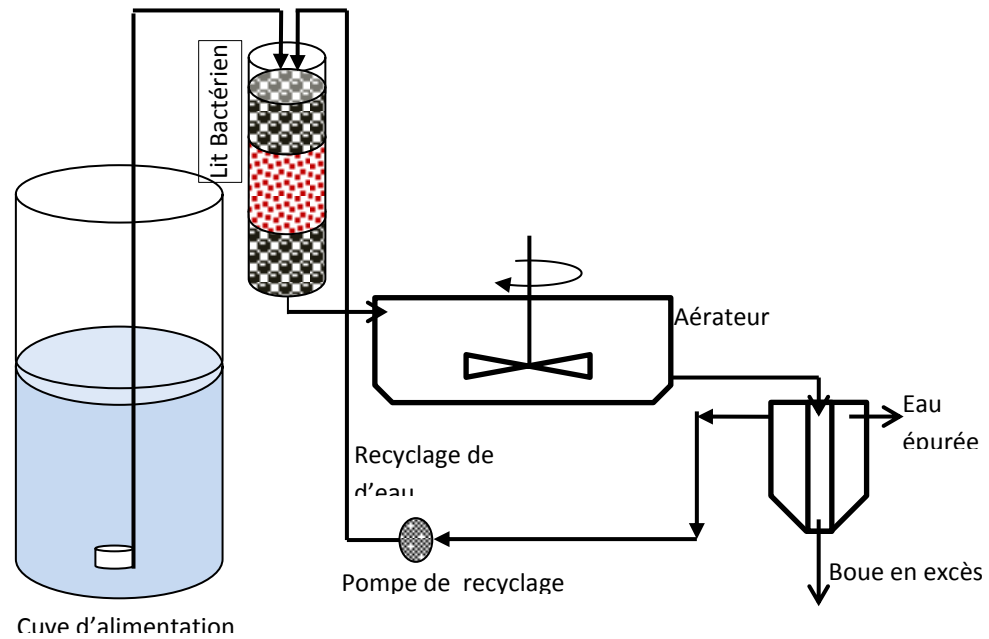


Figure IV.2 : schéma fonctionnel boue activée + lit bactérien et Photo du **Pilote TE 900**, descriptif du dispositif expérimental d'amélioration de la qualité des eaux épurées

NB : Chaque expérience sera achevée à la stabilisation de la DCO

IV.2. Epuration sur lit bactérien à double couche :

Cette expérience nous l'avons menée avec un lit bactérien garni de deux matériaux ; une couche de brique concassée entre deux couches de pouzzolane, pour l'épuration des eaux usées. La hauteur de garnissage du lit est de 80cm (couche de brique de 26.7cm entre deux couches de pouzzolane de 26.7cm chacune).

IV.2.1. Epuration avec un débit de 10 L/h :

Le débit d'alimentation lors de cette expérience a été réglé à 10 L/h. Après 6 jours de fonctionnement du pilot, la DCO s'est stabilisée et l'expérience est achevée ; les résultats des paramètres analysés après la stabilisation de la DCO pour ce débit sont résumés dans le tableau IV.1 suivant:

Tableau IV.3. Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau usée.

Paramètres	Brute	Epurée	Rendement d'éliminations (%)
T (°C)	27.5	19.2	/
PH	7.6	7.2	/
O2 dissous (mg/L)	17.23	7.07	/
Turbidité (NTU)	77.4	6.88	91,11
MES (mg/L)	221	15	93,21
MM (mg/L)	100	3	97,00
MO (mg/L)	121	12	90,08
DCO (mg/L)	537.6	96	82,14
DBO ₅ (mg/L)	200	14	93.00

La Figure IV.3. présente l'Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie) de un débit de 10 L/h.

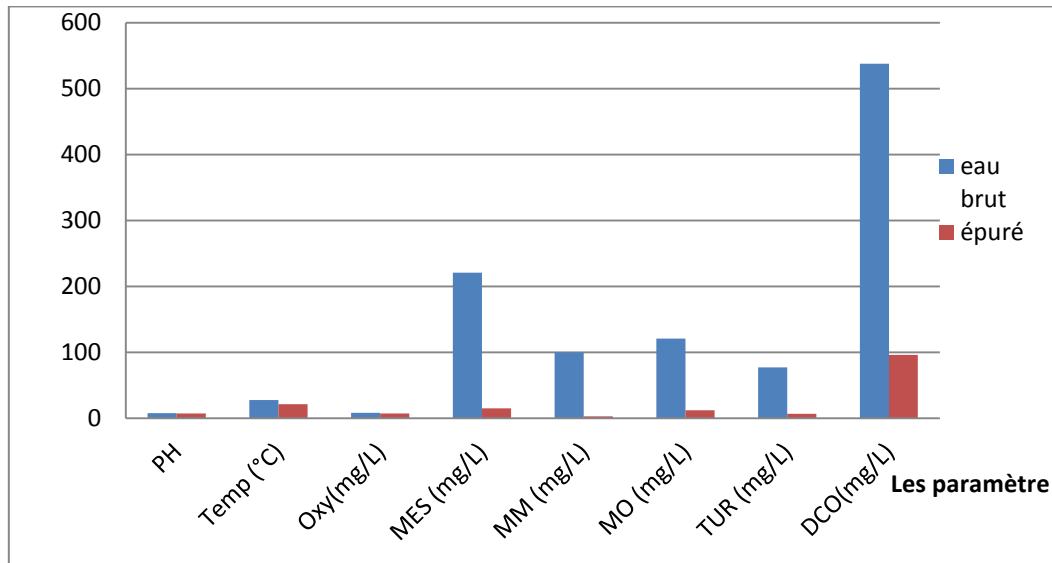


Figure IV.3. Histogramme de la variation des paramètres (entré et la sortie).

- Les résultats des 'expérience sont résumés dans l'annexe A, Tableau A1.

Un suivi continu de la qualité de l'eau épurée a été effectué au fil de la manipulation par analyse d'échantillons pris au niveau du décanteur. A la stabilisation de la DCO, les résultats des différents paramètres mesurés en fonction de la date de mesure sont tracés sur les figures suivantes :

- ❖ **pH** : La figure si dessous présente la variation du pH de chaque prélèvement de l'entrée et de sortie, nous constatons que le pH varie entre 7.9 et 6.8, cette variation est du probablement à des réactions lors du traitement, mais les résultats sont dans les limites de la norme.

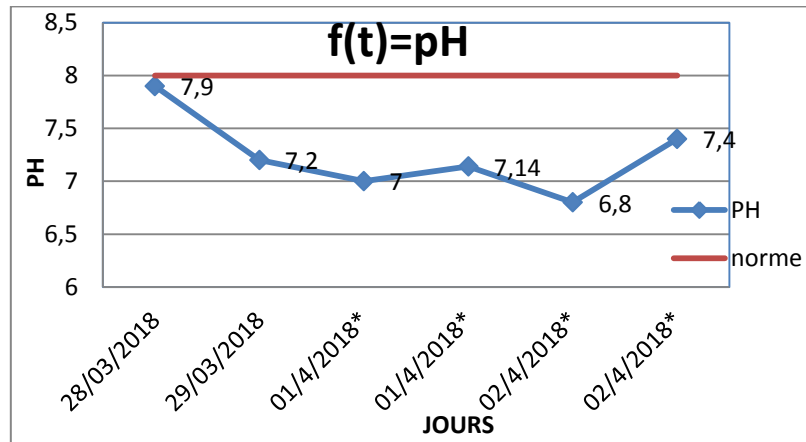


Figure IV .4 .Courbe de variation du pH.

- ❖ **Température:** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

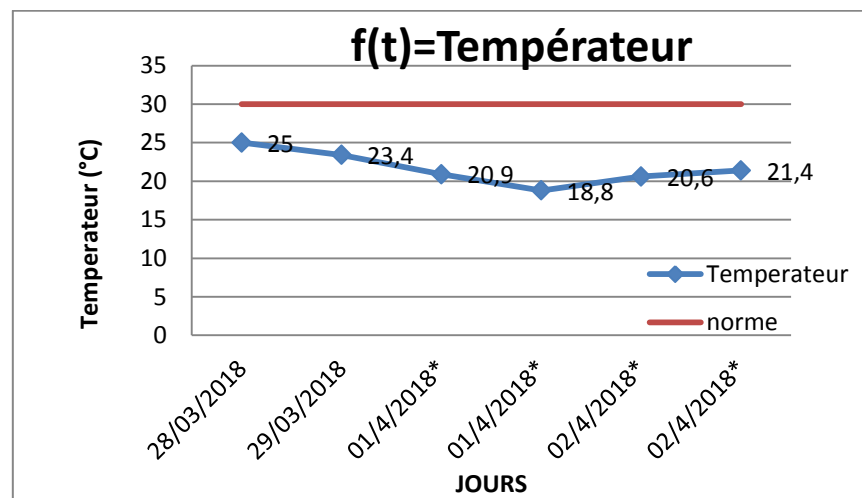


Figure IV.5. Courbe de variation de la température.

Les analyses obtenues à partir de la figure IV.5, montrent que la température à différent temps pour chaque prélèvement (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varié entre 25 et 20C°.; la température de l'eau épurée est inférieure à la norme.

- ❖ **O₂ dissous :** la figure suivante représente la variation d'O₂ dissous en fonction du temps.

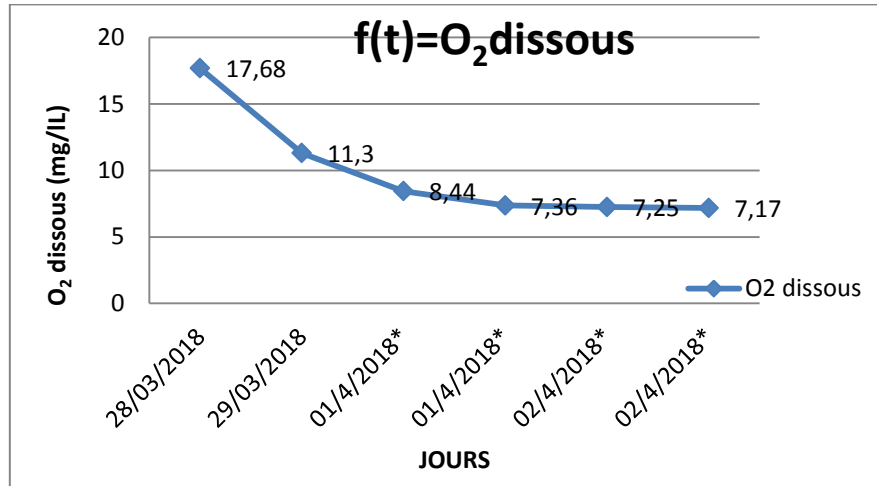


Figure IV.6. Courbe de variation du L’O₂ dissous.

D’après la figure IV.6, nous remarquons une diminution de O₂ dissous 17.68 mg/L jusqu’à 7.17mg/L, preuve d’une activité bactérienne qui dégrade la matière organique dans l’eau usée, ces valeurs confirment une dégradation des matières organiques.

❖ **MES** : la figure suivante représente la variation de MES en fonction du temps.

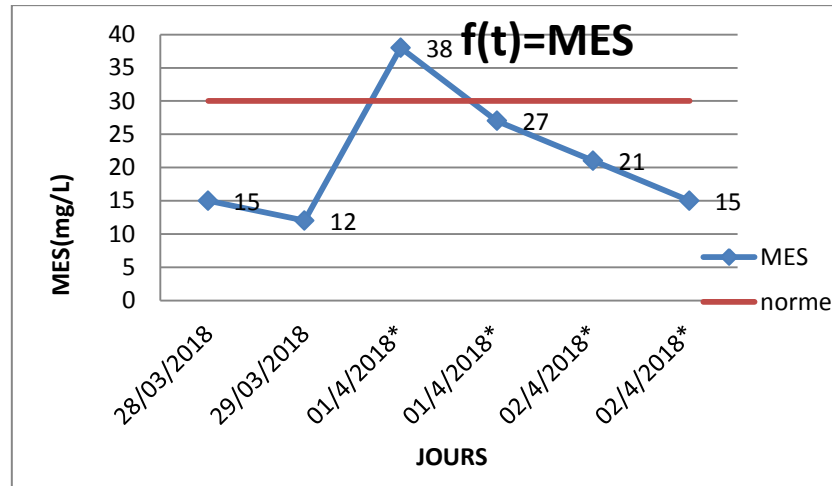


Figure IV.7. Courbe de variation de MES.

Nous remarquons une forte baisse des matières en suspension, plus le temps de l’épuration augmente les valeurs de la matière en suspensions diminue au cours du traitement jusqu’à atteindre la valeur de 15 mg/L.

❖ **MM** : la figure suivante représente la variation de MM en fonction du temps.

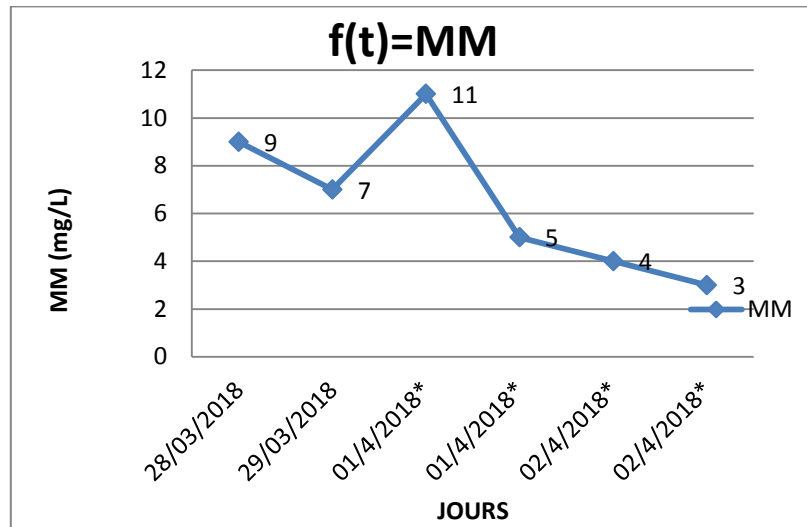


Figure IV.8. Courbe de variation des MM.

D'après la figure IV.8. La teneur en MM dans l'eau brute diminue, il y'a une réduction importante des MM dans le décanteur soit une élimination de **73 %**.

❖ **MO** : la figure suivante représente la variation de MO en fonction du temps.

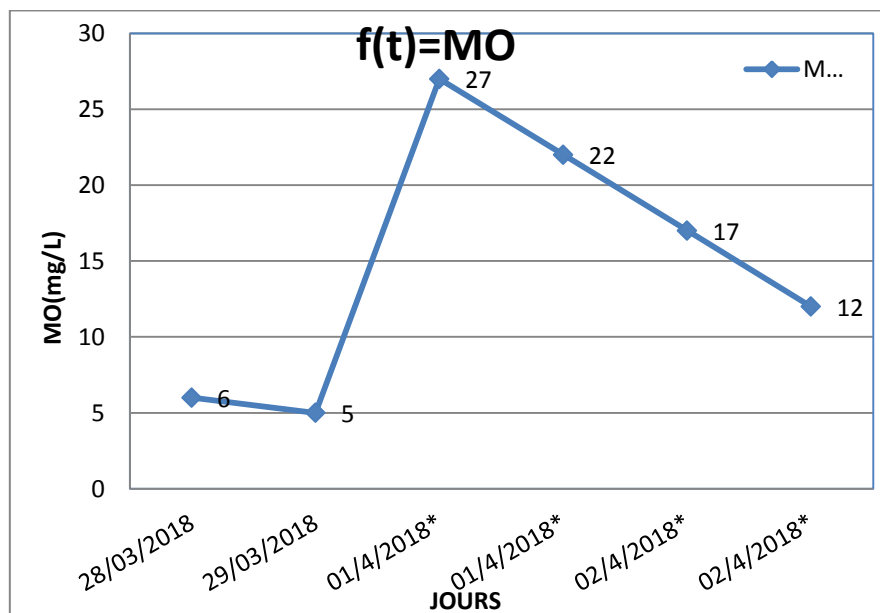


Figure IV .9. Courbe de variation des MO.

La valeur de la matière organique de l'eau brute était de 121 mg/L après l'épuration cette valeur a diminuée jusqu'à atteindre 12 mg/L soit une élimination de **90,02 %** de la concentration en matière organique initiale.

- ❖ **TUR** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du temps

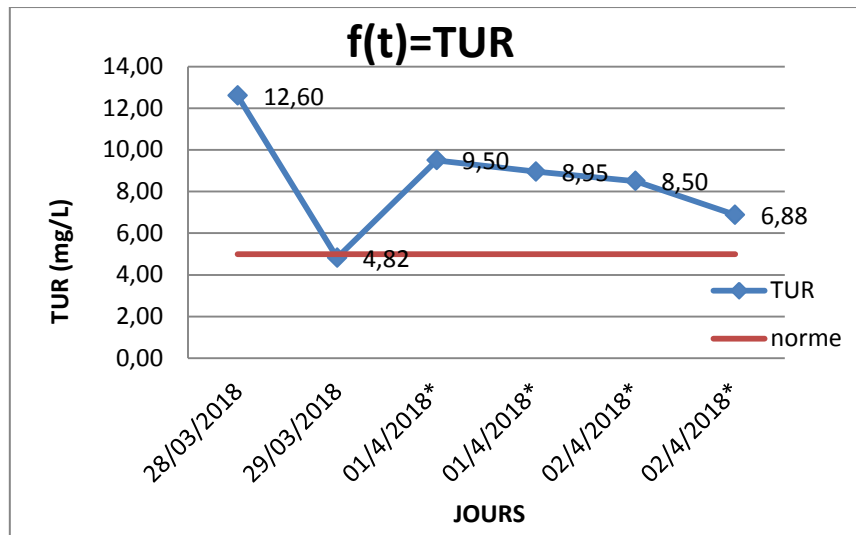


Figure IV.10. Courbe de variation de la turbidité.

La figure IV.10 montre l'évolution de la turbidité de l'eau épurée en fonction du temps. Nous remarquons une diminution de la turbidité entre l'entrée et la sortie. Le procédé élimine **91,11 %** de la turbidité de l'eau.

- ❖ **DCO** : la figure suivante représente la variation de DCO en fonction du temps

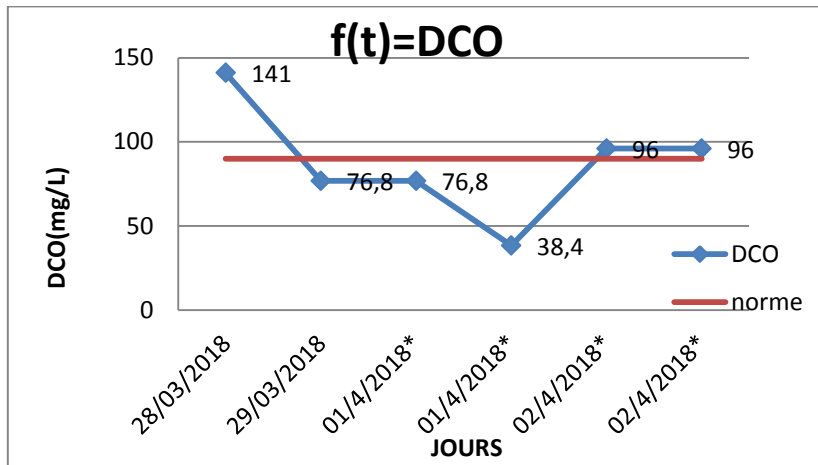


Figure IV.11. Courbe de variation de la DCO.

La DCO de l'eau brute était de 537.6 mg/L, elle s'est stabilisée à 96mg/L à la fin de l'expérience après décantation, mais on remarque une petite augmentation au cours de l'expérience jusqu'à 67.2mg/L (figure IV.11).soit une élimination de **92%** de la DCO initiale. Cette valeur demeure légèrement au-dessus de la norme.

