

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 : Technologie de Traitement des Eaux

Thème

**Etude des performances d'un lit bactérien à garnissage en
brique locale concassée**

Soutenue publiquement le : 14/06/2016

Présentée par :

M^{elle} OUHOUD Wafaa

Devant le jury :

M ^r CHIBOUB FELLAH Abdelghani	Président
M ^r BOUMEDIENE Maamar	Examineur
M ^r GHENIM Abderrahmane Nekache	Examineur
M ^r BOUCHELKIA Hamid	Encadreur
M ^{me} BOUCHELKIA Fadila	Encadreur

Promotion 2015/2016

Remerciements

Toute ma gratitude et remerciement vont à Allah, le clément et le miséricordieux qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

*Je tiens à remercier vivement madame **F. BOUCHELKIA** et monsieur **H. BOUCHELKIA** pour la confiance qu'ils m'ont accordée en acceptant de m'encadrer ; pour leurs disponibilités tout au long de l'élaboration de ce mémoire de fin d'études, pour leurs aides, leurs critiques et leurs suggestions, qui ont été pour moi d'un grand apport ;*

*Mes profonds remerciements vont à Monsieur **A. GHIBOUB FELLAH**, qui a bien voulu présider ce jury ;*

*Je remercie chaleureusement, messieurs **M. BOUMEDIENE** et **A. GHENIM** qui m'ont fait l'honneur de juger ce travail ;*

*Mes sincères remerciements s'adresse au responsables du laboratoire ; **Mohammed, Abdellatif** et **M^{me} Sahli .F** pour leurs précieuses aides ;*

Mes remerciements s'adressent au personnel de la STEP d'Ain El Houtz pour leur collaboration et leur patience ;

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

Toute ma gratitude et ma reconnaissance vont à mes parents, que je ne remercierai jamais assez, et sans lesquels je ne serais jamais arrivée là à mon mari, à ma sœur à mes frères et à mes chères amies chacune par son nom.

Résumé :

Le but du présent travail est de faire une étude expérimentale dans le domaine d'épuration des eaux usées urbaines, qui consiste à faire une étude comparative des performances épuratoires d'un lit bactérien à garnissage en brique rouge et d'un lit bactérien à garnissage en brique silico-calcaire : cette étude consiste à évaluer les caractéristiques des matériaux utilisés et de voir leurs efficacités à travers leurs rendements d'élimination de la pollution contenue dans l'eau usée.

A cet effet, douze séries d'expériences ont été menées sur les eaux usées issu 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 (entre 90 et 100 % pour les MES, entre 95.83 et 98.87 % pour la turbidité et entre 88.57 et 96.42% pour la DCO, entre 93.30 et 96.19 pour la DBO₅). Les meilleurs résultats ont été obtenus en utilisant le garnissage en brique silico-calcaire.

Mots clés: eaux usées, lit bactérien, garnissage, brique, rendement, efficacité.

Abstract:

The purpose of this work is to make an experimental study in the field of treatment of urban waste water, which is to make a comparative study of the purification performance of a trickling a brick lining and a trickling packed in sand-lime brick: is to evaluate the characteristics of the materials used and see their efficiencies through their pollution removal efficiencies contained in wastewater.

For this purpose, twelve series of experiments were conducted on the waste water coming from the station AIN EL Houtz treatment. The results are quite satisfactory, because of the importance of elimination yields (between 90 and 100% for MES, between 95.83 and 98.87% for turbidity and between 88.57 and 96.42% for COD, between 93.30 and 96.19 pour BOD₅). The best results were obtained using the packing sand-lime brick.

Keywords: wastewater, trickling, brick, sand-lime brick.

المخلص

والغرض من هذا العمل هو إجراء دراسة تجريبية في مجال معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية، وهو إجراء دراسة مقارنة لأداء تنقية مرشح الأجر الأحمر و الأجر الأبيض هذه الدراسة لتقييم خصائص المواد المستخدمة ومعرفة كفاءتها من خلال كفاءات إزالة التلوث التزاماتها الواردة في مياه الصرف الصحي لهذا الغرض، أجريت اثنا عشر سلسلة من التجارب على مياه الصرف الصحي القادمة من محطة عين الحوت.
الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، مرشح، الأجر، مردود،

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1. Vue microscopique des bactéries.....	09
Figure I.2. Vue microscopique des virus.....	10
Figure I.3 . vue microscopique des protozoaires	10
Figure I.4 . vue microscopique des helminthes.....	10
Figure I.5.Schéma de principe d'une filière de traitement par lit bactérien	15
Figure I.6. Disques biologiques	16
Figure I.7. Principe de l'épuration à boue activé	16

Chapitre II

Figure II.1. Schéma de principe d'une filière type lit bactérien	26
Figure II.2. Lit bactérien avec garnissage traditionnel	27
Figure II.3. Alimentation du lit bactérien (garnissage plastique).....	28
Figure II.4. sprinkler de la Step API SOLLAC à Florange	29
Figure II.5. Schéma de principe d'une station d'épuration par lit bactérien	31
Figure II.6 . Filtre bactérien.....	32

Chapitre III

Figure III.1. Pilote TE 900.....	36
Figure III.2.Schéma du support pratique.....	37
Figure III.3. Support pratique.....	39
Figure III.4. La variation des débits recyclés de la pompe doseuse.....	41
Figure III.5.Schéma d'un clarificateur	42
Figure III.6.Schéma d'une cartouche en brique.....	43
Figure III.7. Schéma d'une cartouche de brique silico-calcaire	43
Figure III.8.Schéma fonctionnel d'épuration avec un lit bactérien.....	44
Figure III.9 : L'échantillon de 300 litres prélevé.....	47
Figure III.10.pH mètre (manuel)	48
Figure III.11. Turbidimètre	49
Figure III.12.Oxymétrie	49

Figure III.13. Dispositif de filtration.....	50
Figure III.14. Balance électronique.....	50
Figure III.15. Etuve	50
Figure III.16. Reacteur DCO	53
Figure III.17. Dispositif de mesure de la DBO.....	55
Figure III.18. La brique concassé	56
Figure III.19. La brique silico_calcaire concassé	57
Figure III.20 . courbe granulométriques de la .brique.....	61
Figure III.21 . courbe granulométriques de la brique silico-calcaire	64

Chapitre IV

Figure.IV 1. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).....	68
Figure IV.2. Eau à l'entrée du lit bactérien au garnissage de brique et la sortie du décanteur.....	68
Figure IV.3. variation du température (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.4. variation du pH (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.5. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=10l/h).....	70
Figure IV.6. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=10l/h).....	71
Figure IV.7. variation des MES (mg/l) (pour Q=10l/h).....	71
Figure IV.8. variation des MO (mg/l) (pour Q=10l/h).....	72
Figure IV.9. variation des MM (mg/l) (pour Q=10l/h).....	72
Figure IV.10. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=10/h).....	73
Figure IV.11. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (entré et la sortie).....	74
Figure IV.12. variation de la température (pour Q=16l/h).....	75
Figure IV.13. variation du pH (pour Q=16l/h).....	75
Figure IV.14. variation de l'O ₂ dissous-en (mg/l) (Q=16l/h).....	76
Figure IV.15. variation de la turbidité pour (Q=16 l/h).....	77
Figure IV.16. variation des MES (mg/l) (Q=16l/h).....	77
Figure IV.17. variation de la MO (mg/l) (Q=16l/h).....	78
Figure IV.18. Courbe de la variation de la MM (mg/l) (Q=16l/h).....	78
Figure IV.19. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (Q=16l/h).....	79
Figure IV.20. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et sortie).....	80
Figure IV.21. variation de la température (pour Q=20l/h).....	81
Figure IV.22. variation du pH (pour Q=20l/h).....	81
Figure IV.23. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=20l/h).....	81
Figure IV.24. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=20l/h).....	82
Figure IV.25. variation des MES (mg/l) (pour Q=20l/h).....	82
Figure IV.26. variation des MO (mg/l) (pour Q=20l/h).....	83
Figure IV.27. variation des MM (mg/l) (pour Q=20l/h).....	84
Figure IV.28. Courbe de la variation de la DCO (mg/l).....	84
Figure IV.29. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	85
Figure IV.30. variation de la température (pour Q=25l/h).....	86
Figure IV.31. variation du pH (pour Q=25l/h).....	86
Figure IV.32. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=25l/h).....	87
Figure IV.33. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=25l/h).....	87
Figure IV.34. variation des MES (mg/l) (pour Q=25l/h).....	88
Figure IV.35. variation des MO (mg/l) (pour Q=25l/h).....	88
Figure IV.36. variation des MM (mg/l) (pour Q=25l/h).....	89
Figure IV.37. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=25/h).....	89
Figure IV.38. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	90
Figure IV.39. variation de la température (pour Q=10/h).....	91

Figure IV.40. variation du pH (pour Q=10l/h).....	91
Figure IV.41. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=10l/h).....	92
Figure IV.42. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=10l/h).....	92
Figure IV.43. variation des MES (mg/l) (pour Q=10l/h).....	93
Figure IV.44. variation des MM (mg/l) (pour Q=10l/h).....	89
Figure IV.45. variation des MO (mg/l) (pour Q=10l/h).....	94
Figure IV.46. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=10/h).....	94
Figure IV.47. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	95
Figure IV.48. variation de la température (pour Q=16/h).....	96
Figure IV.49. variation du pH (pour Q=16l/h).....	96
Figure IV.50. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=16l/h).....	97
Figure IV.51. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=16l/h).....	97
Figure IV.52. variation des MES (mg/l) (pour Q=16l/h).....	98
Figure IV.53. variation des MM (mg/l) (pour Q=16l/h).....	98
Figure IV.54. variation des MO (mg/l) (pour Q=16l/h).....	99
Figure IV.55. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=16/h).....	99
Figure IV.56. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	100
Figure IV.57. variation de la température (pour Q=20/h).....	101
Figure IV.58. variation du pH (pour Q=20l/h).....	101
Figure IV.59. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.60. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.61. variation des MES (mg/l) (pour Q=20l/h).....	103
Figure IV.62. variation des MM (mg/l) (pour Q=20l/h).....	103
Figure IV.63. variation des MO (mg/l) (pour Q=20l/h).....	104
Figure IV.64. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=20l/h).....	104
Figure IV.65. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	105
Figure IV.66. variation de la température (pour Q=25/h).....	106
Figure IV.67. variation du pH (pour Q=25l/h).....	106
Figure IV.68. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=25l/h).....	107
Figure IV.69. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=25l/h).....	107
Figure IV.70. variation des MES (mg/l) (pour Q=25l/h).....	108
Figure IV.71. variation des MM (mg/l) (pour Q=25l/h).....	108
Figure IV.72. variation des MO (mg/l) (pour Q=25l/h).....	109
Figure IV.73. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=25l/h).....	109
Figure IV.74. Eau à l'entrée du lit bactérien au garnissage de brique silico-calcaire et la sortie du décanteur.	110
Figure IV.75. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	111
Figure IV.76. variation de la température (pour Q=16/h).....	111
Figure IV.77. variation du pH (pour Q=16l/h).....	112
Figure IV.78. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=16l/h).....	112
Figure IV.79. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=16l/h).....	113
Figure IV.80. variation des MES (mg/l) (pour Q=16l/h).....	113
Figure IV.81. variation des MM (mg/l) (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.82. variation des MO (mg/l) (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.83. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=16l/h).....	115
Figure IV.84. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	116
Figure IV.85. variation de la température (pour Q=20/h).....	117
Figure IV.86. variation du pH (pour Q=20l/h).....	117
Figure IV.87. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.88. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.89. variation des MES (mg/l) (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.90. variation des MM (mg/l) (pour Q=20l/h).....	119
Figure IV.91. variation des MO (mg/l) (pour Q=20l/h).....	119

Figure IV.92. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=20l/h).....	120
Figure IV.93. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	121
Figure IV.94. variation de la température (pour Q=16/h).....	121
Figure IV.95. variation du pH (pour Q=16l/h).....	122
Figure IV.96. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=16l/h).....	122
Figure IV.97. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=16l/h).....	123
Figure IV.98. variation des MES (mg/l) (pour Q=16l/h).....	123
Figure IV.99. variation des MM (mg/l) (pour Q=16l/h).....	124
Figure IV.100. variation des MO (mg/l) (pour Q=16l/h).....	124
Figure IV.101. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=16l/h).....	125
Figure IV.102. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie)....	126
Figure IV.103. variation de la température (pour Q=20/h).....	126
Figure IV.104. variation du pH (pour Q=20l/h).....	127
Figure IV.105. variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=20l/h).....	127
Figure IV.106. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=20l/h).....	128
Figure IV.107. variation des MES (mg/l) (pour Q=20l/h).....	128
Figure IV.108. variation des MM (mg/l) (pour Q=20l/h).....	129
Figure IV.109. variation des MO (mg/l) (pour Q=20l/h).....	129
Figure IV.110. Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=20l/h).....	130

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1. Avantages et inconvénients des procédés d'épuration.....	18
Tableau I.2. Normes de rejets internationale.....	21
Tableau I.3. Valeurs limites maximales des paramètres de rejets.....	22

Chapitre II

Tableau II.1. Les caractéristiques de certains garnissages.....	28
Tableau II.2. Mise en œuvre des lits bactériens.....	31

Chapitre III

Tableau.III.1 : Les débits recyclés de la pompe doseuse.....	41
Tableau III.02. Facteurs de conversion de la DBO5 en fonction du volume de prise.....	54
Tableau III.03: Résultats de l'analyse granulométrique de brique rouge.....	61
Tableau III.04: Résultats de l'analyse granulométrique de silico-calcaire.....	63

Chapitre IV

Tableau IV.1. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=10/h).....	67
Tableau IV.2. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=16/h).....	74
Tableau IV.3. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=20/h).....	79
Tableau IV.4. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=25/h).....	85
Tableau IV.5. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=10/h).....	90
Tableau IV.6. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=16/h).....	95
Tableau IV.7. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=20/h).....	100
Tableau IV.8. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=25/h).....	105
Tableau IV.9. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=16l/h).....	110
Tableau IV.10. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=20/h).....	115
Tableau IV.11. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=16/h).....	120
Tableau IV.12. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau (pour Q=20/h).....	125
Tableau IV.13 Tableaux IV.13. Rendements d'élimination deux garnissage.....	130

Liste des Abréviations

STEP : station d'épuration.

ONA : Office National d'Assainissement.

EH ou Eq/hab : Equivalent habitant.

C° : Degré Celsius.

DBO : Demande Biochimique 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 dissout (mg/l).

MO : Matière organique (mg/l).

MM : Matière minérale (mg/l).

Tur : **Turbidité**(NTU).

Im : Indice de Mohlman

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

me : masse d'eau (g).

ms : masse du de matériau sec (g).

mes : masse du mélange d'eau et de matériau (g).

ε: La porosité totale ou géométrique.

V_T : Volume totale des vides (matériau sec) (m³).

V_s: Volumes des solides (m³).

V_v : Volume des vides (m³).

ρ_s : La masse volumique absolue (kg/m³).

Y_s : La densité relative.

Ab : Coefficient d'absorption (%).

e : indice de vide

D_E : La taille effective (mm).

D₆₀ : diamètre de la maille du tamis retenant 60 % de la masse.

Cu : coefficients d'uniformités.

Q : Débit (l/h).

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les différents types de traitement.	
I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition des eaux usées	3
I.3. Les différents types des eaux usées	3
I.3.1. Les eaux usées domestiques	3
I.2.2. Les eaux usées industrielles	3
I.2.3. Les eaux usées d'origines agricoles	4
I.2.4. Les eaux pluviales	4
I.4. Nécessité de l'épuration des eaux usées.....	4
I.5. Les paramètres de pollution des eaux usées	4
I.5.1. Les paramètres physique	5
I.5.2. Les paramètres chimique	7
I.6. Caractéristiques et composition des eaux usées	8
I.6.1. micro-organismes.....	9
I.6.2. Les paramètres bactériologiques.....	11
I.6.3. L'équivalent habitant (EH)	11
I.7. L'épuration des eaux usées	11
1.7.1. Les différents procédés d'épuration des eaux usées.....	12
a. Les prétraitements	12
b. Le traitement primaire	13
c. Le traitement biologique.....	14
1-Procédés biologiques intensifs.....	14
2. Les procédés extensifs.....	17
d. Le traitement tertiaire	18
I.8. La réutilisation des eaux usées.....	20
I.8. 1. Réutilisation industrielle	20
I.8. 2. la réutilisation en irrigation.....	21
I.8. 3. Réutilisation en zone urbaine	21
I.9. Les normes de rejets d'effluents	21
I.9.1. Normes internationales.....	21
I.8.2. Normes Algériennes.....	22

Chapitre II: L'épuration par le lit bactérien.

II.1. Introduction	
II. 2. L'épuration par lits bactériens	24
II.2.1. Historique	24
II.2.2. Domaine d'application recommandé	25
II.2.3. Principe du traitement par lit bactérien	25
II.2.4. Réalisation des lits bactériens.....	26
II.2.5 Effets du recyclage	29
II.2.6. les éléments de calcul des lits bactériens.....	30
II.2.7. la classification des lits bactériens	30
a. lit bactérien à faible charge	31
b. Lit bactérien à forte charge.....	31
II.2.8 Techniques écologiques.....	32

a. Le filtre bactérien	32
b. Les biofiltres	32
II.2.9. Performances épuratoires.....	33
II.2.10. Avantages et inconvénients de lits bactériens	33

CHAPITRE III: Méthodes et matériels

III.1. Objectifs principaux des expériences.....	35
III.2. Composition de L'équipement.....	35
III.3. Description du pilote TE900.....	36
III.3.1. Support pratique.....	37
III.3.2. Instrumentation.....	38
III.3.3. Construction.....	38
III.3.4. Liste des vannes.....	38
III.4. Mise en marche.....	40
III.4.1. La commande du recyclage de l'eau claire.....	40
III.4.2. Etalonnage.....	40
III.5. Système de fonctionnement du pilote.....	42
III.5.1. Clarificateur:.....	42
III.5.2. Cartouche.....	43
III.5.3. Paramètres d'entrée et de sortie.....	44
III.6. Manipulations	44
III.6.1. Procédé d'épuration avec lit bactérien.....	44
III.6.2. Procédure générale d'arrêt.....	45
III.7. Principales méthodes d'analyses d'eau	46
III.7.1. Echantillonnages.....	46
III.7.2. Mesures à effectuer.....	47
a. Température	47
b. pH.....	48
c. Turbidité.....	49
d. Oxygène dissous.....	49
e. Matières en suspensions (MES).....	50
f. Demande chimique en oxygène DCO.....	51
g. Demande biochimique en oxygène DBO.....	53
III.8. les matériaux de garnissages utilisés	55
a.. La brique rouge	56
b- brique silico -calcaire	56
III.8.1. Caractéristique de matériaux filtrants.....	57
a. Diamètre effectif et coefficient d'uniformité	58
b. Masse volumique apparente	58
c. Masse spécifique ou la masse volumique absolue	59
d. Densité relative du brique rouge	59
e. Porosité	59
f. Indice de vide	59
g. Coefficient d'absorption des granulats.....	59
III.9. Caractéristiques physiques de la brique de Zenata et de brique silico- calcaire :.....	59
III.9.1. Analyse granulométrique	60

III.9.2. Mode opératoire	60
--------------------------------	----

Chapitre IV: Résultats et interprétations.

IV.1. Epuration avec lit bactérien en garnissage en brique sur une hauteur 40 cm.....	67
IV.1.1. Epuration avec un débit de 10 l/h	67
IV.2.2. Epuration avec un débit de 20 l/h	73
IV.2.3. Epuration avec un débit de 25 l/h	79
IV.2.4. Epuration avec un débit de 16 l/h	85
IV.3. Epuration avec lit bactérien a garnissage traditionnel (pouzzolane) sur une hauteur 80cm.....	90
IV.1.1. Epuration avec un débit de 10 l/h.....	90
IV.3.1. Epuration avec un débit de 16 l/h	95
IV.3.2. Epuration avec un débit de 20 l/h	100
IV.3.3. Epuration avec un débit de 25 l/h	105
IV.4. Epuration avec lit bactérien en garnissage brique silico- calcaire sur une hauteur 40	110
IV.4.4. Epuration avec un débit de 16 l/h	110
IV.4.2. Epuration avec un débit de 20 l/h	115
IV.4. Epuration avec lit bactérien en garnissage brique silico- calcaire sur une hauteur 80	120
IV.5.1. Epuration avec un débit de 16 l/h	120
IV.5.2. Epuration avec un débit de 20 l/h	125
IV.6. Etude comparative entre matériau de brique rouge et brique silico- calcaire.....	130
III.8. Travaux précédemment réalisés dans le domaine	131
Conclusion	134

Introduction générale

Introduction

L'inquiétude suscitée par la pénurie et la rareté des ressources en eaux en Algérie a obligé l'état à envisager le recours d'urgence aux ressources non conventionnelles tel que le dessalement de l'eau de mer pour l'alimentation en eau potable des villes côtières et la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation.

S'agissant de la réutilisation des eaux usées épurées, l'opération est à l'évidence. Elle est subordonnée au bon fonctionnement des stations d'épuration. Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques suite à un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation agricole ou rejet dans les milieux naturels.

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physique, physico-chimique et biologique. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Certains procédés permettent même l'élimination de l'azote et du phosphore.

Parmi les procédés d'épuration des eaux usées, nous citons : les lits bactériens, le lagunage naturel et aéré, les disques biologiques et les boues activées. Dans le monde et en Algérie en particulier, le traitement d'eau usée le plus couramment utilisé étant les boues activées, ces dernières nécessitent un investissement important, une technicité élevée, une diversité d'équipement et une consommation énergétique importante (aérateurs, brasseurs, compresseurs, vis de recirculation...). La recherche des procédés alternatifs simple, facile à mettre en œuvre, économe en énergie, s'avère nécessaire; c'est dans cette optique que s'inscrit cette étude; en proposant l'utilisation des lits bactériens classiques à garnissage en matériaux locaux (brique).

L'objectif de ce présent travail consiste à évaluer une étude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en brique de Zenata et d'un lit bactérien à garnissage en brique silico-calcaire, en utilisant le pilote TE900 disponible dans le laboratoire de l'université de Tlemcen. Cette étude consiste à varier le type de garnissage, la hauteur du lit bactérien, le débit de l'alimentation et le débit recyclé.

Les eaux usées issues de la station d'Ain El Houtz sont utilisées dans ces expériences.

Notre étude, est structurée comme suit :

- ❖ Une partie bibliographique composée essentiellement de deux chapitres :
 - ✓ Le premier chapitre traite les paramètres de qualité et les différents procédés d'épuration des eaux usées existants.
 - ✓ Le deuxième chapitre présente l'épuration biologique par le procédé de lits bactériens.
- ❖ Une partie expérimentale constituée de deux chapitres :
 - ✓ L'un présentant les différents procédés utilisés pour l'analyse de l'eau usée et épurée.
 - ✓ L'autre réservé à l'interprétation des résultats expérimentaux obtenus.

Chapitre I

Généralité sur les eaux usées et leur traitement

Chapitre I Généralité sur les eaux usées et leur traitement

I.1 Introduction :

L'augmentation de la population et le développement des activités de l'homme (agriculture, industrie...etc.), les besoins en eau potable augmentent et par conséquent l'augmentation des eaux usées qui en découlent. Celle –ci peuvent être définies comme les eaux qui sont dégradées par les activités des hommes ; il peut s'agir d'activités domestiques ou industrielles. Le rejet de ces eaux dans le milieu naturel peut causer des très graves problèmes à la santé publiques et des nuisances environnementales [01].

I.2. Définition des eaux usées :

Les eaux usées, appelées aussi eaux polluées, sont toutes les eaux qui sont de nature à contaminer les milieux dans lesquelles elles sont déversées. Ces eaux sont en général le sous-produit d'une utilisation humaine soit domestique soit industrielle. Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être traitées [02].

I.3. Les différents types des eaux usées :

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

I.3.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit (tout-à-l'égout)

- **Les eaux ménagères** : contiennent les matières en suspension (terre, sable, et des matières dissoutes (sels minéraux et substances organiques diverses) .
- **Les eaux de vannes** : s'appliquent aux rejets des toilettes. Elles sont chargées des diverses matières organique azotées et de germes fécaux [03]

I.3.2. Les eaux industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées,

Dans certains cas, avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux industrielles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution [04].

I.3.3. Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses [05]. Les épandages d'engrais nitrates et phosphatés, sous une forme ou en quantité, telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. Parmi les polluants d'origine agricole, il faut tenir compte aussi des détergents se dispersant lors des applications de traitement des cultures [06].

I.3.4. Les eaux pluviales

Elles peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) [05].

I.4. Nécessité de l'épuration des eaux usées :

Le traitement des eaux usées doit être compatible avec l'usage prévu, on épure l'eau pour :

- L'irrigation;
- Protection de l'environnement;
- Recharge des nappes;
- la préservation et l'amélioration de la santé [07].

I.5. Les principaux paramètres de pollution caractérisant les eaux usées:

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (*industrielle, domestique, etc.*). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en trois catégories : les paramètres physiques, chimiques, et bactériologiques [08].

I.5.1. Les paramètres physiques:

a. Les matières en suspension (MES)

Il s'agit des matières qui ne sont ni solubilisées, ni colloïdales, et qui comportent les matières organiques et les matières minérales contenues dans eau usée. Mesurées par pesée après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C, elles constituent les MVS, MMS [09].

Les MES sont exprimées par la relation suivante : $MES = 30\% MMS + 70\% MVS$.

➤ Les Matières Volatiles en Suspension (MVS) :

Les MVS représentent la partie organique des MES et sont obtenues par la calcination à 525 C° pendant 2 heures [10].

➤ Les Matières Minérales en Suspension (MMS) :

Les MMS représentent la différence entre les MES et les MVS et correspondent à la présence de sels minéraux de silice [10].

b. Les matières décantables et non décantables

On distingue les matières qui décantent en un temps donné, et les matières qui ne décantent pas et qui restent donc dans l'eau en se dirigeant vers l'épuration biologique [09].

c. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales ; argiles, limons, grains de silices, matières organiques,... Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle est exprimée en mg/l de silice ou en unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit) [11].

d. La température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme un facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau. La température est mesurée par thermo-sonde (ou par thermomètre) [12].

e. Le potentiel hydrogène (pH) :

Le pH d'une eau représente son caractère alcalin ou acide et dont le facteur le plus important, il varie de 0 à 14.

En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. La mesure doit s'effectuer sur place par Le pH mètre : cet appareil de mesure est constitué d'une électrode de pH que l'on plonge dans la solution dont on veut connaître le caractère. Son pH s'affiche sur l'écran [13].

f. Salinité

La salinité d'une eau correspond à sa concentration en sels dissous dans leur ensemble. Elle est exprimée soit par la valeur de la conductivité électrique (CE) ou par le résidu sec (RS) [32].

g. Les métaux lourds

Le suivi des concentrations en métaux lourds (densité > 5 g/cm³) est particulièrement important vu leur toxicité et leur capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires .contrairement aux polluants organique .

Les métaux lourds se dissolvent très bien dans une eau acide (PH faible). Dans des eaux neutre ou basique ,ils précipitent et s'accumulent principalement dans la phase solide (boues) [01].

h. Indice de biodégradabilité

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 :

$$K = \text{DCO} / \text{DBO}_5 \dots \dots \dots (1.1)$$

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 dégradabilité de la matière organique. Il est proche de 1.5 pour les eaux vannes, 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 [11].

i. La conductivité électrique (CE)

La d'une eau fournit une indication précise sur sa teneur en sels dissous (salinité de l'eau). Elle s'exprime en $\mu\text{Sm/cm}$ et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm/cm . La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [19].

j. L'azote ammoniacal (NH_4^+)

Dans l'eau, l'azote ammoniacal (ammonium) est la fraction la plus réduite, soluble, il se trouve sous formes: ion ammonium et la forme non dissociée l'ammoniaque (NH_3). En milieu basique l'ammonium est en fait un gaz peu soluble et qui se dégage facilement dans l'atmosphère, on parle de stripping de (NH_3). Son origine c'est les pluies et les neiges (jusqu'à 2 mg/l) les eaux souterraines (réduction des nitrates) en association avec le fer se fait la décomposition des déchets azotés (urée, azote organique)[19].

I.5.2. Les paramètres chimiques :

a. La demande biologique en oxygène (DBO)

la demande biochimique en oxygène (DBO), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présente dans l'eau Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommé au bout de cinq jours. C'est la DBO5, demande biochimique en oxygène sur cinq jours[14].

b. La demande chimique en oxygène (DCO)

la demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables. Ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières [14].

C. L'oxygène dissous

L'oxygène est essentiel pour le maintien de la vie aquatique et pour les phénomènes d'auto épuration dans les cours d'eau. La présence ou l'absence de ce paramètre crée deux milieux différents :[09]

- *Milieu aérobie (présence d'oxygène) ;*
- *Milieu anaérobie (absence d'oxygène)*

d. Les matières oxydables (MO)

C'est un paramètre utilisé par les agences de l'eau pour caractériser la pollution organique de l'eau, il se définit à partir de la DBO5 et de la DCO selon la formule suivant:[15]

$$MO = \frac{2 \cdot DBO5 + DCO}{3} \dots\dots\dots (I.2)$$

e. Le carbone organique total (COT)

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).[15]

f. Pollution azotée et phosphorée

• Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire. Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [15].

• Pollution par l'azote

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riche en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires.

L'azote existe sous deux formes : la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-) [15].

I.6. Caractéristiques et composition des eaux usées :

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine. Divers micro-organismes pathogènes provenant essentiellement des matières fécales peuvent être rencontrés dans les eaux usées brutes. Ils sont à l'origine de la pollution quaternaire des eaux [16].

I.6.1. micro-organismes :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries ; les virus ; les protozoaires et les helminthes [16].

a. Les bactéries

Les eaux usées brutes contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont 10^5 sont des entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridiens. La concentration en bactérie pathogènes est de l'ordre 10^4 /l. Les plus fréquemment rencontrées, les salmonelles qui sont responsables de la typhoïde et des troubles intestinaux [16].

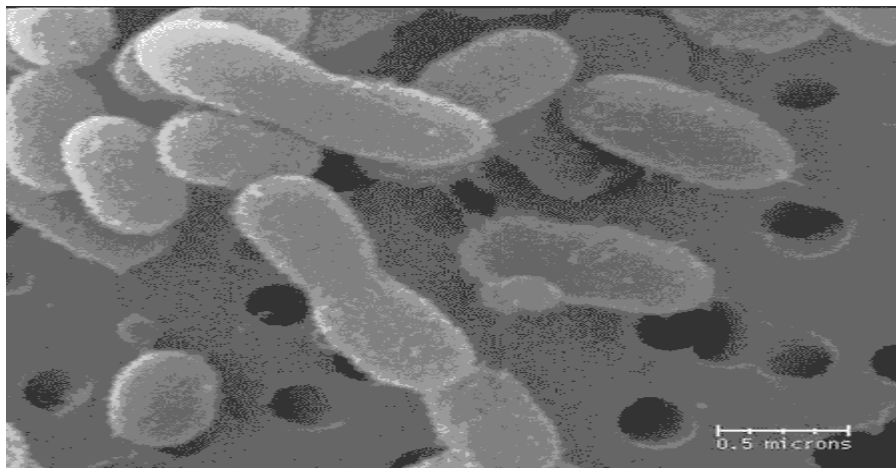


Figure I.1. Vue microscopique des bactéries [16]

b. Les Virus

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, également on peut citer l'hépatite A [16].

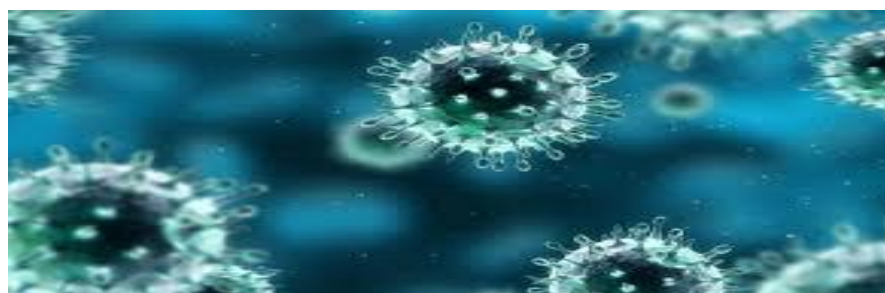


Figure I.2. Vue microscopique des virus [16]

c. Les protozoaires

Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoebahistolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne [16].



Figure I.3 : vue microscopique des protozoaires [16]

d. Les helminthes

les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'oeufs, Le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10^3 d'œufs /l. Parmi ces oeufs on trouve notamment les Ascaris et les tæniases proviennent des excréta des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire [16].

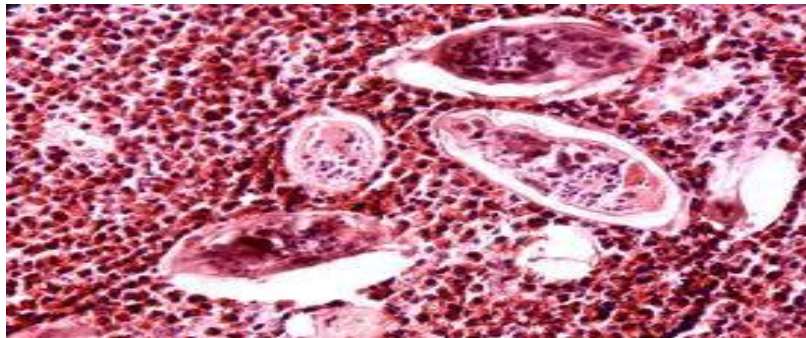


Figure I.4 : vue microscopique des helminthes [16].