IV.2.2. Epuration avec un débit de 15 L/h:

Les résultats des paramètres analysés après la stabilisation de la DCO à un débit de 15 L/h sont reportés sur le tableau IV.4 et tracé sur les figures (IV.12 a IV.20) :

Tableau IV.4. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Paramètre	Brute	Epurée
T (°C)	25.4	19.02
pH	7.4	7.03
O2dissous (mg/L)	8.81	8
Turbidité (NTU)	79.3	5.6
MES (mg/L)	180	8
MM (mg/L)	85	3
MO (mg/L)	95	5
DCO (mg/L)	614.4	70.85
DBO ₅ (mg/L)	174	9

La Figure IV.12. présente l’histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie) d’un débit de 15 L/h.

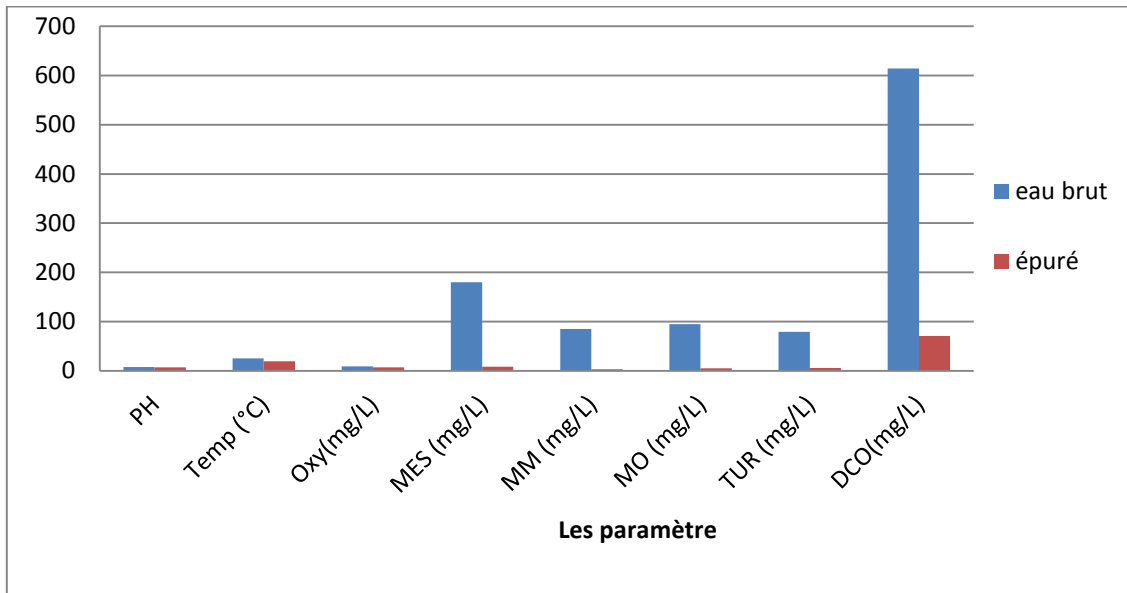


Figure IV.12. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l’entrée et la sortie).

Les figures suivantes présentent le tracé des résultats de chaque paramètre en fonction de la date de prélèvement :

- ❖ **pH** : la figure suivante représente la variation de pH en fonction du temps.

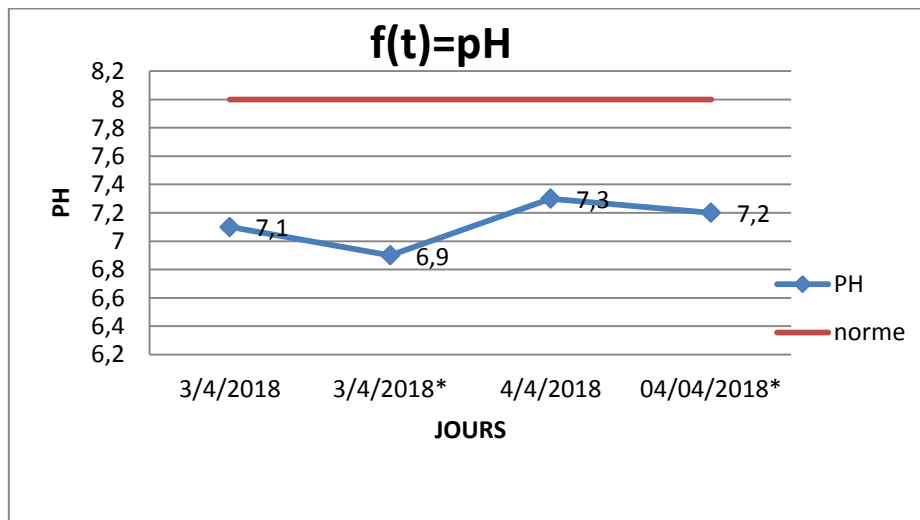


Figure .IV 13. Courbe de variation du pH.

Selon les résultats indiqués dans la figure IV.13, les valeurs du pH dans l'eau épurée varie entre 7.2 et 6.9 dans la gamme de neutralité. Le pH demeure proche de la norme.

- ❖ **La Température** : la figure suivante représente la variation de température en fonction du temps.

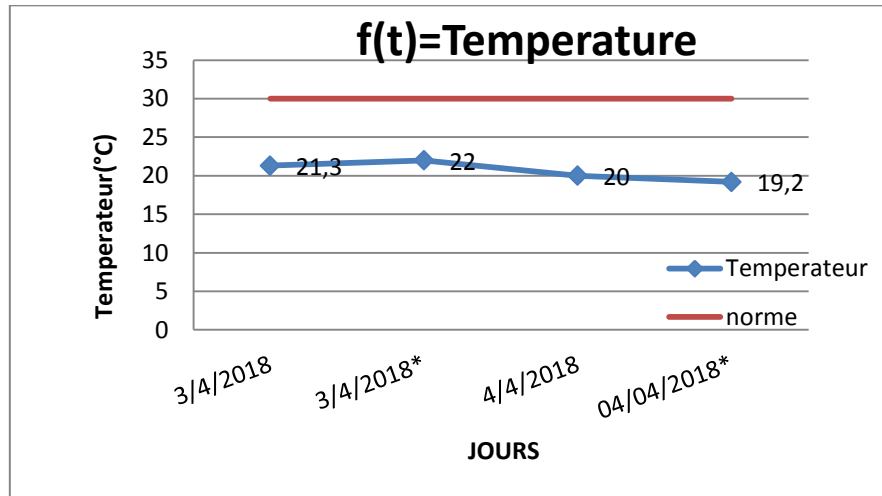


Figure.IV.14. Courbe de variation de la température.

Les résultats obtenus et représentés dans la figure IV.14, montrent que la température de l'eau épurée varie de 19.2°C à 23°C, La température de l'eau est largement inférieure à 30°C. Cette variation est due au contact eau-air dans le décanteur.

- ❖ **O₂ dissous** : la figure suivante représente la variation d'O₂ dissous en fonction du temps

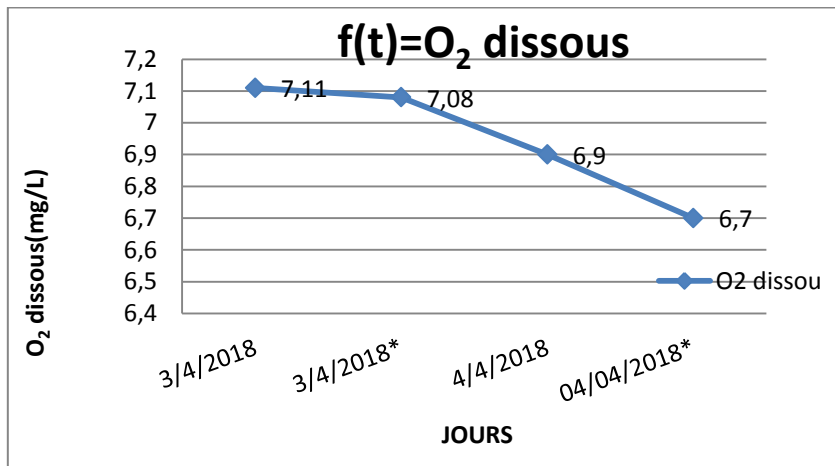


Figure IV.15. Courbe de variation d'O₂ dissous.

Selon les résultats indiqués sur la figure IV.15, on observe une diminution de la teneur du O_2 dissout. Cette fluctuation signifie l'existence importante de l'activités bactérienne dans le lit, suite à sa diminution (de 7,11 à 6,7 mg/L) et sa consommation par les bactéries épuratrices.

❖ **MES** : la figure suivante représente la variation de MES en fonction du temps

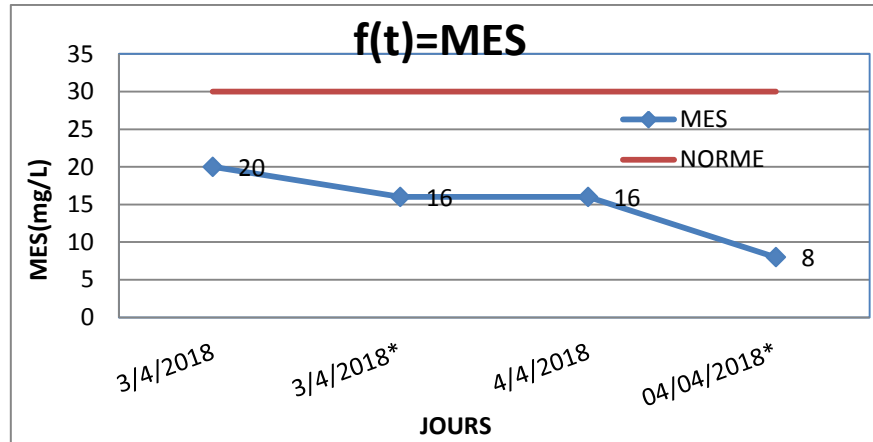


Figure .IV.16. Courbe de variation des MES.

Nous remarquons une forte baisse des matières en suspension ; plus le temps de l'épuration augment plus la concentration en MES diminue. La valeur des MES dans l'eau brute est de 221mg /L et celle de l'eau épurée est de 8mg /L ; soit un rendement d'élimination est de **91.11%**.

❖ **MM** : la figure suivante représente la variation de MM en fonction du temps

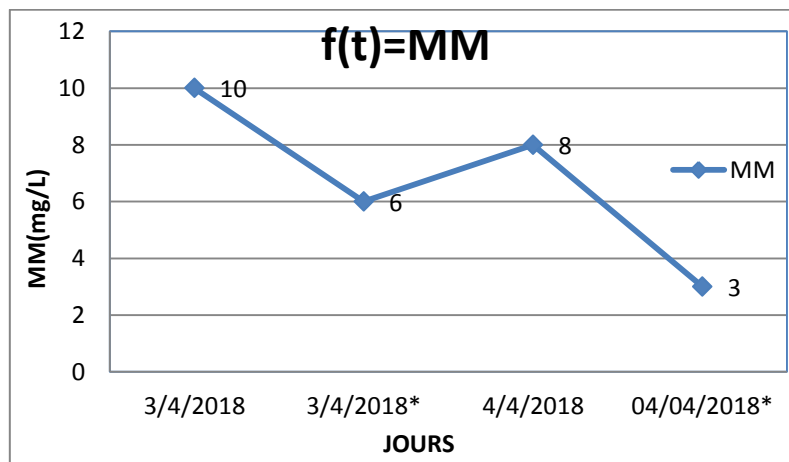


Figure IV.17. Courbe de variation des MM.

La valeur de la matière minérale de l'eau brute est de 95 mg/L, et l'analyse de la figure IV.17 montre qu'après l'épuration, cette valeur a diminuée et s'est stabilisée à 3 mg/l, donc le lit bactérien contribue efficacement à éliminer la matière minérale.

❖ **MO** : la figure suivante représente la variation de MO en fonction du temps

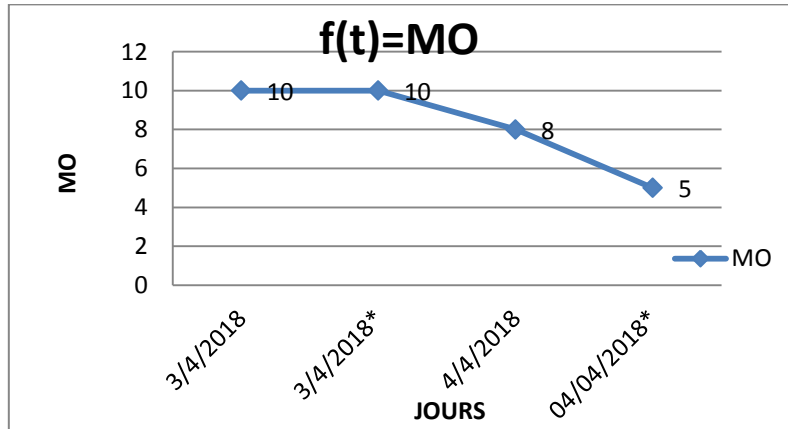


Figure IV.18. Courbe de variation des MO.

La valeur de la matière organique, après l'épuration a diminué jusqu'à 5 mg/L, alors qu'initialement à l'entrée elle était de 95 mg/L ; donc le lit bactérien contribue efficacement à la dégradation des matières organiques .le rendement est de **94.73%**.

❖ **Turbidité** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du temps.

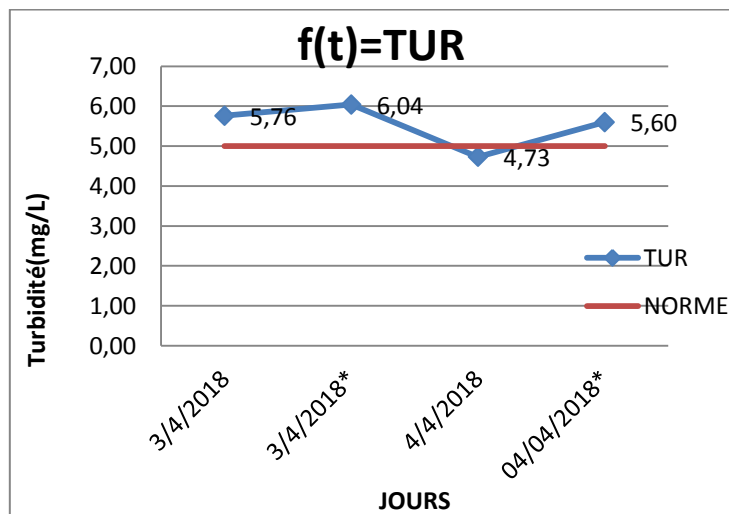


Figure .IV.19. Courbe de variation de la turbidité.

La valeur de la turbidité est de 79.3 mg/L à l'entrée, après épuration, nous avons obtenu une valeur de 5.60mg/L, elle est inférieure à la norme. Un rendement de **91 %** ; donc, le dispositif clarifie correctement l'eau.

❖ **DCO** : la figure suivante représente la variation de DCO en fonction du temps.

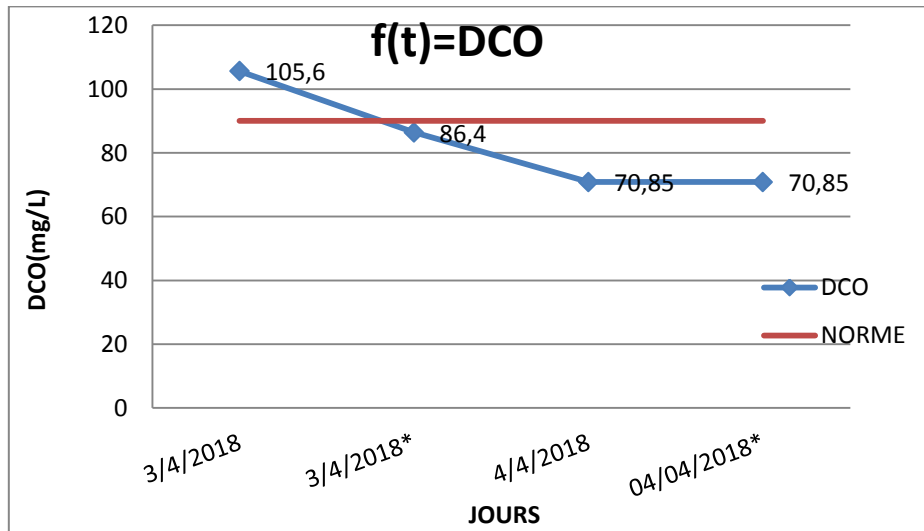


Figure.IV.20. Courbe de variation de la DCO

D'après la figure IV.20, les valeurs de la DCO de l'eau, diminue à 70.85 mg/L au fil de l'expérience, qui s'explique par l'accroissement de l'activité bactérienne dans le lit bactérienne. Le rendement de DCO est de **88.46%**.

IV.2.3. Epuration avec un débit de 20L/h :

Les résultats des paramètres analysés après la stabilisation de la DCO pour un débit de 20 L/h sont résumés et tracés dans le tableau et l'histogramme suivants :

Tableau IV.5. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Paramètres	Eau brute	Eau épurée
T (°C)	25.4	19.2
Ph	7.4	7.2
O2dissous (mg/L)	8.81	6.7
Turbidité (NTU)	79.3	5.6
MES (mg/L)	180	8
MO (mg/L)	95	5
MM (mg/L)	85	3
DCO (mg/L)	614.4	56.8
DBO ₅ (mg/L)	163	7

La Figure IV.21. présente l'Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie) d'un débit de 20 L/h.

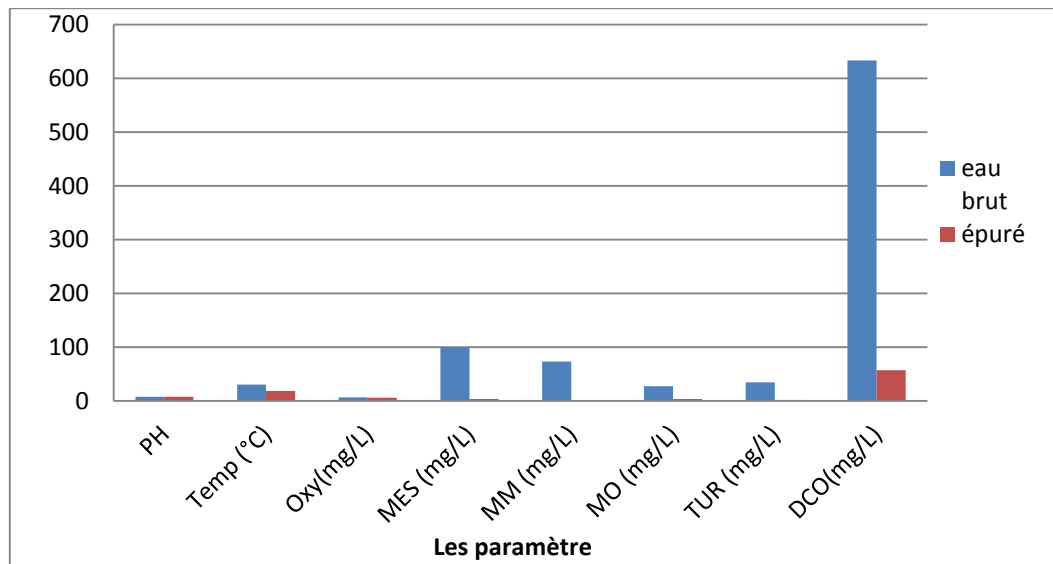


Figure.IV.21. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie).

❖ **pH** : la figure suivante représente la variation de pH en fonction du temps.

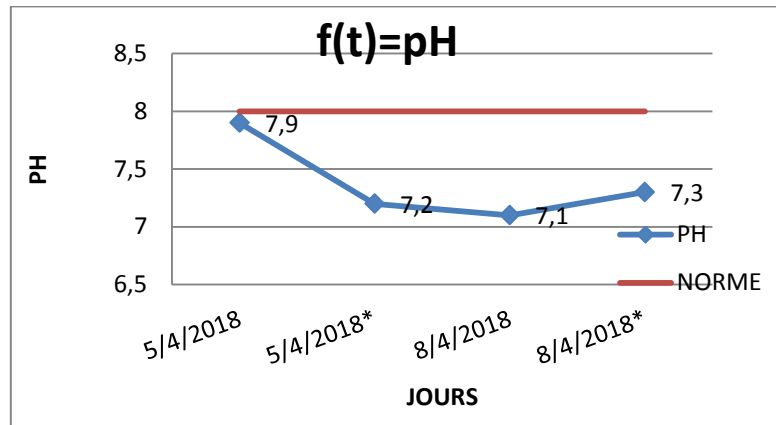


Figure .IV.22. Courbe de variation du pH.

Il y'a une différence de variation dans le potentiel d'hydrogène, il varie entre 7.9 et 7,3 ce qui provoque un impact écologique sur l'environnement. Cette variation est due à l'élimination des matières polluantes, mais reste toujours conforme à la norme.

- ❖ **Température** : la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

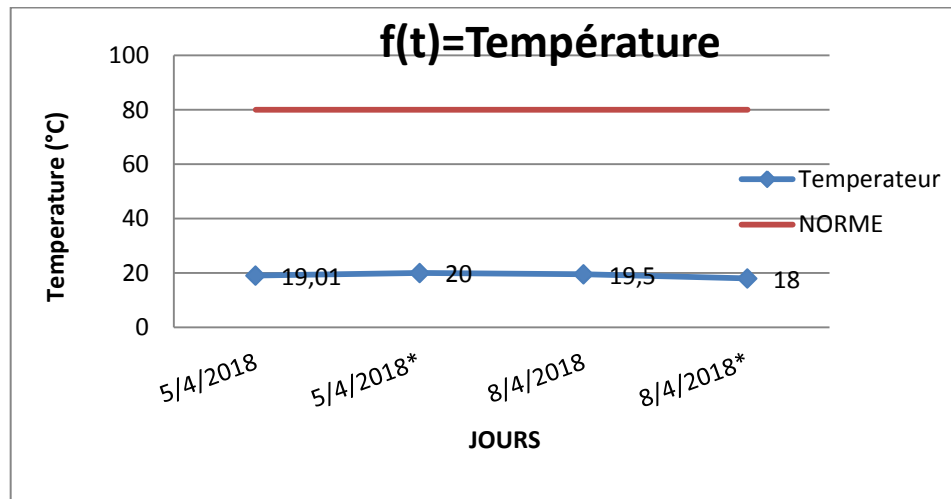


Figure .IV.23. Courbe de variation de la Température

La température a une variation stable entre (19.01 et 18°C). La température de l'eau est largement inférieure à 30°C.

- ❖ **O₂ dissous** : la figure suivante représente la variation d'O₂ dissous en fonction du temps.

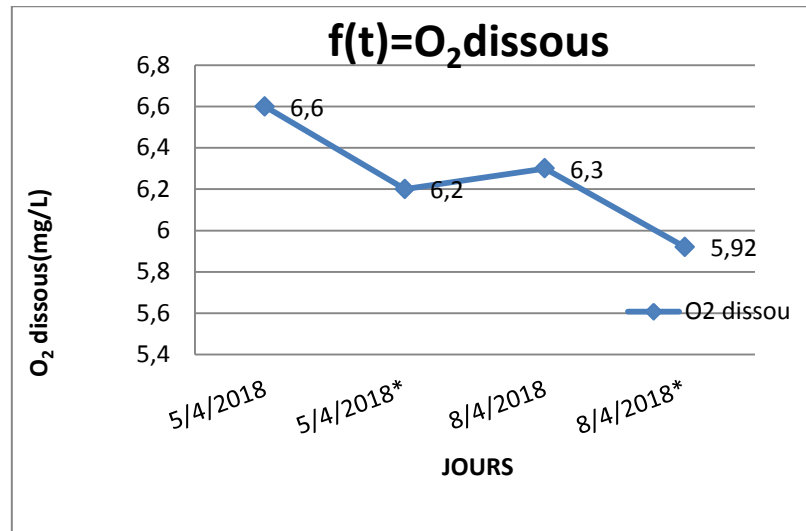


Figure.IV.24. Courbe de variation de l'O₂ dissous.

Selon la figure IV.24, la concentration de l'O₂ dissous à l'entrée était de 6.6 mg/L et elle a diminué à 5.92 mg/L, après la décantation, témoin d'une activité bactérienne

- ❖ **MES** : la figure suivante représente la variation de MES en fonction du temps.

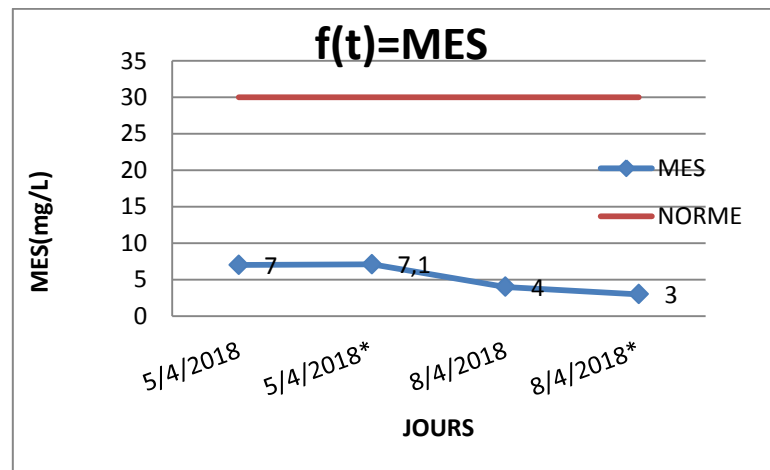


Figure.IV.25. Courbe de variation de MES.

Nous apercevons une décroissance de la teneur des matières en suspension dans l'eau épurée jusqu'à atteindre la valeur de 3 mg/L; alors que dans l'eau brute elles

étaient de 180 mg/L Ces résultats mettent en évidence l'efficacité de ce procédé dans la réduction de MES, qui est largement inférieure à la norme.

- ❖ **MM** : la figure suivante représente la variation MM dissous en fonction du temps.

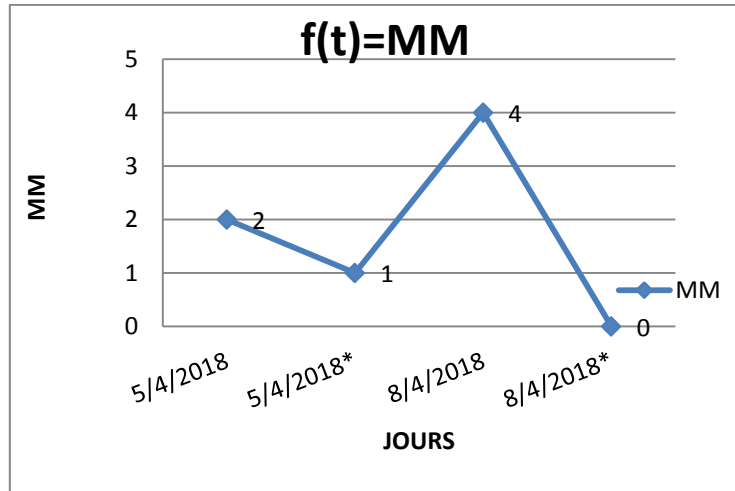


Figure .IV.26. Courbe de variation des MM

La valeur de la matière minérale à diminuer jusqu'à atteindre 0mg/L, soit un rendement de **100%**. Donc le lit bactérien contribue efficacement à l'élimination de la matière minérale.

- ❖ **MO** : la figure suivante représente la variation MO en fonction du temps.

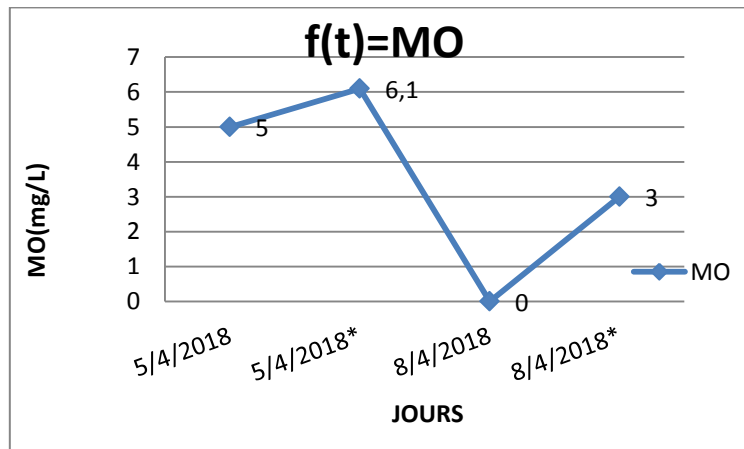


Figure.IV.27. Courbe de variation des MO

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de 95 mg/L, après l'épuration cette valeur a diminuer à 3 mg/L, il y'a une forte dégradation de la matière organique.

- ❖ **Turbidité** : la figure suivante représente la variation turbidité en fonction du temps.

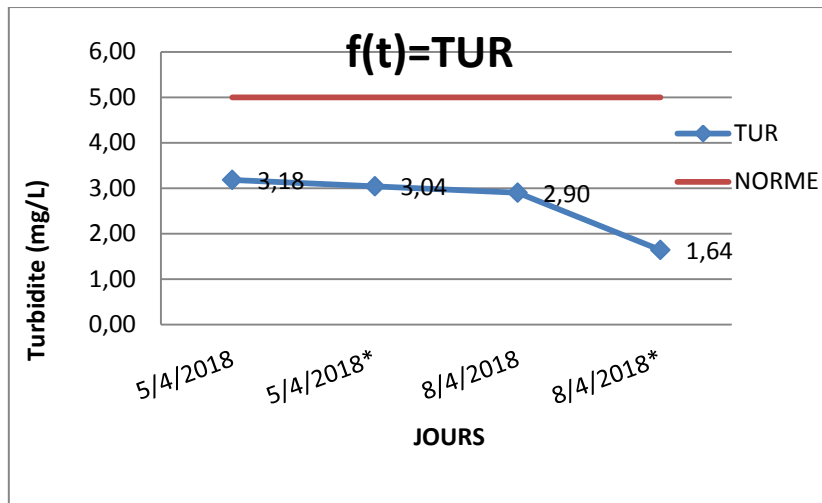


Figure.IV.28. courbe de variation du la turbidité

Nous comparons la valeur de la turbidité d'eau brute qui est d'enivrent 34mg/L et elle va déminer à 1.64 mg/L à la sortie, donc il y'avez une élimination importante de la turbidité de l'eau de, le rendement a étés de **95.17%**.

- ❖ **DCO**: la figure suivante représente la variation DCO en fonction du temps.

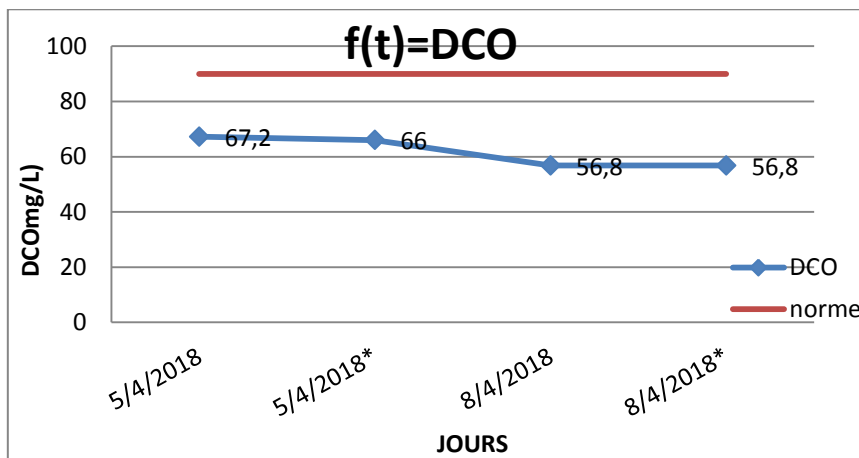


Figure. IV. 29. Courbe de variation de la DCO

La concentration de la DCO de l'eau brute est de 633,3 mg/L ; d'après la figure IV.29, il y'a une grande concentration qui a été éliminé par ce procédé avec un rendement d'élimination de la DCO de **91.03%**.

IV.2.4. Epuration avec un débit de 25 L/h :

Les résultats de l'épuration des eaux usées avec le débit 25L/h résumé dans le tableau et l'histogramme suivant

Tableau IV.6. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Paramètres	eau brute	Eau épurée
T (°C)	19	19
Ph	8	6.95
O₂dissous (mg/L)	5.79	5
Turbidité (NTU)	9.5	1.4
MES (mg/L)	132	0
MO (mg/L)	78	0
MM (mg/L)	54	0
DCO (mg/L)	576	48.6
DBO₅ (mg/L)	198	6

La Figure IV.30 : Présente l'Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie) d'un débit de 25 L/h.

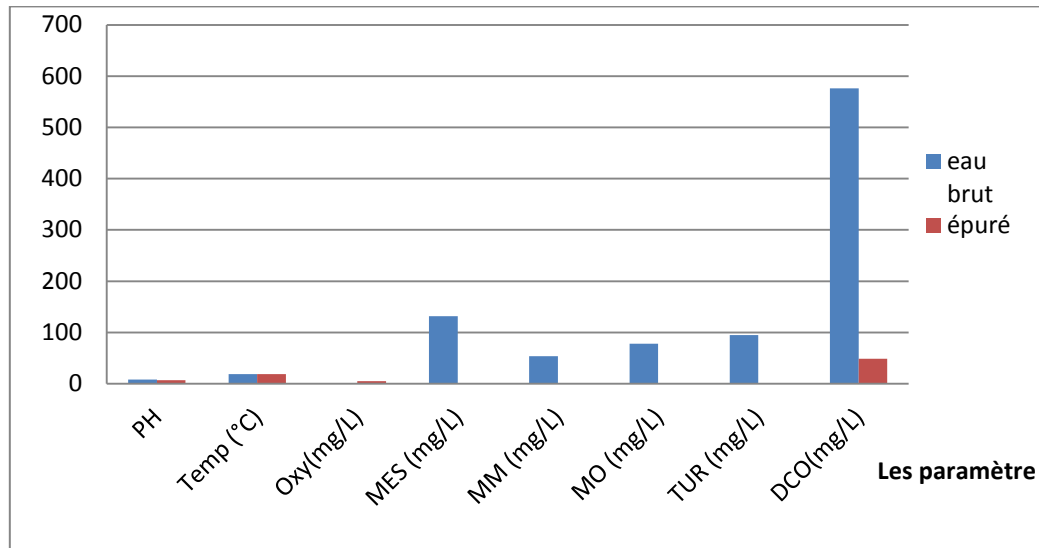


Figure.IV.30. Histogramme de la variation des paramètres (entré et la sortie).

❖ **pH:** la figure suivante représente la variation du pH en fonction du temps.

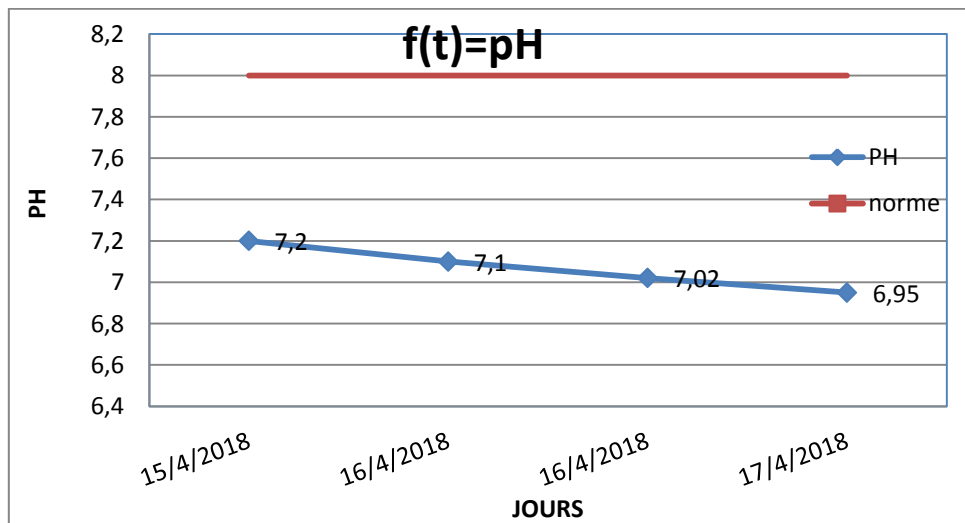


Figure.IV.31. Courbe de variation du pH.

D’après la figure IV.31 les valeurs du pH dans l’eau épurée varient entre 7,2 à 6,9 et reste dans la gamme de neutralité. Les valeurs de pH de l’eau sont comprises entre la norme de rejet fixée a ($6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$).

❖ **Température:** la figure suivante représente la variation température en fonction du temps.

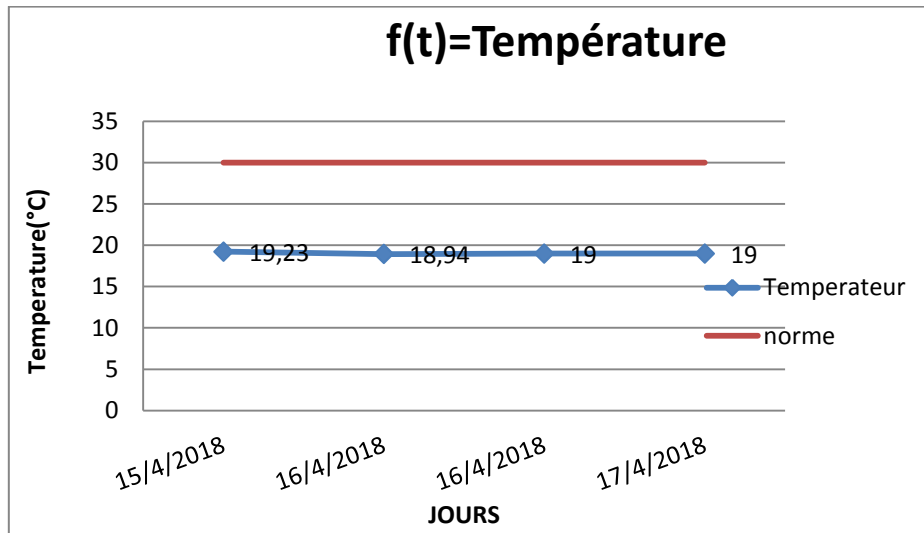
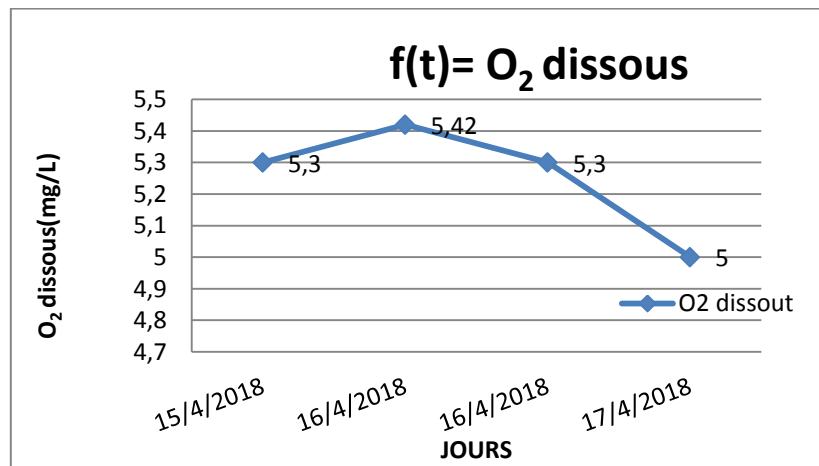


Figure.IV.32. Courbe de variation de la température.