I.6.2. Les paramètres bactériologiques :

a. Coliformes totaux

Les coliformes (Enterobacteriaceae) sont des bacilles, gram(-), non sporulés, capsules, aérobie ou anaérobies facultatives. Se développant entre 25 et 37°C

Les coliformes se développent entre 25 et 37 °C, fermentation du lactose en produisant du gaz et de l'acide en 48 heures à 37°C[20].

b. Coliformes fécaux

C'est un groupe de bactéries utilisé comme indicateur de contamination fécale. Elles appartiennent à la classe des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bacilles à gram négatif, oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier et de fermenter le lactose et produisent du gaz, de l'acide et l'aldéhyde. On les considère comme de bons indicateurs de contamination fécale et se cultivent à 44°C [18].

c. Les streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille des streptococcaceae, sont des cocci généralement disposés en diplocoques ou en courte chaîne, à gram négatif, asporulantes, immobiles, aérobies facultatifs et possédant un métabolisme fermentatif. Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur présence dans le milieu hydrique prouve une pollution d'origine fécale de l'eau. Cependant, on peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et les insectes [16].

I.6.3. L'équivalent habitant (EH) :

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 180 à 300 l d'eau par jour. La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP) [19].

I.7. L'épuration des eaux usées :

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible.

L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore....etc.)

Elle se fait dans des stations d'épuration qui comportent des installations de traitement des eaux et des dispositifs de traitement des boues produites [20].

1.7.1. Les différents procédés d'épuration des eaux usées :

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée [21].

a. Les prétraitements

Ils comprennent classiquement les dégrilleurs, les des sableurs et les des huileurs. L'étape de prétraitement vise à éliminer les fractions les plus grossières contenues dans les effluents résiduaux. De nombreux équipements utilisés pour l'épuration des eaux sont également très fréquemment employés pour protéger les équipements disposés sur le réseau d'assainissement (poste de refoulement, déversoir d'orage...).[22]

- **Dégrillage**

En général, le dégrillage des eaux résiduaux est réalisé avec des grilles d'entrefer compris soit entre 30 et 100 mm (prédégrillage), soit entre 10 et 25 mm (dégrillage). Il existe aussi un dégrillage inférieur à 10 mm réalisé avec des macro tamiseurs rotatifs.

Différents types de grilles sont distinguées, les grilles manuelles (barreaux en général inclinés) pour des petits débits, les grilles automatiques (barreaux courbes pour des petits débits ou droits pour des débits plus conséquents) pour lesquelles le système de raclage (souvent discontinu) est un râteau qui peut être situé à l'aval ou à l'amont. A signaler un type de grille récent et bien apprécié, l'AQUAGARD, qui est en fait un mécanisme automatique constitué de peignes courbes raclant sans

discontinuer les espaces inter barreaux. Et enfin, sont parfois utilisés des tamis (maille de 0.25 à 0.03 mm) qui peuvent être ou non rotatifs, et qui sont toujours à l'aval d'un véritable dégrillage pour éviter leur colmatage.[22].

- **Dessablage**

L'objectif essentiel du dessablage est de retenir les particules sédimentables afin de protéger les installations de l'aval, les dépôts de sables réduisant en outre la débitance des conduites. En théorie, le dessablage vise à piéger les matériaux denses ($d > 2$) et de taille grenue (diamètre $D > 0.2$ à 0.25 mm, voire à 0.5 mm), c'est à dire essentiellement des particules minérales type graviers et sables. Cependant, il est inévitable qu'une petite proportion de matière organique soit retenue au niveau de ces matériaux, ce qui engendre des problèmes de fermentation en anoxie au fond du bassin, aussi des procédés de lavage de sable sont-ils souvent mis en œuvre [22]

- **Déshuilage**

L'objectif du déshuilage est de retenir les graisses et les huiles (particules de densité plus faible que l'eau) afin de protéger le milieu naturel. En effet, ces éléments peuvent former en zone calme une couche fine (souvent irisée) en surface qui réduit les échanges gazeux eau-atmosphère. Cette opération de séparation est également essentielle pour protéger les installations sensibles situées à l'aval (dans les stations d'épuration, les corps gras peuvent former des émulsions perturbant notamment les écoulements).

Les déshuileurs sont en général dimensionnés pour des vitesses ascensionnelles voisines de 15 m/h, et il en existe de différents types : des deshuileurs indépendants installés après un dessableur ou des ouvrages combinés dessableur-deshuileur. Le premier type est souvent utilisé pour des bassins de retenue pluviale, le bassin est alors simplement équipé de cloisons siphoniques. Le second type est plus compacte, il est en général utilisé dans les stations d'épuration et met en œuvre une insufflation

d'air par fines bulles pour obtenir la flottation des graisses [22].

b. Le traitement primaire

Ce traitement représente la décantation qui consiste à utiliser la différence entre les masses volumiques de l'eau et les particules solides en suspension, en utilisant des procédés physiques naturels, comme la filtration ou bien des procédés physico-chimique tels que la coagulation-floculation [23]. On distingue :

➤ **La décantation physique (naturelle)**

La décantation est utilisée dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau ; elle s'effectue en un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée. Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration [23].

➤ **La décantation physico-chimique**

Si les particules sont très fines (colloïdales), ils peuvent rester en suspension dans l'eau très longtemps, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation 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 la floculation en trouve: (les floculant minéraux, les floculant organiques) [09].

c. Le traitement biologique :

Les prétraitements physiques permettent d'éliminer les fractions solides grossières des eaux usées, sans action sur la partie non décantable. Les traitements physicochimiques permettent, en plus, d'éliminer une partie de la fraction soluble. Mais seuls les traitements biologiques permettent, de façon acceptable sur le plan technico économique, d'éliminer de façon très poussée la fraction soluble et organique de la pollution.

1-Procédés biologiques intensifs

Les traitements secondaires également appelés traitements biologiques visent à dégrader la matière organique biodégradable contenue dans l'eau à traiter. Des microorganismes mis en contact avec l'eau polluée assimilent la matière organique qui, leur sert de substrat de croissance. L'ensemble de la pollution avec les microorganismes vivants forme la liqueur mixte ou boue biologique contenue dans des bassins de traitement biologique. En règle générale, l'élimination complète de la pollution organique de ces bassins se déroule en conditions aérées par des souches aérobies strictes ou facultatives plusieurs procédés existent à ce stade du traitement biologique ce sont procédés a culture en suspension ou procédés à boues activées, les procédés à culture fixée (lits bactériens, disque biologique rotatifs), les procédés à décantation interne (lagunage, épandage) [19].

➤ Lit bactérien

Il reproduit industriellement l'effet épurateur du sol. Utilisé pour les eaux très chargées, il est constitué d'un bassin rempli de brique, roche poreuse d'origine volcanique sur laquelle les micro-organismes forment une pellicule appelée zoogée (biofilm). C'est la raison pour laquelle les lits bactériens sont également appelés «réacteurs à biomasse fixée», la biomasse étant la quantité de matières vivante dans un écosystème aquatique par unité de surface ou de volume. L'effluent est distribué par aspersion en surface et l'oxygénation est apportée par ventilation naturelle de bas en haut. En ruisselant, l'eau à épurer forme un film liquide qui sera traversé par l'oxygénation venant de l'air, et par le CO₂ formé dans la biomasse. Les rendements d'épuration sur lit bactérien peuvent atteindre 85 à 95 %. Par ailleurs, ce procédé génère des boues fermentescibles et des nuisances olfactives [24].

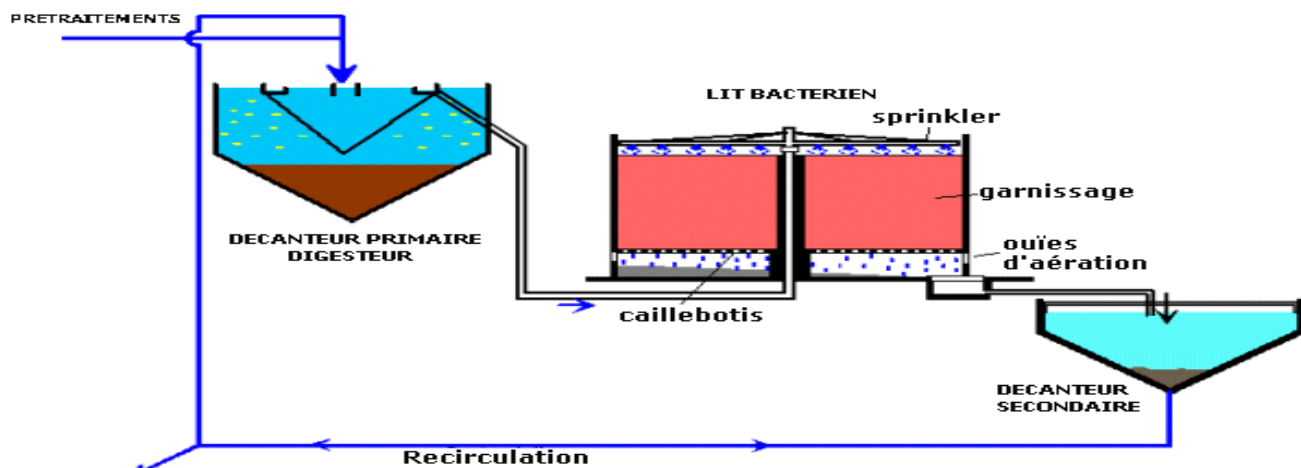


Figure I.5: Schéma de principe d'une filière de traitement par lit bactérien.[24]

➤ Disques biologiques

Une autre technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par des disques parallèles, régulièrement espacés sur un axe horizontal tournant à faible vitesse. Les microorganismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi immergés. Leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. Ce procédé est mieux adapté à un système séparatif que unitaire, il s'adapte bien aux fortes charges des effluents. Il élimine la DBO₅, la DCO et l'ammoniac de façon satisfaisante. Il faut rappeler que les boues représentent 1 à 1.3 litres/hab/jour c.à.d. 0.8 à 1 kg de MES par Kg de DBO₅ éliminé [25].

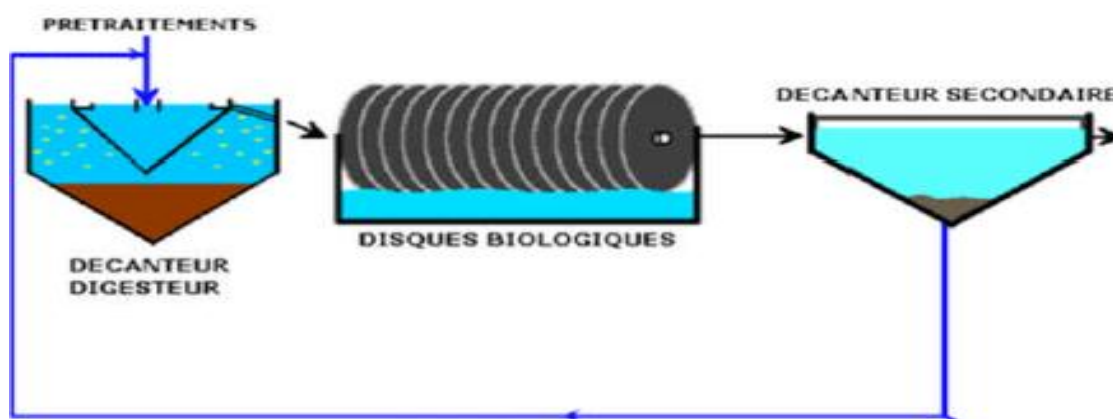


Figure I.6. Disques biologiques [24].

➤ Les boues activées

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répandu (OMS, 1979). Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange

des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte) ; l'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène, voire même d'oxygène pur, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies. Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent (boues secondaires en excès) est extrait du système et évacué vers le traitement des boues [26] .

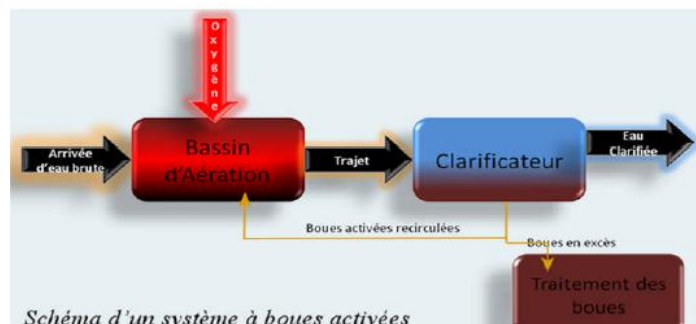


Figure I.7. Principe de l'épuration à boue activé.[26]

➤ **Indice de boue :**

L'indice de boue représente le volume occupé par un gramme de boue après trente minutes de décantation statique dans une éprouvette d'un litre à paroi transparente graduée. Noté IB, exprimé en ml.g-1 de MES, il est défini par la formule suivante :

$$IB = VD30 / MES \dots\dots\dots (I.3).$$

Avec :

VD30 = volume de boue décanté en trente minute (ml.l⁻¹).

MES = concentration des matières en suspension dans l'éprouvette (g.l⁻¹).

Si :

- 50 ml/g < IB < 150 ml/g la boue décante bien.
- IB > 150 ml/g il y a mauvaise décantation et les boues recirculées sont trop claires [27].

2. Les procédés extensifs :

Ils reposent sur les phénomènes de l'auto-épuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc [28].

➤ **Le lagunage (culture libre) :**

Le lagunage est un système biologique d'épuration qui repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux [28].

➤ **Lagunage naturel :**

Epuration est assurée grâce à un long temps de séjour dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est 3. Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure de bassins est exposée à la lumière ; ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carboné formé par les bactéries ainsi que les sels minéraux dans les eaux usées permettent aux algues de se multiplier, au fond du bassin où la lumière ne pénètre pas; ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique [29].

➤ **Lagunage aéré**

Il s'agit d'un ou plusieurs bassins de 2 à 4 mètres de profondeur, dans lesquels l'apport d'oxygène est fourni par un système artificiel (aérateurs de surface, diffuseurs d'air) Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année[29].

Tableau I.1. Avantages et inconvénients des procédés d'épuration [20].

Traitement	Avantages	Inconvénients
Lagunage	-faible coût -peu d'entretien -coût d'exploitation faible -bonne qualité de l'eau traitée -pas de décantation primaire, ni recyclage	- surface au sol importante -odeurs et moustiques peuvent se développer
Boues activées	-bonne qualité de l'eau traitée, mais peut subir des fluctuations -surface au sol relativement réduite -bonne qualité de l'eau traitée	-décanteur primaire -décanteur secondaire -problèmes de boues -coût d'exploitation plus élevé, entretien mécanique
Lit bactérien	-excellent rendement	-décanteur primaire -décanteur secondaire -problèmes de boues

lorsqu'ils sont bien calculés,
surface au sol réduit
-faible consommation
d'énergie

d. Le traitement tertiaire :

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en oeuvre de traitement tertiaires. Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires [30].

➤ L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par : électrodialyse, résines échangeuses d'ions, mais ces traitements ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût [31].

➤ La dénitrification

la station d'épuration doit être équipée d'un système de dénitrification des eaux épurées avant leur rejet en le faisant passer dans un bassin spécifique d'anoxie ; On y prive d'air les bactéries d'épuration qui s'emparent des atomes d'oxygène des molécules de nitrates, ce qui libère de ce fait leurs atomes d'azote qui s'échappent sous forme gazeuse vers l'atmosphère [31].

➤ La nitrification

La nitrification est définie comme étant la conversion de composés azotés réduits (organiques ou inorganiques) en éléments dont l'azote est dans un état plus oxydé. La nitrification est généralement réalisée par des microorganismes autotrophes qui utilisent l'azote ammoniacal ou le nitrite comme source d'énergie et comme source d'azote, le dioxyde de carbone comme source de carbone et l'oxygène comme accepteur final d'électrons. Elle s'opère en deux étapes : la nitritation qui est l'oxydation de l'ammoniac en nitrite, et la nitratisation correspondant à l'oxydation du nitrite en nitrate [31].

➤ L'élimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues [32].

➤ Désinfection

La désinfection est un traitement qui permet de détruire et d'éliminer les micro-organismes susceptibles de transmettre des maladies. Ce traitement n'inclue pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné. On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides .

Il existe généralement deux types de désinfection :

- La désinfection chimique
- La désinfection physique [33].

➤ Elimination et traitement des odeurs

Les eaux usées, chargées en matières organiques particulières et dissoutes, peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus de fermentation. 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. Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- Les prétraitements
- Les boues et leur traitement.

Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs. On distingue généralement deux types de traitement biologique des odeurs : les bio-filtres et les bio laveurs. Dans les premiers, la biomasse est supportée par un plancher spécifique et l'air traverse le massif (souvent de la tourbe). Les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension. La biomasse est libre, et l'épuration se produit dans un réacteur [09].

I.8. La réutilisation des eaux usées :

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

La réutilisation de l'eau est essentiellement utilisée pour l'irrigation (70 %), mais aussi essentiellement par des utilisations qui ne nécessitent pas de l'eau potable (usages industriels à environ 20 % et usages domestiques pour environ 10 %) [34].

I.8. 1. Réutilisation industrielle :

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour 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 [35].

Parmi les activités industrielles :

- Les stations de lavage de voiture.
- L'industrie du papier.
- La production d'acier, de textile.
- Les industries d'électroniques

I.8. 2. la réutilisation en irrigation :

L'irrigation de cultures ou d'espaces verts est la voie la plus répandue de réutilisation des eaux usées urbaines. Au niveau mondial, c'est également la solution qui a le plus d'avenir à court et à moyen terme. La quantité des eaux usées rejetée incite les agriculteurs à utiliser cette source d'eau. Aussi, la richesse en éléments fertilisants tels que l'azote, le phosphore et le potassium, nécessaires pour le développement des plantes et aussi pour la fertilisation du sol, permet d'économiser l'achat des engrais et d'augmenter la production agricole [35]

I.8. 3. Réutilisation en zone urbaine :

En zone urbaine et périurbaine, la réutilisation des eaux usées est une source importante. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'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 l'incendie. Une autre application importante est le recyclage en immeuble, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage [35]

I.9. Les normes de rejets d'effluents :

I.9.1. Normes internationales :

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées

Tableau I.2. Normes de rejets internationales [36].

Paramètres	Normes utilisées (OMS)	Unité
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 T	< 30	°C
Couleur	Inodore	-
Odeur	Inodore	-

I.8.2. Normes Algériennes :

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 où elles subissent plusieurs phases de traitement [34].

Tableau I.3. Valeurs limites maximales des paramètres de rejets [37].

Les paramètres	Les valeurs maximales	unités
Températures	30	C°
PH	6,5 à 8,5	-

MES	30	mg/l
DBO5	40	mg/l
DCO	120	mg/l
Azote kjeldhal	40	Mg/l
Phosphates	0,2	mg/l
Mercure total	0,01	mg/l
Aluminium	5	mg/l
Cyanures	0,1	mg/l
Cadmium	0,2	mg/l
Chrome total	0,5	mg/l
Chrome III+	3	mg/l
Chrome VI+	0,1	mg/l
Fer	5	mg/l
Manganèse	1	mg/l
Nickel total 5 mg/l		
Plomb total	1	mg/l
Cuivre total	3	mg/l
Zinc total	5	mg/l
Huiles et les graisse	20	mg/l
Hydrocarbures	20	mg/l
Phénols	0,5	mg/l
Solvants organiques	20	mg/l
Chlore actif	1	mg/l
PCB	0,001	mg/l
Détergents	2	mg/l
Tensio-actifs anionique	10	mg/l
Chlore actif	1	mg/l

CHAPITRE II

ÉPURATION PAR LIT BACTERIEN

Chapitre II

ÉPURATION PAR LIT BACTERIEN

II.1. Introduction :

L'épuration biologique des eaux résiduaires est basée sur les mêmes phénomènes que ceux de l'auto-épuration naturelle des cours d'eau (rivières, lacs, barrages, mer) 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 pollution organique, parmi ces procédés le lit bactérien. Le lit bactérien est un procédé d'épuration biologique aérobie. L'épuration de la phase liquide repose sur l'activité biochimique de microorganismes qui dégradent la matière organique en présence d'oxygène. Cette oxydation transforme une partie de la matière organique en eau, gaz carbonique et énergie. Le reste est transformé en biomasse, concentrée sous forme de boues.

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, qui ont la capacité de produire des polymères leur permettant de former un film et d'adhérer à un support. Le garnissage est arrosé avec l'eau usée à traiter, après une décantation primaire ou un simple tamisage fin. Le temps de passage de l'eau au sein du système est très court, de l'ordre de quelques minutes[38].

II.2. L'épuration biologique par lit bactériens :

II.2.1. Historique :

Historiquement, les lits bactériens constituent une des premières techniques utilisées en traitement des eaux usées domestiques des agglomérations (bien avant l'avènement des "boues activées"). Ils représentaient en 1960 environ les 2/3 des stations d'épuration en service en France.

Progressivement, en France, cette technique a été supplantée par les installations boues activées travaillant en forte charge et moyenne charge, puis par celles travaillant en faible charge ou aération prolongée. Ainsi, entre 1960 et 1970 les lits bactériens représentaient plus que 1/3 des installations construites. Actuellement moins de 15 % du nombre de stations d'épuration réalisées sont de type "lits bactériens" [39].

De fait, à charge et à performance égales, la construction d'un lit bactérien s'avère plus coûteuse qu'une installation " boues activées " (coût de 20 à 30 % plus élevé). Un phénomène de "mode" n'est également pas étranger à l'abandon de cette technique (et des techniques associées comme les disques biologiques), mais il faut bien avouer aussi que la mauvaise conception et le mauvais dimensionnement des ouvrages en sont certainement les causes principales.

Il faut cependant admettre que cette filière de traitement est facilement exploitable pour un coût de fonctionnement peu élevé ce qui constitue certainement une bonne alternative au traitement "boues activées" pour les installations de petite capacité (< 2000 EH) [39].

II.2.2. Domaine d'application :

Cette filière est adaptée pour les petites collectivités avec des charges de pollution à traiter comprises entre 200 et 2000 EH (Equivalents Habitants). Sur les unités les plus importantes, il peut être plus économique de répartir le traitement sur deux étages de lits bactériens en série [40].

II.2.3. Principe du traitement par lit bactérien :

L'utilisation industrielle des lits bactériens en traitement des eaux à la fin de du 19eme siècle. Comparativement aux systèmes où la biomasse bactérienne est en suspension, les lits bactériens reposent sur un développement de bactéries sur un support inerte appelé garnissage (plastique ou cailloux). Ces dernières forment une fine pellicule à la surface des matériaux appelée bio film et se développent au sein des porosités du garnissage du lit [41].

Dans ce procédé d'épuration biologique, après un prétraitement sommaire les eaux usées sont admises par relèvement sur le support au sommet du lit. Un bras rotatifs répartit uniformément les effluents à traiter à la surface du lit et ces deniers ruissèlent par gravité au sein des porosités du garnissage.

Les bactéries présentes 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 de dispositif. cette dernière étape peut faire l'objet de variantes [41].

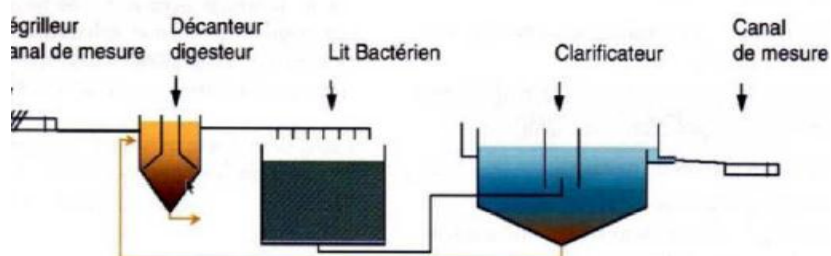


Figure II.1. Schéma de principe d'une filière type lit bactérien [41]

II.2.4. Réalisation des lits bactériens :

Les lits bactériens sont généralement circulaires avec des diamètres allant de quelque m à dizaines de m. La réalisation des lits bactériens est basée sur trois paramètres importants :

- Le choix du matériau;
- La répartition de l'effluent;
- L'utilisation de recyclage [09].

a. Choix du matériau :

Il doit permettre de satisfaire à certaines conditions physiques qui sont les suivantes :

- voir une grande résistance mécanique à l'attrition.
- Avoir une faible densité pour réduire les efforts sur le plancher supportant le matériau.
- Avoir des vides suffisamment larges pour permettre une bonne circulation de l'air et de l'eau [09].

Le garnissage du lit bactérien peut être :

- **Plastique** : disque, 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** : pouzzolane.
- **Cailloux** : (40 – 80 mm), briques creuses, terre cuite, gravier (80 - 120 mm) .

❖ Les lits bactériens à remplissage traditionnel (minéral) :

Dans ce cas on utilise comme matériau : la pouzzolane, ou des 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. Ils sont peu employés en raison des risques de colmatage et de prolifération excessive de films biologiques filamenteux. Pour ce type de lit bactérien, une charge hydraulique maximale de 1,2 m³/m².h, permet d'atteindre des rendements supérieurs à 85% lors du traitement d'eaux usées domestiques [42].



Figure II.2. Lit bactérien avec garnissage traditionnel [42].

❖ Les lits bactériens à remplissage 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 plastiques permettent de réduire considérablement les risques de colmatage et présentent un coefficient de transfert d'oxygène plus élevé que ceux à 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 $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ [43].

De surface spécifique élevée (80 à $220 \text{ m}^2/\text{m}^3$), ces remplissages, constitués de matériaux synthétiques (PVC, polystyrène) empilés en « vrac » ou sous forme de plaques ondulées ou de tubes cloisonnés, sont très légers ($r = 40$ à $80 \text{ kg}/\text{m}^3$) et possèdent un fort pourcentage de vides (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. Ils se prêtent bien du point de vue construction, à la mise en œuvre de tours de grande hauteur (8 à 10 m). Un grand nombre de matériaux de remplissage sont disponibles sur le marché. À titre indicatif citons :

- **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 [43].



Figure II.3. Alimentation du lit bactérien (garnissage plastique)[43]

Tableau II.1. Les caractéristiques de certains garnissages [40].

Objectif de rejet	Type de garnissage	Charge organique maximum (kgDBO ₅ /m ³ .j)	Hauteur de matériau minimum(m)	Charge hydraulique minimum (m/h)	Taux de recirculation minimum
>35 mg DBO ₅ /l	traditionnel	6.7	2.5	1	2
	plastique	6.7	4	2.2	2
≤ 25 mg DBO ₅ /l	traditionnel	6.4	2.5	0.7	2.5
	plastique	6.4	5	1.8	2.5

b. Répartition de l'effluent :

L'arrosage peut être effectué de manière :

- Statique (goulotte, répartiteur,...) (peu conseillé)
- dynamique (sprinkler, pont baladeur)

Il doit permettre une répartition uniforme de l'effluent à traiter et éviter les cheminements préférentiels. L'aspersion ne doit pas être trop fine car il a été montré que le risque de colmatage augmente avec la finesse d'aspersion.

Le sprinkler est le système d'aspersion le plus adapté et le plus répandu avec un débit suffisant pour lui communiquer un mouvement de rotation. L'arrosage par goulotte fixe ou par coupelle est plus aléatoire. Les buses alimentées sous pression permettent une bonne répartition de l'effluent mais la force de curage reste faible.[44].



Figure II.4. sprinkler de la Step API SOLLAC à Florange [44]

C. L'utilisation de recyclage :

Dans la plupart des installations, l'effluent traité subit un retour en tête du lit bactérien. Cette opération est appelée recyclage, ou parfois « recirculation ». Le rapport entre le débit recyclé et le débit de l'effluent est appelé taux de recyclage. Dans les lits bactériens à remplissage traditionnel, le recyclage pourrait améliorer les performances d'élimination de la DBO. Avec les matériaux plastiques, le recyclage permet d'augmenter la charge hydraulique, ce qui améliore le mouillage du matériau. Toutefois, cette fonction pourrait aussi être assurée par une augmentation de la force d'irrigation [45].

II.2.5 Effets du recyclage :

Le recyclage est réputé par l'augmentation de l'efficacité de l'élimination de la DBO. On peut avancer diverses explications.

- La matière organique effectue plusieurs passages au sein du lit. Cela augmente la probabilité de rencontre entre le substrat à éliminer et la variété de microorganismes capable de le dégrader.
- Les études hydrauliques sur pilote et en grandeur réelle montrent que le recyclage augmente le temps de séjour moyen au sein du lit.
- Si l'effluent recyclé passe à travers un décanteur ou un clarificateur, cela tamponne les variations de charge appliquées au lit bactérien sur un cycle de 24 heures. Cela aide à l'adaptation de l'activité bactérienne au moment des variations de charge.
- L'effluent traité est riche en oxygène, ce qui diminue la septicité des eaux brutes, particulièrement lorsque l'effluent recyclé est admis en amont du décanteur primaire.
- L'augmentation de charge hydraulique provoquée par le recyclage améliore la distribution du liquide dans le filtre, permet de lutter contre le colmatage, et réduit les nuisances comme les mouches ou les escargots.
- Enfin, et c'est peut-être le plus important, le recyclage augmente la charge hydraulique appliquée sur le filtre. Cela permet d'améliorer l'accessibilité dynamique du garnissage, autrement dit la surface accessible au fluide [45].

II.2.6. les éléments de calcul des lits bactériens :

Les lits bactériens sont classés en fonction des charges hydrauliques et organiques qu'ils peuvent supporter :

- La charge organique ou volumique : exprime le flux polluant journalier en Kg DBO₅ rapporté au volume unitaire du matériau m³.
- La charge hydraulique ou superficielle : représente la vitesse d'écoulement c'est-à-dire le débit horaire ou journalier des effluents traité rapporté à la surface du lit (m³/m².j) ou (m³/m².h) [46]

II.2.7. la classification des lits bactériens :

Les lits bactériens sont définis par leur charge organique c'est-à-dire par la quantité journalière de matières organiques admise par m³ on distingue :

- Les faibles charge ; jusqu'à 0,4 kg DBO₅/m³.j ;
- Les moyennes charges ; jusqu'à 0,8 kg DBO₅/m³.j ;
- Les fortes charges ; supérieures à 0,8 kg DBO₅/m³.j [47].

Tableau II.2. Mise en œuvre des lits bactériens [48].

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

a. lit bactérien à faible charge :

Ses caractéristiques sont:

-Charge hydraulique : 0,2 à 0,4 m³ / m².h.

-Charge organique: 0,2 kg DB05 l.m³.j.

-Hauteur des matériaux: 2 m.

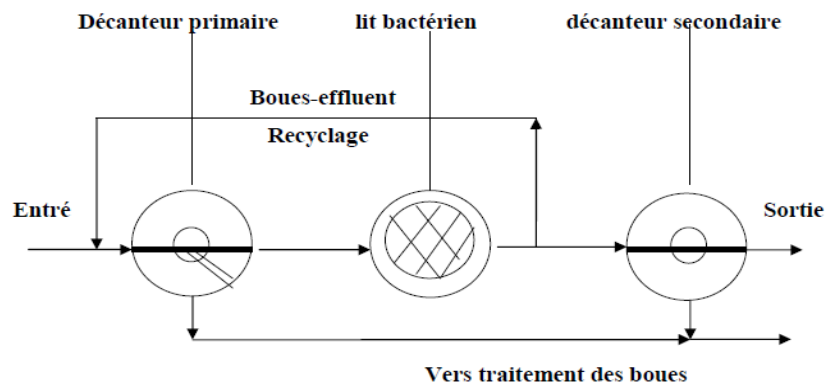


Figure II.5. Schéma de principe d'une station d'épuration par lit bactérien [49].

b. Lit bactérien à forte charge :

-Ses caractéristiques sont:

-Charge hydraulique : 1 m³ / m².h. Elle est calculée en tenant compte du débit entrant et du débit de recirculation.

-charge organique: 0,7 kg DBO₅/m³.j.

-Hauteur des matériaux minimale: 2m [50].

II.2.8 Techniques écologiques :

Un biofiltre est un moyen utilisé pour le traitement des eaux polluées (biofiltration), ou de polluants gazeux en solution dans l'eau. Il constitue une autre technique d'épuration biologique à cultures fixées. Cette méthode est le plus souvent utilisée pour le traitement des eaux urbaines.

a. Le filtre bactérien :

Le filtre ou lit bactérien est un ouvrage, généralement cylindrique, contenant des matériaux présentant une grande proportion de vide (blocs de lave, matières, plastiques, etc.). L'eau usée répartie au-dessus du filtre, s'écoule par gravité à travers celui-ci en entrant en contact avec la biomasse qui tapisse les matériaux de remplissage. La biomasse en excès est ensuite entraînée par le ruissellement des eaux à travers le filtre.[51]



Figure II.6 : Filtre bactérien [51].

b. Les biofiltres :

Le biofiltre est un réacteur qui réalise en une étape l'épuration biologique et la clarification par filtration de l'effluent traité, ce qui permet de s'affranchir d'un clarificateur aval, mais pas d'une bêche d'eau traitée pour les lavages périodiques. En effet, la régénération du biofiltre (élimination de l'excès de biomasse) est assurée par régulation avec des technologies similaires à celles utilisées pour la filtration des eaux potables. Car si le procédé d'épuration par culture fixée est connu de longue date (voir l'historique), le développement industriel des lits immergés date des années 1970 sur la base de techniques mises en œuvre dans le traitement des eaux potables. Dans le domaine des biofiltres, un important progrès a été réalisé quand l'aération a pu être réalisée directement dans le réacteur (auparavant, les effluents étaient préoxygénés). Sur le plan du procédé, les techniciens distinguent 3 phases (solide, liquide et gazeuse) et les arguments commerciaux mis en avant par les constructeurs sont également au nombre de 3 (compacité, modularité et flexibilité, rétention des MES). Ces avantages font des biofiltres une technique bien adaptée dans les cas de sites soumis à de fortes contraintes (contexte urbain) ou sujets à d'importantes variations de charges (zone touristique). Néanmoins, les biofiltres sont limités par la concentration initiale des eaux usées qui ne doit pas dépasser 200 mg/l pour les MES et 400 mg/l pour la DCO.[40]

II.2.9. Performances épuratoires :

Les performances épuratoires du lit bactérien dépendent de l'épaisseur du biofilm et de la bonne répartition des effluents à traiter ; l'hydraulique du système est primordiale pour l'optimisation de ces paramètres.

Pourcentage d'élimination des MES = 50 % - de la DBO_5 = 30 % [52].

II.2.10. Avantages et inconvénients de lits bactériens :

Le lit bactérien peut représenté des avantages et des inconvénients.

a. Avantages :

- Faible consommation d'énergie .
- Fonctionnement simple demandant moins qu'une technique par boues activées.
- Bonne décantabilité des boues .
- Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées.
- Généralement adaptés pour les petites collectivités et résistés au froid[53]

b. Inconvénients :

- performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées. Cela tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes
- nécessité de prétraitements efficaces ;
- sensibilité au colmatage.
- ouvrages de taille importante
- Risques d'odeurs pouvant provenir du digesteur et d'un défaut d'aération du lit dans certaines conditions météorologiques.
- Sensibilité au froid et au colmatage ;
- Abattement limité de l'azote et du phosphore
- variation des rendements d'épuration, par une création de zones mortes et de chemin préférentiels, 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 [54].

CHAPITRE III

Méthodes et matériels

Chapitre III

Méthodes et matériels

Le but de notre travail est d'étudier expérimentalement les performances d'un lit bactérien à

garnissage en brique locales concassé (brique rouge et brique silico calcaire) utilisé pour l'épuration des eaux usées urbaine. Pour ce faire le pilote TE900 du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux qui est une mini station d'épuration équipée de cartouche de filtration qui sera modifié pour nous servir de support d'expérimentation. Le garnissage qui sera utilisé dans le lit bactérien est la brique locale afin d'étudier l'efficacité du procédé biologique en utilisant les eaux usées arrivant à la STEP de AIN EL HOUTZ.

Dans cette optique nous avons mené une série d'expériences au niveau du laboratoire de traitement et épuration des eaux du département d'hydraulique de la faculté de technologie de l'université de Tlemcen pour l'objectif d'épurer les eaux usées brutes par le procédé de lit bactérien ; le but sera d'avoir finalement une eau épurée dans les normes de rejets des ayant caractéristiques de l'eau destinée à l'irrigation.

III.1.Objectifs principaux des expériences :

Les objectifs principaux des expériences que nous avons menées se résument dans les points suivants :

- Faire fonctionner le pilote.
- Dépollution des eaux d'origine urbaine issue de la STEP de AIN EL HOUTZ.
- Eliminer la pollution carboné azotée et phosphatée par vois microbiologique.

III.2. Composition de L'équipement :

L'équipement est composé :

- Pilote de l'épuration des eaux usées (TE 900) modifié.
- Des appareils de mesures des paramètres physico-chimique de l'eau.

III.3. Description du pilote TE900 :

L'équipement est composé de :

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

Le pilote **TE900** (**figure. III. 1**) est un appareil envisagé pour l'étude de l'épuration à boues activées c'est à dire l'épuration des eaux par voie bactérienne. Le pilote TE900 du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux qui est une mini station d'épuration équipé de cartouche de filtration sera modifié pour nous servir de support d'expérimentation. On a utilisé le pilote TE900 pour l'étude de l'épuration à lit bactérien en garnissage en brique et aussi en garnissage de brique silico-calcaire.

L'expérimentation consiste à faire maintenir en contact l'eau brute sur les matériaux utilisés, ça veut dire le fonctionnement du pilote consiste à faire ruisseler les eaux usées préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.



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

- A. Une cuve d'alimentation contenant l'eau à épurer et son circuit d'alimentation du décanteur.
- B. Une cartouche qui peut contenir un filtre d'alimentation (eaux chargées en matières en suspension) ou un support poreux destiné à recevoir un lit bactérien fixe (bio-fixation) au début ou à la fin du traitement biologique .
- C. Un clarificateur où s'effectue la séparation solide -liquide par décantation naturelle.
- D. Une recirculation de l'eau épurée permettant de la filtrer à la fin d'opération ou de la ré-épurée sur un lit bactérien fixe [55].

III.3.1. Support pratique :

L'épuration des eaux usées par voie bactériennes est utilisée pour l'élimination des déchets animaux et surtout humains. Le principe est la mise en contact de l'eau à épurer avec les floccs bactériens en présence d'oxygène qui consomme les matières organiques carbonés ensuite les floccs sont séparés.

Ce procédé d'épuration comporte les éléments mentionnés dans la **(figure. III.1)** qui sont :

A. Une cuve d'alimentation contenant l'eau à épurer (1) et son circuit d'alimentation du décanteur.

B. Une cartouche qui peut contenir un filtre d'alimentation (eaux chargées en matières en suspension) ou un support poreux destiné à recevoir un lit bactérien fixe (bio-fixation) au début ou à la fin du traitement biologique (6).

C. Un clarificateur où s'effectue la séparation solide -liquide (8) par décantation naturelle.

D. Une recirculation de l'eau épurée permettant de la filtrer à la fin d'opération ou de la réépurée sur un lit bactérien fixe (10) [55].

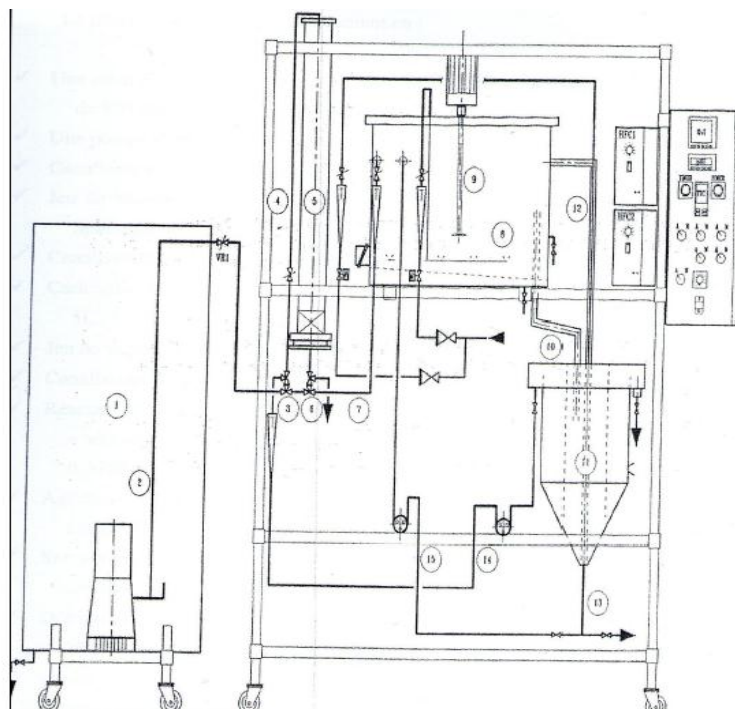


Figure III.2 : schéma du support pratique [56].

III.3.2. Instrumentation

Les équipements d'alimentation se composent en éléments suivants :

Débitmètre à flotteur 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 [56].

III.3.3.Construction

Le pilote est composée essentiellement de :

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

III.3.4. Liste des vannes :

Dans la (**figure III.3**) sont représentées toutes les vannes du pilote dont les désignations et les rôles sont les suivants :

- VR1: Vanne manuelle de réglage circuit alimentation eau usée.
- VR2 : Vanne manuelle de réglage circuit alimentation filtre.
- VA1 : Vanne manuelle d'arrêt recyclage eau clarifiée.
- VA2 : Vanne manuelle d'arrêt recyclage boue.
- VL1 : Vanne manuelle trois voies alimentation eau usée.
- VL3 : Vanne manuelle trois voies alimentation filtre.
- VS1 : Vanne manuelle vidange cuve alimentation eau usée.

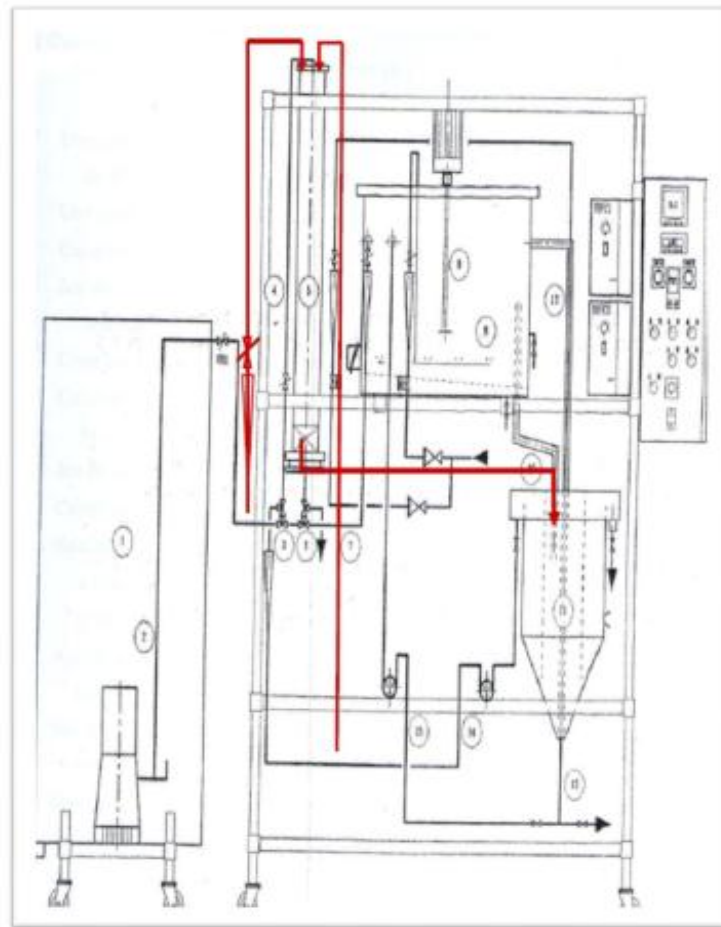


Figure III.3. Support pratique [56].

Remarque : En rouge les modifications apportées sur le TE900. [56]

III.4. Mise en marche

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

Pour modifier un ou plusieurs paramètres de la commande de 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 « arrêt / marche » de la pompe de recyclage, situé sur l'armoire électrique de contrôle sur la position « marche auto ».
- Le temps possède deux cadrans rotatifs en face avant directement accessible par l'opérateur ; 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

A. Etalonnage de la pompe doseuse

- ✓ 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 « arrêt /marche » 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 sont résumés dans le **Tableau. III.1.**
- ✓ Lorsque l'essai est terminé, il convient d'arrêter le pilote **[56]**.

Tableau.III.1 : Les débits recyclés de la pompe doseuse

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

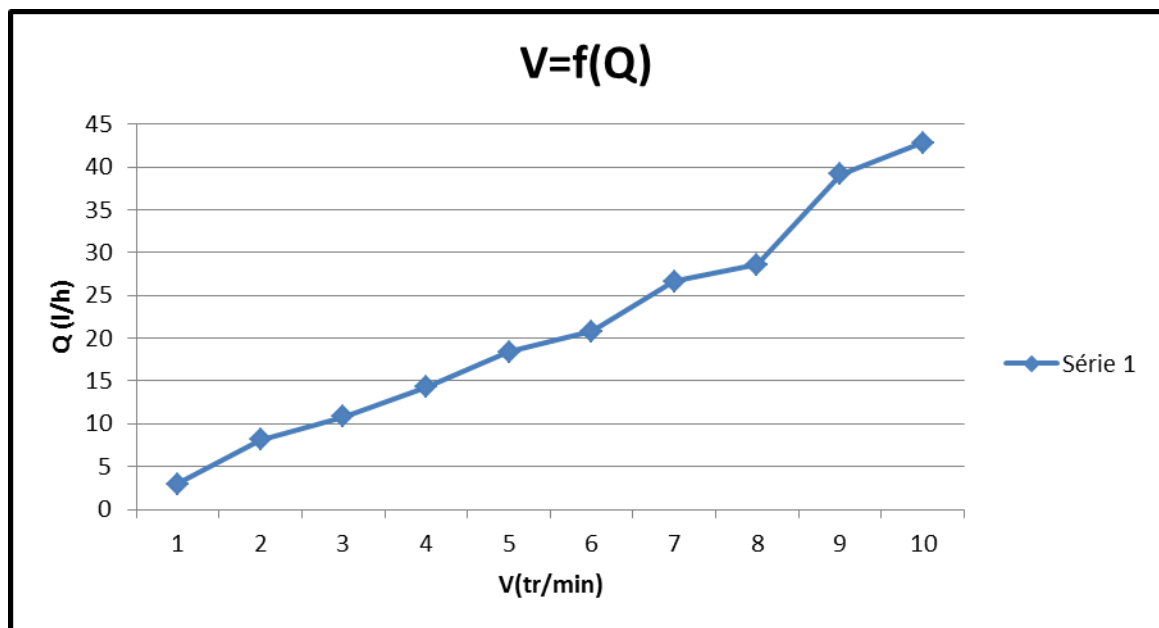


Figure III.4. La variation des débits recyclés de la pompe doseuse.

III.5. Système de fonctionnement du pilote :

Le pilote doit représenter la chaîne complète de traitement secondaire (après le traitement Primaire). Aussi, il doit comporter 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 a pour but de séparer la phase liquide (eaux traitées) de la phase solide (biomasse). Pour cela, la liqueur mixte pénètre dans le clarificateur, l'eau claire est éliminée par sur verse, les boues sont aspirées pour être recirculées vers le filtre ou extraites [57].



Figure III.5. Clarificateur (laboratoire du département d'hydraulique)

a. la zone de clarification :

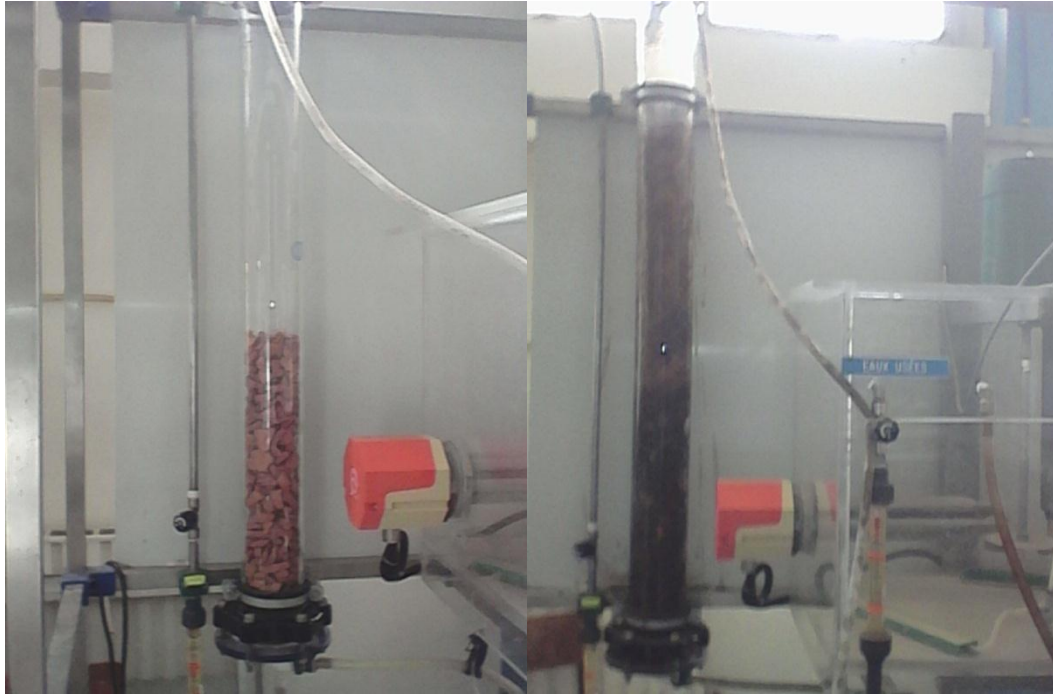
La zone de clarification constitue la partie supérieure du décanteur par laquelle l'effluent est éjecté de l'unité d'épuration. Le taux des particules en suspensions est donc très faible [58].

b. la zone de l'épaississement:

La zone d'épaississement est la couche intermédiaire entre le clarificateur qui est la partie supérieure du décanteur et où 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 [58].

III.5.2.Cartouche :

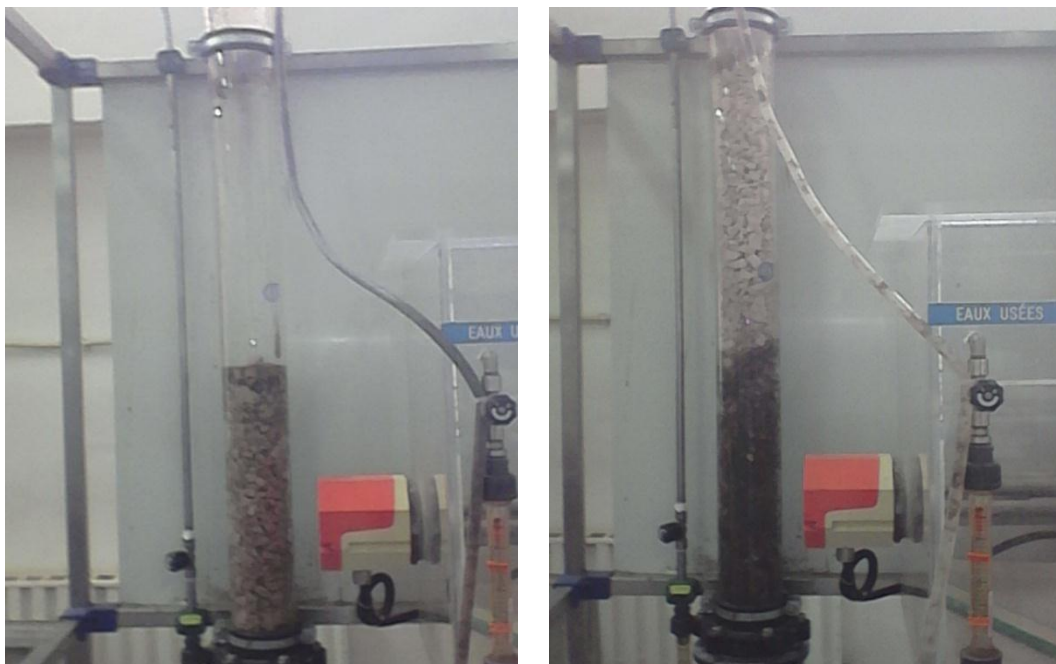
Dans notre cas cette cartouche (**figure III.5 et III.6**) à été utilisé comme lit bactérien rempli avec un garnissage en briques et le garnissage de brique silico-calcaire.



Hauteur =40cm

Hauteur=80cm

Figure III.6. Schéma d'une cartouche de brique (laboratoire du département d'hydraulique)



Hauteur =40cm

Hauteur=80cm

Figure III.7. Schéma d'une cartouche de brique silico-calcaire. (laboratoire d'hydraulique).

III.5.3. Paramètres d'entrée et de sortie :

Avant de commencer les manipulations il faut définir les éléments d'entrée et de la sortie.

• *Les paramètres d'entrée :*

- Le débit d'entrée ;

- La concentration en MES ;
- Le pH ;
- La température ;
- L'oxygéné dissous ;
- La turbidité ;
- La DCO
- La DBO₅

III.6.Manipulations :

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

Le pilote TE900 à été modifié pour les besoin de cette étude; afin de testé l'efficacité de l'épuration par lit bactérien à garnissage en brique ; le circuit générale de l'écoulement est schématisé dans la (figure III.8)

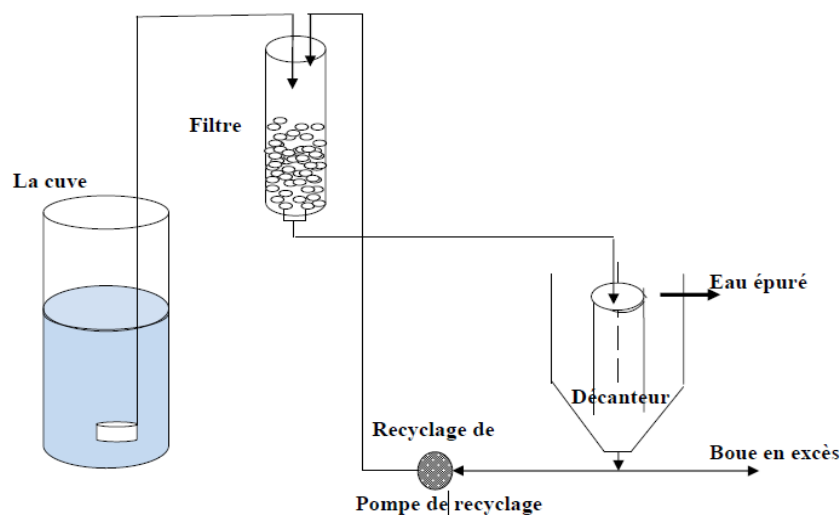


Figure III.8. Schéma fonctionnel d'épuration avec un lit bactérien.[15]

La manipulation est faite selon les actions suivantes :

- Mettre en marche le pilot.
- Préparer votre charge d'eau usée.
- cette charge dans la cuve d'alimentation prévue à cet effet.
- Mettre en marche la pompe de la cuve d'alimentation de substrat par son bouton (arrêt/marche) sur la position (marche).
- Introduire les boues provenant d'une station d'épuration dans le clarificateur.
- 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 au 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 (arrêt /marche(manu/marche) 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 à 1 fois, puis 1.5 fois et enfin à 2 fois le débit d'alimentation.
- Lors de la phase de démarrage, il convient d'éliminer les boues qui flottent à la surface du décanteur de temps en temps bactéries non floclées ou mortes.
- Régler le temp 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 (arrêt/ marche) de la pompe de recyclage des boues sur la position (MARCHE AUTO) [56].

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 [56].

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

III.7.1. Echantillonnages :

Les échantillons d'eau usée brute sont pris à partir d'un collecteur principal ou de différents effluents de la STEP de AIN EL HOUTZ se rencontrent après le traitement physique (prétraitement).

Les échantillons d'analyses ont concerné l'eau usée de la station d'épuration, eau au sein du décanteur, l'eau clarifiée.



Figure III.9 : L'échantillon de 300 litres prélevé.

III.7.2. Mesures à effectuer :

Les mesures à effectuer avant et après l'épuration sont les suivantes :

a. Température :

La température joue un grand rôle dans la solubilité des gaz dans l'eau et sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques [57].

- **Principe:**

La mesure de la température de l'eau est effectuée à l'aide du thermomètre [57].

- **Mode opératoire:**

La température de l'eau sera prise en même temps que le prélèvement de l'échantillon. On prélèvera l'eau dans un bécher de 100 ml de capacité et on y plongera immédiatement l'appareil de mesure soigneusement étalonné. On procédera à la lecture de la température, dès que la stabilisation est observée.

b. pH:

Le pH est l'un des paramètres chimiques importants lorsqu'il s'agit de déterminer la qualité d'une eau destinée à la consommation [57].

- **Principe :**

La détermination du pH est effectuée à l'aide d'un appareil (pH mètre).

Le pH mètre : cet appareil de mesure est constitué d'une électrode de pH que l'on plonge dans la solution dont on veut connaître l'acidité [57].

- **Etalonnage :**

L'étalonnage se fait par une solution d'étalonnage d'un pH le plus proche du pH des solutions à analyser. Dans ce travail on a utilisé une solution d'étalonnage de pH=7.

- **Mode opératoire :**

L'étalonnage dans une solution se fait comme suit : en prolongeant l'électrode préalablement rincée à l'eau distillé puis en solution tampon et en effectuant la lecture de la valeur du pH=7, rincé celle-ci à l'eau distillé et la plongé dans l'échantillon, effectué la mesure du pH après avoir légèrement agité l'électrode [57].



Figure III.10. PH mètre (manuel) (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

C. Turbidité:

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales, argiles limons, grains de silices, matières organiques [57].

- **Appareillage :**

L'appareil utilisé pour la mesure de la turbidité c'est « turbidimètre », il donne une lecture directe en NTU (Unit Turbidité Néphélométrie).



Figure III.11. Turbidimètre (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

d. Oxygène dissous:

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

- **Appareillage :**

L'appareil de mesure l'oxygène dissous c'est l'oxymètre. Les mesures couramment utilisées sont les suivantes: parties par million (ppm) ou la saturation en pourcentage (%), laquelle est définie comme étant le pourcentage d'oxygène dissous dans 1 litre d'eau.



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

e. Matières en suspensions (MES) :

Mesures de poids des matières flottants en suspension et décantables contenues dans les eaux décantés et épurées, dans le but de contrôler le fonctionnement de bassin de décantation [59].

La détermination des matières en suspension dans l'eau est réalisée soit par filtration, soit par centrifugation, séchage à 105 C° et pesée [59].

La centrifugation est préférée pour les eaux chargées (colmatage du filtre).

- **Matériels utilisé :**

- Dispositif de filtration ;
- Balance ;

- Capsules ;
- papier Filtres;
- Étuve.



Figure III.13. Dispositif de filtration.



Figure III.14. Balance électronique.



Figure III.15. Etuve ;(laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

➤ **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 son 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. Son masse est noté M2.

➤ **Expression des résultats :**

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

$$[\text{MES}] - \left(\frac{M2 - M1}{V} \right) * 10^3 \dots\dots\dots(\text{III.1})$$

Avec :

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

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

M2-M1: Poids de la matière retenue par le filtre sec ;

V : Volume d'eau utilisé (en ml)

f. Demande chimique en oxygène DCO :

La demande chimique en oxygène (DCO) c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique certaines matière organique ou inorganique contenue dans l'eau. Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables [11].

➤ **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) [11].

➤ **Matériel nécessaire :**

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

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

➤ **Réactifs :** les réactifs utilisés sont :

- 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) $[(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ à 0,12 mol/l ;
- Solution indicateur Féroïen.

➤ **Mode d'opérateurs :**

✓ **Digestion de l'échantillon :**

- Transvaser 10 ml de l'échantillon pour l'analyse (diluer si nécessaire) dans le tube de l'appareil, 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.

➤ **Titration 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 ou 6 goutte l'indicateur coloré Féroïen.
- Après le refroidissement titrer avec une solution de sulfate de fer ferreux et ammonium jusqu'au moment ou la couleur de la solution change de vert bleu à orangé



Figure III.16. Réacteur DCO (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

➤ **Expression des résultats :**

La valeur DCO exprimée en mg/l est calculée par la formule suivante:

$$\text{DCO} = 8000 * (\text{vt} - \text{ve}) * \frac{N}{X} \dots \dots \dots (\text{III.2})$$

Où :

N : Concentration de la solution de sel Mohr déterminée par étalonnage, soit dans le cas présent 0,12 mol/l .

X : 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 :

➤ But

La demande biochimique en oxygène (DBO) est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisé pour la dégradation de matière organique décomposable par des processus biochimiques.

➤ Principe

Une quantité d'eau est versée dans une bouteille d'incubation de 300 ml, reliée à un manomètre de mesure ou fermé avec un bouchon muni d'un capteur de pression (oxytop) .Le volume choisie st fonction de la gamme de mesures souhaitée .L'appareil de mesure est placé dans un réfrigérateur maintenu à 20C. On suit ensuite, en fonction de du temps, soit tous les jours pendant 5 jours pour la DBO₅.

➤ 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.

➤ Quantité à analyser

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.02.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
0-4000

43.5 ml
22.7 ml

50
100



a. Incubateur



b. DBO mètre

Figure III.17. Dispositif de mesure de la DBO

III.8. les matériaux de garnissages utilisés :

Nous avons utilisé le garnissage de brique rouge issu de l'usine de brique de Zenata et le garnissage brique silico-calcaire.

A. La brique rouge :

La brique est un élément de construction généralement de forme parallélépipédique rectangle constitué de terre argileuse crue, séchée au soleil ; on parle de brique crue ou cuite au four, employée principalement dans la construction de murs. L'argile est souvent dégraissée par du sable . [60].

la brique utilisée dans notre travail est de type de terre cuite , ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, dans le domaine traditionnel industriel. Ils sont fabriqués à partir d'argile devenant souvent rouge à la cuisson, issu de l'usine de Zenata, de la willaya de Tlemcen



Figure III.18. La brique rouge concassé

. Caractéristiques principales de la brique rouge : les caractéristiques principales de la ce type 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 : 570kg/m^3 avec une tolérance $D1 \pm 10\%$.
- Masse volumique absolue sèche : 1600kg/m^3 avec une tolérance $D1 \pm 10\%$.
- Pourcentage de vide 65% avec une tolérance $D1 \pm 10\%$.

B- brique silico -calcaire :

- **Maçonnerie en briques silico-calcaire**

Les briques silico-calcaires sont obtenues à partir d'un mélange humidifié de chaux et de sable siliceux avec les proportions suivantes :

- Sable siliceux : 90 - 92 %
- Chaux vive : 8 - 10 %
- Eau

Le mélange compacté est soumis à un traitement thermique dans des autoclaves à 200°C , le mélange durcit en quelques heures pour devenir une brique.

Ce matériau se présente sous la forme de briques aux interfaces lisses, à l'aspect blanchâtre et aux arêtes bien marquées. [61]. La figure III.20, représente la brique en silico-calcaire concassée.



Figure III.19. La brique silico_calcaire concassé

III.8.1. Caractéristique de matériaux filtrants :

a. Diamètre effectif et coefficient d'uniformité :

Afin de définir ces deux paramètres, on a recours à des courbes granulométriques appelées encore courbes des tamisât cumulés permettent de déterminer le diamètre effectif et le coefficient d'uniformité, soit :

➤ **La taille effective:**

La taille effective, exprimée en mm et notée D_{10} correspond à l'ouverture de maille laissant passer 10 % en poids de l'échantillon soumis à l'analyse

➤ **Le coefficient d'uniformité:**

C'est un nombre sans dimension, est égal au quotient de la diversité 60 % par la taille effective.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots\dots(III.3)$$

Le coefficient d'uniformité Cu doit être inférieur à 1,5 et plus la valeur de Cu se rapproche de 1 plus l'homogénéité obtenue pour le lit filtrant est meilleure, ce qui permet de réduire les pertes de charge et d'obtenir une rétention en profondeur des matières en suspension.

b. Masse volumique :

➤ **masse volumique apparente :**

La masse volumique apparente sèche ρ_d c'est la masse granulat sec (M_s) d'un corps par unité de volume totale y compris les vides entre les grains de ce corps (volume apparent).

La masse volumique apparente définie par la relation suivante :

$$\varphi_d = \frac{\text{masse des granulats secs}}{\text{volume du récipient}} = \frac{M1 - M0}{V} \dots\dots\dots(\text{III.4})$$

➤ **Masse spécifique ou la masse volumique absolue :**

La Masse spécifique ou la masse volumique absolue φ_s c'est la masse de granulat sec rapporté ou volume absolu.

La masse volumique absolue définie par la relation suivante :

$$\varphi_s = \frac{M}{V_{abs}} \dots\dots\dots(\text{III.5})$$

d. Densité relative :

Expérimentalement la densité relative de brique γ_s est le rapport entre la masse de ce brique et l'eau qu'il déplace. On procède de la façon suivante :

1. On pèse un certain volume d'eau (on obtient m_e) ;
2. On pèse le granulat sec (on obtient m_s) ;
3. On ajoute le granulat à l'eau (l'eau déplacée déborde du récipient) ;
4. On pèse le mélange d'eau et de le granulat (on obtient m_{es}) [6].

On peut ainsi écrire :

$$\gamma_s = \frac{\text{masse de brique}}{\text{masse de l'eau déplacé}} = \frac{m_s}{(m_e + m_s - m_{es})} \dots\dots\dots(\text{III 6})$$

e. Coefficient d'absorption des granulats :

Le coefficient d'absorption est défini comme le rapport de l'augmentation de la masse d'un échantillon de granulat après imbibition par l'eau, à la masse sèche de l'échantillon. Cette imbibition est obtenue par immersion de l'échantillon dans de l'eau pendant 24 heures à 20 C°.

Le coefficient d'absorption A_b est défini par la relation :

$$A_b = \frac{M1 - M_s}{M_s} * 100(\%) \dots\dots(\text{ III.7 })$$

f. Porosité:

La porosité d'un amas de granules désigne la fraction de son volume occupé par de l'air si

L'amas est sec, ou par de l'eau si l'amas est saturé d'eau. Elle dépend de la granulométrie, de l'arrangement des grains et de leur degré de tassement. On peut distinguer deux types de porosité : une porosité totale et porosité efficace [62]

➤ **Porosité totale:**

La porosité totale ou géométrique noté ϵ représente le rapport du volume des pores (vides) V_v au volume total occupé par le matériau V .

$$\epsilon = \frac{V_v}{V_v + V_s} = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots(III.8.)$$

V_v : Volume totale des vides (matériau sec) ;

V_s : Volumes des solides ;

V : Volume apparent (totale) ou $V = V_v + V_s$

g. Indice de vide :

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

$$e = \frac{V_v}{V_g} \dots\dots\dots(III.09)$$

Avec :

V_v : volume des vides.

V_g : volume des grains. [61]

III.9. Caractéristiques physiques de la brique de Zenata et de brique silico-calcaire :

III.9.1. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille, etc.). Elle permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant les échantillons. Cette opération a été réalisée au laboratoire de matériaux de constructions du département de génie civil ; en utilisant une tamiseuse équipée d'une série de tamis normalisés et superposés. Le plus gros calibre se trouve au-dessus. Un échantillon sec de brique est répandu sur le tamis supérieur, et l'ensemble des tamis est soumis à des secousses

conduisant à la répartition des particules le long de la colonne de tamisage. Chaque tamis divise les particules qui lui sont appliquées en deux fractions:

- **Le refus:** qui correspond aux particules retenues sur le tamis ;
- **Le tamisât:** la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

A l'issue de l'agitation, les refus de chaque tamis sont recueillis et pesés avec soin [59].

III.9.2. Mode opératoire :

1. Sécher d'abord l'échantillon (brique concassée) 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 ;
2. 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 ;
3. Verser la brique concassée 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;
4. On pèse le refus de chaque tamis séparément et en suite on calcule les refus cumulés. On doit retrouver le poids pesé au départ, aux pertes près.
5. Noter tous les résultats trouvés dans un tableau.