Les résultats obtenus représentés dans Figure IV. 32, montrent que la température de l'eau épurée varient jusqu'à 19 °C, La température de l'eau est largement inférieure à 30°C. Cette variation est due au contact eau-air dans le décanteur.

- ❖ **O₂ dissous:** la figure suivante représente la variation O₂ dissous en fonction du temps.



FigureIV.33. Courbe de variation de l'O₂ dissous.

La valeur d'O₂ a augmenté jusqu'à atteindre 5.42mg/L, ensuite elle va diminuer jusqu'à la valeur de 5mg/L à la fin de l'expérience. Cette diminution de la teneur en O₂ dissous est

expliquée par la consommation d'O₂ par les bactéries présentes dans l'eau usée, pour la dégradation biologique des matières organiques.

- ❖ **MES:** la figure suivante représente la variation MES en fonction du temps.

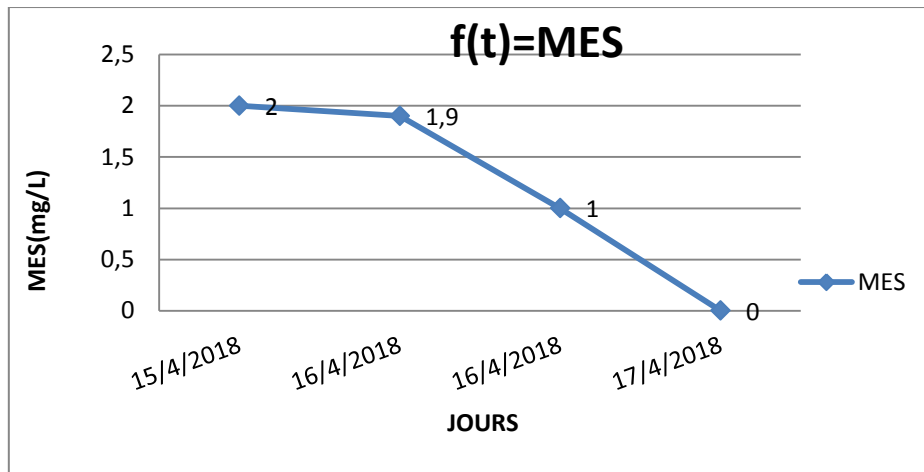


Figure IV.34. Courbe de variation des MES.

Nous remarquons une diminution totale des matières en suspension dans l'eau épurée (jusqu'à 0 mg/L) ; Ces résultats confirment l'efficacité de ce procédé dans la réduction des MES.

- ❖ **MM:** la figure suivante représente la variation MM en fonction du temps.

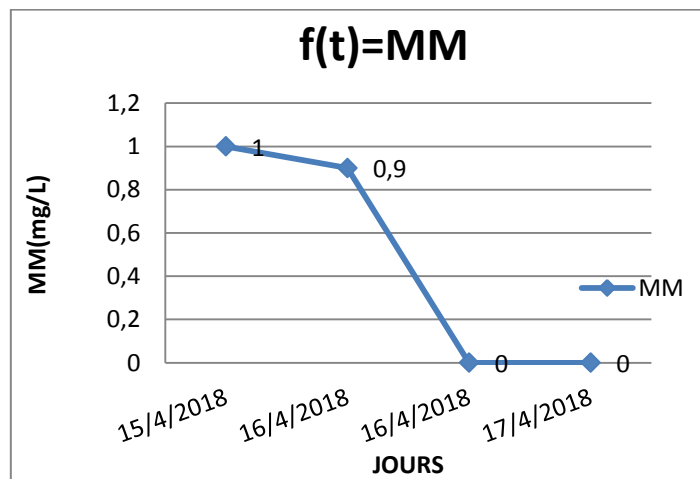


Figure IV.35. Courbe de variation des MM

La valeur de la matière minérale après l'épuration est entièrement éliminée (0 mg/L) soit une élimination de **100%** de la concentration initiale, donc le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction des MM.

❖ **MO:** la figure suivante représente la variation MO en fonction du temps.

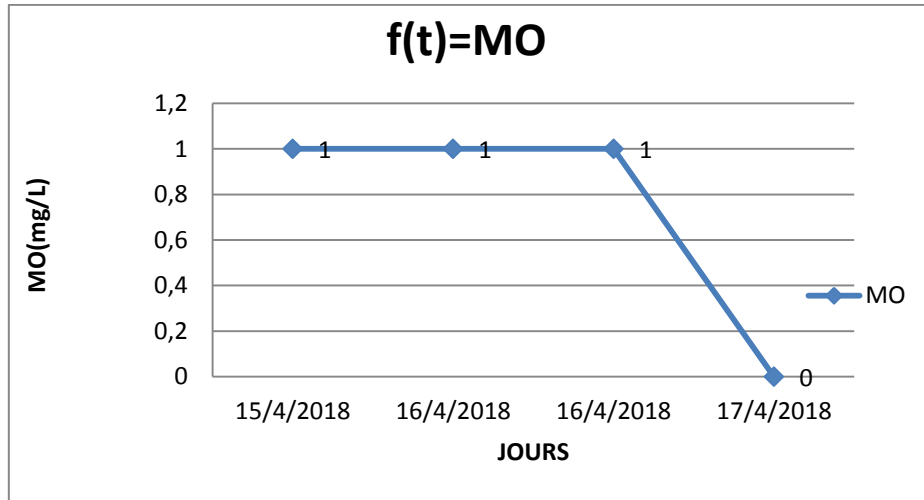


Figure IV.36. Courbe de variation des MO.

Nous remarquons une diminution de la valeur de la matière organique à 0 g/l dans le décanteur, ce qui est dû à l'accroissement de l'activité bactérienne dans le lit bactérien au cours de l'expérience. Le rendement d'élimination de MO est de **100 %**

❖ **Turbidité:** la figure suivante représente la variation turbidité en fonction du temps.

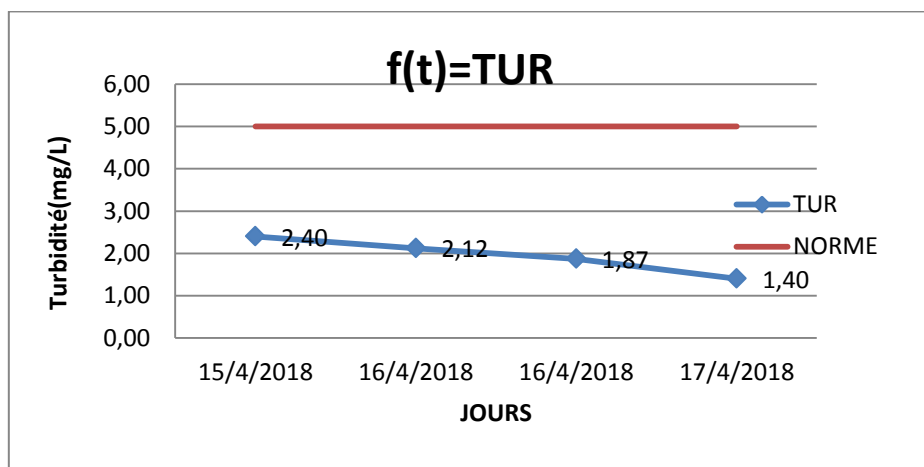


Figure IV.37. Courbe de variation de la turbidité.

Toutes Les valeurs de la turbidité sont au-dessous de la norme, elle varie entre 2.4 NTU et 1.4 NTU, donc le rendement est de **98.52%**.

❖ **DCO:** la figure suivante représente la variation DCO en fonction du temps.

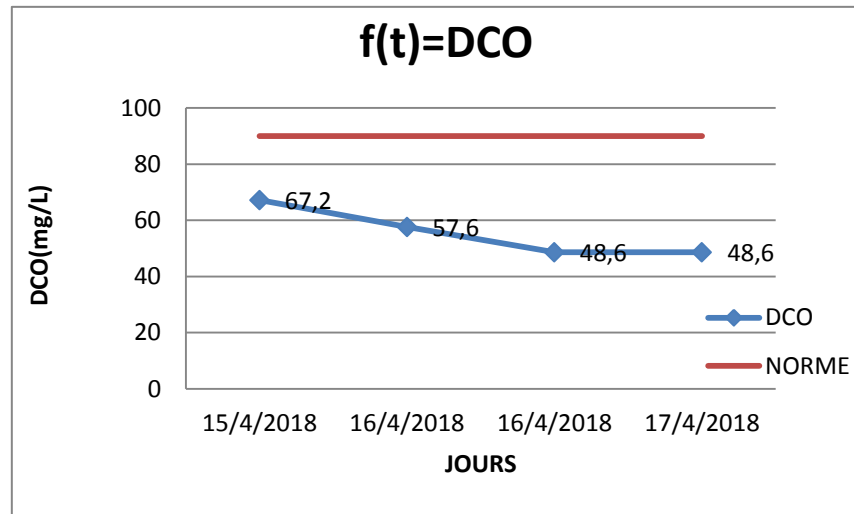


Figure .IV.38.Courbe de variation de la DCO.

D'après les résultats obtenue par la mesure de chaque échantillons à différents temps dans le décanteur ; nous avons constaté une chute importante da la concentration de la DCO, le rendement de l'élimination est de **91.56%**.

IV.2.5. Effet du débit d'eau usée sur l'efficacité de l'épuration :

A terme des expériences précédemment effectuées sur différents débits d'alimentations, il convient d'apprécier l'efficacité de l'épuration selon le débit d'eau usée, ainsi une étude comparatif basée sur les rendements 'éliminations des paramètres de pollutions analysés, s'impose. Le tableau IV.7 Ci-dessous résume les différents rendements obtenus pour des débits d'alimentation appliqués.

Tableau IV. 7 : les rendements d'analyses des paramètres à chaque débit.

Paramètres \ Débits	Rendement d'éliminations (%)			
	10 l/h	15 l/h	20 l/h	25 l/h
Turbidités (NTU)	91,11	92.93	95.17	98.52
MES (mg/l)	93,21	95.55	97	100
MM (mg/l)	97,00	96.74	100	100
MO (mg/l)	90,08	94.93	88.88	100
DCO (mg/l)	82,14	88.46	91.03	91.65
DBO ₅ (mg/l)	93.00	94.82	95.70	96.96

D'après les résultats du tableau ci-dessus nous constatons que les rendements sont raisonnables

IV.3. Amélioration de la qualité des eaux épurées par boue activée:

Dans cette expérience nous avons annexé le lit bactérien à double couche d'une hauteur 80cm au procédé à boue activé avec le bassin d'aération dans l'espoir d'aboutir à épuration des eaux usées plus performante.

La Figure IV.39 présente l'Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie) d'un débit de 15 L/h.

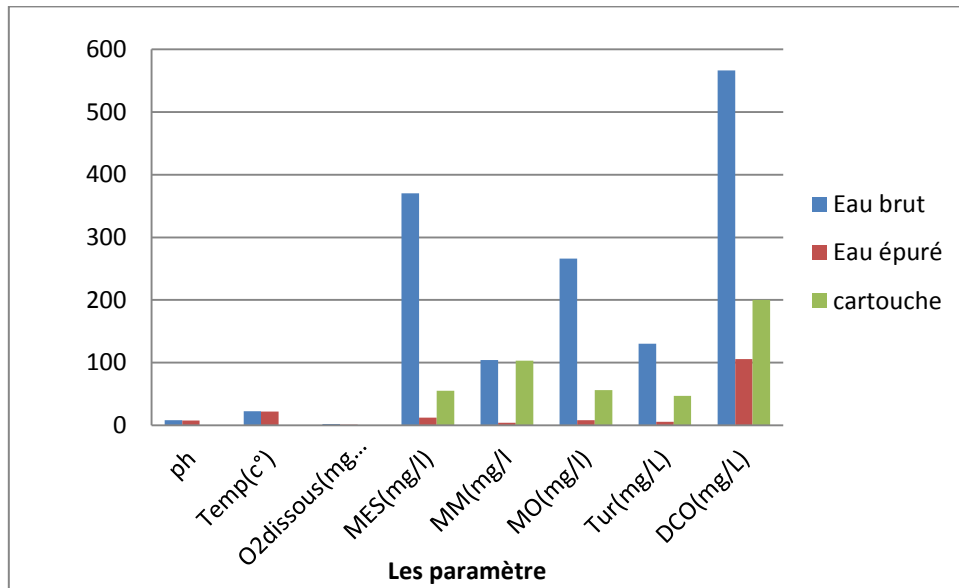


Figure.IV.39. Histogramme de la variation des paramètres (entrée, cartouche et la sortie).

Le tableau IV.8, suivant représente les résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Tableau IV.8. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Paramètre	Eau brute	cartouche	Eau épurée
T (°C)	22.5	17.2	21.9
PH (mg/L)	7.9	7.5	7.8
O2 dissous (mg/L)	2.19	2.1	1.06
Turbidité (mg/L)	130	55	5.45
MES (mg/L)	370	103	12
MO (mg/L)	266	56	8
MM (mg/L)	104	47	4
DCO (mg/L)	566.4	200	105.6
DBO5 (mg/L)	224	22	14

Les résultats de l'expérience sont résumés dans l'annexe B, tableau B 01.

La variation des différents paramètres mesurés en fonction de la date au niveau du décanteur ont été appréciés.

IV.3.1. Epuration avec un débit de 15L/h :

Les résultats de l'épuration des eaux usées avec le débit de 15L/h résumé dans les figure suivant :

- ❖ **pH:** la figure suivante représente la variation pH en fonction du temps.

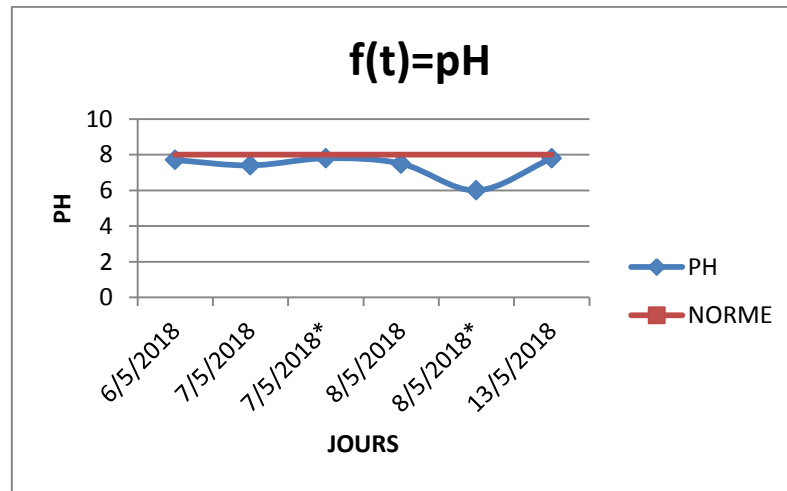


Figure.IV.40.Courbe de variation du PH

Les résultats obtenus montrent que les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7,8 à 6 il demeure tout le long de la manipulation basique. Cette variation est due au contact de la suspension avec la colonne.

- ❖ **Température:** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

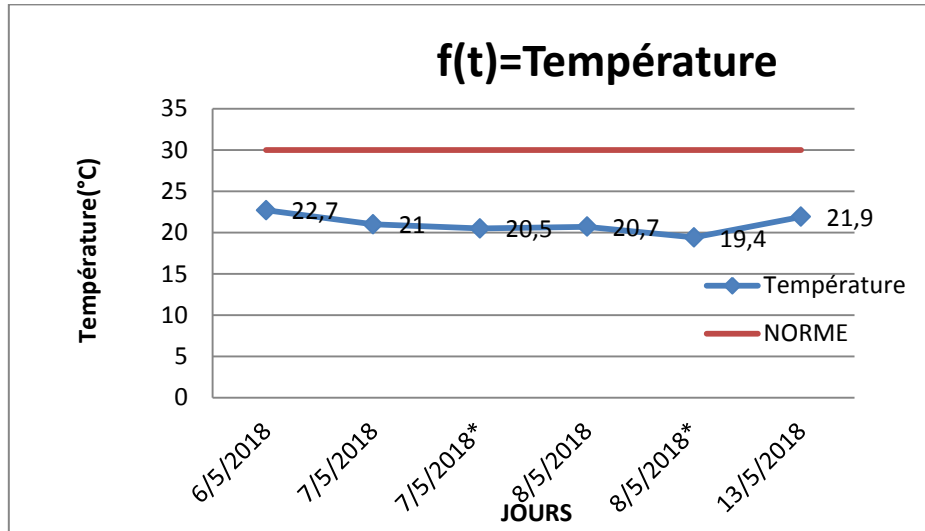


Figure IV.41. Courbe de variation de la température

Les analyses obtenues montrent que la température à différents temps pour chaque prélèvement (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varie entre 21 et 23°C. Cette variation est due au contact eau-air ; la température de l'eau épurée est largement inférieure à la norme.

❖ **O₂ dissous:** la figure suivante représente la variation O₂ dissous en fonction du temps.

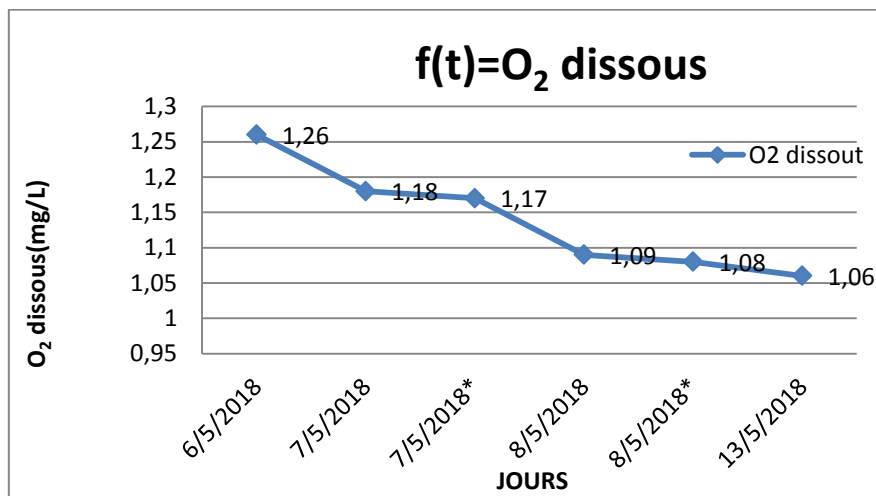


Figure IV.42. Courbe de variation d'O₂ dissous

Selon les résultats obtenus, il y'a une chute importante de la teneur de l'O₂ dissous. Cette fluctuation signifie l'existence importante de l'activité bactérienne dans le lit, et sa diminution à 1.6 mg/L est due à sa consommation par les bactéries épuratrices.

- ❖ **MES:** la figure suivante représente la variation MES en fonction du temps.

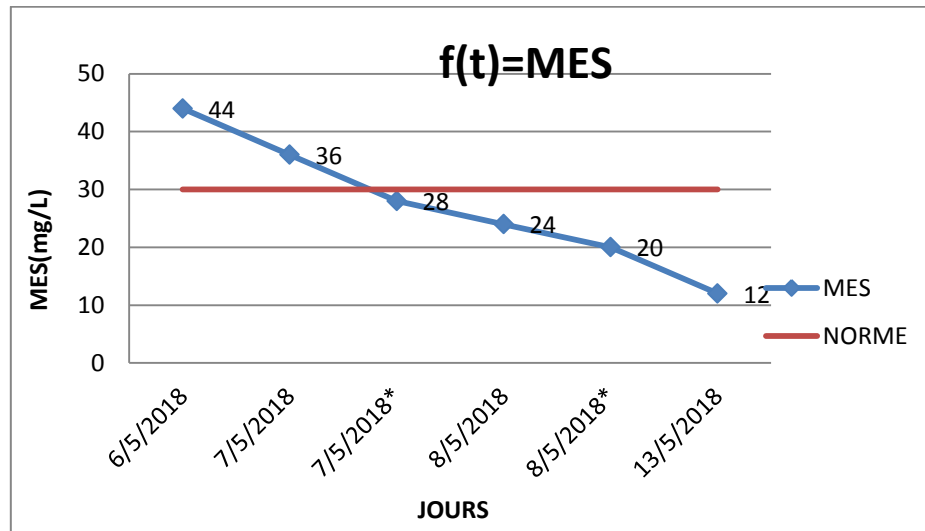


Figure .IV.43.Courbe de variation des MES.