III.9.3. Analyse et interprétation des résultats :

A. Résultats trouvés pour la brique de Zenata :

Les résultats du tamisage de brique de Zenata testée comme matériau réutilisable, sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau III.03: Résultats de l'analyse granulométrique de brique rouge

Ouverture de tamis (mm)	Masse des Refus M_i (g)	Masse des refus Cumulés M_c (g)	Pourcentage des refus cumulés $Pr=(M_c/M)*100$	Pourcentages des tamisât cumulés $Pt= 100-Pr$
40	0	0	0	100
31.5	0	0	0	100
25	164.2	164.2	6.568	93.432
20	759	923.2	36.928	63.072
16	659.5	1582.7	63.308	36.692
12.5	517	2099.7	83.988	16.012
10	290.6	2390.3	95.612	4.388

8	76	2466.3	98.652	1.388
6.3	21.4	2487.7	99.508	0.492
fond	12.4	2500	100	0

A partir de la courbe granulométrique de brique de Zenata nous avons déterminé les paramètres si- après :

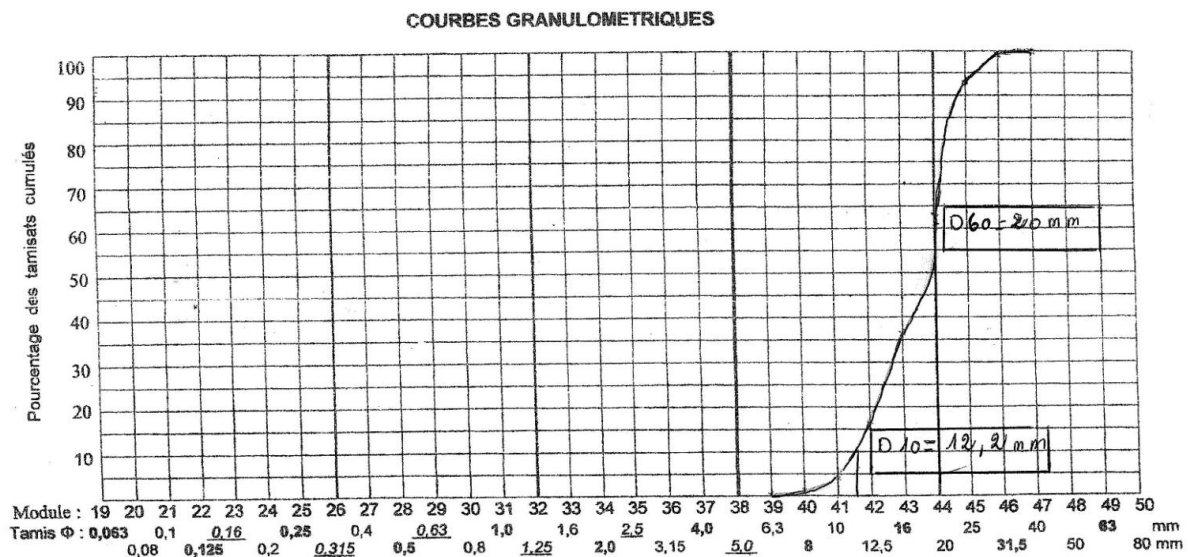


Figure III.20 : courbe granulométriques de la brique rouge

- **Diamètres effectifs**

A partir de la courbe granulométrique de brique rouge, nous avons déduit les diamètres effectifs (D_E , D_{60})

$D_E = 12.2 \text{ mm}$

$D_{60} = 20 \text{ mm}$

- **Coefficients d'uniformité :**

Ce coefficient est estimé à partir de la formule ci-après

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_E} = \frac{20}{12.2} = 1.63$$

$C_u < 2$ donc le brique a une série granulométrique uniforme.

- **Masse volumique apparente**

Masse volumique apparente de brique est déterminé par l'expression déjà donnée :

Unité de mesure	Masse de récipient plein M (g)	Volume de récipient (cm^3)	Φ apparente g/cm^3
-----------------	--------------------------------	---------------------------------------	---

Tableau III.04: Résultats de l'analyse granulométrique de silico-calcaire

Ouverture de tamis (mm)	Masse des refus Mi (g)	Masse des refus Cumulés Mc(g)	Pourcentage des refus cumulés $Pr=(Mc/M)*100$	Pourcentages des tamisats cumulés $Pt= 100-Pr$
40	0	0	0	100
31.5	0	0	0	100
25	32.2	32.2	2.05	97.95
20	141.8	174	9.36	90.64
16	322.8	496.8	31.64	68.36
12.5	398.8	895.6	57.05	42.95
10	402.8	1298.4	82.69	17.31
8	185.6	1484	94.54	5.46
6.3	78.8	1562.8	99.56	0.44
fond	6.88	1569.68	100	0

A partir de la courbe granulométrique de silico-calcaire on peut déterminer les paramètres suivants :

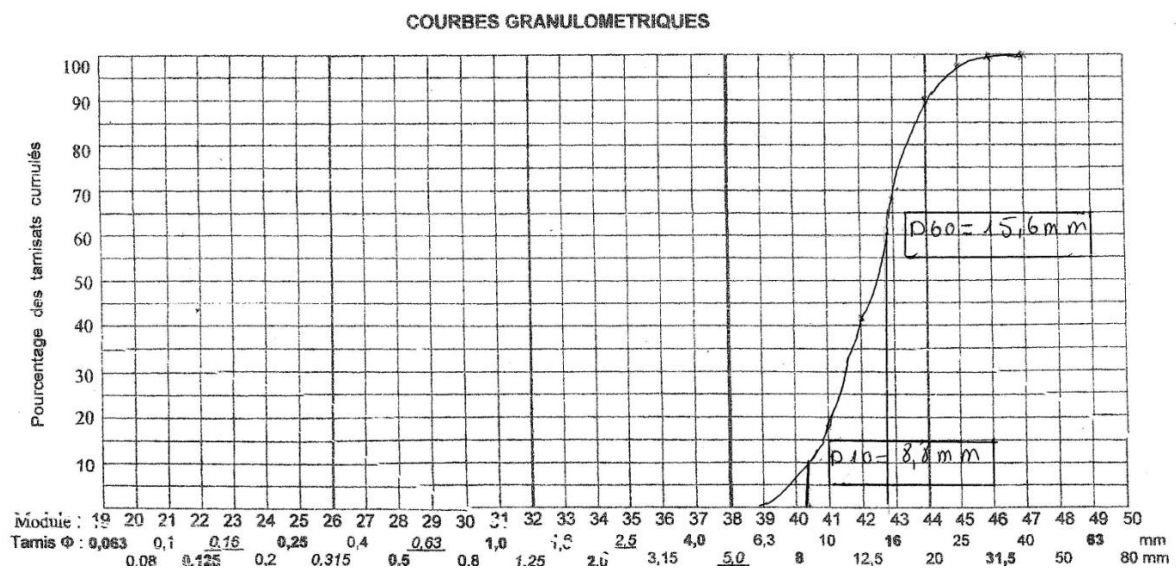


Figure III.21 : courbe granulométriques de la brique silico-calcaire

- **Diamètres effectifs**

A partir de la courbe granulométrique de brique, on a déduit le diamètre effectif :

$D_E = 8.8 \text{ mm}$

$D_{60} = 15.6 \text{ mm}$

- **Coefficients d'uniformité**

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{15.6}{8.8} = 1.77$$

Cu < 2 donc le silico-calcaire a une série granulométrique uniforme.

- **Masse volumique apparente**

Masse volumique apparente de brique silico- calcaire est déterminé par l'expression déjà donnée :

Unité de mesure	Masse de récipient plein M (g)	Volume de récipient (cm ³)	φ apparente g/cm ³
Echantillon	1281.93	1000	1.28

$$\varphi \text{ apparente} = 1.28 \text{ g/cm}^3$$

- **Masse spécifique ou la masse volumique absolue**

Masse volumique absolue de brique silico- calcaire est déterminé par l'expression déjà donnée :

$$V_1 = 1000 \text{ ml}$$

$$V_2 = 1700 \text{ ml}$$

$$V_{\text{abs}} = V_2 - V_1$$

$$M = 300. \text{ g}$$

$$\varphi_s = 0.42 \text{ g/cm}^3$$

- **Densité relative de la brique silico-calcaire :**

Unité de mesure	m_s (Kg)	m_e (kg)	m_{es} (kg)	γ_s
Echantillon	0.5	0.9904	1.6203	3.84

$$\gamma_s = 3.84$$

- **Coefficient d'absorption des granulats**

Le coefficient d'absorption A_b de brique silico-calcaire est déterminé par l'expression déjà donnée

Brique silico-calcaire immergé dans l'eau pendant 24h à 20 C°

Ms (g)	500
Mi (g)	577
Ab (%)	15.4

Ab=15.40%

CHAPITRE IV

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

L'objectif de notre travail est d'étudier les performances d'un lit bactérien. Nous nous intéressons en particulier au garnissage en brique rouge et au garnissage en brique silico-calcaire. Le but de ces études est :

- ❖ Une facilité de la mise en œuvre de la station
- ❖ Une aisance de l'exploitation
- ❖ Une possibilité de l'utilisation, dont le but d'une réhabilitation des stations d'épuration existantes
- ❖ Un rendement épuratoire acceptable
- ❖ Une réduction des coûts de la réalisation et de l'exploitation (utilisation de matériaux locaux).

Notre étude expérimentale à été menée au sein du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux (département d'hydraulique) à l'université de Tlemcen.

Pour bien comprendre le fonctionnement du pilote TE 900, nous avons réalisé une étude préalable à l'eau du robinet pendant une semaine. Cette étude nous a permis aussi de régler certains paramètres qui nous assurent un bon fonctionnement. Ces paramètres sont entre autre : le réglage du fonctionnement et de l'arrêt de recyclage de l'eau claire, le calibrage des instruments de mesure en particulier les mesures de débits.

Nos expériences nécessitaient trois cent (300) litres d'eau usée brute. Nous avons utilisé l'eau de la station d'épuration d'Ain El Houtz (cuve d'alimentation du pilote). Cinq (05) litres de boue fraîches ont été aussi utilisés pour ensemercer et accélérer le processus de fixation des bactéries sur les matériaux utilisés.

Nos expériences ont été réalisées en se basant principalement sur les quatre paramètres suivants :

- ✓ Le type du matériau utilisé (la brique rouge et brique silico-calcaire)
- ✓ le débit d'alimentation
- ✓ la hauteur du matériau (deux hauteurs de filtration pour chaque matériau 40cm et 80 cm) dans
- ✓ la cartouche de filtration, et le débit de recyclage.

Nous avons mené nos expériences sur deux types de matériaux de garnissage ; la brique rouge et la brique silico-calcaire

a) Sur la brique rouge

Nous avons étudié expérimentalement les performances d'un lit bactérien à garnissage en briques rouges locales, pour l'épuration des eaux usées urbaines.

- Granulométrie de (10/25 mm) sur une hauteur 40 cm : pour des débits d'alimentation de 10 l/h, 16 l/h, 20 l/h et 25 l/h.
- Granulométrie de (10/25 mm) sur une hauteur 80 cm : pour des débits d'alimentation de 10 l/h, 16 l/h, 20 l/h et 25 l/h.

b) Sur brique silico-calcaire

Nous avons étudié expérimentalement les performances d'un lit bactérien à garnissage en brique silico-calcaire pour l'épuration des eaux usées urbaines.

- Hauteur de 40 cm : pour des débits d'alimentation de 16 l/h et 20 l/h.
- Hauteur de 80 cm : pour des débits d'alimentation de 16 l/h et 20 l/h.

IV.1. Epuration avec lit bactérien à garnissage en brique rouge sur une hauteur 40 cm :

Dans cette expérience nous avons épuré les eaux usées par un lit bactérien à garnissage en brique rouge concassée d'une granulométrie de 10 à 25 mm, sur une hauteur de 40 cm en variant le débit d'alimentation.

IV.1.1. Epuration avec un débit de 10 l/h

L'épuration avec un débit d'alimentation de 10 l/h est achevée après la stabilisation de la DCO (cinq jours) et tous les résultats des paramètres analysés sont résumés dans le tableau IV.1 et représenté sur la Figure. IV.1

Tableau IV.1. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	30	19
Ph	7.90	6.71
O₂dissout (mg/l)	6.01	1.18
O₂dissout (%)	59.4	13
Turbidité (NTU)	240	3.10
MES (mg/l)	155	0
MM (mg/l)	74	0
MO (mg/l)	81	0
DCO (mg/l)	336	38.4
DBO₅(mg/l)	180	12

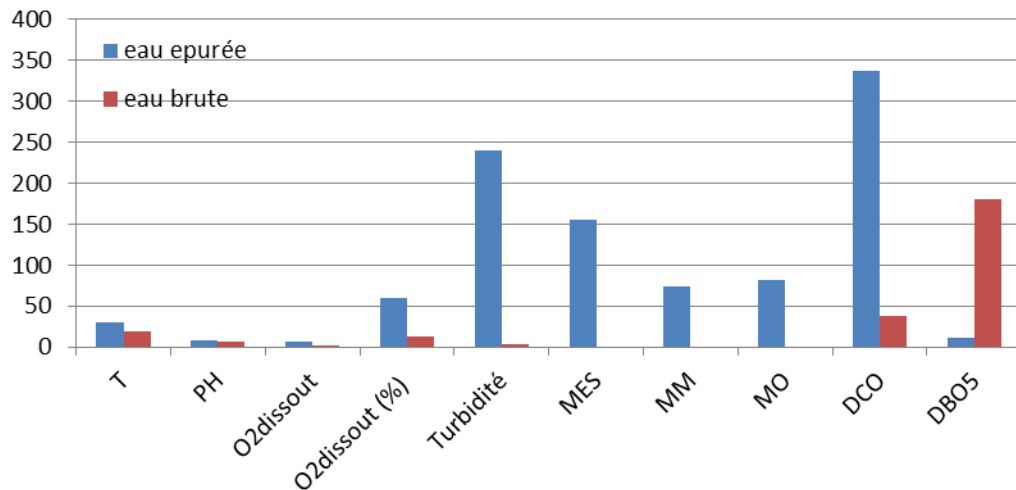


Figure.IV.1. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie)..



Figure IV.2. Eau à l'entrée du lit bactérien au garnissage de brique rouge et la sortie du décanteur.

- Les résultats obtenus au fil de l'expérience sont résumés dans l'annexe A, tableau A01.
- Indice de boue est $IB = 139,47 \text{ ml/g}$ qui confirme que la boue décante bien.
- Nous avons représenté dans les figures (IV.3 à IV.10) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du date au niveau du décanteur.

➤ **La température** : la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

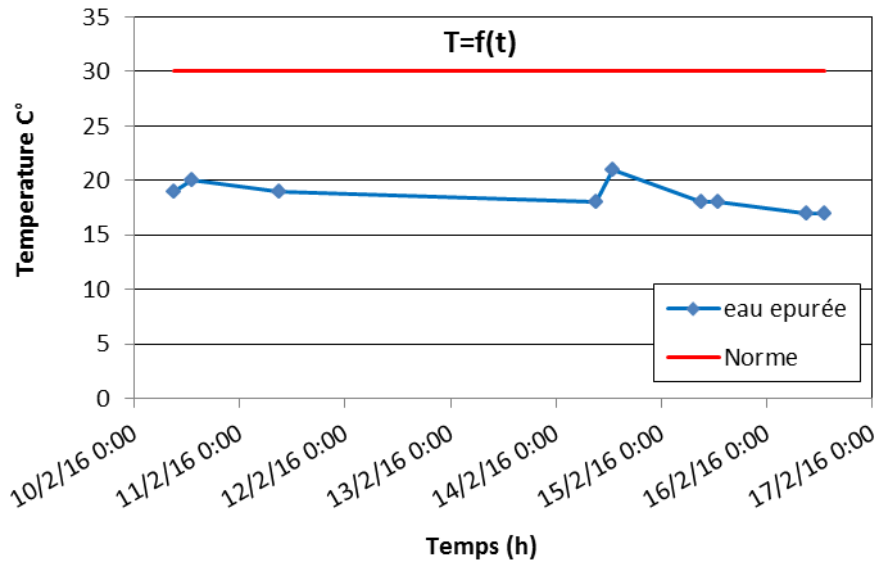


Figure IV.3 Courbe de variation de la température.

Les résultats de la figure IV.3, montrent que la température à différent temps pour chaque prélèvement (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varié entre 30 et 19°C. Cette variation est due au contact eau-air, la température de l'eau épurée est largement inférieure à la norme.

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

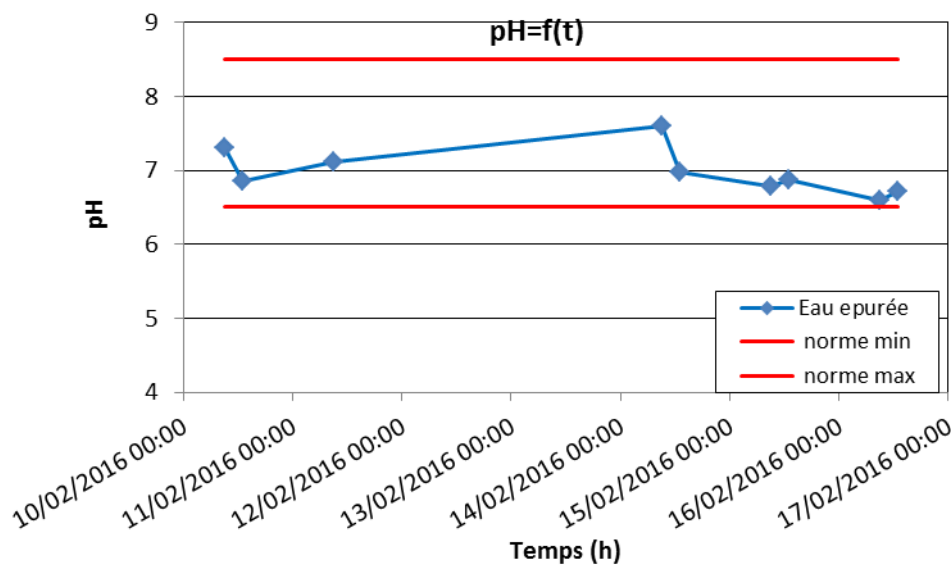


Figure IV.4. Courbe de variation du pH.

D'après la figure IV.4, le pH commence à 7,31 diminue au cours de traitement jusqu'à la valeur 7,11 et ensuite il diminue à 6,71. Cette variation de pH ne peut être expliquée que par des réactions probables lors de traitement que nous ne pouvons identifier. Les valeurs du pH (entrée et sortie 7,90 et 7,31) dans cette expérience sont très proches de la norme.

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

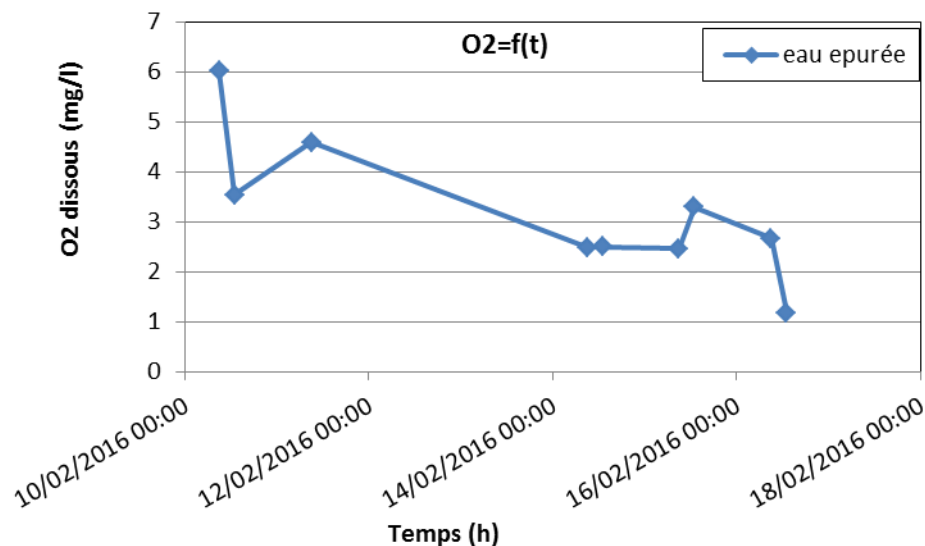


Figure IV.5 .Courbe de variation d'O2 dissous (mg/l)

La figure IV.5 montre une diminution notable de la concentration de l'O₂. A l'entrée, la concentration était de 6.01 mg/l. A la fin de l'expérience, et après la décantation elle a atteint une valeur de 1,18 mg/l. Cette diminution de la teneur en O₂ dissous est expliquée par l'activité des bactéries au sein du lit (les bactéries consomment l'O₂ dissout ce qui montre que il y'a une dégradation biologique des matières organiques).

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

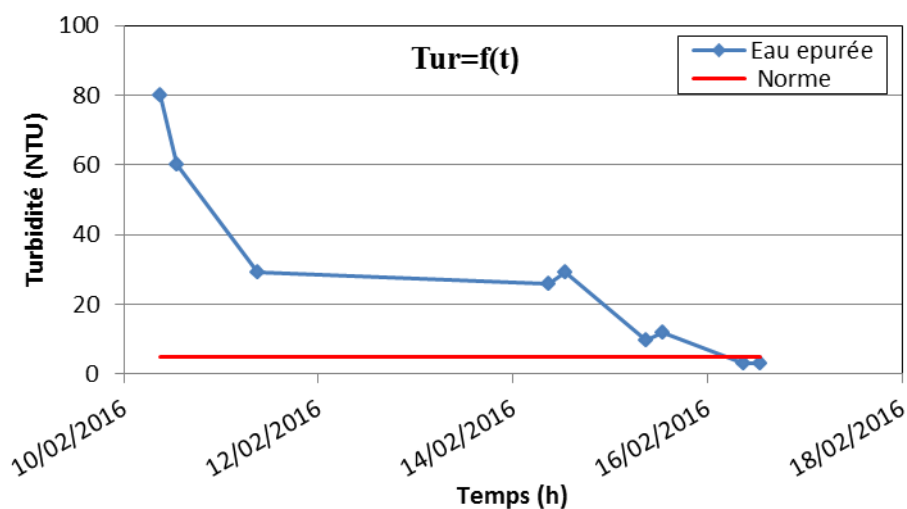


Figure IV.6. Courbe de variation de la turbidité (NTU).

D'après la figure IV.6, on remarque que la valeur de la turbidité de l'eau usées brute est très élevée 240 NTU, après l'épuration cette valeur a diminuée pour atteindre 3,10NTU, cette

diminution est due à la dégradation de la matière organique par ce procédé d'épuration. Ce procédé élimine **98,70%** de la turbidité de l'eau, cette valeur est inférieure à la norme.

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

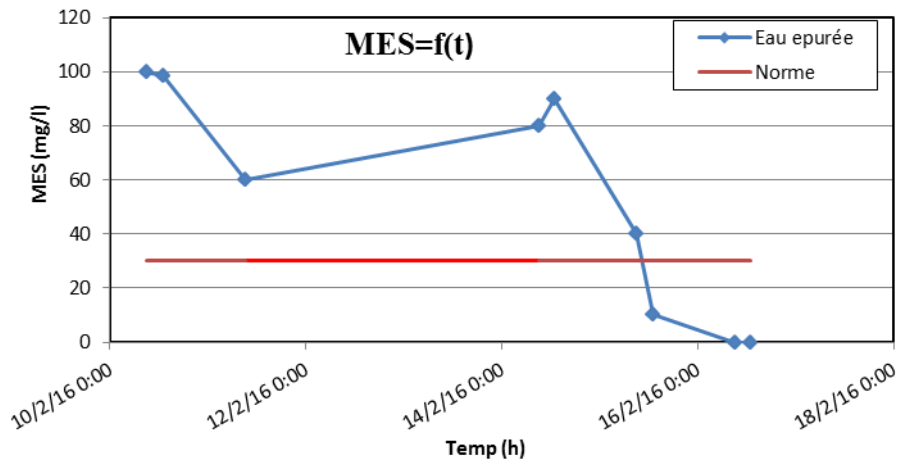


Figure IV.7. Courbe de variation des MES (mg/l).

D'après la figure IV.7, on remarque une forte baisse des matières en suspension par rapport à l'eau brute (155mg/l), Les MES restent constantes (100mg/l) pendant une journée de traitement. Après deux (02) jours de traitement les MES atteignent une valeur de 60 mg/l. Elles augmentent progressivement ensuite jusqu'à 90mg/l (3 jours). Enfin, les MES diminuent jusqu'à 0 mg/l (6 jours). Ces résultats montrent clairement que plus le temps de l'épuration augmente, l'élimination de MES augmente.

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

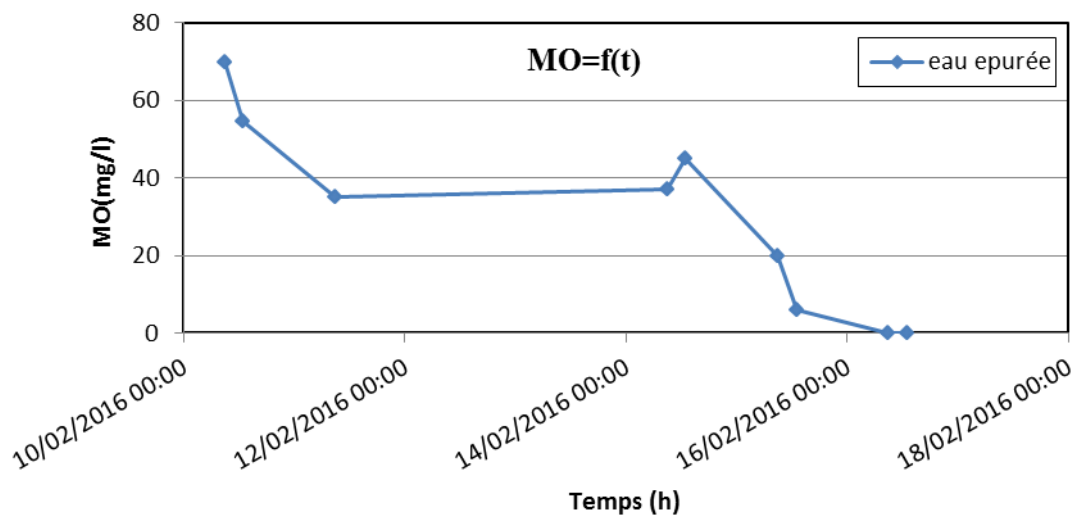


Figure IV.8. Courbe de variation de la MO (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de (70 mg/l) ; après l'épuration cette valeur a diminuée pour atteindre (0 mg/l) soit une élimination de **100%** , dans ce cas on peut dire que le lit bactérien a garnissage en brique rouge contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées

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

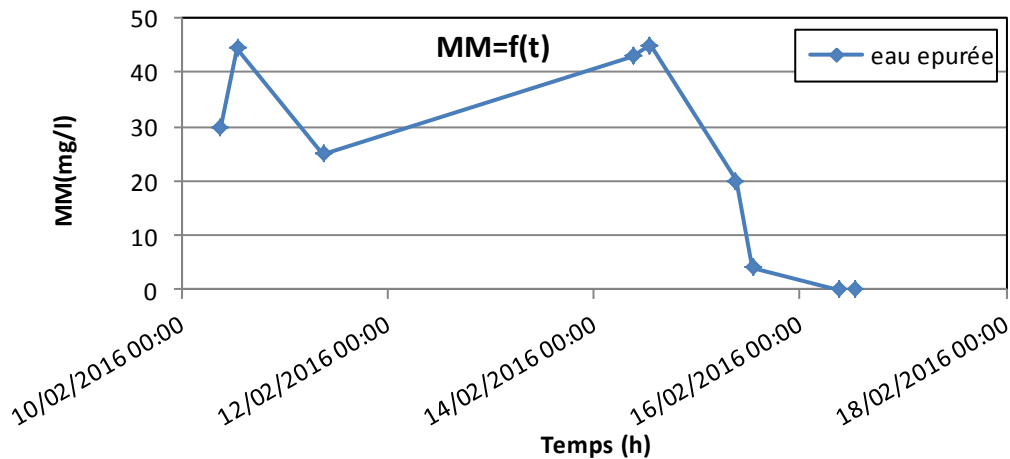


Figure IV.9. Courbe de variation de la MM (mg/l).

D'après la figure IV.9, nous apercevons une diminution de la valeur des matières minérales dans le temps . En eau brute elle était de 30 mg/l jusqu'à atteindre à la fin de l'expérience une valeur nul (0 mg/l) dans le décanteur.

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

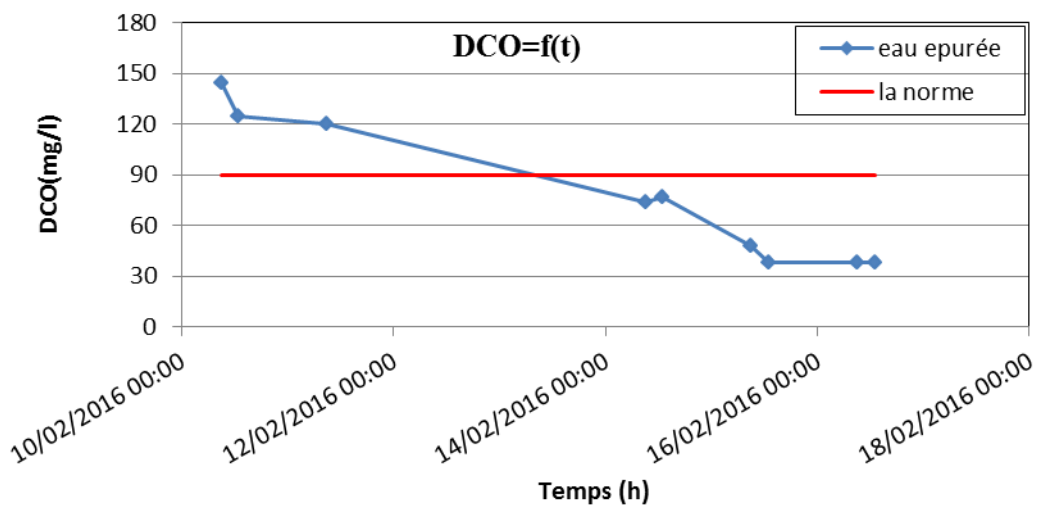


Figure IV.10. Courbe de variation de la DCO (mg/l).

La figure IV.10 montre une diminution progressive de la DCO au cours du temps , à la fin de l'expérience elle s'est stabilisé à 38.4 mg/l après la décantation (soit une élimination de **88.57%**

de la DCO initiale). Cette valeur est conforme à la norme, donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé car il y'a une dégradation importante de la charge polluante

IV.1.2. Epuration avec un débit de 16l/h:

Les expériences ont été menés avec un débit d'alimentation de 16 l/h et après stabilisation de la DCO (7 jours), les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.2 et représenté sur l'histogramme de la figure IV.11.

Tableau IV.2. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	28	18
pH	7.70	7.04
O₂dissout (mg/l)	6.90	1.35
O₂dissout (%)	65.1	13
Turbidité (NTU)	250	7.20
MES (mg/l)	170	20
MM (mg/l)	58	2.5
MO (mg/l)	112	17.5
DCO (mg/l)	240	19.2
DBO₅(mg/l)	140	08

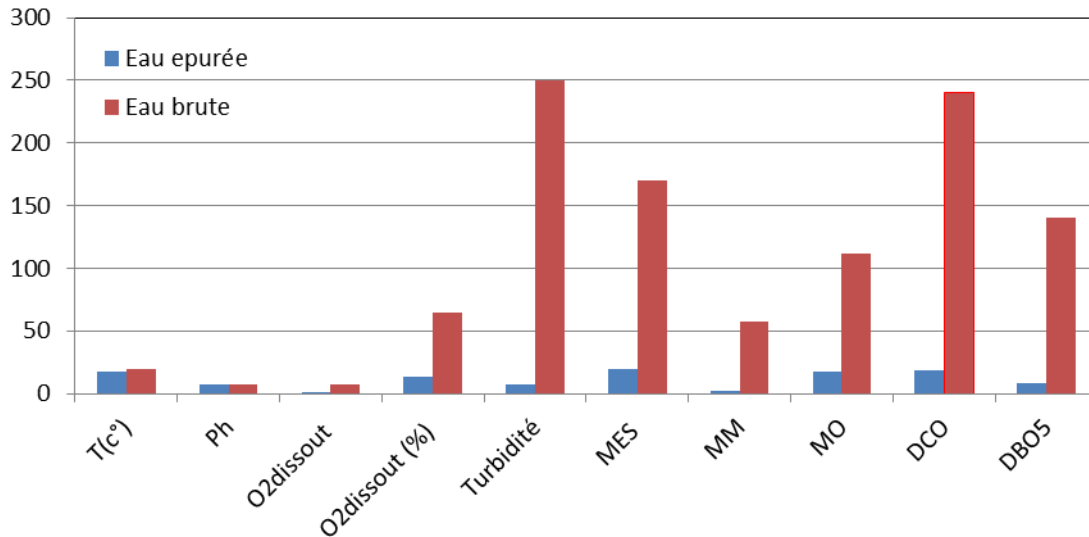


Figure.IV.11. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie).

- Les résultats obtenus sont résumés dans l'annexe A, tableau A02
- Indice de boue est $IB = 118,81 \text{ ml/g}$ qui confirme que la boue décante bien.
- Nous avons représenté dans les figures (IV.12 à IV.19) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du dates au niveau du décanteur. .
- **La température :** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

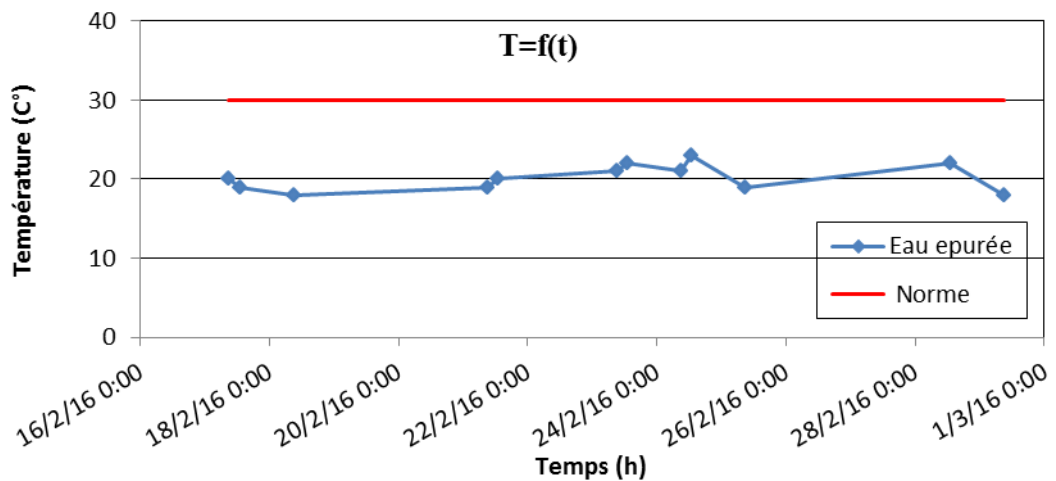


Figure IV.12. Courbe de variation de la température

Les analyses obtenues à partir de la figure IV.12, montrent que la température à différent temps pour chaque prélèvement (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varié entre 28 et 18°C°. Cette variation est due au contact eau-air ; la température de l'eau épurée est largement inférieure à la norme.

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

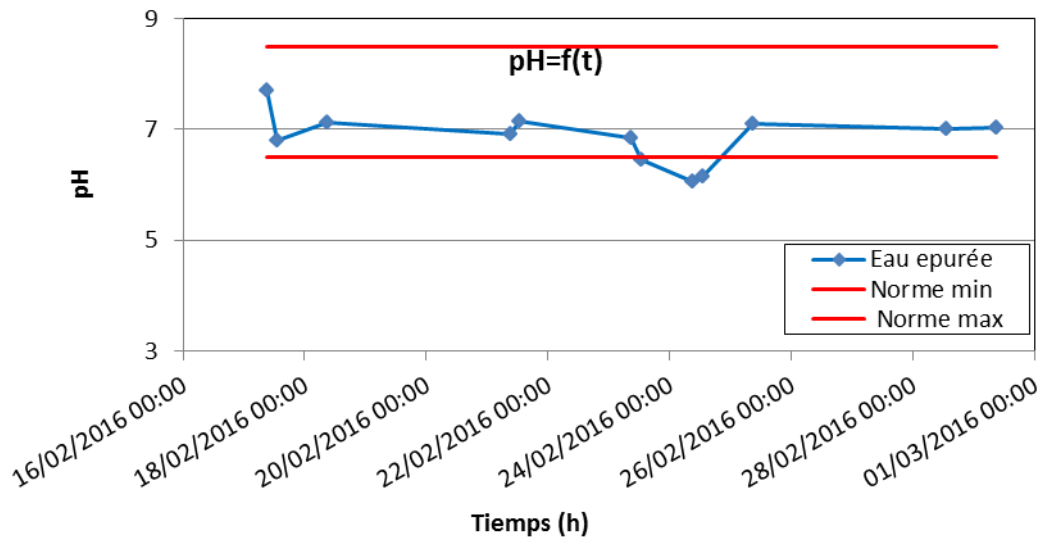


Figure IV.13. Courbe de la variation de pH.

Nous observons qu'il y a une petite variation du pH figure IV.13 au cours de l'épuration varie entre 7,70 à 7,04. Cette variation est due à l'élimination des matières polluantes, cette valeur est conforme à la norme Algérien de rejet (pH=8,5 et pH=6.5).

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

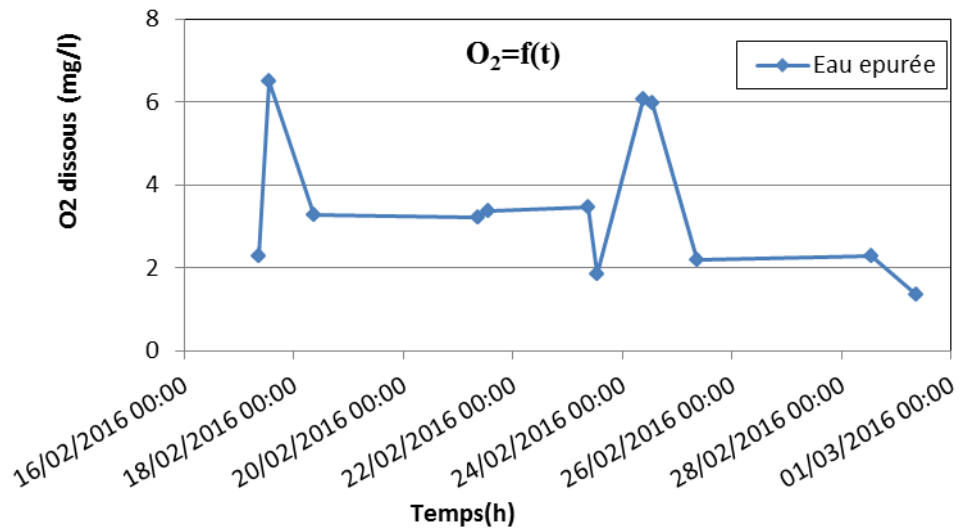


Figure IV.14. Courbe de variation de O₂ dissous (mg/l).

la concentration de l'O₂ dissous à l'entrée était de 6.90 mg/l et selon la figure IV.14 nous remarquons une forte baisse de O₂ jusqu'à atteindre 1,35 mg/l après décantation et à la fin de l'expérience ; mais nous avons constaté au début de l'expérience que la valeur initiale était de

2.27mg/l qui augmente jusqu'à 6.5mg/l ensuite diminue pour atteindre la valeur de 1.35mg/l . Cette diminution de la teneur en O₂ dissous est expliquée par l'activité des bactéries au sien du lit (les bactéries consomment l'O₂ dissout, ce qui confirme une dégradation biologique des matières organiques).

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

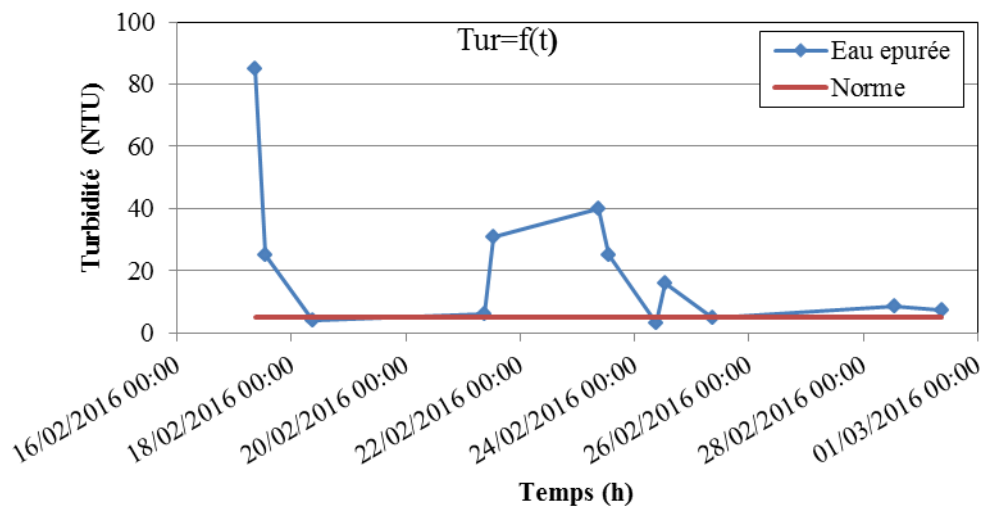


Figure IV.15. Courbe de variation de la turbidité.

La figure IV.15 montre l'évolution de la turbidité de l'eau épurée en fonction du temps. On observe une diminution par rapport à l'eau brute (250NTU). On constate qu'à la fin de l'expérience la turbidité diminue à 7.20 NTU (élimination de 97.12%). Cette diminution est due à la dégradation de la matière organique par ce procédé d'épuration.

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

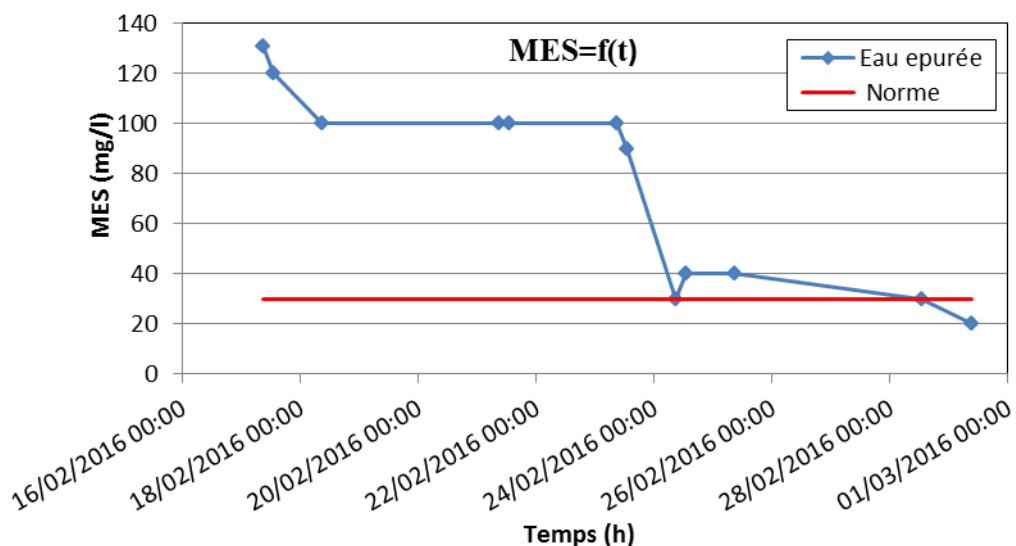


Figure IV.16. Courbe de variation des MES (mg/l).

La figure IV.16 montre l'évolution des MES de l'eau épurée en fonction du temps (courbe bleue). La norme (courbe rouge) est également reportée pour comparaison. On remarque une baisse des matières en suspension au cours du temps. La valeur initial des MES est de 131 mg/l. Cette valeur diminue au cours de traitement pour atteindre 100 mg/l après le 2^{ème} jours de traitement, ensuite elle reste stable pendant 3 jours. Enfin, elle diminue pour atteindre une valeur minimale de 20 mg/l. Nous avons obtenu un rendement de **88.23%**.

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

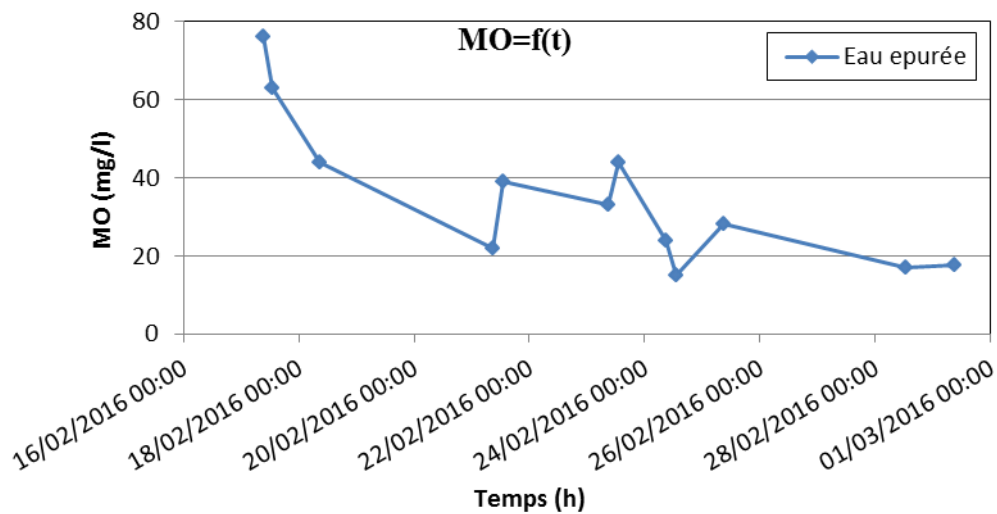


Figure IV.17. Courbe de variation des MO (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de (112 mg/l) ; après l'épuration cette valeur a diminuée jusqu'à 17.5mg/l soit une élimination de **84.37%** de la concentration initiale, donc nous pouvons conclure que le lit bactérien de notre cas, contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées.

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

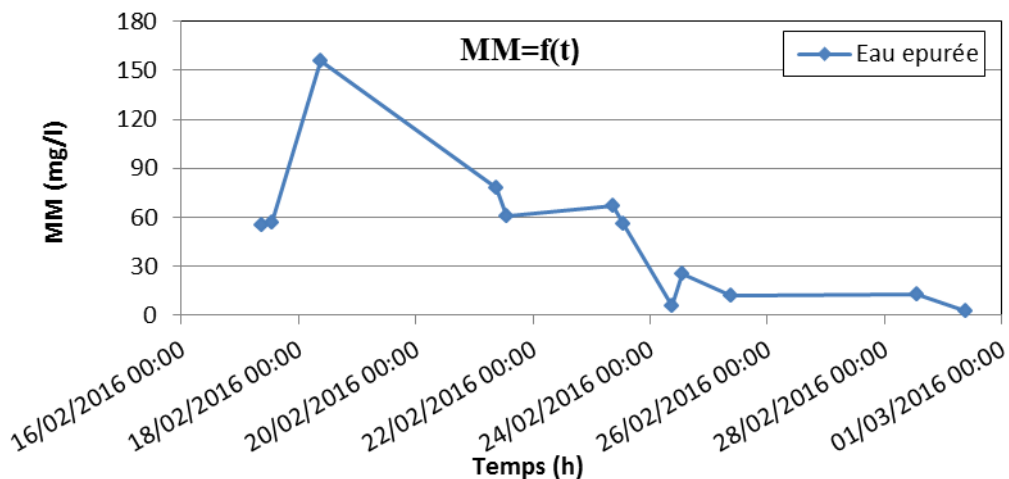


Figure IV.18. Courbe de variation des MM (mg/l)

D'après la figure IV.18, nous constatons une diminution de la valeur des matières minérales dans le temps, qui étaient de 58 mg/l puis atteignent la valeur de 2.5 mg/l à la fin de l'expérience dans le décanteur.

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

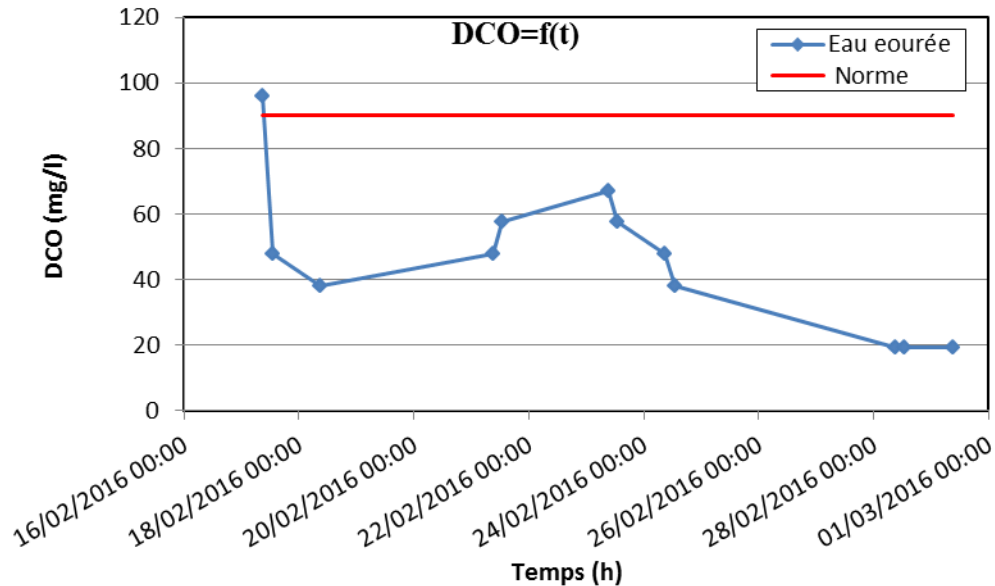


Figure IV.19. Courbe de variation de DCO (mg/l).

La DCO de l'eau brute est de 240 mg/l, elle s'est stabilisée à 19.2mg/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.19), (soit une élimination de **92%** de la DCO initiale). Cette valeur est conforme à la norme.

IV.1.3. Epuration avec un débit de 20 l/h

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 20 l/h et après stabilisation de la DCO (3 jours), les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.3 et représentés sur l'histogramme de la figure IV.20.

Tableau IV.3. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	29	17
pH	7.30	7.16
O ₂ dissout (mg/l)	8.49	2.33
O ₂ dissout (%)	91.1	28
Turbidité (NTU)	200	10
MES (mg/l)	168	0
MM (mg/l)	57	0
MO (mg/l)	112	0

DCO (mg/l)	144	9.6
DBO₅(mg/l)	160	8

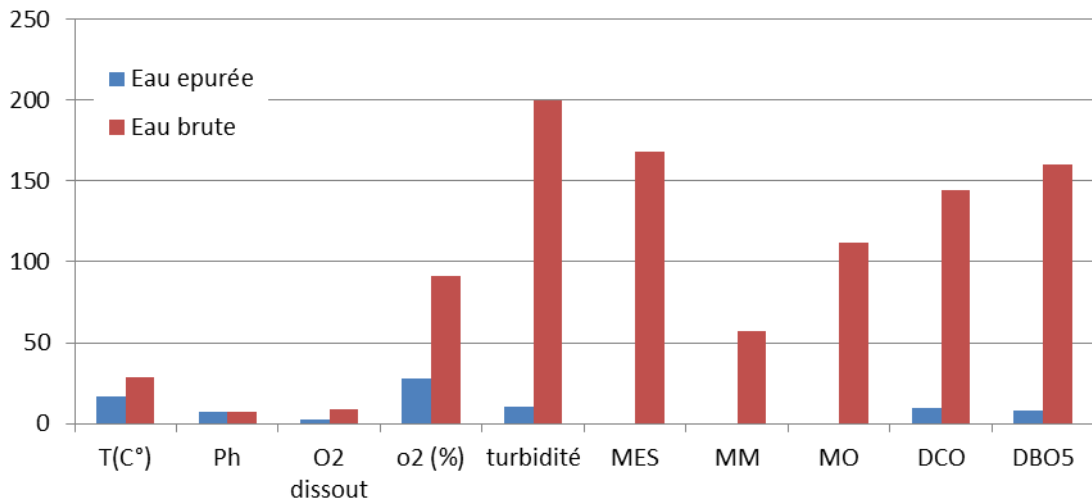


Figure.IV.20. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie)

- Les résultats obtenus sont résumés dans l'annexe A ,tableau A03.
- Indice de boue est IB =66,66 ml/g qui confirme que la boue décante bien.
- Nous avons représenté dans les figures (IV.21 a IV.28) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du date au niveau du décanteur.

➤ **La température :** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

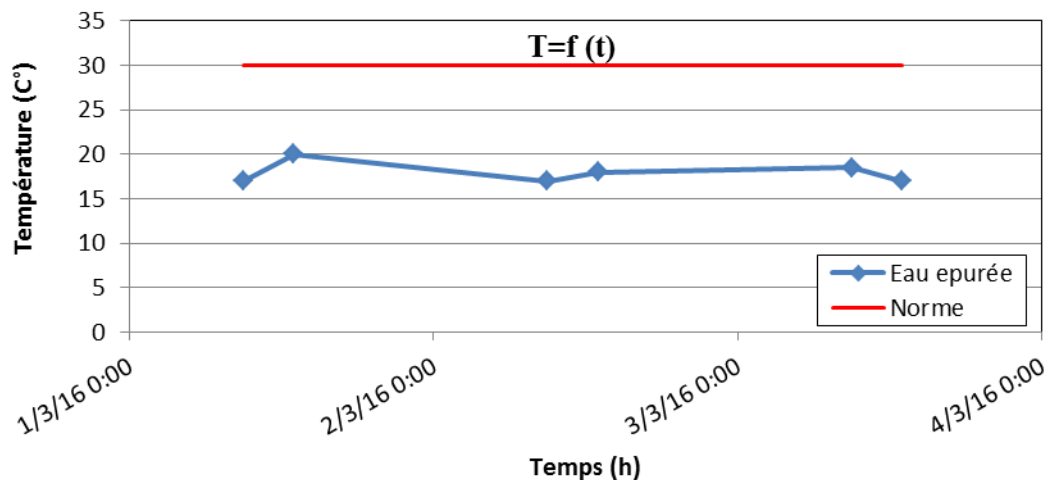


Figure IV.21. Courbe de variation de la température.

Les résultats obtenus à partir de la figure IV.21, montrent que la température à différent temps pour chaque prélèvement (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varié entre 29 et 17C°.

Cette variation est due au contact eau-air , la température de l'eau épurée est largement inférieure à la norme.

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

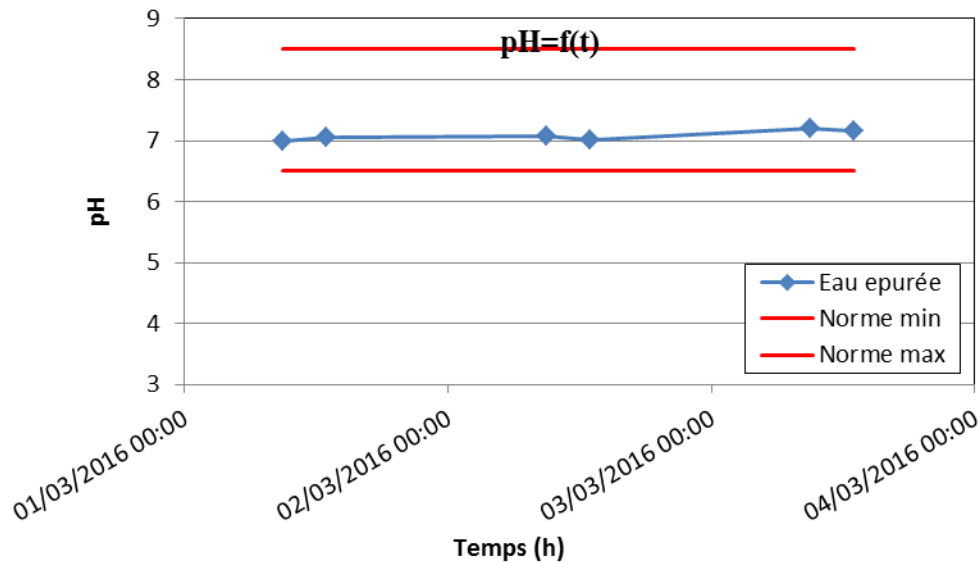


Figure IV.22. Courbe de variation de pH.

Nous observons que il y'a une petite variation du pH figure IV.22 au cours de l'épuration varie entre 7,00 à 7,16. Cette variation est due à l'élimination des matières polluante, mais reste toujours conforme à la norme Algérien de rejet pH=8,5 et pH=6.5

➤ **O₂ ,dissous** : la figure suivante représente la variation d'O₂ dissout en fonction du temps.

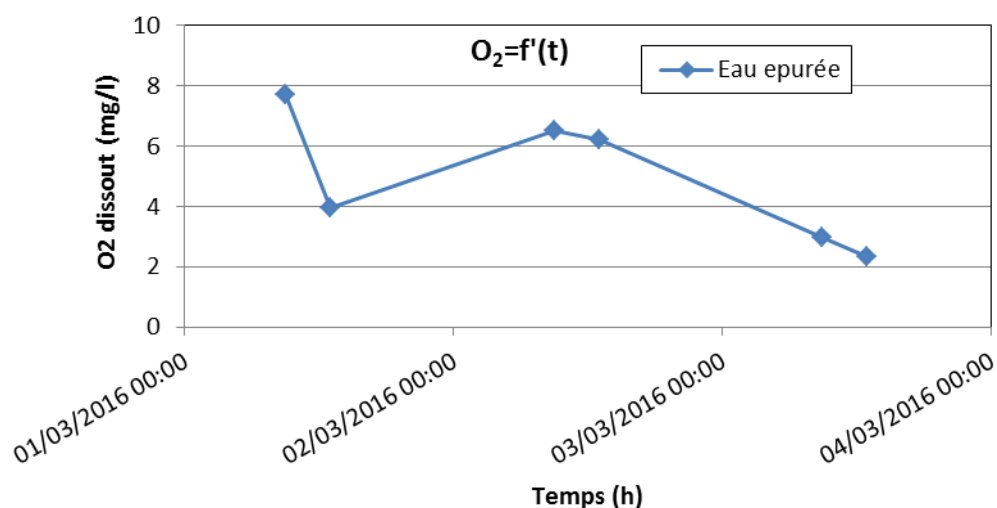


Figure IV.23. Courbe de variation de O₂ dissout (mg/l).

la concentration de l'O₂ dissout à l'entrée était de 8.49 mg/l et selon la figure IV.23 elle a diminué à 2.33 mg/l après la décantation à la fin de l'expérience. Cette diminution de la teneur en

O₂ dissous est expliquée par l'activité des bactéries au sien du lit (les bactéries consomment l'O₂ dissout ce qui montre que il y'a une dégradation biologique des matières organiques).

- **Turbidité** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du Temps

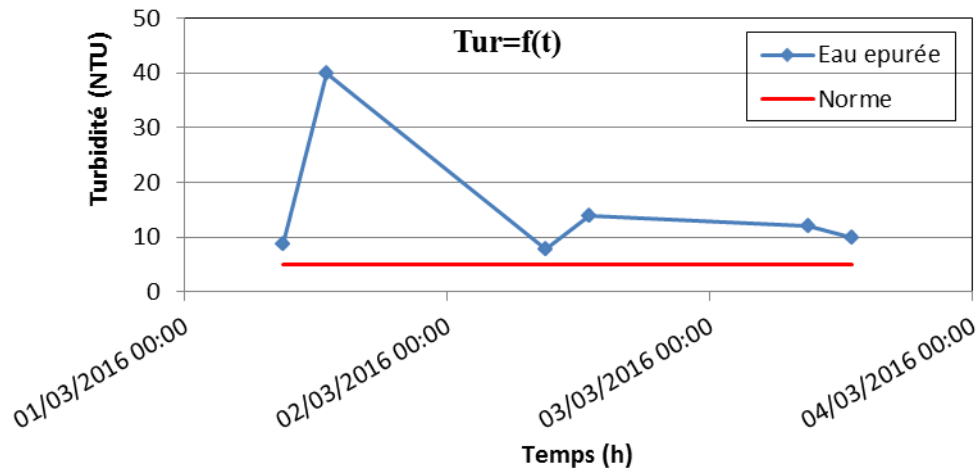


Figure IV.24. Courbe de variation de la turbidité.

D'après les résultats de la figure IV.24, on remarque la valeur de la turbidité de l'eau usées brute est très élevée 200 NTU, après l'épuration cette valeur a diminuée pour atteindre 9 NTU, cette diminution est due à la dégradation de la matière organique par ce procédé d'épuration. Le procédé élimine **95%** de la turbidité de l'eau, cette valeur est supérieure à la norme, à la sortie du clarificateur

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

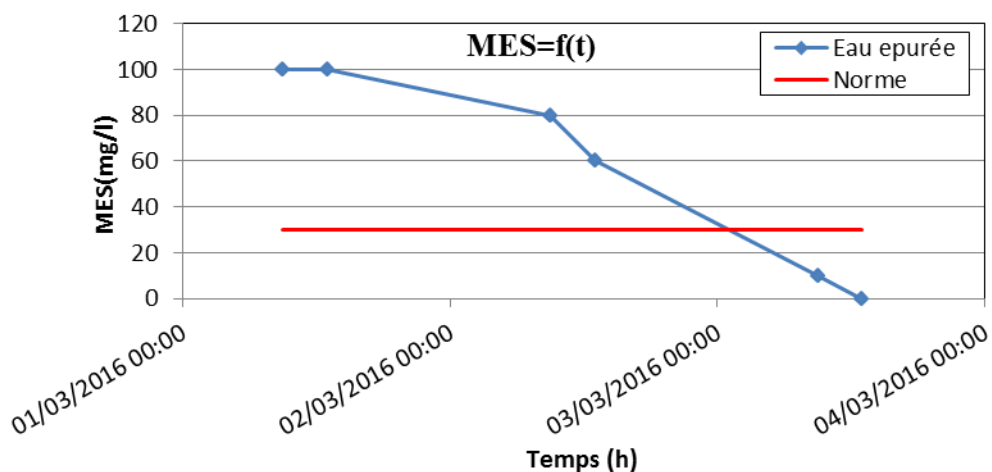


Figure IV.25. Courbe de variation de MES (mg/l).

D'après la figure IV.25, on remarque une forte baisse des matières en suspension. Les MES commence par 100 mg/l diminue au cours de traitement jusqu'à la valeur 0mg/l .Plus le temps de l'épuration augmente et le débit recyclé de l'eau claire plus l'élimination de MES augmente. A terme de l'expérience, on a un rendement de **100 %**. La concentration en matières en suspension

est inférieure à 30 mg/l, à la sortie du décanteur au cours de l'expérience la valeur des MES est de 0 mg /l, donc, elle est largement inférieure à la norme

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

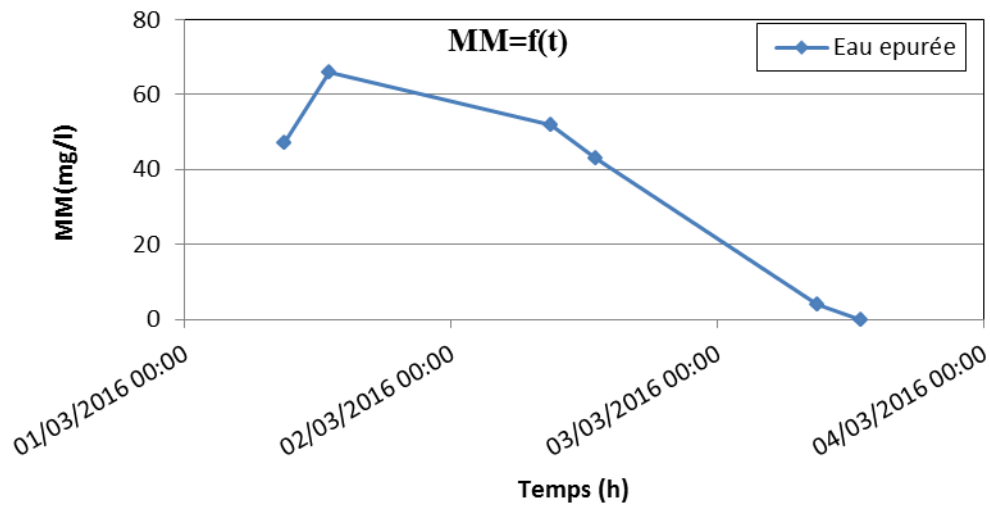


Figure IV.26. Courbe de variation des MM (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de 57 mg/l ; d'après l'épuration cette valeur est diminuée à (0 mg/l) soit une élimination de **100%** de la concentration initiale, donc le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées

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

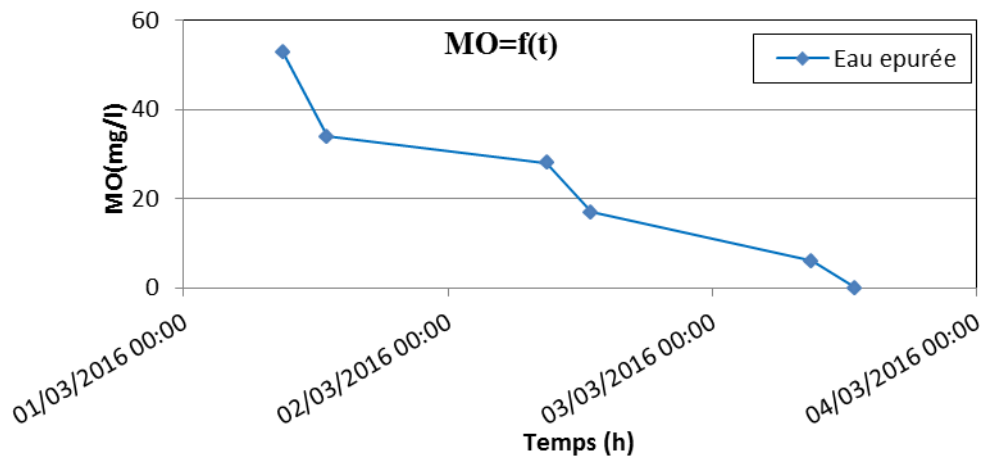


Figure IV.27. Courbe de variation des MO (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de 112 mg/l, d'après l'épuration cette valeur est diminuée à 0 mg/l soit une élimination de **100%** de la concentration initiale, donc le lit bactérien à garnissage en brique rouge. contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées

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

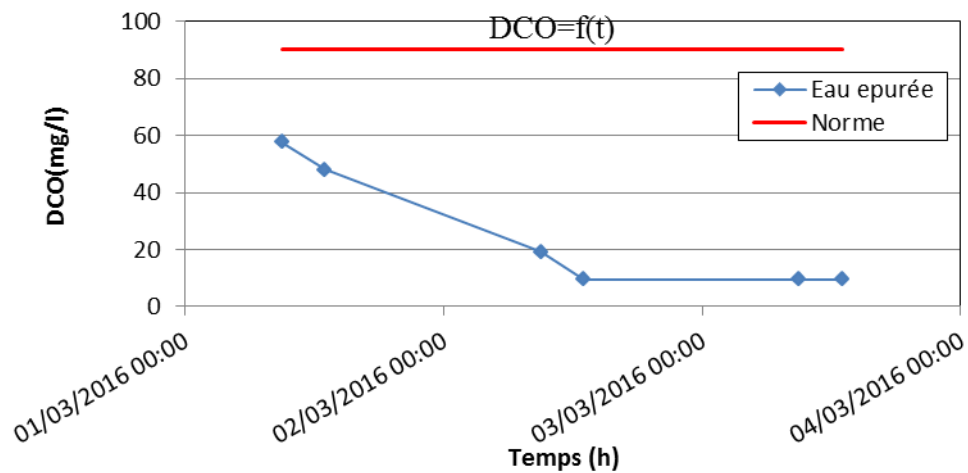


Figure IV.28. Courbe de variation de DCO (mg/l).