La concentration en MES dans l'eau brute été de 370 mg/L, à la fin de l'épuration nous avons obtenus une valeur de 12 mg/L, donc une réduction importante de MES dans le décanteur, soit une élimination de **98.8 %**.

- ❖ **MM:** la figure suivante représente la variation MM en fonction du temps.

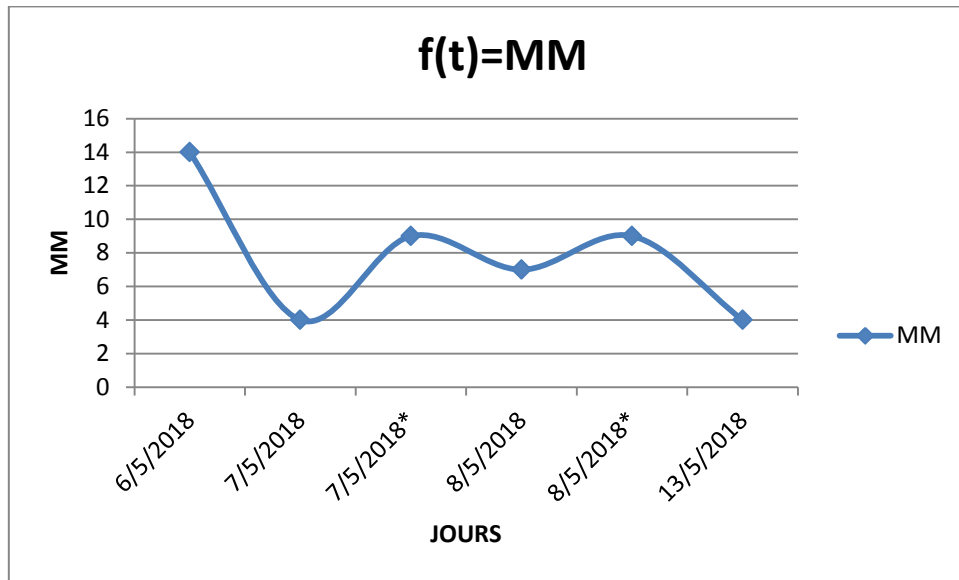


Figure IV.44. Courbe de variation des MM.

La quantité des MM de l'eau brute été de 104 mg/L, cette quantité a diminuer pendant 6 jours de traitement à 4 mg/L .le rendement est de **96.15%**.

❖ **MO:** la figure suivante représente la variation MO en fonction du temps.

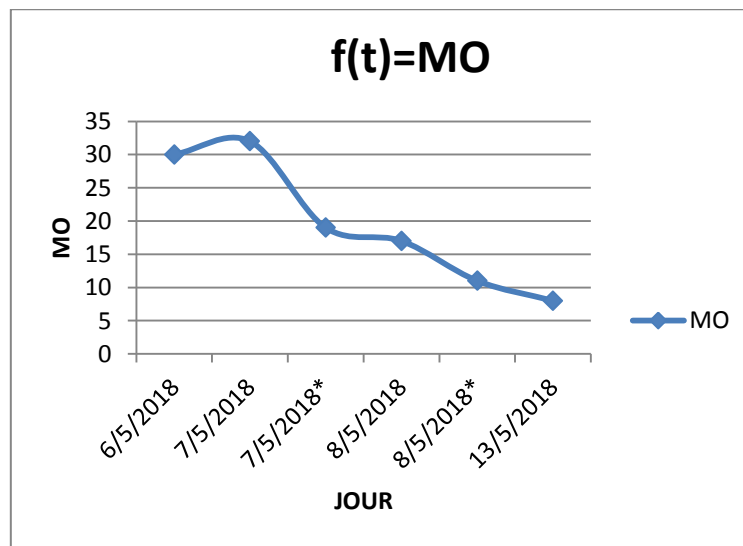


Figure.IV.45. Courbe de variation des MO.

D'après l'épuration, cette valeur à diminuer à 8 mg/L soit une élimination de **96.9** % de la concentration initiale, donc le couplage contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées.

- ❖ **Turbidité** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du temps.

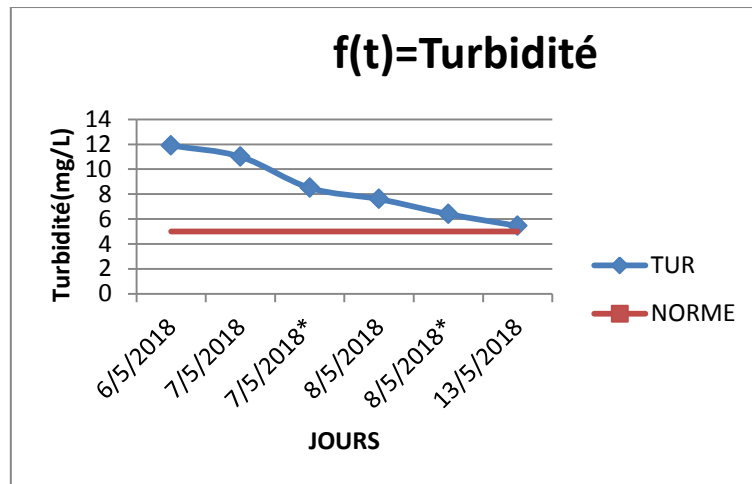


Figure.IV.46. Courbe de variation de la turbidité.

La valeur de la turbidité d'eau brute qui est d'environ 130 mg/L, et celle de la sortie est de 5,4 mg/L, nous remarquons qu'il y'a une diminution importante de la turbidité donc une élimination efficace des MES dans l'eau épurée, dont le rendement de la turbidité est de **95 %**.

- ❖ **DCO**: la figure suivante représente la variation DCO en fonction du temps.

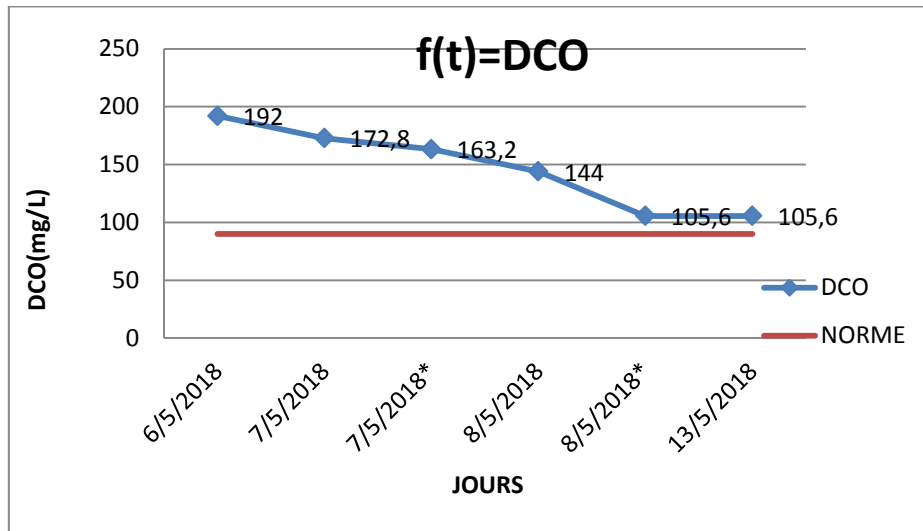


Figure.IV.47.Courbe de variation de la DCO.

En se référant aux valeurs de DCO après l'épuration, nous remarquerons l'abattement de la charge polluante, à 105.6 mg/L, ce qui donne un rendement d'élimination de **81.35%**, est dans les normes.

IV.3.2. Epuration avec un débit de 20L/h :

Les résultats de l'épuration des eaux usées avec le débit 20l/h sont résumés dans le tableau et l'histogramme suivant :

Tableau IV.9. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Paramètre	Eau brute	Cartouche	Eau épurée
T(C)	24.5	18.7	21.5
PH	7.93	6.9	7.1
O2dissous (mg/L)	1.8	1.9	1.01
TUR (NTU)	180	50	3
MES (mg/L)	163	60	4
MO (mg/L)	217	24	1
MM (mg/L)	244	36	3
DCO (mg/L)	441.6	76	67.2
DBO ₅ (mg/L)	201	14	10

La Figure IV.48. presente l’Histogramme de la variation des paramètres (entré et la sortie) de un débit de 20 L/h.

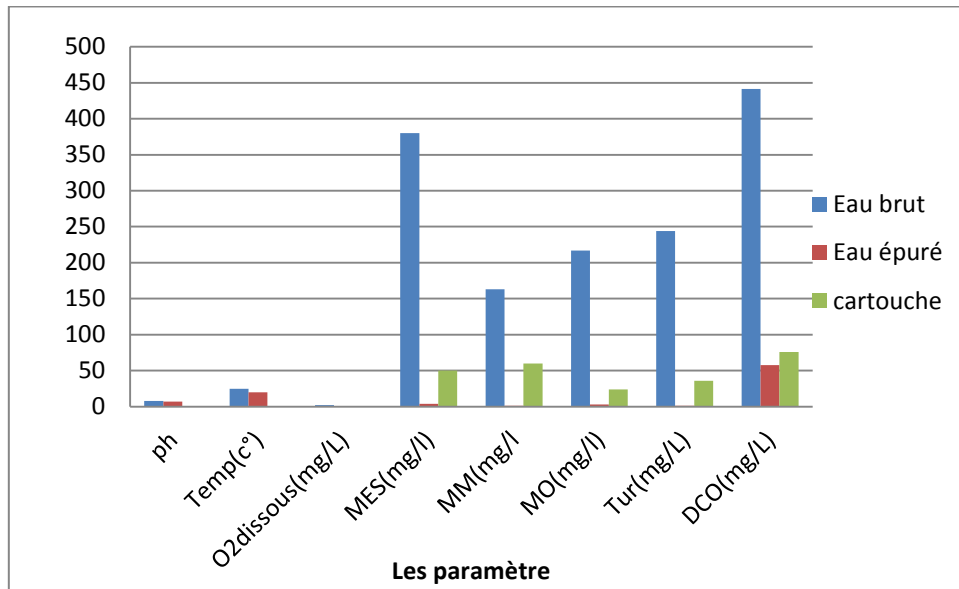


Figure.IV.48. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l’entrée et sortie).

❖ **pH:** la figure suivante représente la variation PH en fonction du temps.

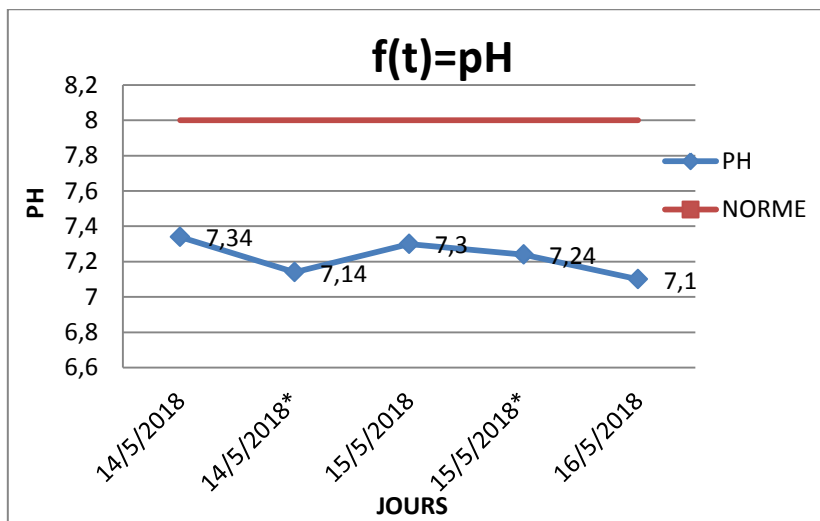


Figure.IV.49. Courbe de variation du pH.

La figure si dessus montre qu’il n’y a pas de changement des valeurs du pH qui est compris entre (7.34 et 7.1)

- ❖ **Température:** la figure suivante représente la variation température en fonction du temps.

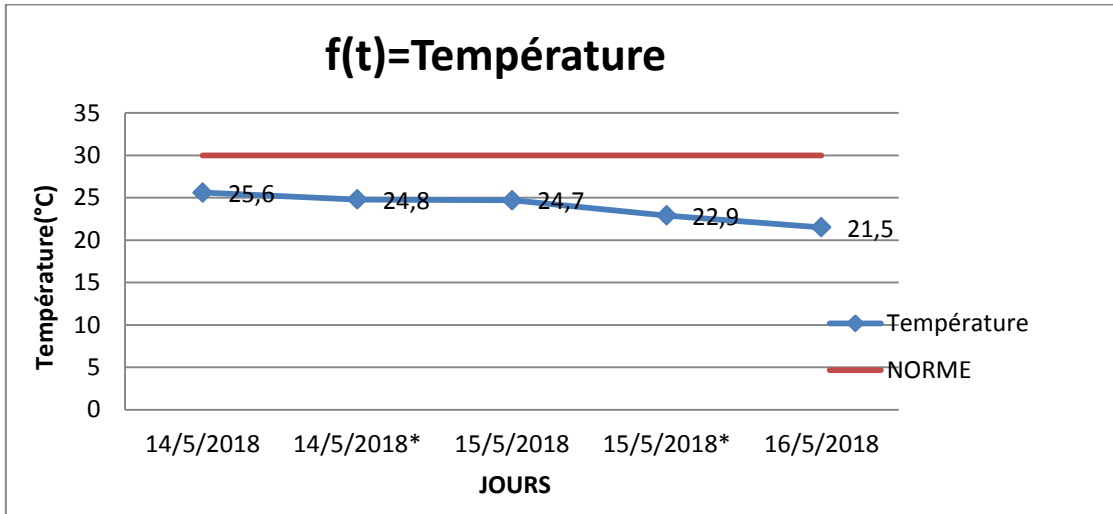


Figure.IV.50. Courbe de variation de la Température.

Nous remarquons dans la figure.IV.50 qu'il n'y a pas une grande variation de la valeur de la température.

- ❖ **O₂ Dissous:** la figure suivante représente la variation O₂ Dissous en fonction du temps.

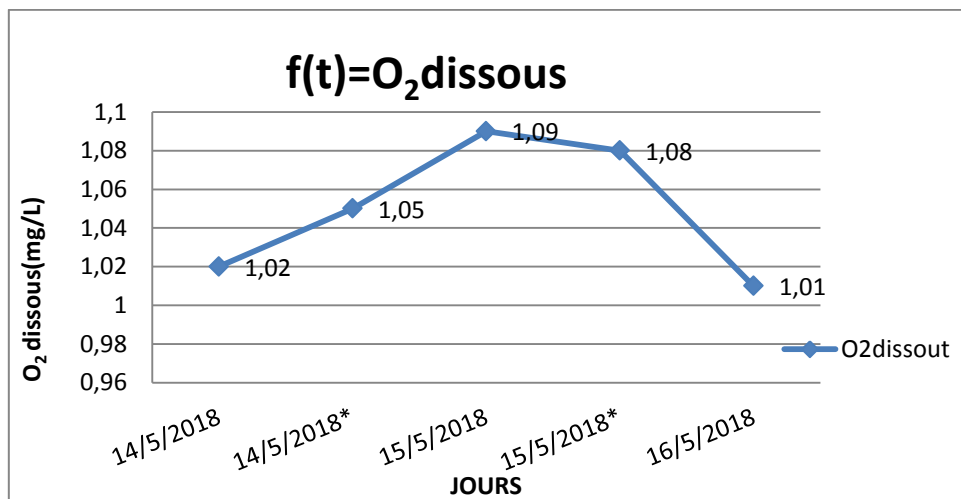


Figure.IV.51. Courbe de variation d'O₂ dissous.

A partir de la figure.IV.51 de nous constatons qu'il y a une variation dans la quantité d'oxygène dissous, qui atteint 1.01 mg/L après l'épuration, ce résultat confirme une activation bactérien au sein de lit.

- ❖ **MES:** la figure suivante représente la variation MES en fonction du temps.

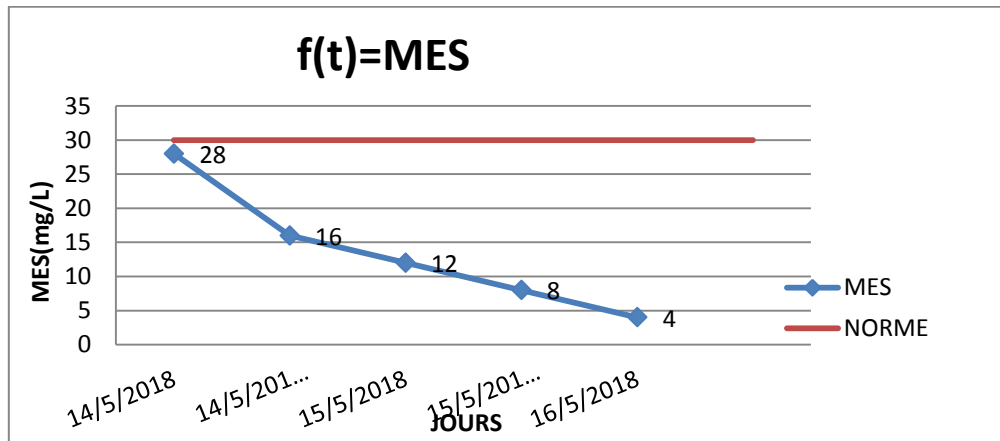


Figure.IV.52.Courbe de variation de MES.

La concentration des MES dans l'eau brute été de 380 mg/L, après épuration nous avons remarqué une réduction importante de la valeur des MES dans le décanteur qui atteint la valeur de 4mg/L , soit une élimination de **98.9 %**.

- ❖ **MM:** la figure suivante représente la variation des MM en fonction du temps

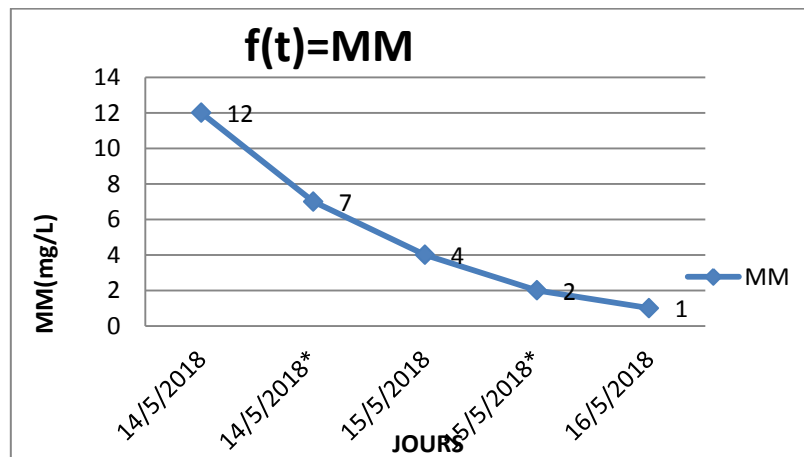


Figure.IV.53.Courbe de variation des MM.

Nous avons observé une chute importante des matières minérales qui atteint la valeur de 1mg/L à la fin de l'expérience, nous avons eu une élimination d'un rendement de **99.38%**.

- ❖ **MO:** la figure suivante représente la variation des matières organiques en fonction du temps.