Selon les résultats indiqués dans la figure IV.28 la demande chimique en oxygène de l'eau brute est de 200 mg/l et de la sortie est estimée à 19,6 mg/l au niveau du décanteur, cela nous conduit à dire qu'il y a vraiment une élimination acceptable de la substance oxydable. Donc le lit bactérien diminue pratiquement **90,2 %** de DCO.

IV.1.4. Epuration avec un débit de 25 l/h

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 25 l/h et après stabilisation de la DCO (3 jours), les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.4 et représentés sur l'histogramme de la figure IV.29

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

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	28	18
pH	6.97	6.96
O ₂ dissout (mg/l)	4.72	2.15
O ₂ dissout (%)	60.8	22.8
Turbidité (NTU)	210	4.5
MES (mg/l)	185	20
MM (mg/l)	89	6.5
MO (mg/l)	96	13.5
DCO (mg/l)	220.8	19.2
DBO ₅ (mg/l)	160	8

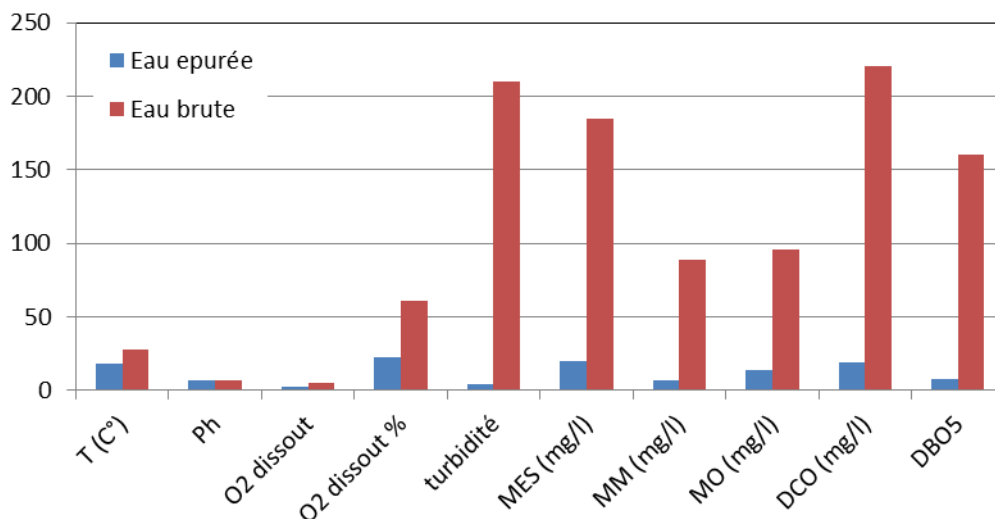


Figure.IV.29. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie).

- Les résultats obtenus au fil de l'expérience sont résumés dans l'annexe A, tableau A 04
- Indice de boue est IB =115.38 ml/g qui confirme que la boue décante bien.
- Nous avons représenté dans les figures (IV.30 à IV.37) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du dates au niveau du décanteur.

➤ **La température :** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

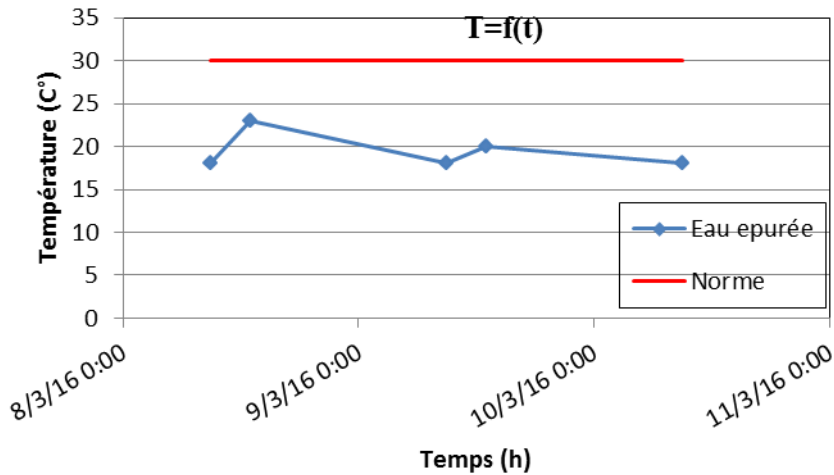


Figure IV.30. Courbe de variation de la température.

Les résultats obtenus à partir de la figure IV.30, montrent que la température à différent temps pour chaque prélèvement (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varié entre 28 et 18°C. Cette variation est due au contact eau-air ; la température de l'eau épurée est largement inférieure à la norme.

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

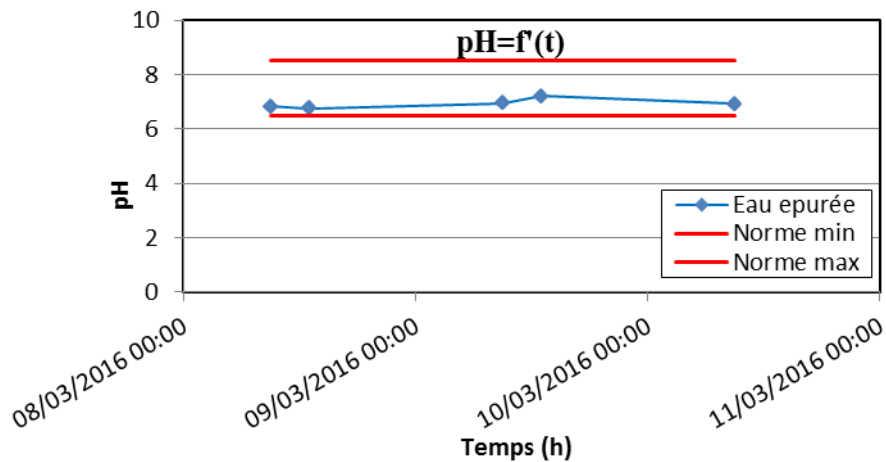


Figure IV.31. Courbe de variation de pH.

Nous observons qu'il y a une petite variation du pH figure IV.31 au cours de l'épuration située entre 6.83 à 6.92. Cette variation est due à l'élimination des matières polluantes, conforme à la norme Algérien de rejet qui est de pH=8,5 et pH=6.5.

➤ **O₂ dissout** : la figure suivante représente la variation d'O₂ dissout en fonction du temps.

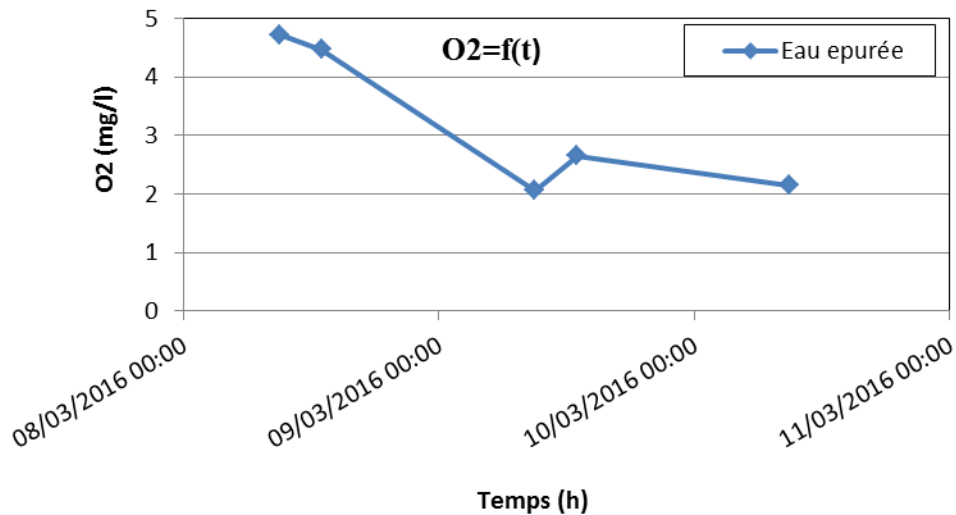


Figure IV.32. Courbe de variation de O₂(mg/l).

D'après la figure IV.32 on remarque que la variation de la quantité d'oxygène dissout dans le décanteur est plus importante qui atteint la valeur de 2.15 mg/l, cette diminution est due à une forte consommation de l'O₂ dissout dans l'eau par les bactéries. C'est une chute importante par rapport à la concentration initiale dans l'eau brute qui été de 4,72mg/l ; ce qui confirme une importante activité bactérienne dans le lit bactérien.

- **Turbidité** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du Temps

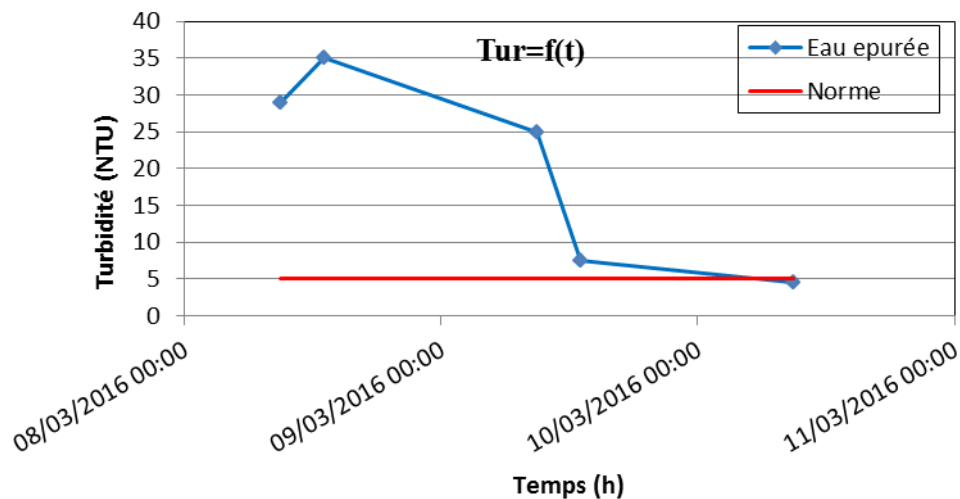


Figure IV.33. Courbe de variation de la turbidité (NTU).

D'après la figure IV.33, on constate que la valeur de la turbidité est égale 210 NTU à l'entrée, après elle à diminué après l'épuration à une valeur de 4.5NTU. Donc on peut conclure que la contribution de la filtration sur la brique rouge contribue efficacement à la réduction de la turbidité avec une élimination de **97.85%**, cette diminution est proche de la norme.

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

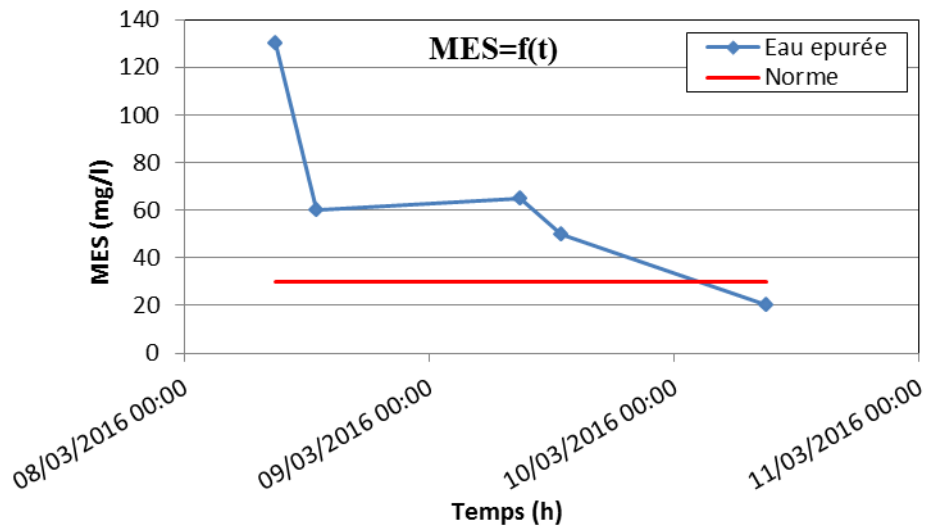


Figure IV.34. Courbe de variation de MES (mg/l).

D'après la figure IV.34, on remarque une forte baisse des matières en suspension. Les MES commence par 130 mg/l diminue au cours de traitement jusqu'à la valeur 20 mg/l. Plus le temps de l'épuration augmente et le débit recyclé de l'eau claire plus l'élimination de MES augmente. A terme de l'expérience, on a un rendement de **89.18 %**. La concentration en matières en suspension est inférieure à 30 mg/l, a sortie du décanteur au cours de l'expérience la valeur des MES est de 20 mg /l, donc, elle est largement inférieure à la norme.

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

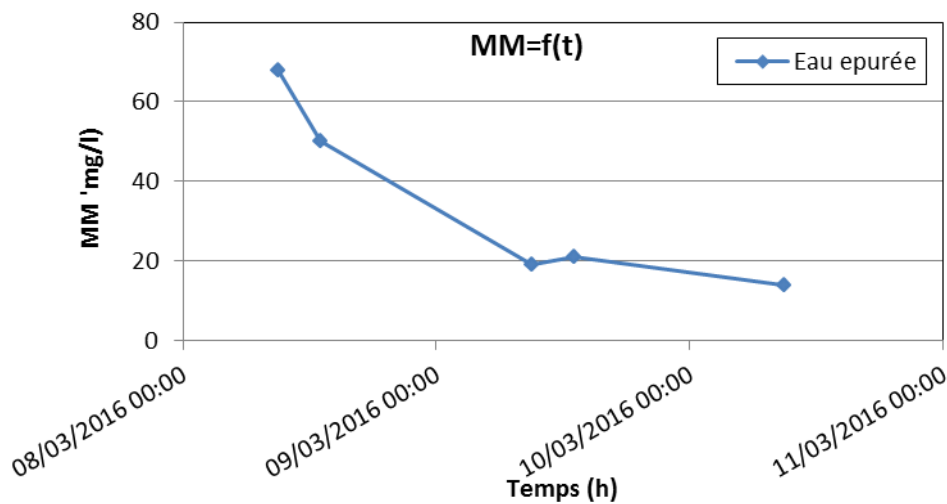


Figure IV.35. Courbe de variation de MM (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de 89 mg/l ; d'après l'épuration cette valeur est diminuée à 6.5 mg/l soit une élimination de **92.69%** de la concentration initiale, donc le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées.

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

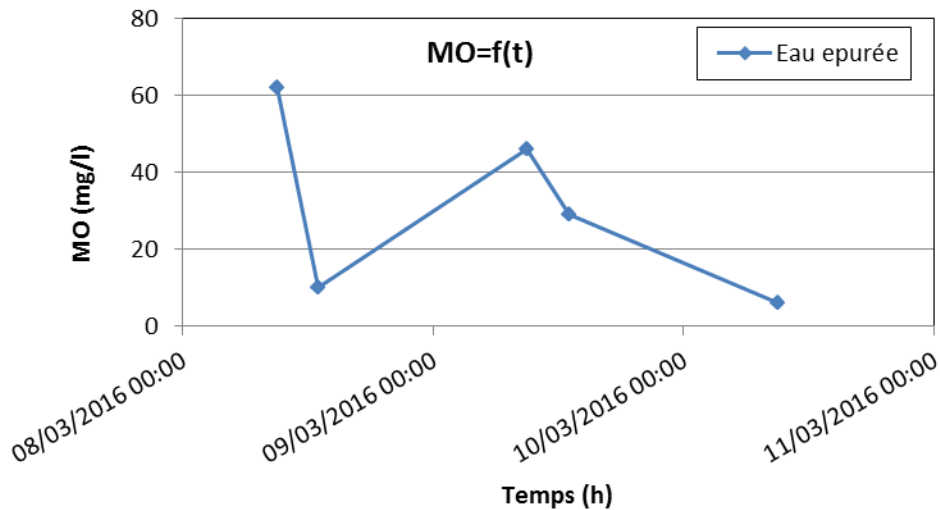


Figure IV.36. Courbe de variation de MO (mg/l)

D'après la figure IV.36, la valeur de la matière organique de l'eau brute été de 96 mg/l d'après l'épuration cette valeur est diminuée à 13.5 mg/l soit une élimination de **85,93 %** de la concentration initiale, donc le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées.

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

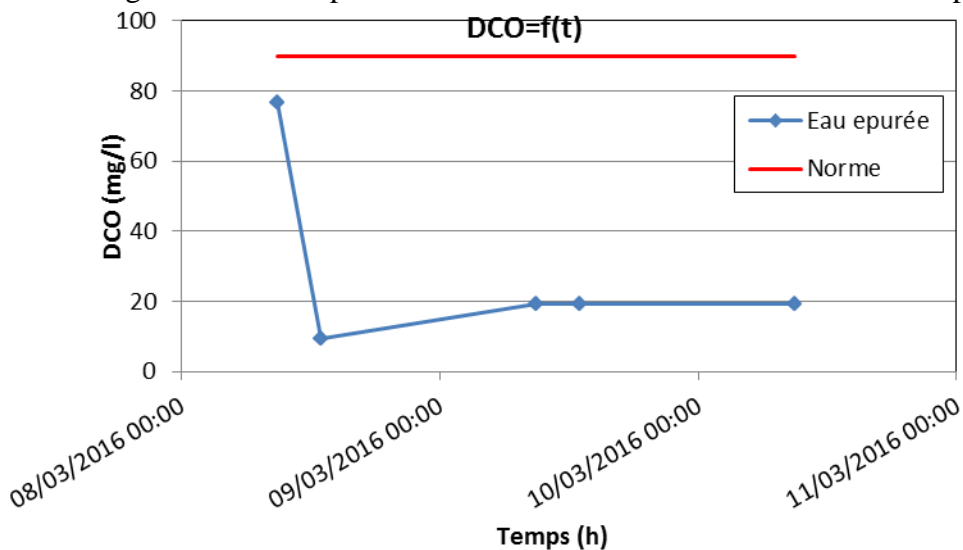


Figure IV.37. Courbe de variation de la DCO (mg/l).

Selon les résultats indiqués dans la figure IV.37, la demande chimique en oxygène de l'eau brute est de 220.8 mg/l qui se stabilisera à 19,2 mg/l a de la sortie du décanteur, cela nous conduit à dire qu'il y-a une élimination acceptable de la substance oxydable avec un rendement **91,30 %** de DCO.

IV.2. Epuration avec lit bactérien à garnissage en brique rouge sur une hauteur 80 cm :

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

Les expériences ont été menées avec un débit d'alimentation de 10 l/h et après stabilisation de la DCO (4 jours), les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.5 et représentés sur l'histogramme de la figure IV.38

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

Paramètres	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	30	18
pH	7.25	6.85
O ₂ dissout (mg/l)	5.27	0.65
O ₂ dissout (%)	58.3	7.1
Turbidité (NTU)	185	6
MES (mg/l)	120	10
MM (mg/l)	95	06
MO (mg/l)	25	04
DCO (mg/l)	240	9.6
DBO ₅ (mg/l)	180	6

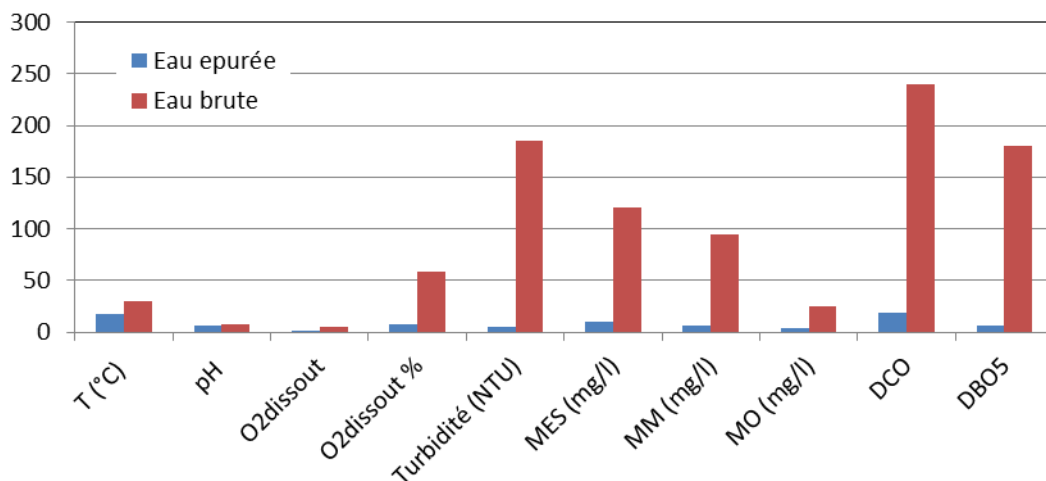


Figure.IV.38. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie).

- Les résultats obtenus au fil de l'expérience sont résumés dans l'annexe B, tableau B 01
- Indice de boue est IB =140.77 ml/g qui confirme que la boue décante bien.

➤ **La température :** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

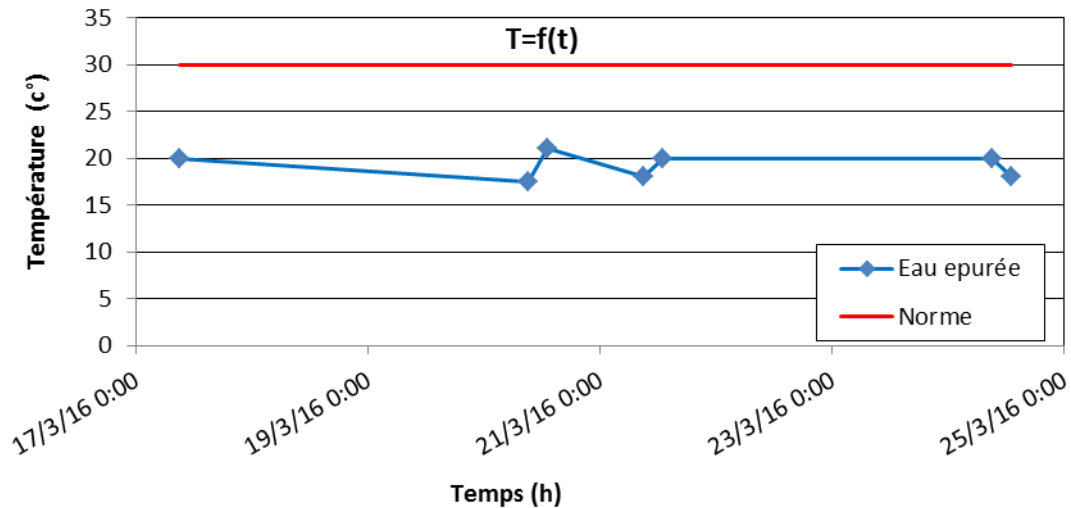


Figure IV.39. Courbe de variation de la température.

Selon les résultats indiqués dans la figure IV.40, le teste de la température montre qu'on a une grande variation de cette dernière (entre 30à 8°C) ce qui implique que le lit bactérien il y'a d'influence sur la température. La température de l'eau est largement inférieure à 30°C.

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

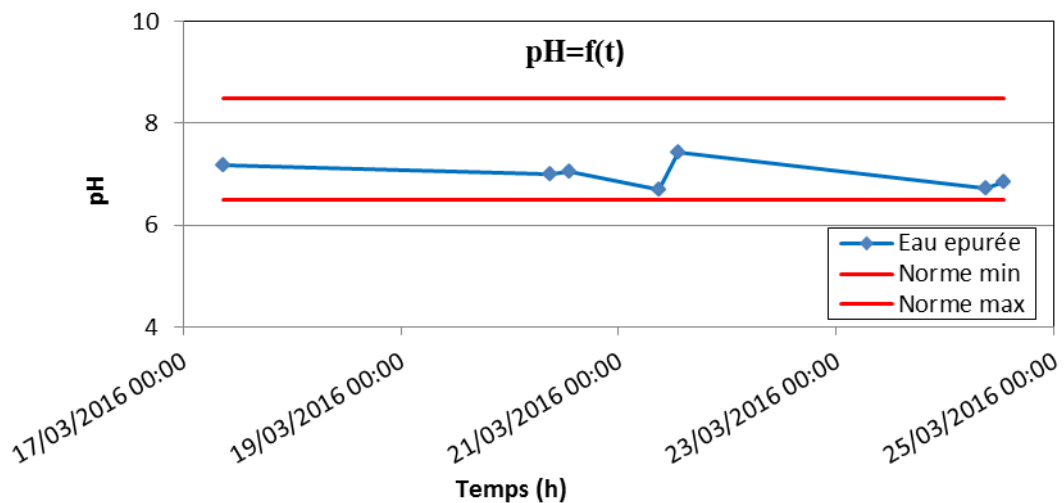


Figure IV.40. Courbe de variation de pH

D'après la figure IV.40, nous remarquons que la variation de la courbe est uniforme, les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7.17à 6.85 et reste dans la gamme de neutralité. Les valeurs de pH de l'eau sont comprises entre la norme de rejet fixée ($6,5 \leq \text{PH} \leq 8,5$).

➤ **O₂,dissout :** la figure suivante représente la variation d'O₂ dissout en fonction du temps.

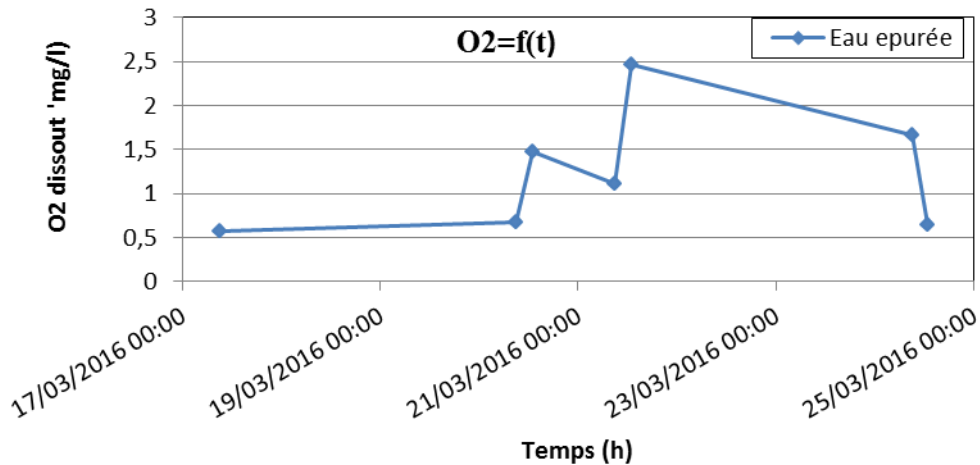


Figure IV.41. Courbe de variation de O₂ dissout (mg/l)

A partir de la figures IV.41 nous constatons qu'il n'a pas une grande variation dans la quantité d'oxygène dissout, dont la quantité maximal afficher par l'oxymètre est de 0,57 mg/l et un minimum de 0,65 mg/l alors qu'elle été 5.25 dans l'eau brute, donc nous pouvant également constaté qu'il y a une activation bactérien au sien de lit.

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

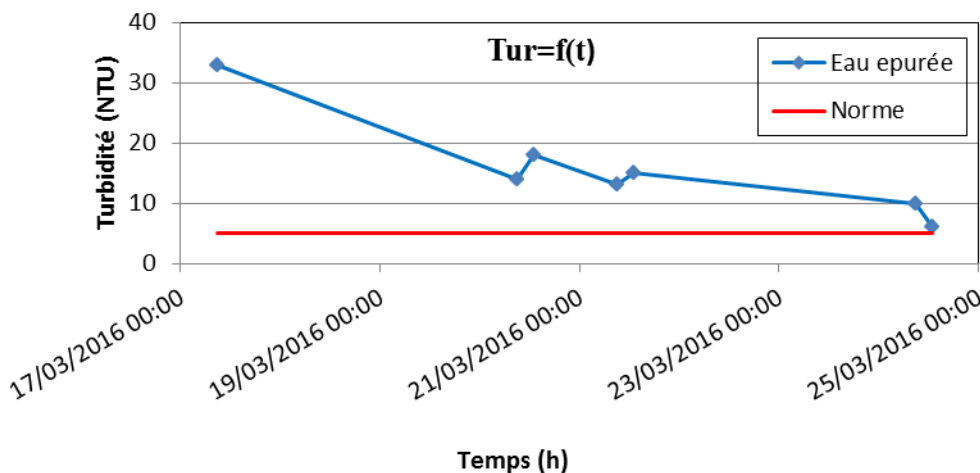


Figure IV.42. Courbe de variation de la turbidité (NTU).

D'après les résultats obtenues de la turbidité figure IV.42, nous avons observé une diminution puis une augmentation à cause d'un problème de colmatage du débitmètre et après le 5^{ème} prélèvement elle commence à diminuer à 6NTU et puis une grande diminution. À la fin de l'expérience la turbidité a chuté de 185 à 6 NTU(élimination de **96.75%**) cette diminution est due à la dégradation de la matière organique par ce procédé d'épuration.

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

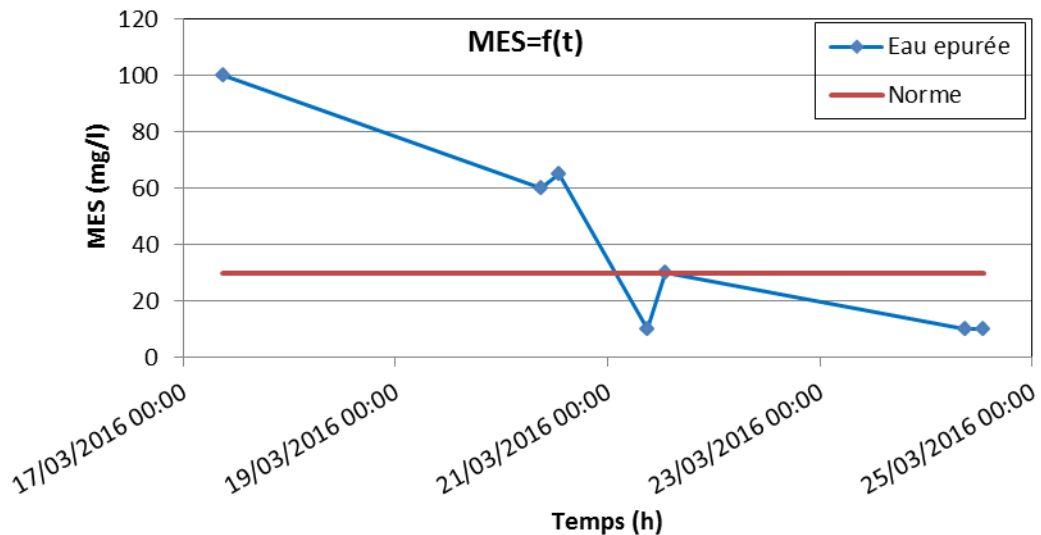


Figure IV.43. Courbe de variation de MES (mg/l).

D'après la figure IV.43, on remarque une forte baisse des matières en suspension. Les MES commence par 100 mg/l diminue au cours de traitement jusqu'à la valeur 10mg/l .Plus le temps de l'épuration augmente et le débit recyclé de l'eau claire plus l'élimination de MES augmente. A terme de l'expérience, on a un rendement de **91.66 %**. La concentration en matières en suspension est inférieure à 30 mg/l, a sortie du décanteur au cours de l'expérience la valeur des MES est de 10 mg /l, donc, elle est largement inférieure à la norme.

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

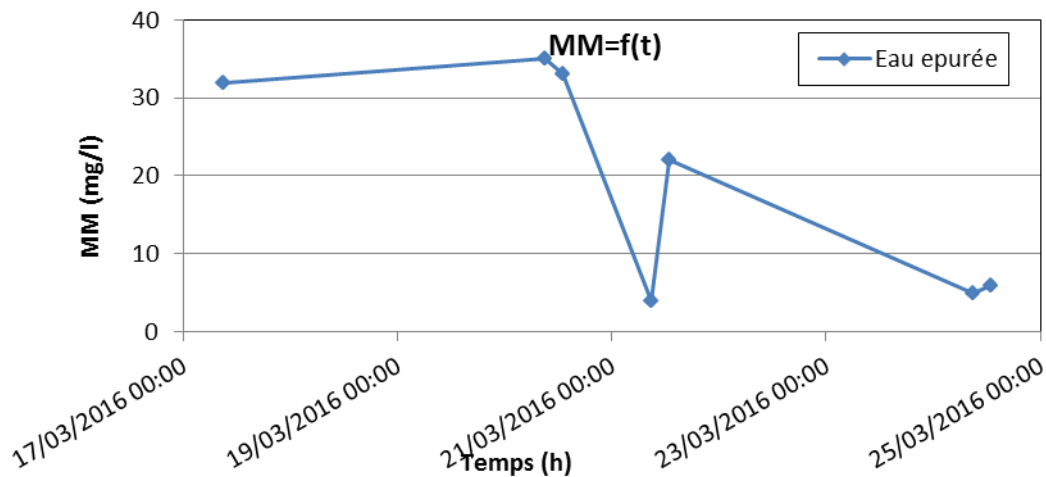


Figure IV.44. Courbe de variation de MM (mg/l).

De la figure IV.44, on peut clairement voir la variation de la teneur en MM de l'eau qui est en constante diminution; elles varient de 32 à 6 mg/l au fil du temps dans le décanteur. Le rendement d'élimination des MM est de **93,68 %**. Donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé.

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

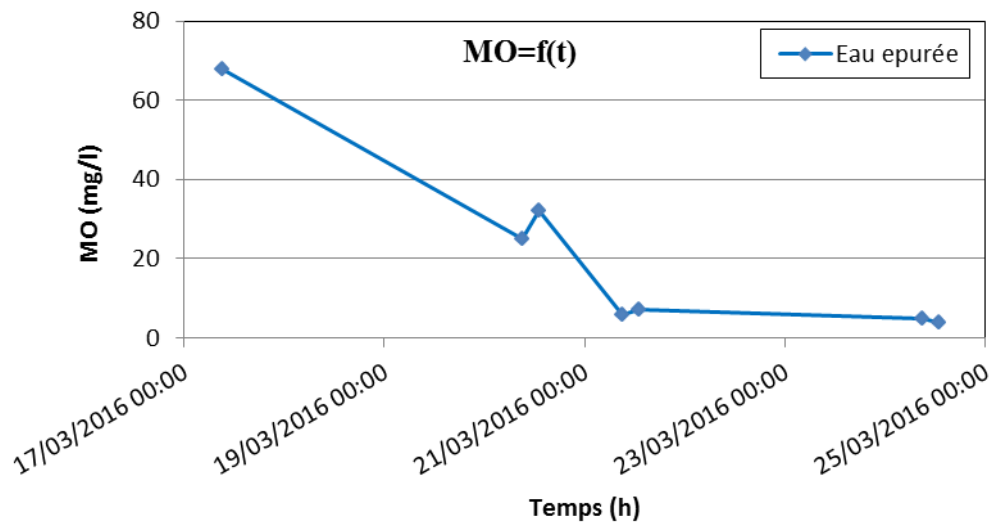


Figure IV.45. Courbe de variation de MO (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute est de 25 mg/l, et l'analyse de la figure IV.45, après l'épuration cette valeur est diminuée à 4 mg/l, donc le lit bactérien contribue efficacement à la dégradation des matières organiques. Le rendement d'élimination des matières en suspension est de **84 %**

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

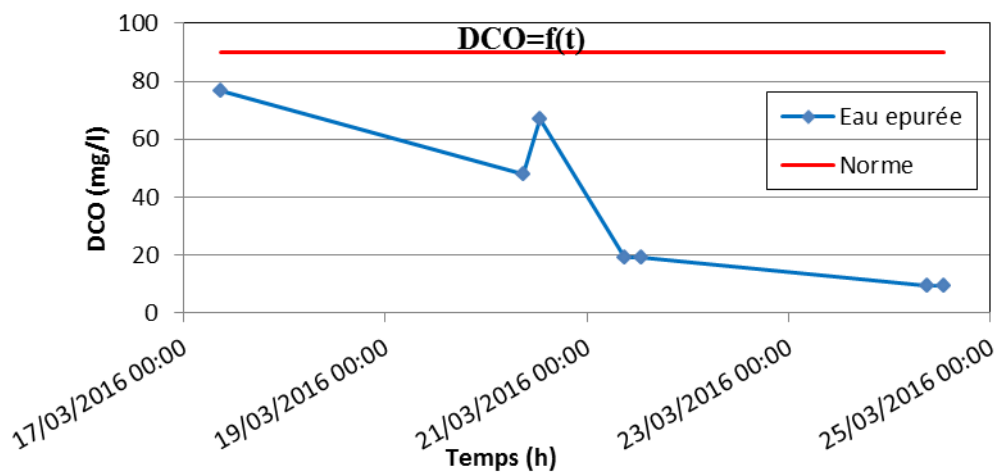


Figure IV.46. Courbe de variation de DCO (mg/l).

La concentration de la DCO de l'eau brute est de 240 mg/l ; d'après la figure IV.46, il y a une chute importante de 9,6 mg/l pendant les 4 jours de traitement, cette valeur est conforme à la norme (<90 mg/l), donc on peut dire qu'une grande concentration a été éliminée par ce procédé avec un rendement d'élimination de la DCO de **96 %**.

IV.2.2. Epuration avec un débit de 16l/h:

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 16 l/h et après stabilisation de la DCO (4 jours), les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.6 et représentés sur l'histogramme de la figure IV.47

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

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	34	20
pH	7.20	6.63
O ₂ dissout (mg/l)	4.48	0.65
O ₂ dissout (%)	51.3	7.1
Turbidité (NTU)	110	3.30
MES (mg/l)	190	10
MM (mg/l)	79	7
MO (mg/l)	111	03
DCO (mg/l)	163.2	9.6
DBO ₅ (mg/l)	120	6

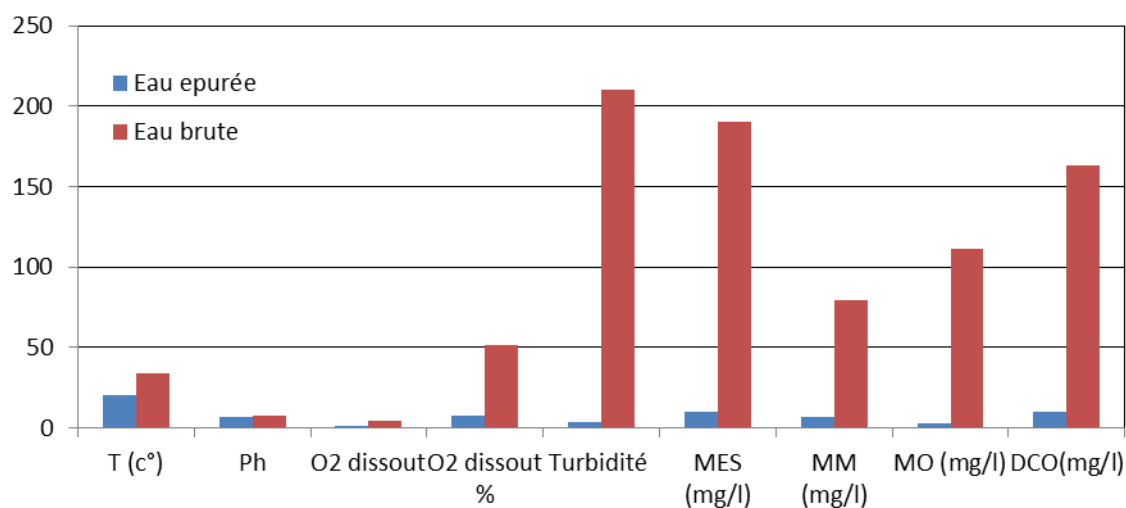


Figure.IV.47. Histogramme de la variation des paramètres (entré et la sortie)

- Les résultats obtenus au fil de l'expérience sont résumés dans l'annexe **B**, tableau **B02**.
- L'indice de boue est $IB = 97.66 \text{ ml/g}$ qui confirme que la boue décante bien.
- **La température** : la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

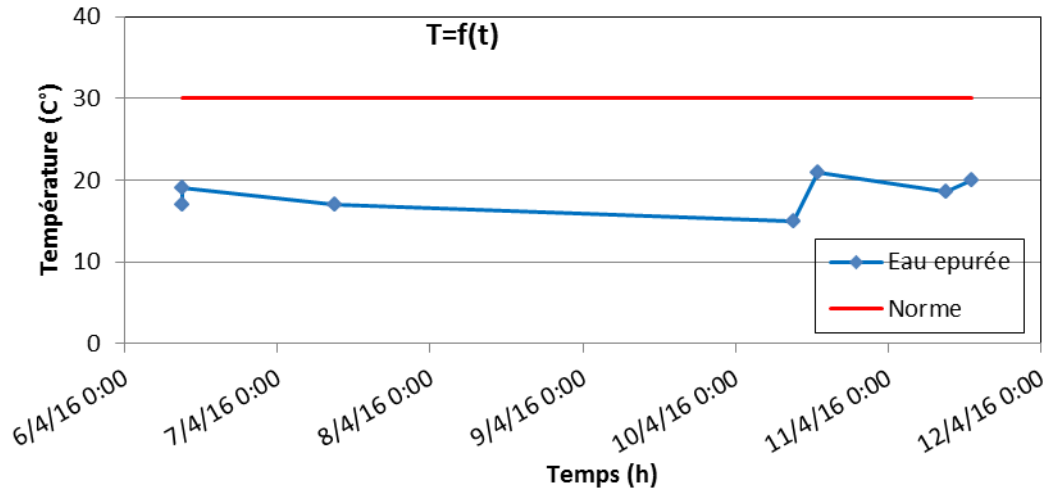


Figure IV.48. Courbe de variation de la température.

Selon les résultats indiqués dans la figure IV.48, le teste de la température montre qu'on a une faible variation de cette dernière (entre 17 à 20°C) ce qui implique que le lit bactérien il y'a d'influence sur la température. La température de l'eau est largement inférieure à 30°C.

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

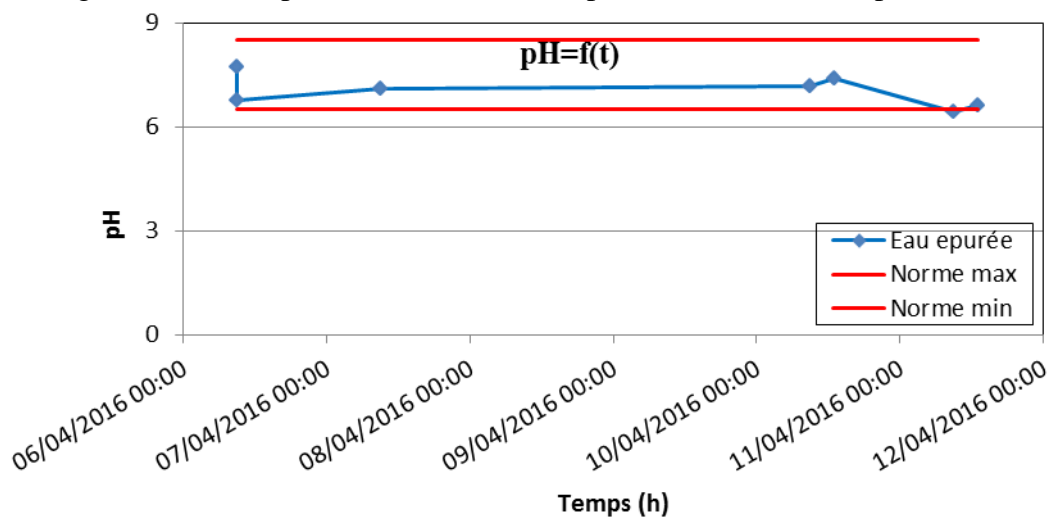


Figure IV.49. Courbe de variation de pH.

D'après la figure IV.49, on remarque que la variation de la courbe est uniforme, les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7.74 à 6.63 et reste dans la gamme de neutralité. Les valeurs de pH de l'eau sont comprises entre la norme de rejet fixée ($6,5 \leq \text{PH} \leq 8,5$).

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

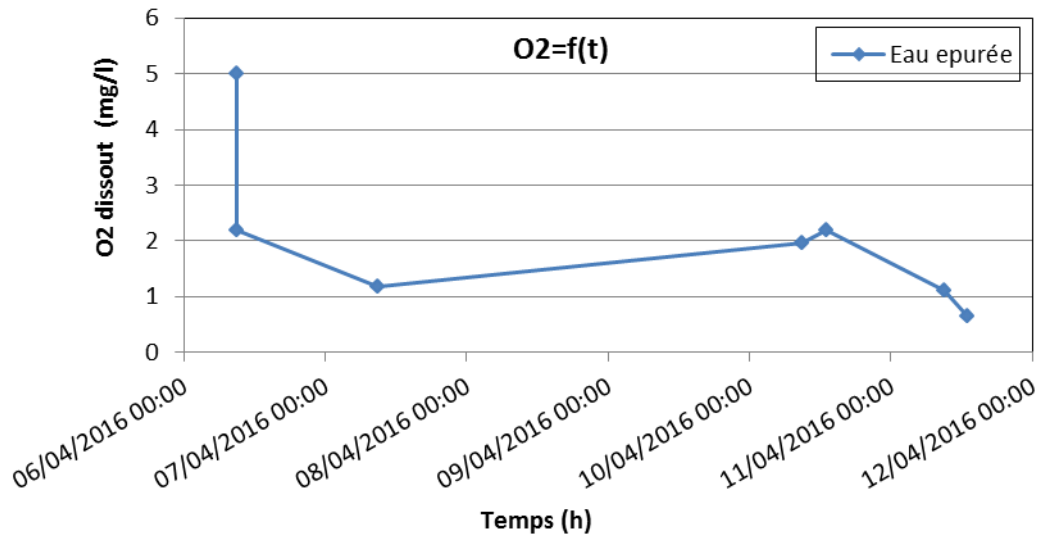


Figure IV.50. Courbe de variation de O₂(mg/l).

la concentration de l'O₂ dissous à l'entrée était de 5.01 mg/l et selon la figure IV.50 elle a diminué à 0,65 mg/l après la décantation à la fin de l'expérience. Cette diminution de la teneur en O₂ dissous est expliquée par l'activité des bactéries au sien du lit (les bactéries consomment l'O₂ dissout ce qui montre que il y'a une dégradation biologique des matières organiques).

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

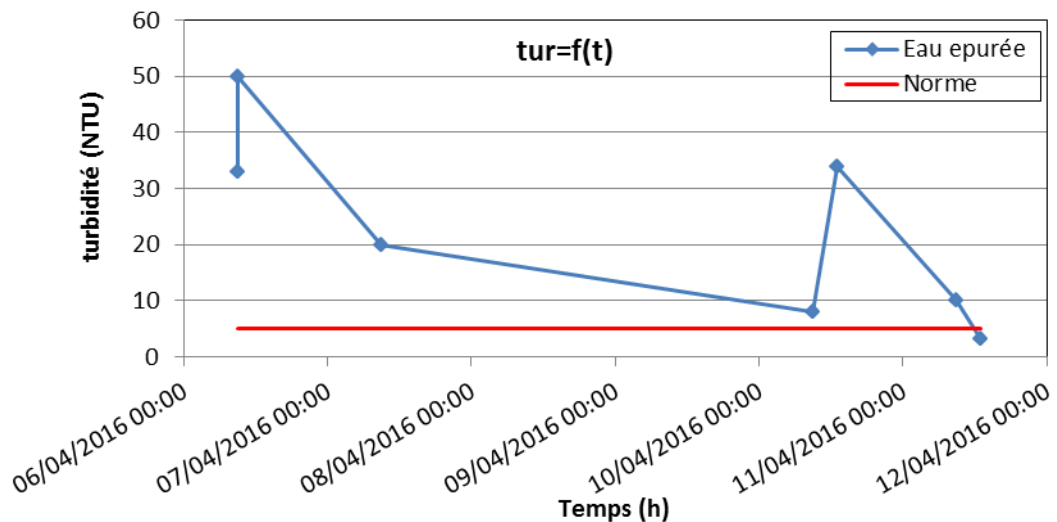


Figure IV.51. Courbe de variation de la turbidité.

Selon la figure IV.51, on remarque qu'il y'a diminution importante de la turbidité entre l'entré et la sortie de l'eau usées située; de 110 NTU et 3.30. Le procédé élimine **97 %** de la turbidité de l'eau.

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

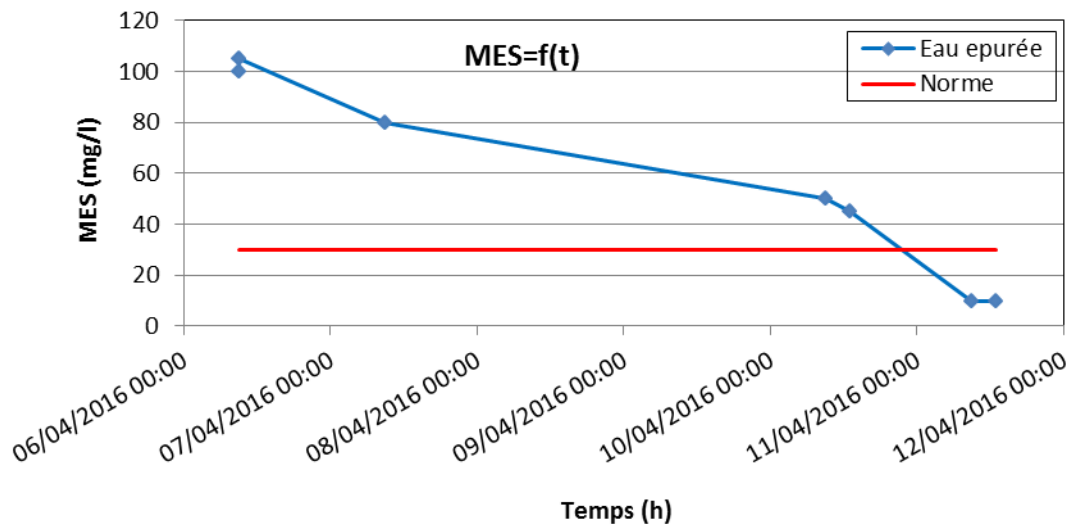


Figure IV.52. Courbe de variation de MES (mg/l).

D'après la figure IV.52, on remarque une forte baisse des matières en suspension. Les MES commence par 190 mg/l (eau brute) diminue au cours de traitement jusqu'à la valeur 10mg/l après plusieurs prélèvements .Plus le temps de l'épuration augmente et le débit recyclé de l'eau claire plus l'élimination de MES augmente. A terme de l'expérience, on a un rendement de **94.73 %**. La concentration en matières en suspension est inférieure à 30 mg/l donc elle est largement inférieure à la norme.

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

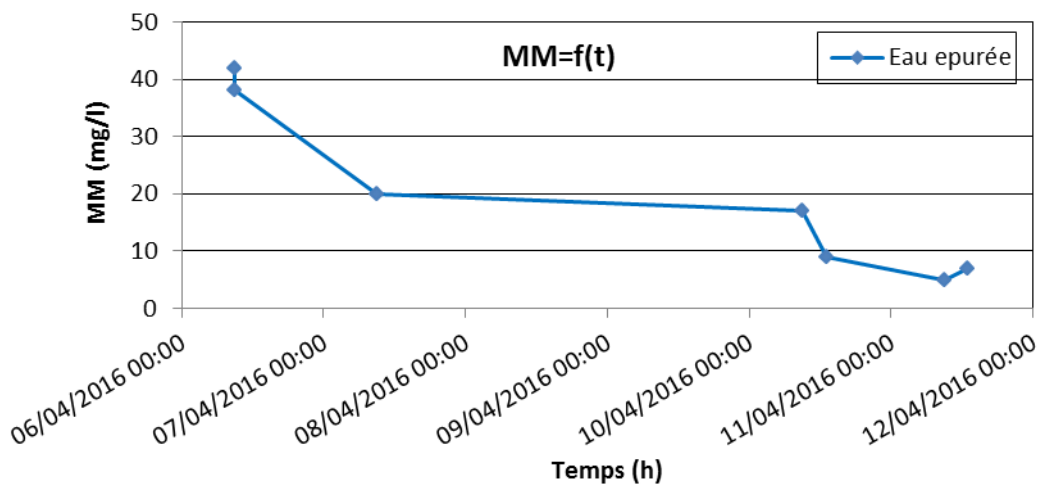


Figure IV.53. Courbe de variation de MM (mg/l).

De la figure IV.53, on peut clairement voir la variation de la teneur en MM de l'eau qui est en constante diminution; elles varient de 79 à 7 mg/l au fil du temps dans le décanteur. Le rendement d'élimination des MM est de **91.13 %**. Donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé.

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

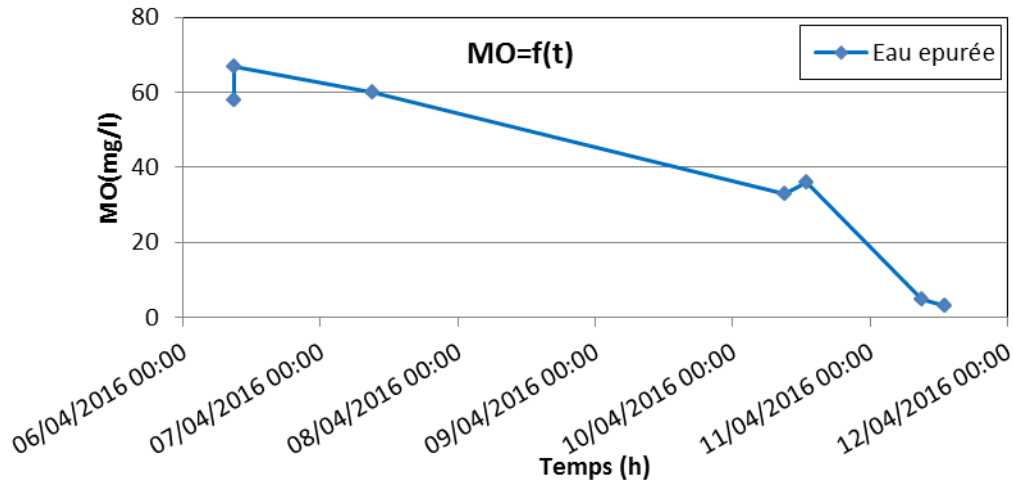


Figure IV.54. Courbe de variation de MO (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute est de 111 mg/l, et l'analyse de la figure IV.54, après l'épuration cette valeur est diminuée et s'est stabilisée à 3mg/l, donc le lit bactérien contribue efficacement à la dégradation des matières organiques. Le rendement d'élimination des matières organiques est de **97.29 %**.

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

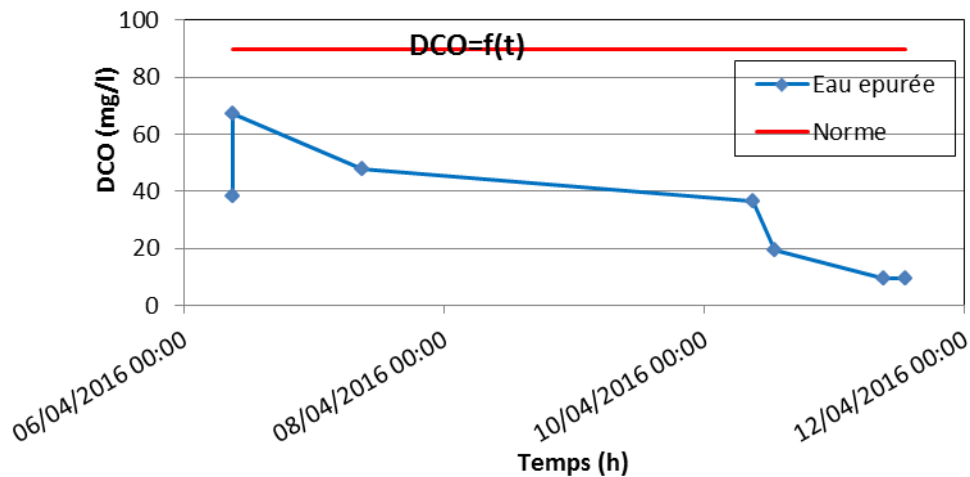


Figure IV.55. Courbe de variation de DCO (mg/l).

La DCO de l'eau brute est de 163,2 mg/l, d'après la figure IV.55, à la fin de l'expérience elle s'est stabilisée à 9,6 après la décantation (soit une élimination de **94,11 %** de la DCO initiale). Cette valeur est conforme à la norme algérienne de rejet (<90 mg/l), donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé car il y a une dégradation importante de la charge polluante.

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

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 20 l/h et après stabilisation de la

DCO (3 jours), les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.7 et représentés sur l'histogramme de la figure IV.56

Tableau IV.7. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	32	22
pH	7.37	6.76
O ₂ dissout (mg/l)	3.97	0.57
O ₂ dissout (%)	43	6.2
Turbidité (NTU)	260	3.20
MES (mg/l)	150	10
MM (mg/l)	130	05
MO (mg/l)	20	05
DCO (mg/l)	201.6	19.2
DBO ₅ (mg/l)	190	10

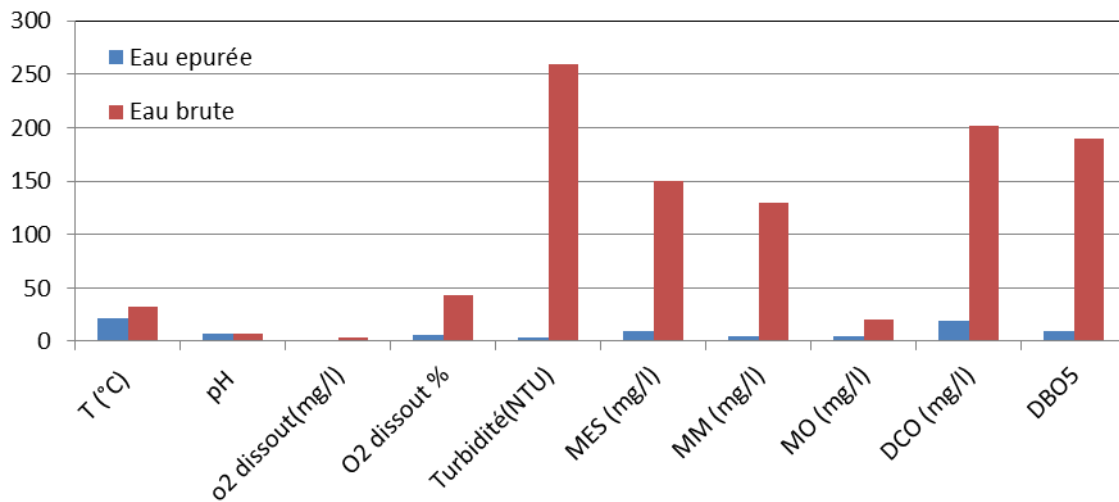


Figure IV.56. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie).

- Les résultats obtenus au fil de l'expérience sont résumés dans l'annexe **B**, tableau **B03**.
- Indice de boue est IB = 104 ml/g qui confirme que la boue décante bien.

➤ **La température :** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

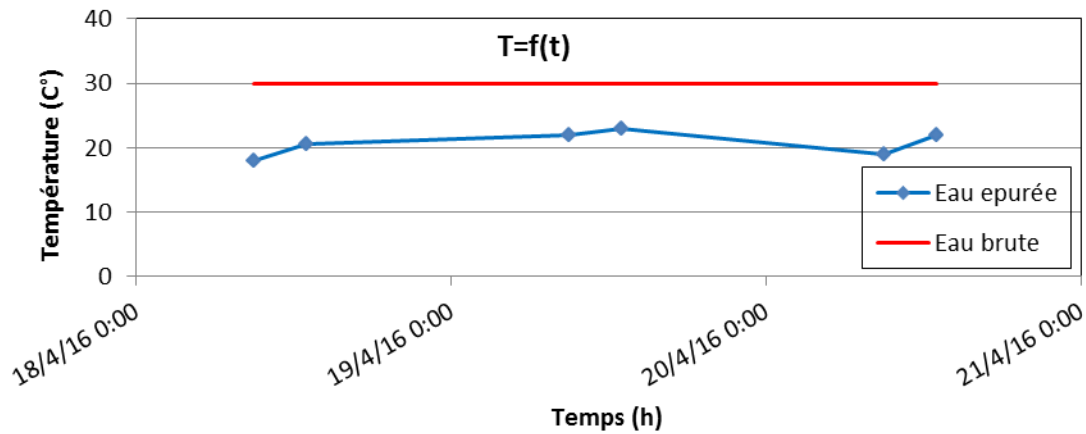


Figure IV.57. Courbe de variation de la température.

Selon les résultats indiqués dans la figure IV.57, le test de la température montre qu'on a une faible variation de cette dernière (entre 18 à 22°C) ce qui implique que le lit bactérien à garnissage en brique rouge a une grande influence sur la température. La température de l'eau est largement inférieure à 30°C.

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

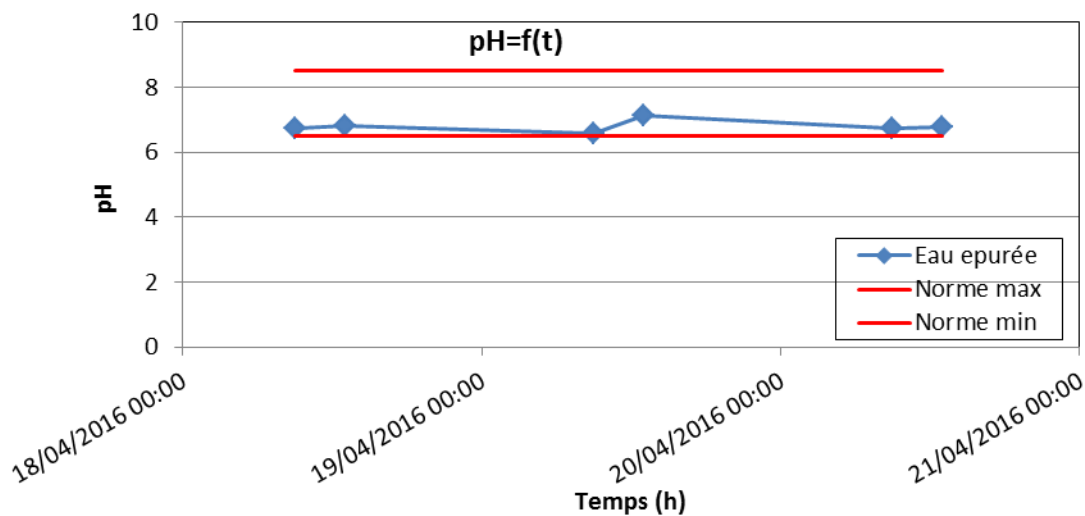


Figure IV.58. Courbe de variation de pH.

Nous remarquons qu'il y'a une petite variation du pH (figure IV.58) aux cours de l'épuration. La valeur de Ph située entre 6,73 à 6,76. Cette variation est due à l'élimination des matières polluante, mais reste toujours conforme à la norme Algérien de rejet (pH=8,5 pH=6.5)

➤ **O₂ dissout:** la figure suivante représente la variation de O₂ en fonction du temps

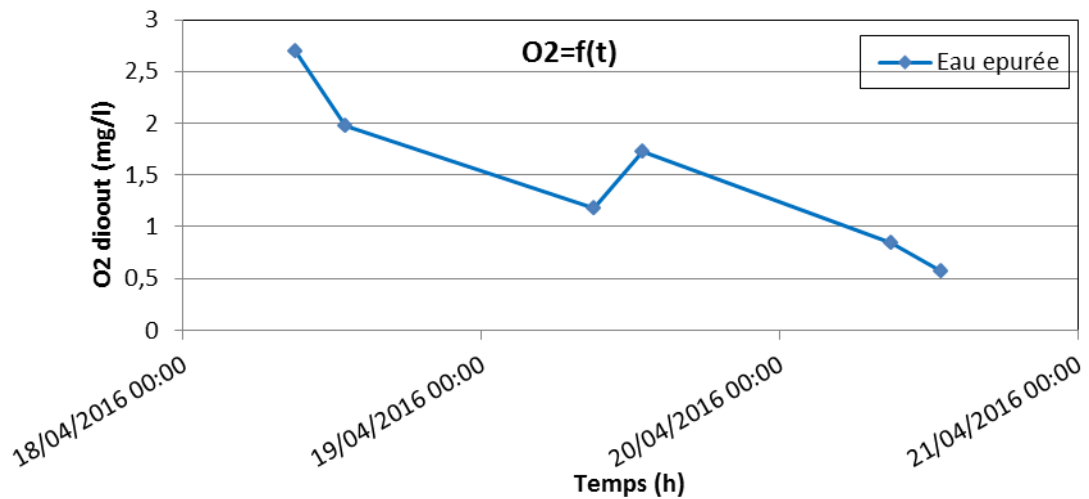


Figure IV.59. Courbe de variation de O₂ dissout (mg/l).

D'après la figure IV.59, on remarque ,une chute importante de la teneur en oxygène dissout de l'eau épurée elle varie entre 2.70 mg/l et 0,57 mg/l. La diminution de O₂ est due à l'augmentation des bactéries dans le lit bactérien. Le taux de consommation d'oxygène dissout est de **78,88%** de l'entrée de l'eau brute.

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

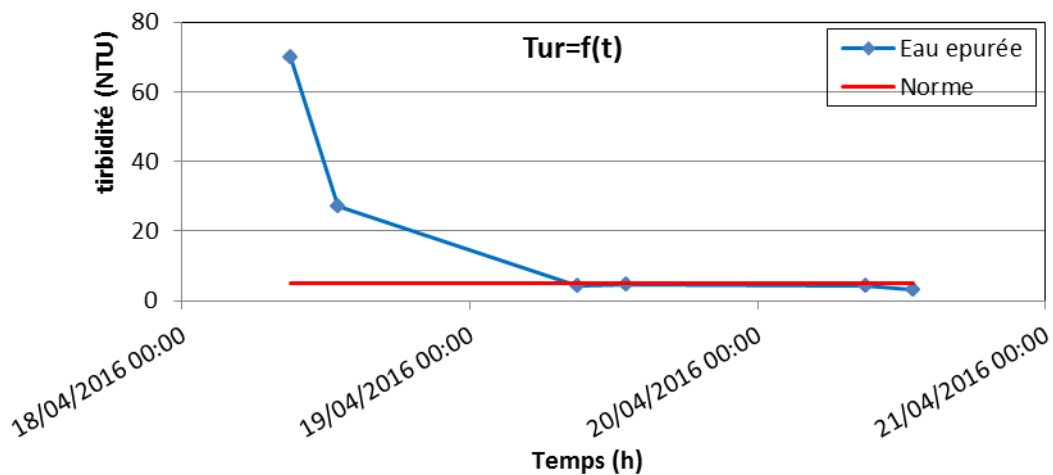


Figure IV.60. Courbe de variation de la turbidité (NTU)

En examinant les résultats trouvés, on constate que la turbidité a chuté de 260 NTU (eau brute) à 3.20 NTU après l'épuration. Cette diminution est due à la dégradation des matières organiques contenues dans l'eau. Le procédé élimine **98.76 %** de la turbidité de l'eau.