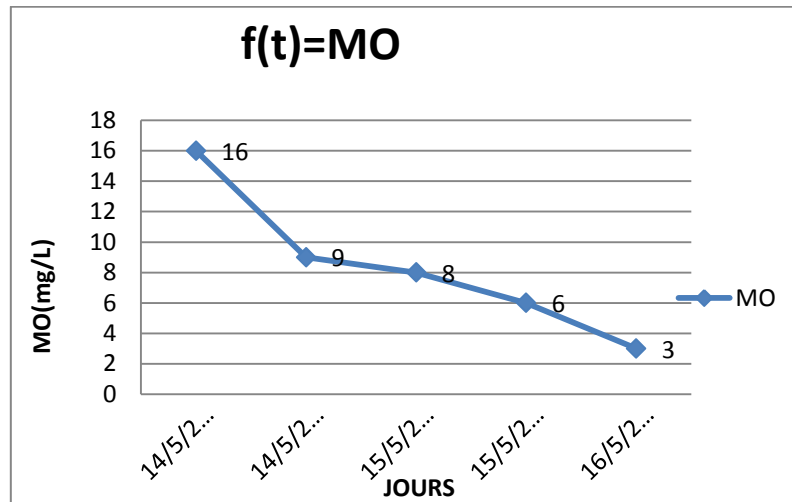


Figure.IV.54.Courbe de variation des MO

Nous avons observé une chute importante de la valeur des matières organiques (3mg/L), ce qui confirme une élimination et dégradation assez satisfaisante de la matière organique. Le rendement est de **98.61%**.

- ❖ **Turbidité :** la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du temps.

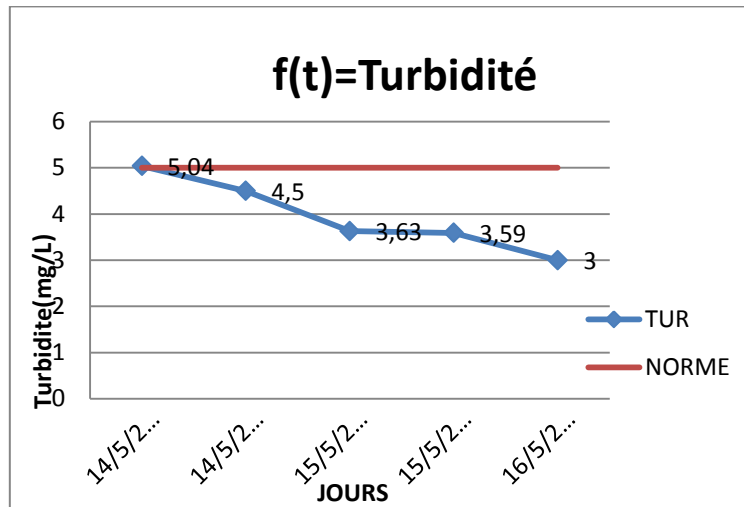


Figure.IV.55.Courbe de variation de la Turbidité.

La valeur de la turbidité a diminué (3 mg/L) à cause de la contribution de la filtration avec le couplage qui contribue efficacement à la réduction de la turbidité

- ❖ **DCO:** la figure suivante représente la variation de la DCO en fonction du temps

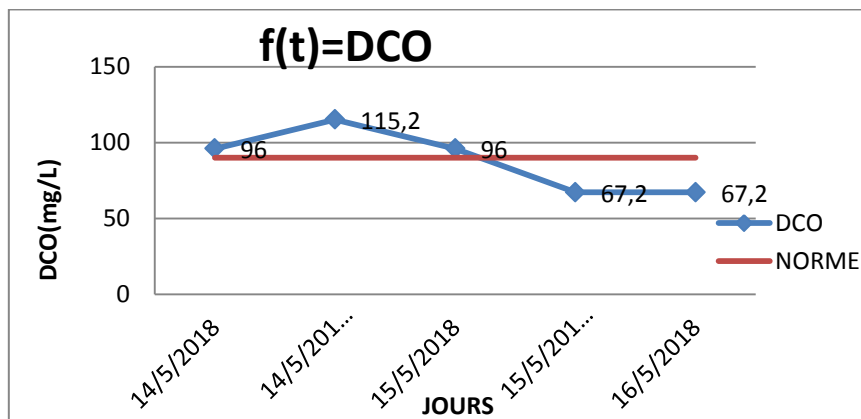


Figure.IV.56.Courbe de variation de la DCO.

La demande chimique en oxygène de l'eau brute est de 441.6 mg/L à la sortie, elle est estimée 67.2mg/L (figure IV.56) au niveau du décanteur, on peut dire qu'une élimination importante de la substance oxydable, qui atteint un rendement de **84.7%**. Ce qui confirme l'action positive de l'activité des bactéries dans le processus épuratoire.

IV.3.3.Epuration avec un débit de 25L/h :

Les résultats de l'épuration des eaux usées avec le débit 25L/h résumé dans le tableau et l'histogramme suivant :

Tableau IV.10. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

paramètre	Eau brut	Cartouche	Eau épurée
T°C	25	22.5	20
PH	8.1	8.01	6.8
O2 dissous (mg/L)	1.82	1.65	0.64
TUR (NTU)	110	47	1
MES (mg/L)	380	49	4
MM (mg/L)	121	19	1
MO (mg/L)	259	30	3
DCO (mg/L)	460.8	68	57.6
DBO ₅ (mg/L)	197	9	5

La Figure.IV.57. Présente l'Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée, cartouche et sortie).du débit 25L/h.

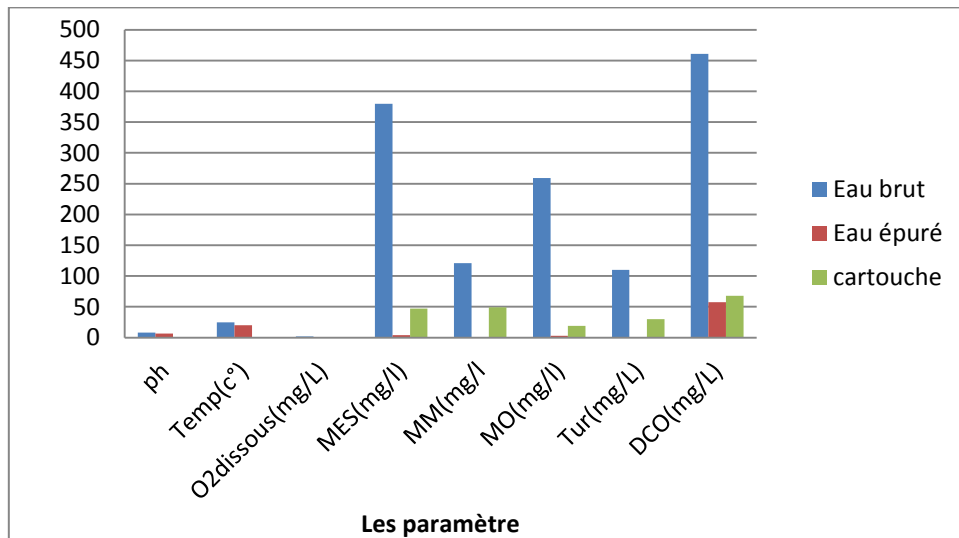


Figure.IV.57.Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée, cartouche et sortie).

- ❖ **PH:** la figure suivante représente la variation du PH en fonction du temps

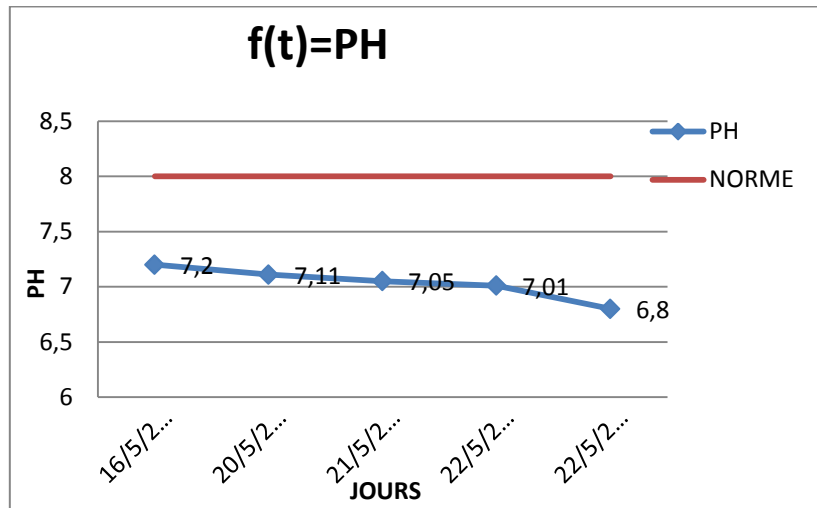


Figure.IV.58.Courbe de variation du PH

La valeur de PH est entre 7.2 et 6.8, cette variation de pH ne peut être expliquée que par des réactions.

- ❖ **Température :** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

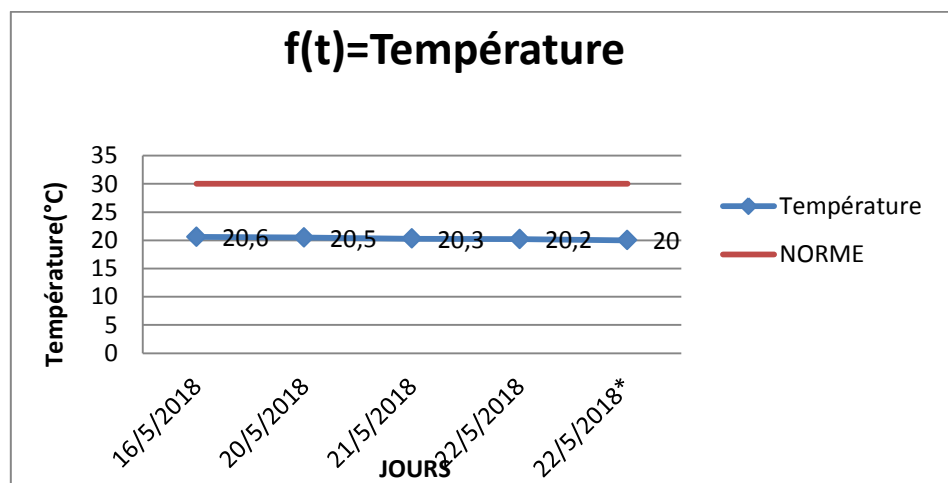


Figure.IV.59.Courbe de variation de la Température

Les analyses obtenues à partir de la figure IV.58, montrent que la température à différent temps reste entre 20.6 et 20°C. Cette variation est due au contact eau-air ; la température de l'eau épurée est largement inférieure à la norme.

- ❖ **O₂ dissous** : la figure suivante représente la variation O₂ dissous en fonction du temps

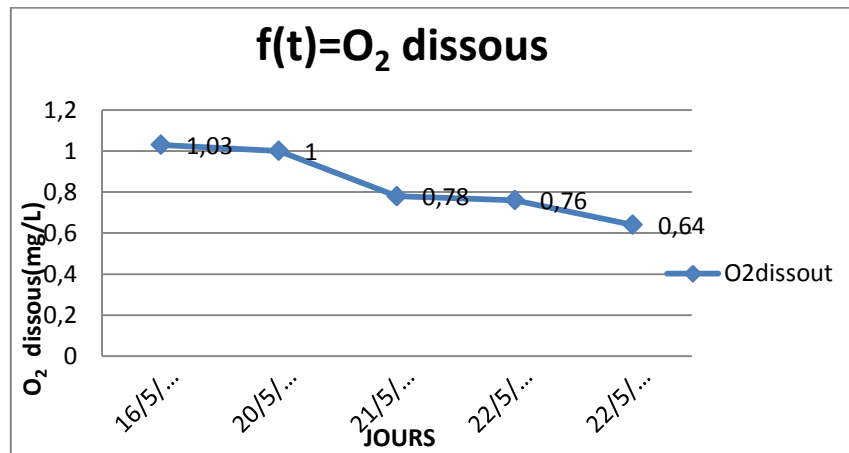


Figure.IV.60. Courbe de variation d' O_2 dissous

La concentration de l' O_2 dissous à l'entrée était de 1.03 mg/L et selon la figure IV.60 elle a diminué à 0.64 mg/L à la fin de l'expérience. Cette diminution est expliquée par l'activité des bactéries au sien du lit (les bactéries consomment l' O_2 dissous ce qui montre que il y'a une dégradation biologique des matières organiques).

- ❖ **MES**: la figure suivante représente la variation MES en fonction du temps.

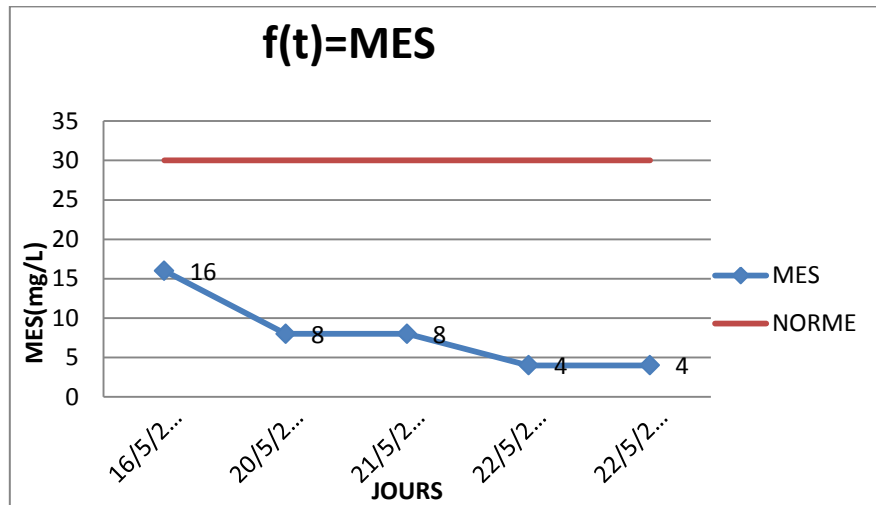


Figure.IV.61.Courbe de variation de MES

D'après la figure IV.61, nous remarquons une forte baisse des matières en suspension. La valeur des MES été initialement a 380mg/L et diminue au cours du traitement jusqu'à atteindre la valeur de 4mg/L, Le rendement est de **98.94%**.

❖ **MM:** la figure suivante représente la variation des MM en fonction du temps.

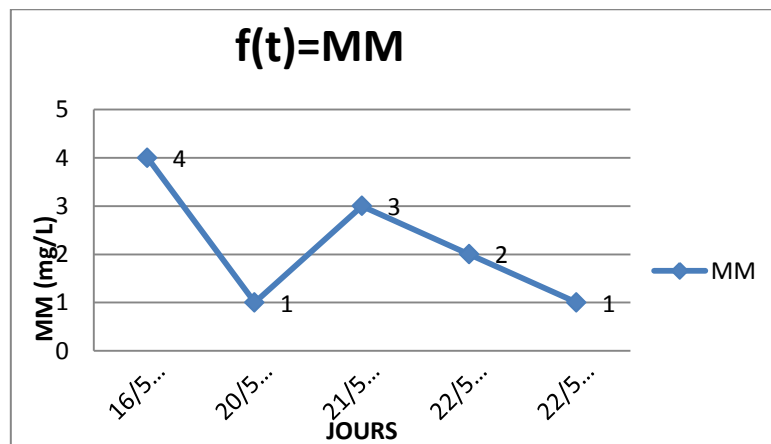


Figure.IV.62.Courbe de variation des MM

La valeur des MM après l'épuration a diminuer pour atteindre 1 mg/L, soit une élimination de **99.17%** de la concentration initiale.

❖ **MO:** la figure suivante représente la variation MO en fonction du temps.

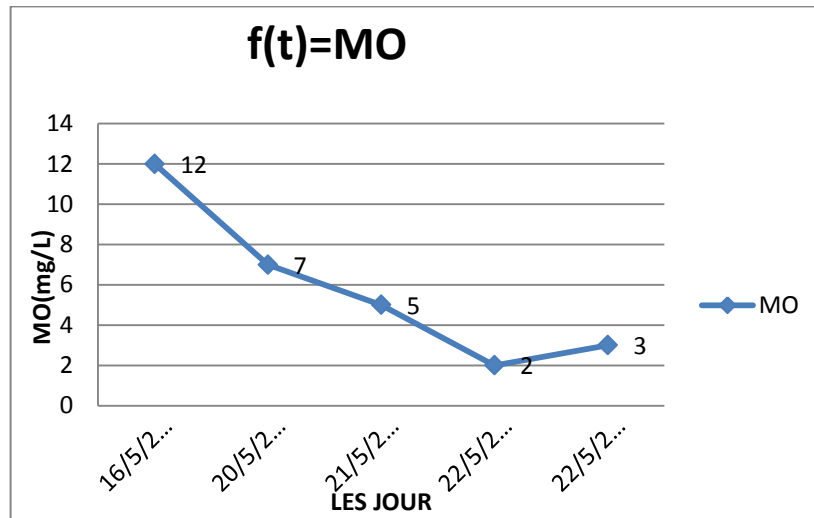


Figure.IV.63.Courbe de variation des MO

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de 259mg/L, après épuration cette valeur a diminuée jusqu'à 2mg/L, soit une élimination de **99.2%** de la concentration initiale, donc le couplage contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées.

- ❖ **Turbidité** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du temps.

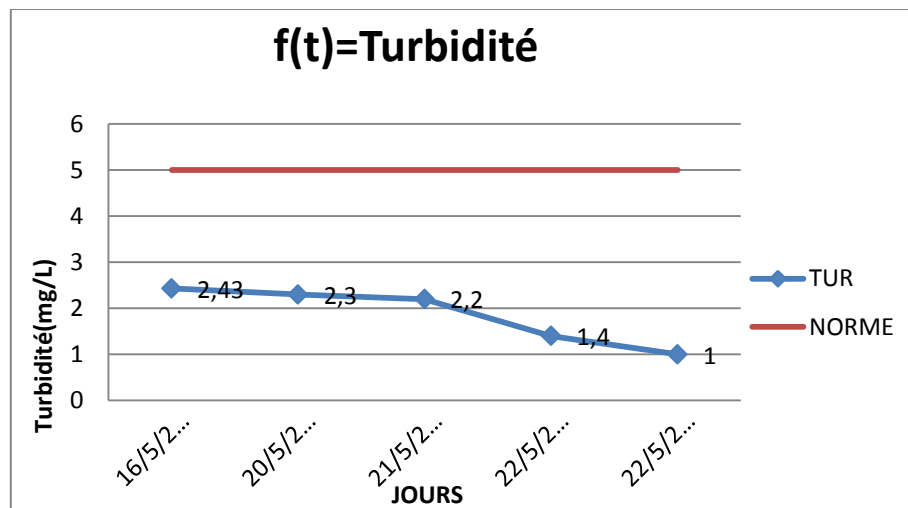


Figure.IV.64.Courbe de variation de la turbidité.

D'après les résultats de la figure IV.64, la valeur de la turbidité de l'eau usées brute est très élevée 110 mg/L, après épuration cette valeur a diminuer pour

atteindre 1 mg/L, cette diminution est due à la dégradation de la matière organique.

- ❖ **DCO:** la figure suivante représente la variation DCO en fonction du temps.

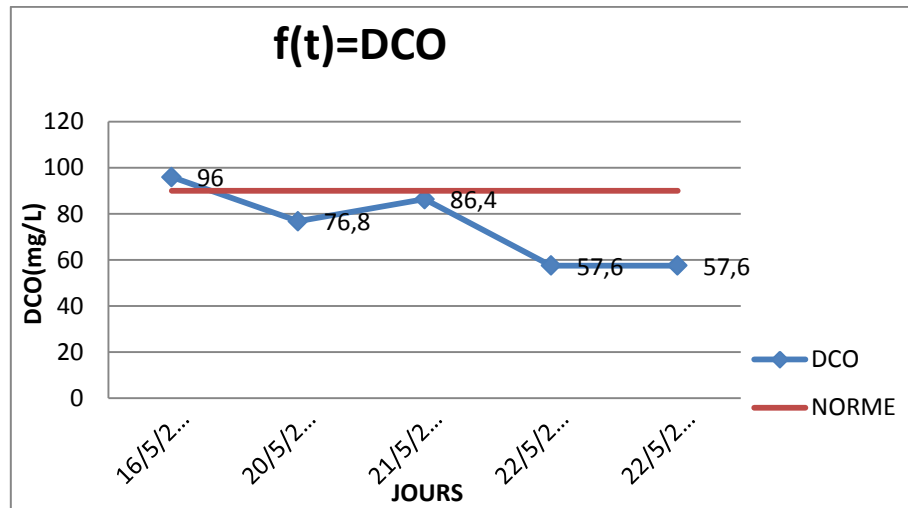


Figure.IV.65. Courbe de variation de la DCO

Selon les résultats indiqués dans la figure IV.65, la demande chimique en oxygène de l'eau brute est de 460.8 mg/L, à la sortie du décanteur elle est estimée à 57,6 mg/L, soit une élimination acceptable de la substance oxydable. Donc le lit bactérien contribue à la diminution de **87.5 %** de la DCO.

IV.4. Comparaison des résultats avec ceux des études précédentes :

L'objectif de ce travail consiste à suivre la qualité de l'eau épurée par le lit bactérien et leurs performances pour faire une comparaison avec les résultats des analyses des études précédentes avec les mêmes conditions : la hauteur de lit 80cm et le débit d'alimentation (20 et 25 L/h) en particulier pour une granulométrie de (10/25mm)

- ✚ L'étude qui a été faite en **2015** par **DEHBI F.** avait pour but l'étude expérimentale comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage traditionnel (la pouzzolane de Beni SAF) et celui à garnissage en plastique.

- ✚ **OUHOUD WAFAA en 2016**, a réalisé une étude expérimentale sur les performances d’un lit bactérien à garnissage en brique locale concassée.
- ✚ Notre travail étude performance d’un lit bactérien en garnissage double couche (pouzzolane et la brique concassée) en combinant les deux matériaux utilisé dans les études citées précédemment.

Les résultats obtenus par les études précédemment citées sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau. IV. 11. Rendements (%) obtenus dans chaque étude

	MES	Turbidité	DCO	DBO5
DEHBI F.	98.07 - 100	99.22 - 99.91	94.44 - 97.56	-
OUHOUD W.	91.66 - 93.66	98.51 - 98.76	90.47- 96.15	94.73 - 95
Notre travail	95-100%	95.17 -98.52	91.03 - 91.56	95.7-96.96

D’après le tableau IV. 11 nous remarquons que toutes les études ont donné lieu à des rendements assez satisfaisant dépassant les 90%, pour les paramètres ‘MES, turbidité, DCO la pouzzolane seul donne les meilleurs résultats malheureusement l’étude de DEHBI n’a pas évaluer la DBO5, alors que notre étude donne la meilleure élimination de la DBO5 ainsi il se pourrait que la combinaison (pouzzolane-brique) conduira à une meilleure élimination de la pollution biologique. A ce stade, nous pouvons confirmer que les trois garnissages assurent une bonne épuration des eaux usées urbaines.

Pour la deuxième expérience nous avons étudié la possibilité de l’amélioration la qualité de l’eau épurée par boue activées, nos résultats seront comparés à ceux de l’étude qui a été faite en 2012 par SAHOULI C, sous le thème : étude expérimentale de la contribution d’un lit bactérien à pouzzolane (lit bactérien avant le bassin d’aération)

Les résultats obtenus dans les deux études sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau. IV. 12. Rendements (%) obtenus dans chaque étude

	Granulométrie du garnissage	MES	Turbidité	DCO	DBO5
SAHOULI C.	6/10mm	97%	82%	96%	-
	20/50mm	98%	93%	94%	-
Notre travail	10/25mm	98.94%	99.09%,	87.5%.	97.46%.

Il est a signalé que le garnissage utilisé par SAHOULI est de la pouzzolane de Beni Saf mais a granulométries différentes de la nôtre, Les résultat de tableau IV.12 montent que notre garnissage conduit à une meilleur élimination les MES et la turbidité (MES : **98.94%**, turbidité : **99.09%**) pour la DBO5: **97.46%**, par contre la pouzzolane seule donne une meilleur élimination de la DCO. L'inclusion d'un lit bactérien a garnissage double couche dans l'épuration des eaux usées à boue activée donne des résultats satisfaisants et par conséquent une bonne qualité des eaux épurées.

Conclusion

CONCLUTION

Conclusion

Notre travail a traité l'étude des performances d'un lit bactérien à garnissage en brique locale concassée de Zenâta et la pouzzolane de BENI SAF. Une fois la qualité physico-chimique des eaux usées issues de la STEP de AIN EL HOUTZ a été évaluée, ces ont subis expérimentalement une épuration avec un lit bactérien en première lieu et en second lieu une combinaison d'un lit bactérien avec un bassin d'aération nous a permis apprécier l'amélioration de la qualité des eaux épurée. L'analyse de quelques paramètres de qualité des eaux (PH, température, MES, DCO, DBO5) nous a permis d'apprécier l'efficacité de l'épuration.

Les expériences effectuées ont été réalisées sur le pilote TE900 modifié au niveau du laboratoire de l'épuration des eaux du département d'hydraulique. Nous avons utilisé une colonne à garnissage avec une couche de brique entre deux couches de pouzzolane, le garnissage est caractérisé par une granulométrie de 10/25 mm, soigneusement préparées au niveau du laboratoire de génie civil. Au cours des manipulations, nous avons variés les débits d'alimentation de 10 L/h, 15L/h, 20 L/h et 25 L/h chacun avec son débit de recyclage correspondant. Dans toutes les expériences la hauteur de la colonne de bio-filtration est de 80 cm.

Divers paramètres ont été analysés (Turbidité, MES, DCO, O2 dissous,.....), ou nous avons trouvé différents résultats qui nous ont permis de calculer le rendement des trois paramètres (DCO, MES, Turbidité).

Pour la première expérience qui consistait à épurer les eaux usées issues de la station de AIN EL HOUTZ par un lit bactérien, les résultats trouvés dans les dix-huit manipulations sont assez encourageant du fait des rendements élevés obtenus (entre 93.21 et 100 %, pour les MES, entre 91.11 et 98.52% pour la turbidité, entre 82.14 et 91.56 % pour le DCO et entre 93 et 96.96 % pour le DBO5)

Pour la deuxième expérience ayant pour but l'amélioration de la qualité des eaux épurées par boue activée par couplage du lit bactérien au bassin d'aération, les résultats obtenus pour les seize manipulations sont assez convainquant, du fait des rendements satisfaisant obtenus (entre 96.75 et 98.94% pour les MES, entre le 95.8 et 99.09% pour la turbidité, entre le 81.35 et 87.5 pour le DCO et entre 96.15 et 97.46% pour le DBO5).

CONCLUSION

En fin et à terme de cette étude, nous pouvons dire que l'épuration par lit bactérien à garnissage en double couche (pouzzolane et brique) peut constituer une solution viable pour l'épuration des eaux usées d'origine urbaine pour les petites localités et de plus, le couplage des deux procédés biologique (lit bactérien et bassin aération) peut permettre une amélioration de la qualité des eaux épurées et peut même constituer une solution économique pour les stations d'épurations à boue activée dont la capacité est dépassée, du fait de la répartition du traitement sur deux procédés biologiques (lit bactérien et aérateur biologique).

A ce stade, nous ne pouvons qualifier cette étude de complète, elle doit être complétée par d'autres études expérimentales plus poussées sur ces deux matériaux de garnissage (pouzzolane et brique).

Bibliographie

Références bibliographiques

- [1] SAHOULI C. E., 2012, Etude expérimentale de la contribution d'un lit bactérien a pouzzolane dans l'amélioration de la qualité des eaux épurées par boues activées. Mémoire de Mastère en hydraulique : Eau, Sol et Aménagement, Université de Tlemcen.
- [2] DEHBI F. Z., 2015, Etude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique. Mémoire de master en technologie de traitements des eaux, département d'hydraulique, université de Tlemcen.
- [3] OUHOUD W., 2016. Etude des performances d'un lit bactérien à garnissage en brique locale concassée. Mémoire de master en hydraulique, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [4] Site web <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quest-ce-que-les-eaux-usees/ereuse-et-perturber-la-production-d'eau-potable>. (Consulté le/ 01/06/2018).
- [5] Site web <http://biobelgique.canalblog.com/archives/2010/08/01/18715819.html> . (Consulte le/ 01/06/2018).
- [6] Site web <http://ge.ch/eau/autorisations-de-construire/p-eaux-industrielles/definition-et-principes-eaux-industrielles-eri#top> (Consulté le/ 01/06/2018).
- [7] SALEM A., 1990. Rapport national de l'Algérie , stratégie de la gestion des eaux dans le bassin méditerranéen, bureau d'étude d'ingénierie et de services BEIS Alger, P11-147.
- [8] BETTACH A., 2013. Traitement des eaux usées domestiques par biodénitrification : effet du nitrate Université CHOUAIB DOUKKALI – Maroc - Licence 2013.
- [9] AOULMI S., 2007. Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), thèse de l'école nationale supérieure de l'hydraulique .
- [10] RODERT T., 1981. Eaux potables-eaux usées, Edition technique et documentation, Paris.
- [11] GAID A., 1984. Biologie de l'eau urbaine, tome-1. Edition OPU, Alger, 261 p.
- [12] TARMOUL F., SODIM., 2007. Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel . "cas de la lagune de béni-messous", DEUA, Institut des Sciences de la Mer et de l'Amenagement du Littoral.

[13] **BOEGLIN J. CE., ROUBATY J. L., 2007.** Pollution industrielle de l'eau- Caractérisation, classification, mesure.

<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/industrialisation-des-procedes-et-usine-du-futur-42602210/pollution-industrielle-de-l-eau-g1210/mesure-et-contrôle-de-la-pollution-industrielle-g1210v2niv10003>. (Consulté le/ 10/06/2018).

[14] **MARTIN G., 1979.** Le problème de l'azote dans les eaux. Edition technique et documentation, Paris, 279p.

[15] <http://www.aqua-assainissement.info/produits/analyse-eaux-usees-dbo-dco/>.

[16] **GROS CLAUDE G., 1999.** L'eau : usage et polluants, Edition INRA, 210 p. / (consulté le/ 12/06/2018).

[17] **METAHRI M. S., 2012,** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de la STEP Est de la ville de Tizi- Ouzou. Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 172p.

[18] **RODIER J., 1996,** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. DUNOD. Paris.

[19] <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bei/5/binome5/paraman.htm> (Consulté le 20/06/2018).

[20] **RODIER J., 2005.** L'analyse de l'eau, Edition DUNOD, Paris.

[21] **BEZZIOU A., MEKKAOUI R., 2013,** Essai de traitement biologique des eaux usées en utilisant des filtres bicouches. Mémoire de master académique, domaine : sciences de la nature, spécialité : science de l'environnement. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

[22] **BAUMONT S., CAMARD J.P., LEFRANC A., FRANCONI A. 2000,** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, Observatoire régional de santé d'Ile-de France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France (<http://www.ors-idf.org/dmdocuments/REURapport.pdf>).

[23] **FABY J. A., et BRISSAUD F., 1997,** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Compte rendu d'étude de l'office international de l'eau, 82 p

[24] **CSHPF, 1995,** Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, conseil supérieur d'hygiène publique de France section des eaux;22p. (<https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapports3?clef=465&clefr=466>).

[25] **FABY J. A., 2003,** L'irrigation avec des eaux usées traitées, manuel d'utilisation, document technique FNDAE (fonds notionnels pour le développement des adductions d'eau)

hors- série n° 11, Organisation des nations unies pour l'alimentation et agriculture, bureau régional pour le Proche-Orient et bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord.

[26] **BELAID N., 2010**, Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, Thèse de Doctorat en co-tutelle de l'université de Sfax et de Limoges.

[27] **Site web de l'entreprise canadienne EXPERTEAU,**

<https://experteau.com/services/analyse-bacteriologique.php> (consulté le/ 20/06/2018).

[28] **POTLON J.L., et ZYSMAN K., 1998**, Le guide des analyses de l'eau potable ; ED, SEPT, France, p 79-213

[29] **Service de l'environnement SEn, Etat de FRIBOURG, 2017**, Définition et calcul des équivalents-habitants — Notice d'information 4.2.024,

https://www.fr.ch/eau/files/pdf54/equivalent_habitant_evacuation_epuration_eaux_fr.pdf

(Consulté le/ 24/06/2018).

[30] **BRISOU. J. F et DENIS F., (1994)**. Distribution et Collecte des eaux Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal.

[31] **LEGUBE B., 1996**, Le traitement des eaux superficielle pour la production d'eau potable, agence de l'eau loir –Bretagne.

[32] **DEGREMONT., 1972**, Memento technique de l'eau , Paris : Dégriment.

[33] **DAHOU A., BREK A., 2013**, Lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (région d'Ouargla), Mémoire de master académique domaine : sciences et techniques filière : génie des procédés spécialité : génie de l'environnement. Universités d'Ouargla.

[34] **LADJEL F. et BOUCHAFER S., 2006**, Exploitation d'une station d'épuration à boues activées, CFMA (centre aux métiers de l'assainissement), BOUMERDES p 90.

[35] **DEGREMONT SUEZ., 2005**. Mémento technique de l'eau : Edition technique et documentation Lavoisier, 2ème Tome.

[36] **DESJARDINS R., 1997**, Le traitement des eaux. 2ème édition revue et améliorée. Ed. Ecole polytechniques de Montréal.

[37] **PERNIN C., 2003**, Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (*Quercus suber* L.) Ecole doctorale: Sciences de l'environnement, Marseille (AIX-MARSEILLE III).

[38] **BELAYACHI Z. et LARIBI M., 1998**, Conception d'un logiciel de dimensionnement automatique d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage application à l'agglomération de Belhadji Boucil, Mémoire d'ingénieur en hydraulique université de Tlemcen.

[39] <http://www.sandre.eaufrance.fr/?urn=urn:sandre:donnees:PAR::CdParametre:2809::referentiel:2:html> / (consulté le/ 26/06/2018).

[40] **PEARSON H., 2005**. Microbiology of waste stabilization ponds. In: pond Treatment Technology .A. SHILTON (Ed). IWA Publishing. London: pp14-48.

[41] **BRODART E., 1989**, Modélisation statistique d'une usine de traitement de l'eau potable, Rencontres Internationales Eau et Technologies Avancées, Montpellier.

[42] Assainissement Autonome Etablissements scolaires, Écrit par Service Communication NEVE Environnement le 18 novembre 2014.

[43] <http://www.emo-france.com/produits/traitement-tertiaire/> (consulté le/ 30/06/2018).

[44] **CLAUD CARDOT., 1999**. Les traitements de l'eau, Ellipses édition marketing S.A, 1999, rue bargue 75740 paris.

[45] **SATIN M., SELMI B., 1999**. Guide technique de l'assainissement, 2ème édition, Le Moniteur, 680p, Paris.

[46] **ONA.,** Fiche technique de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tlemcen Ain el Houtz.

[47] https://fr.wikipedia.org/wiki/Boue_activ%C3%A9e. / (Consulte le/ 01/07/2018).

[48] **HABIB R. et EL RHAZI O., 2007**. Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées, Mémoire de licence, Université Cadi Ayad Marrakech.

[49] <http://www.memoireonline.com/04/10/3289/Determination-de-la-pollution-residuelle-d'une-station-depuration-par-lagunage-naturel-cas-d.html> (consulté le 04/07/2018).

[50] http://www.memoireonline.com/m_reflexion-sur-la-caracterisationphysico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s2.html / (consulte le/ 04/07/2018).

[51] **MOHAND SAID OUALI., 2001**. Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux, Office des publications universitaires, Alger.

[52] **SLIMANI .A ., TOUATI. H., 2007**, Etudes expérimentales d'épuration des eaux usées par boues activées » ; mémoire d'ingénieur en hydraulique université de Tlemcen.

[53] **HAMON.**, WATER SOLUTIONS spécialiste de la gestion de l'eau, traitement des eaux usées support lit [bactérien.](http://www.hamonwatersolutions.com/medias/telechargement/Lits-bacteriens---CROSSPACK22-7-1.PDF)
<http://www.hamonwatersolutions.com/medias/telechargement/Lits-bacteriens---CROSSPACK22-7-1.PDF> (Consulté le 13/06/2017).

[54] **BECHAC J.P., 1987**, Traitement des eaux usées, Edition Eryolles, 2^{ème} édition.

[55] **DELPORTE C., 2002**, Traitements biologiques aérobies des effluents industriels, éditions Techniques de l'Ingénieur l'expertise technique et scientifique de référence; Editions T.I ; Paris – France.

[56] **GIS-BIOSTEP, 2004**, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions, Document technique FNDAE n° 33, CEMAGREF, Centres de Lyon et d'Antony Unité de recherche « Qualité des eaux et prévention des pollutions », CEMAGREF Edition. (www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae33.pdf (consulté le 06-07-2018)).

[57] **ENNAOU A., 2010**, Etude de dimensionnement d'une STEP à lits bactérien précédés d'étangs anaérobies et gestion des sous-produits, mémoire de master. Ecole de génie de l'état et d'institut agronomique et l'environnement du Maroc.

[58] **MABROUK A ., 2009**, Application de la nitrification dénitrification dans le traitement des eaux usées, Licence d'études fondamentale, Université Chouaib Doukkali, Maroc.

[59] **AERM, 2007**. Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse, fiche 3, 12 pages.

[60] **JOSEPH. P., 2002**, stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation, document technique FNDAE N° 22 bis.

[61] **FREDERIC M., 1998**, Etude de l'hydrodynamique des procédés de traitement des eaux usées à biomasse fixée, Application aux lits bactériens et aux biofiltres, thèse pour obtenir le grade de docteur, spécialité : mécanique, Université Bordeaux1.

[62] **BOEGLIN J. C., 1998**, Traitements biologiques des eaux résiduaires, édition Techniques de l'Ingénieur, l'expertise technique et scientifique de référence, Paris.

[63] **DHAOUDI H., 2008**. Traitement des Eaux Usées Urbaines, Les procédés biologiques d'épuration Université Virtuelle de Tunis.

http://pf-mh.uvt.rnu.tn/295/1/traitement_des_eaux_usees_urbaines.pdf (Consulté le /04/07/2018).

[64] Conseil général de Seine-et-Marne, Fiche AC / filière lit bactérien, Fiche Technique sur l'assainissement collectif n°2 La filière lit bactérien,

<http://www.eau.seine-et-marne.fr/library/99b79a0f-e691-4502-b269-aa58fa55d82c-Fiche-technique---Lit-bact-rien.pdf> (consulté le /05/07/2018).

[65] **VILAGINES R., 2000**, Environnement et santé publique Introduction à l'hydrologie des services techniques des collectivités locales, des agences de l'eau 3^{ème} Éd .Université René-Descartes-Paris V.

[66] **RACAULT Y. et SEGURET F., 2004**, Eléments de conception et de dimensionnement des lits bactériens, Stage CNFPT : Bases de dimensionnement des stations d'épuration rurales, 17-19 mai 2014 Toulouse, CEMAGREF Bordeaux, UR Qualité des Eaux

https://epnac.irstea.fr/wp-content/uploads/2012/08/racault_LBdim_CN_cnfpt_mai_2004.pdf

[67] **TOUAFEK A., 2015**, Etude expérimentale de l'épuration des effluents par procédés à culture fixée. Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en hydraulique, Option : Gestion et traitement des eaux. Université d'Oran – Mohamed- Boudiaf.

[68] **RAOUTI H., 2011**, Etude expérimentale de la contribution d'un lit bactérien et d'une filtration dans l'amélioration de la qualité des eaux par boues activées, Mémoire d'ingénieur en hydraulique, université de Tlemcen.

[69] **DELTALAB.** Bulletin technique de traitement des eaux, épuration à boues activées TE900.

[70] **MOKHTARI A. et DIR B., 2006**, Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux potables 'groupement urbain de Tlemcen, Mémoire de DEUA en hydraulique, université de Tlemcen.

[71] Caractéristiques techniques de la pouzzolane (<http://www.pouzzolane-dugour.com/les-produits/donneestechiques/index.html>) (consulté le 16/06/2018).

[72] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pouzzolane#/media/File:Pouzzolane.jpg> (consulte le 16/07/2018).

Annexe

Annexe A

Tableau A 01: Résultats d'analyses du prélèvement le lit bactérien sur une hauteur du 80cm de garnissage double couche (pouzzolane/brique rouge) Garnissage de lit (10/25mm)

DATE	Heure	PH	Température (°C)	O2 (ppm)	MES (mg/L)	MM (mg/L)	M0 (mg/L)	TUR (NTU)	DCO (mg/L)
28/03/2018	12:00	7,9	25	17,68	15	9	6	12,60	141
29/03/2018	12:00	7,2	23,4	11,3	12	7	5	4,82	76,8
01/04/2018	10:00	7	20,9	8,44	38	11	27	9,50	76,8
01/04/2018	12:00	7,14	18,8	7,36	27	5	22	8,95	38,4
02/04/2018	10:00	6,8	20,6	7,25	21	4	17	8,50	96
02/04/2018	12:00	7,4	21,4	7,17	15	3	12	6,88	96

- Q: alimentation = 10 l/h.

Tableau A 02 : Résultats d'analyses du prélèvement le lit bactérien sur une hauteur du 80cm de garnissage double couche (pouzzolane/brique rouge)

DATE	Heure	PH	Température (°C)	O2 (ppm)	MES (mg/L)	MM (mg/L)	M0 (mg/L)	TUR (NTU)	DCO (mg/L)
03/04/2018	10:00	7,1	21,3	7,11	20	10	10	5,76	105,6
03/04/2018	12:00	6,9	22	7,08	16	6	10	6,04	86,4
04/04/2018	10:00	7,3	20	6,9	16	8	8	4,73	70,85
04/04/2018	12:00	7,2	19,2	6,7	8	3	5	5,60	70,85

- Q d'alimentation = 15 l/h

Tableau A 03 : Résultats d'analyses du prélèvement le lit bactérien sur une hauteur du 80cm de garnissage double couche (pouzzolane/brique rouge)

DATE	Heure	PH	Température (°C)	O2 (ppm)	MES (mg/L)	MM (mg/L)	M0 (mg/L)	TUR (NTU)	DCO (mg/L)
5/04/2018	10:00	7,9	19,01	6,6	7	2	5	3,18	67,2
5/04/2018	12:00	7,2	20	6,2	7,1	1	6,1	3,04	66
8/04/2018	10:00	7,1	19,5	6,3	4	4	0	2,90	56,8
8/04/2018	12:00	7,3	18	5,92	3	0	3	1,64	56,8

- Q d'alimentation = 20 l/h

Tableau A 04 : Résultats d'analyses du prélèvement le lit bactérien sur une hauteur du 80cm de garnissage double couche (pouzzolane/brique rouge).

DATE	Heure	PH	Température (°C)	O2 (ppm)	MES (mg/L)	MM (mg/L)	M0 (mg/L)	TUR (NTU)	DCO (mg/L)
15/04/2018	10:00	7.2	19.23	5.3	2	1	1	2.40	67.2
16/04/2018	10:00	7.1	18.94	5.42	1.9	0.45	1.45	2.12	57.6
16/04/2018	12:00	7.02	19	5.3	1	0	1	1.87	48.6
17/04/2018	10:00	6.95	19	5	0	0	0	1.40	48.6

- Q d'alimentation = 25 l/h.

Annexe B

Tableau B 01 : Résultats d'analyses du prélèvement de couplage entre le lit bactérien et le bassin aération du Débit de 15 l/h. Garnissage de lit (10/25mm)

DATE	Heure	PH	Température (°C)	O2 (ppm)	MES (mg/L)	MM (mg/L)	M0 (mg/L)	TUR (NTU)	DCO (mg/L)
6/05/2018	12:00	7,7	22,7	1,26	44	14	30	11,9	192
7/05/2018	10:00	7,4	21	1,18	36	4	32	11	172,8
7/05/2018	12:00	7,8	20,5	1,17	28	9	19	8,5	163,2
8/05/2018	10:00	7,5	20,7	1,09	24	7	17	7,6	144
8/05/2018	12:00	6	19,4	1,08	20	9	11	6,4	105,6
13/05/2018	10:00	7,8	21,9	1,06	12	4	8	5,45	105,6

- Q d'alimentation = 15 l/h.

Tableau B 02 : Résultats d'analyses du prélèvement de couplage entre le lit bactérien et le bassin aération du Débit de 20 l/h.

DATE	Heure	PH	Température (°C)	O2 (ppm)	MES (mg/L)	MM (mg/L)	M0 (mg/L)	TUR (NTU)	DCO (mg/L)
14/05/2018	10:00	7,34	25,6	1,02	28	12	16	5,04	96
14/05/2018	12:00	7,14	24,8	1,05	16	7	9	4,5	115,2
15/05/2018	10:00	7,3	24,7	1,09	12	4	8	3,63	96
15/05/2018	12:00	7,24	22,9	1,08	8	2	6	3,59	67,2
16/05/2018	10:00	7,1	21,5	1,01	4	1	3	3	67,2

- Q d'alimentation = 20 l/h.

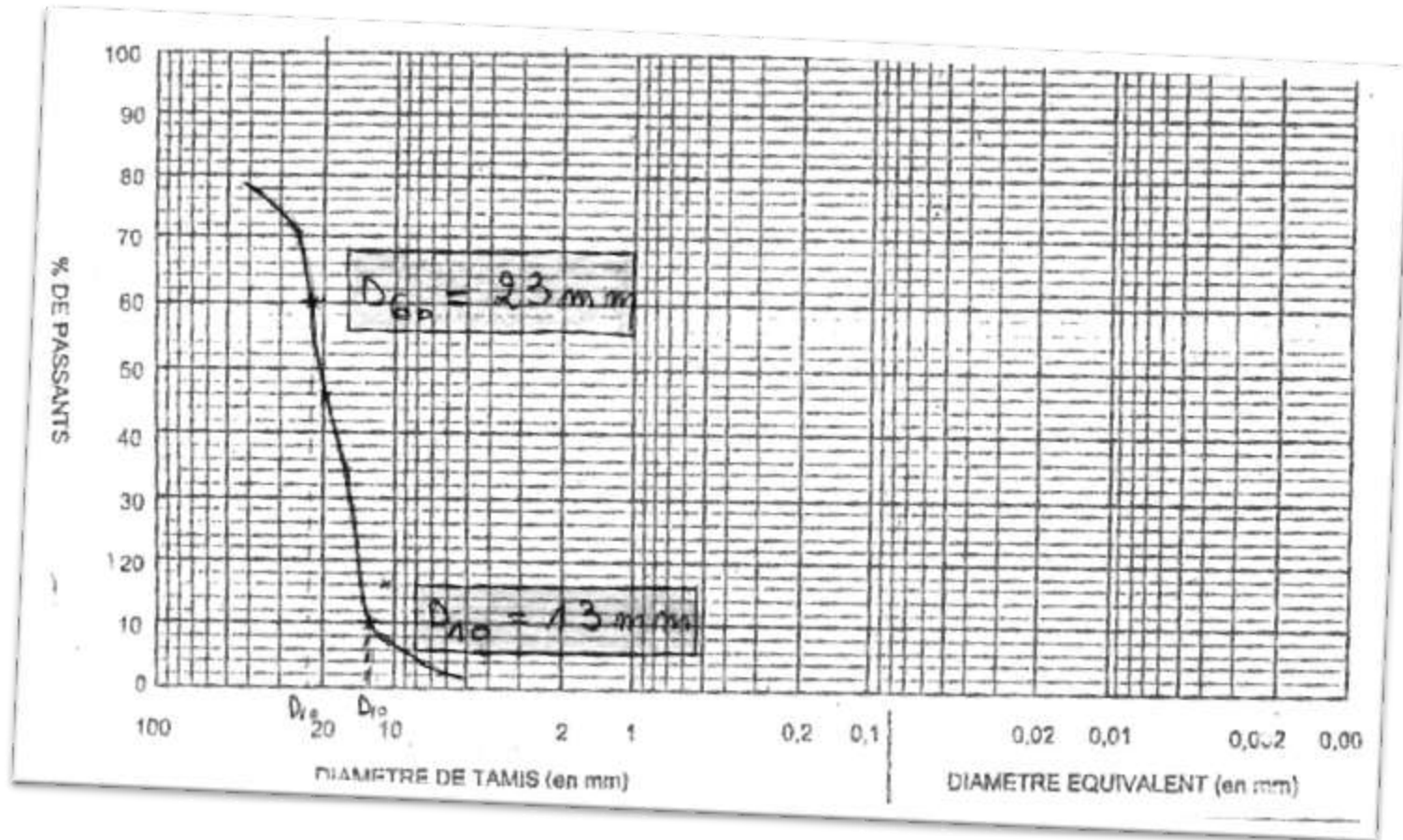
Tableau B 03: Résultats d'analyses du prélèvement de couplage entre le lit bactérien et le bassin aération du Débit de 25l/h

DATE	Heure	PH	Température (°C)	O2 (ppm)	MES (mg/L)	MM (mg/L)	M0 (mg/L)	TUR (NTU)	DCO (mg/L)
16/5/2018	12:00	7,2	20,6	1,03	16	4	12	2,43	96
20/5/2018	10:00	7,11	20,5	1	8	1	7	2,3	76,8
21/5/2018	12:00	7,05	20,3	0,78	8	3	5	2,2	86,4
22/5/2018	10:00	7,01	20,2	0,76	4	2	2	1,4	57,6
22/5/2018	12:00	6,8	20	0,64	4	1	3	1	57,6

- Q d'alimentation = 25 l/h.

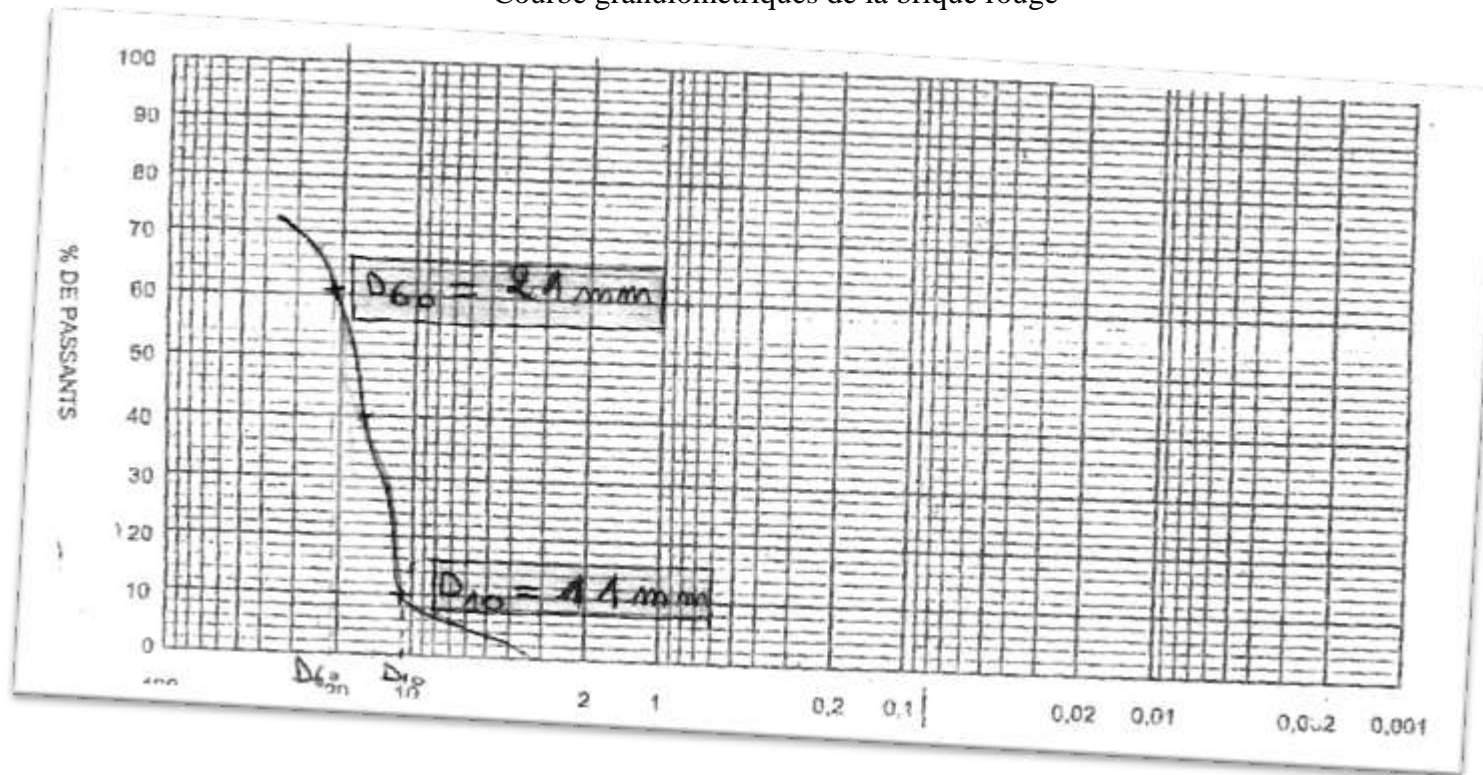
Annexe C

Courbe granulométriques de la pouzzolane



Annexe D

Courbe granulométriques de la brique rouge



Annexes E

 **VERRERIE USUELLE:**



Burette



Éprouvette



Bécher



Fiole jaugée

Annexe F

Préparation des réactifs nécessaires pour la détermination de la DCO :

1- Solution de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 0,040 mol/l contenant du sulfate de mercure (II) :

- Dissoudre 80 g de sulfate de mercure dans 800 ml d'eau déminéralisée ;
- Ajouter avec précaution 100 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré ($n = 1,84$) ;
- Laisser refroidir et ajouter 11,767 g de dichromate de potassium préalablement séché à 105 °C pendant 2 h
- Transvaser dans une fiole jaugée d'un litre et compléter au volume avec de l'eau distillée.
- Cette solution reste stable pendant 1 mois.

2- Solution d'acide sulfurique et sulfate d'argent :

- Ajouter 10 g de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) à 40 ml d'eau distillée ;
- Mélanger avec 960 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré ($n = 1,84$) ;
- Agiter et laisser refroidir.
- Laisser reposer 1 à 2 jours.

3- Solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium (sel de Mohr) $[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ 0,12 mol/l :

- Dissoudre 47 g de sulfate de fer (II) et d'ammonium dans de l'eau déminéralisée ;(24.4g de d'ammonium 13.9 g de sulfate de fer)
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré ($n = 1,84$) ;
- Laisser refroidir et diluer à 1000 ml.
- Cette solution doit être étalonnée journallement.

4- Solution d'indicateur coloré (FERROÏNE) :

- Dissoudre 0,7 g de sulfate de fer (II) dans de l'eau distillée ;
- Ajouter 1,50 g de phénanthroline-1,10 MONOHYDRATE ;
- Diluer à 100 ml.

5- Solution d'hydrogénophthalate de potassium (KC₈H₅O₄) à 2,0824 mmol/l :

- Dissoudre 0,4253 g d'hydrogénophthalate de potassium, préalablement séché à 105°C dans de l'eau distillée et diluer jusqu'à 1000 ml dans une fiole jaugée.
- Cette solution à une DCO théorique de 500 mg/l et est stable au moins une semaine à 4°C.

6- Granules :Ce sont des régulateurs d'ébullition : pierres ponce ou billes de verre.

SOURCE : REJSEK F., 2002. Analyse des eaux : Aspects Réglementaires et Techniques. Edition SCEREM, 360p.

RESUME

Ce travail présente une étude expérimentale sur l'épuration des eaux usées urbaines par lit bactérien. Dans cette étude le garnissage du lit est à deux matériaux : la pouzzolane et la brique rouge concassée. Une fois leurs caractéristiques sont déterminées, les deux matériaux sont insérés dans la cartouche servant de lit bactérien sur un pilot d'épuration des eaux (TE900). Le garnissage permet de piéger la flore bactérienne contenue dans les eaux qui procèdera à la dégradation de la matière organique contenue dans l'eau. Des analyses de quelques paramètres de pollution (MES, DCO, MO, TUR, MO, MM, O₂ dissous) nous ont permis d'estimer les rendements d'élimination de la pollution contenue dans l'eau usée et d'apprécier l'efficacité de l'épuration.

L'étude a été faite sur les eaux usées issus de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ.

Les résultats obtenus sont assez satisfaisants, du fait de l'importance des rendements d'élimination obtenus : pour l'épuration par lit bactérien seul (entre 93 et 100 % pour les MES, entre 94.83 et 99.91 % pour turbidité) : en couplage des deux procédés (98.94 % pour les MES, 99.09 %, pour la turbidité, 87.5 % pour la DCO et 97.46 % pour DBO).

Mots clés: eaux usées, lit bactérien, pouzzolane, brique rouge, rendement.

ملخص

يقدم هذا العمل دراسة تجريبية على معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية من قبل سرير بكتيري. في هذه الدراسة تكون المفروشات من مادتين: البوزولان والطوب الأحمر المسحوق. بمجرد تحديد خصائصها، يتم إدخال مادتين في الخرطوشة بمثابة سرير بكتيري على نموذج تنقية مياه تجريبية (TE900). تسمح التعبئة بحبس النباتات البكتيرية الموجودة في الماء والتي ستؤدي إلى تدهور المادة العضوية الموجودة في الماء. مكننا تحليل بعض معايير التلوث (للمادة المعلقة، طلب الأكسجين الكيميائي، الأكسجين الذائب، التعكر، المادة العضوية، مادة معدنية) من تقدير كفاءة القضاء على التلوث الموجود في مياه الصرف وتقييم الكفاءة تنقية.

تم إجراء الدراسة على مياه الصرف الصحي من محطة معالجة مياه الصرف الصحي عين الحوت.

وكانت النتائج مرضية تماما، نظرا للأهمية من عائدات القضاء: لتنقية كتبها خريز فقط (ما بين 93 و 100% للمادة المعلقة، بين 94.83 و 99.91 % للتعكر) في اقتران عمليتين (98.94% للمادة المعلقة، 99.09 % للتعكر، 87.5 % لطلب الأكسجين الكيميائي و 97.46 % لطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي على مدى 5 أيام).

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، السرير البكتيري، البوزولان، الطوب الأحمر، المحصول.

Abstract:

This work presents an experimental study on urban sewage treatment by bacterial bed. In this study the bedding is of two materials: pozzolan and crushed red brick. Once their characteristics are determined, the two materials are inserted in the cartridge serving as a bacterial bed on pilot water purification (TE900). The packing allows to trap the bacterial flora contained in the water which will proceed to the degradation of the organic matter contained in the water. Analyzes of some pollution parameters (dissolved MES, COD, MO, TUR, MO, MM, O₂) allowed us to estimate the efficiency of elimination of the pollution contained in the waste water and to assess the efficiency purification.

The study was done on wastewater from the AIN EL HOUTZ wastewater treatment plant.

The results obtained are quite satisfactory, because of the importance of the elimination efficiencies obtained: for purification by bacterial bed alone (between 93 and 100 % for MES, between 94.83 and 99.91 % for turbidity): in coupling of two processes (98.94 % for MES, 99.09 % for turbidity, 87.5 % for COD and 97.46 % for BOD).

Key words: sewage, bacterial bed, pozzolan, red brick, fixed culture, yield, lining.