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

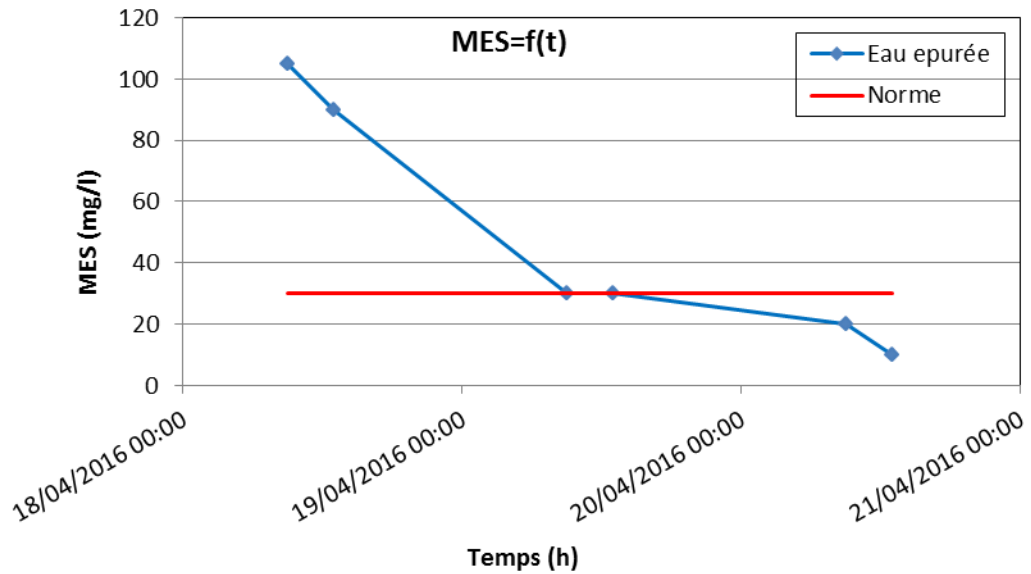


Figure IV.61. Courbe de variation de MES (mg/l).

Selon la figure IV.61, les résultats obtenus pour les MES montrent qu'il y a une élimination très importante de ces derniers entre l'entrée (eau brute) et la sortie. En effet, avec une teneur de 150 mg/l à l'entrée contre uniquement 10 mg/l au niveau de la sortie soit une élimination de **93.33%**. La concentration des MES à la sortie est inférieure à la limite recommandée pour l'eau usée (<30mg/l).

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

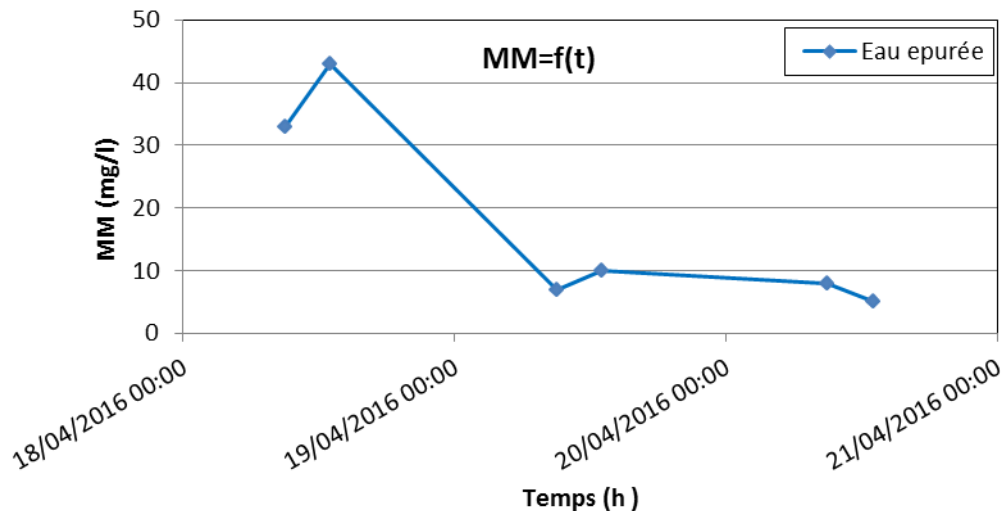


Figure IV.62. Courbe de variation de MM (mg/l).

La quantité des MM de l'eau brute été de 130 mg/l cette quantité est presque éliminée totalement pendant 4 jours de traitement 5mg/l à la fin de l'expérience figure IV.62, soit une élimination de **96.15 %**.

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

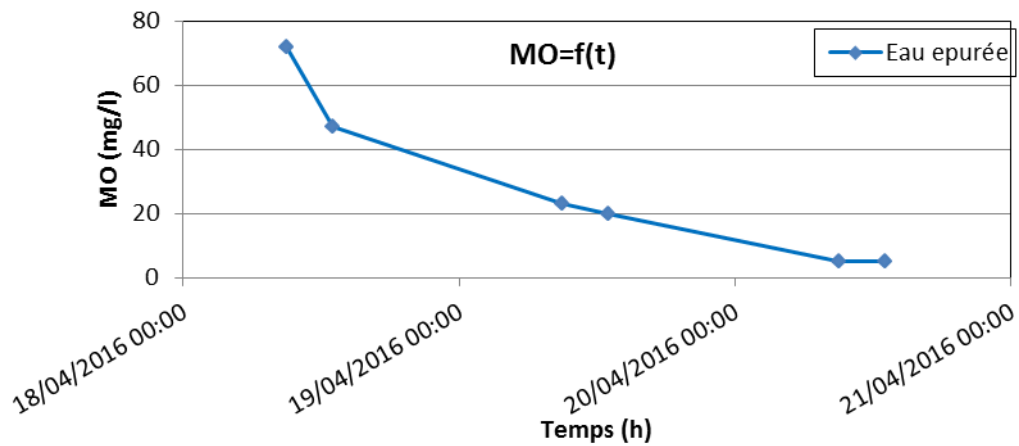


Figure IV.63. Courbe de variation de MO (mg/l).

D'après la figure IV.63, nous avons observé une chute importante de 20mg/l à 5mg/l des matières organiques, a la fin de l'expérience nous avons obtenu une élimination de **75%** ce qui confirme l'efficacité de ce procédé dans la dégradation de la matière organique.

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

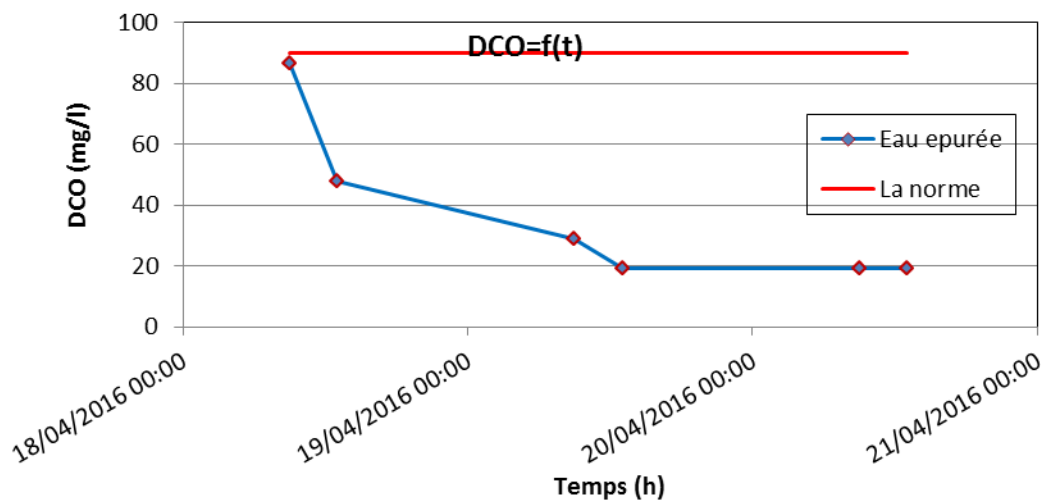


Figure IV.64. Courbe de variation de DCO (mg/l).

La demande chimique en oxygène de l'eau brute est de 201.6 mg/l à la sortie, elle est estimée à 19.2 mg/l (figure IV.64) au niveau du décanteur, on peut dire une élimination importante de la substance oxydable, qui atteint un rendement de **90.74 %**. Ce qui confirme l'action positive de l'activité des bactéries dans le processus épuratoire.

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

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 25 l/h, et après stabilisation de la DCO (4 jours), les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.8 et représentés sur l'histogramme de la figure IV.65

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

paramètres	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	30	20
pH	7.39	7.20
O ₂ dissout (mg/l)	4.84	0.57
O ₂ dissout (%)	50.6	6.2
Turbidité (NTU)	310	4.60
MES (mg/l)	120	10
MM (mg/l)	86	06
MO (mg/l)	34	5
DCO (mg/l)	249.6	9.6
DBO ₅ (mg/l)	200	8

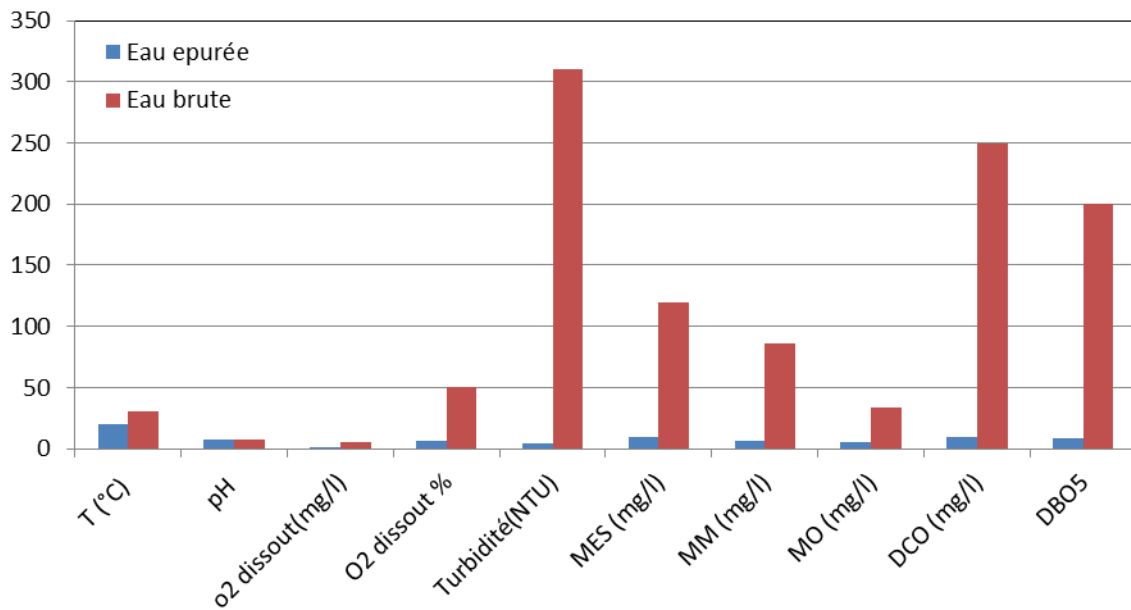


Figure.IV.65. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie)

- Les résultats obtenus sont résumés dans l'annexe B , tableau B04.

- Indice de boue est IB =57.59ml/g qui confirme que la boue décante bien.

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

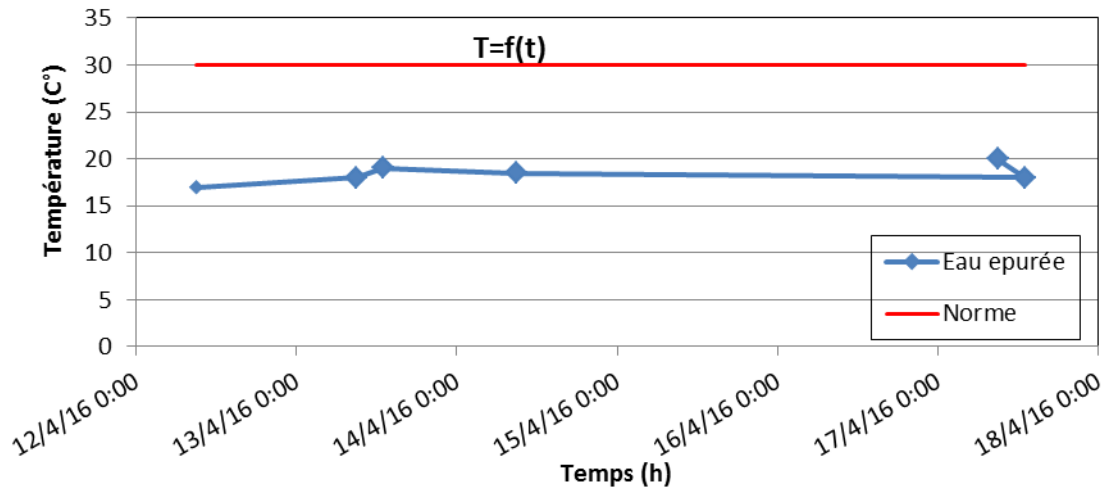


Figure IV.66. Courbe de variation de température.

D'après la figure IV.66, nous remarquons que la température subie une variation entre 17 C° et 20 C° . La température de l'eau est largement inférieure à la norme.

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

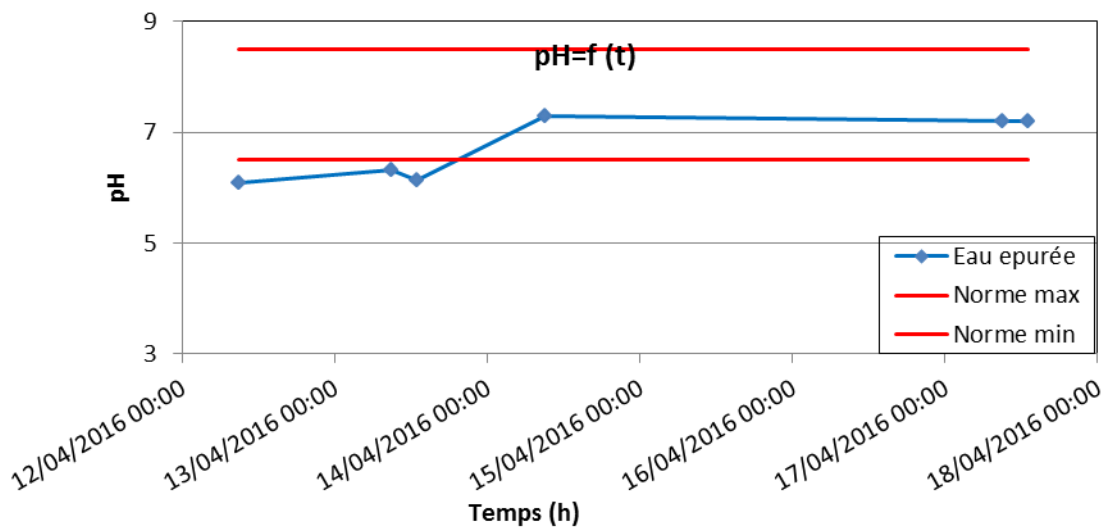


Figure IV.67. Courbe de variation de pH .

Nous remarquons sur la figure IV.67 qu'il y'a une variation temporelle du pH une augmentation jusqu'à 7,20, mais il reste toujours raisonnable à la fin de l'expérience . Les valeurs du pH obtenues entre (6.10 et 7.20)

➤ **O₂ dissout:** la figure suivante représente la variation de O₂ en fonction du temps.

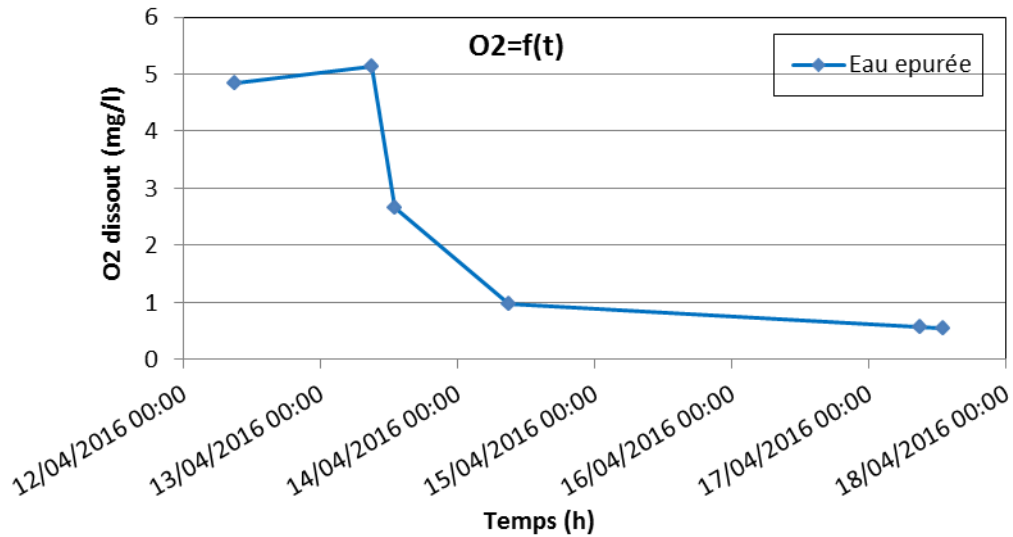


Figure IV.68. Courbe de variation de O₂ (mg/l).

A partir de la figure IV.68 nous constatons qu'il y a une grande variation dans la quantité d'oxygène dissout, dont la quantité maximale a été de 5.1 mg/l et un minimum de 0,57mg/l. On peut également constater qu'il y a une activation bactérienne au sein de lit.

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

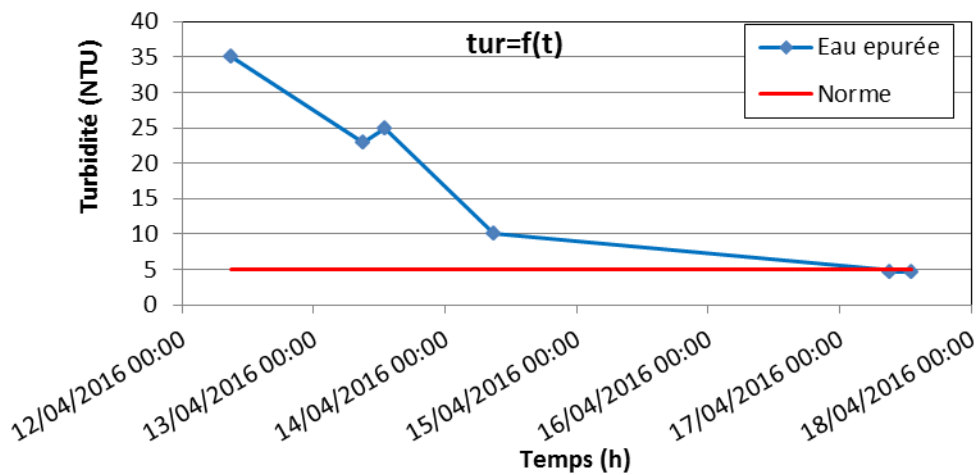


Figure IV.69. Courbe de variation de la turbidité (NTU) .

D'après la figure IV.69, on constate que la valeur de la turbidité est égale 35 NTU à l'entrée, après l'épuration pour atteindre une valeur de 4.60 NTU. Donc on peut conclure que la contribution de la filtration sur la brique rouge contribue efficacement à la réduction de la turbidité avec une élimination de **98.51%**.

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

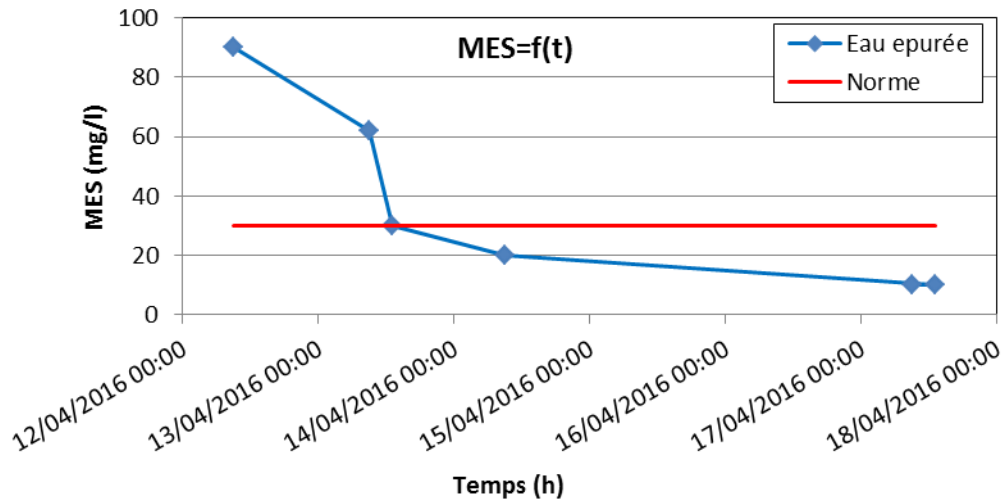


Figure IV.70. Courbe de variation de MES (mg/l).

La variation des matières en suspension est très visible surtout au niveau de la figure IV.70, des MES cela et due au détachement subite des bactéries du lit, elle est largement inférieure à la norme commence par 90mg/l et après traitement diminue jusqu'à 10mg/l. Le rendement d'élimination des MES est de **91.66 %**.

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

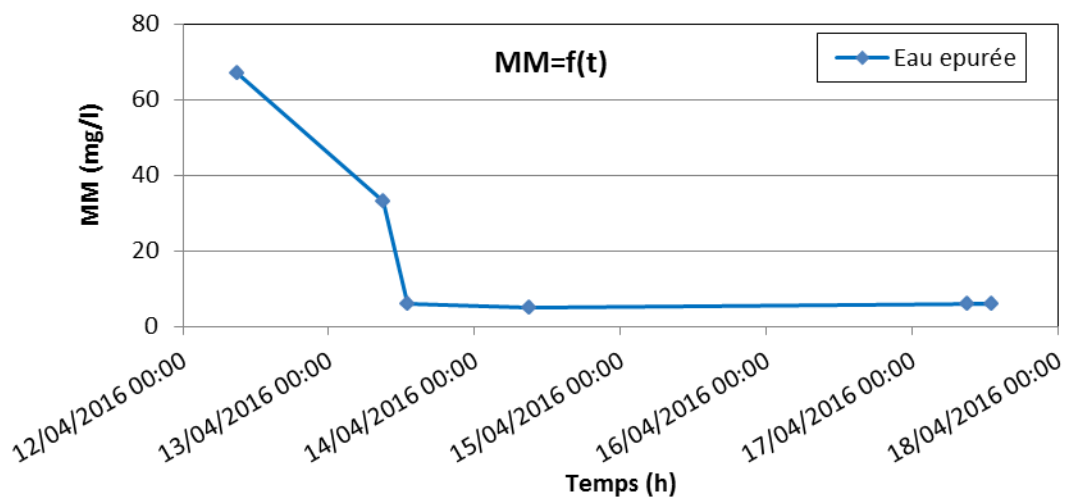


Figure IV.71. Courbe de variation de MM (mg/l).

De la figure IV.71, on peut clairement voir la variation de la teneur en MM de l'eau qui est en constante diminution après le 2 jours , elle varie de 67 à 6 mg/l au fil du temps dans le décanteur. Le rendement d'élimination des MM est de **93.02 %**. Donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé.

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

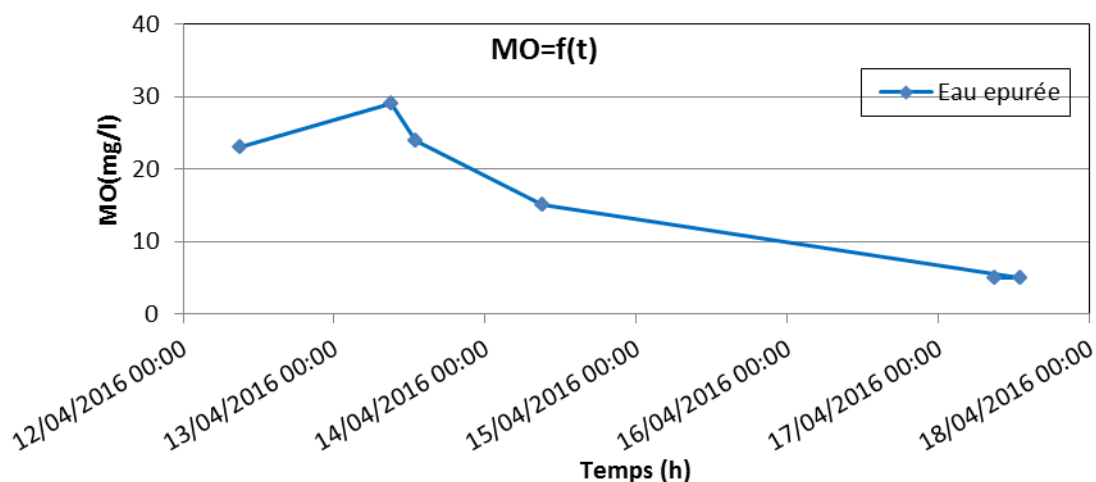


Figure IV.72. Courbe de variation de MO (mg/l).

D'après la figure IV.72, nous avons observé une chute importante des matières organiques, est la fin de l'expérience nous avons eu une élimination de **85.29 %** ce qui confirme l'efficacité du ce procédé dans la dégradation de la matière organique

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

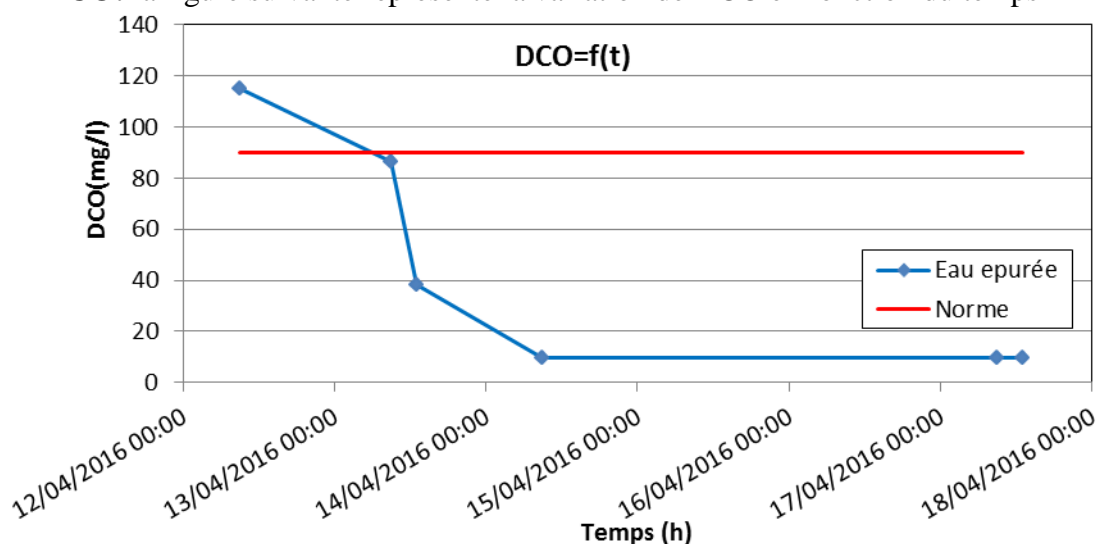


Figure IV.73. Courbe de variation de DCO.

D'après la figure IV.73 nous avons remarqué une grande chute considérablement de la concentration de la DCO de (249.6mg/l) à l'entrée, elle arrivée à 9,6 mg/l après l'épuration. Soit une élimination de 96.15%, confirmant l'efficacité du procédé.

IV.3. Epuration avec lit bactérien en garnissage de brique silico-calcaire sur une hauteur 40 cm :

Dans cette expérience nous avons épuré les eaux usées par un lit bactérien au brique silico-calcaire de granulométrie de 10 à 25 mm, sur une hauteur de 40 cm

IV.3.1. Epuration avec un débit de 16/h:

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 16 l/h et après stabilisation de la DCO (3 jours), les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.9 et représentés sur l'histogramme de la figure IV.75



Figure IV.74. Eau à l'entrée du lit bactérien au garnissage de brique silico-calcaire et la sortie du décanteur.

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

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	32	21
pH	7.54	7.30
O₂dissout (mg/l)	4.08	0.54
O₂dissout (%)	45.3	5.7
Turbidité (NTU)	400	10
MES (mg/l)	270	00
MM (mg/l)	178	00
MO (mg/l)	92	00
DCO (mg/l)	249.6	19.2
DBO₅(mg/l)	200	8

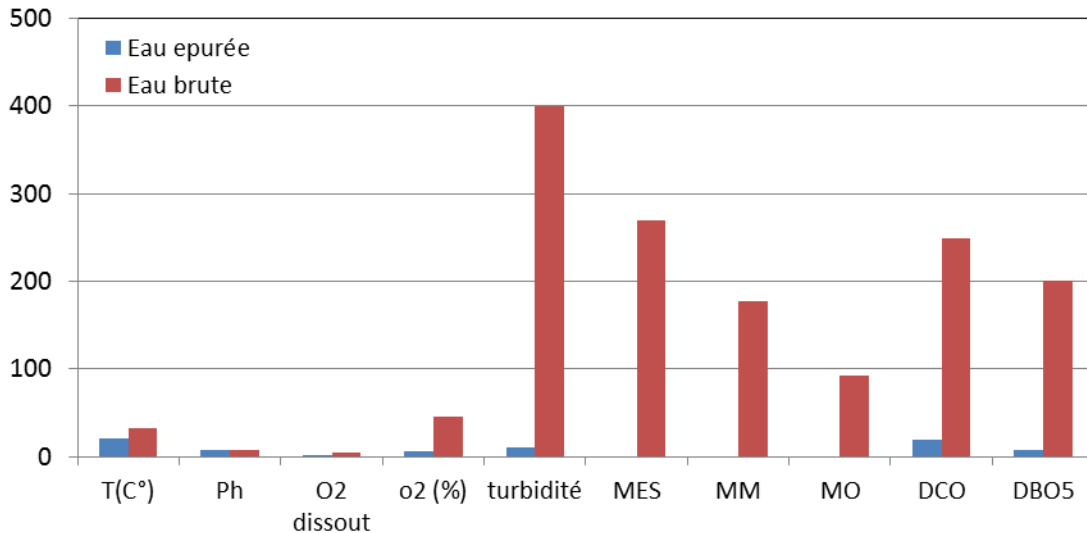


Figure.IV.75. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie).

- Les résultats obtenus au fil de l'expérience sont résumés dans l'annexe C, tableau C01.
- L'indice de boue est $IB = 66.66 \text{ ml/g}$ qui confirme que la boue décante bien.

➤ **La température :** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

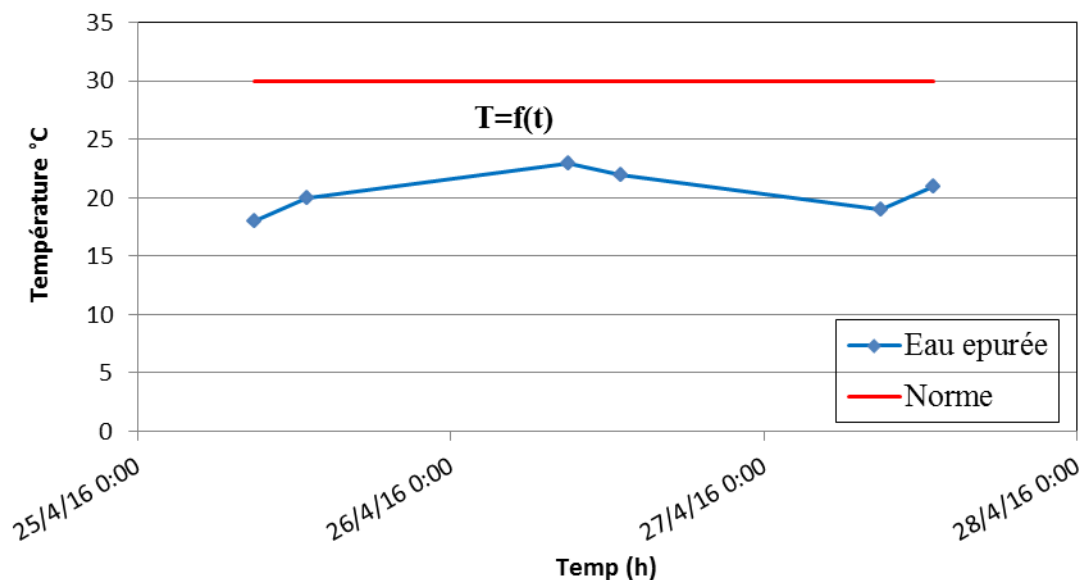


Figure IV.76. Courbe de variation de MO (mg/l).

D'après la figure IV.76, on remarque que la température a une variation stable entre (18 et 21°C). La température de l'eau est largement inférieure à 30°C.

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

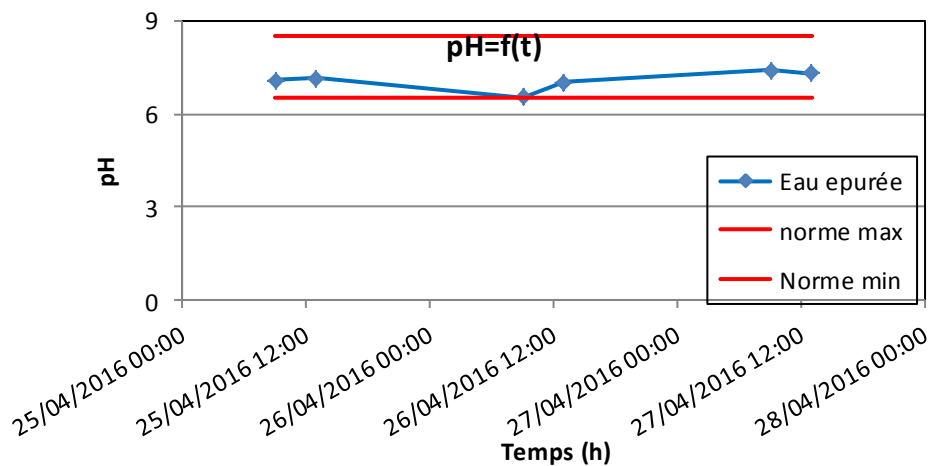


Figure IV.77. Courbe de variation de pH.

Selon les résultats indiqués dans la figure IV.77, les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7,08 à 7,30 et reste dans la gamme de neutralité. Cette variation est due au contact de la suspension avec la colonne de plastique. En gros le long de l'expérimentation le pH demeure proche de la normal.

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

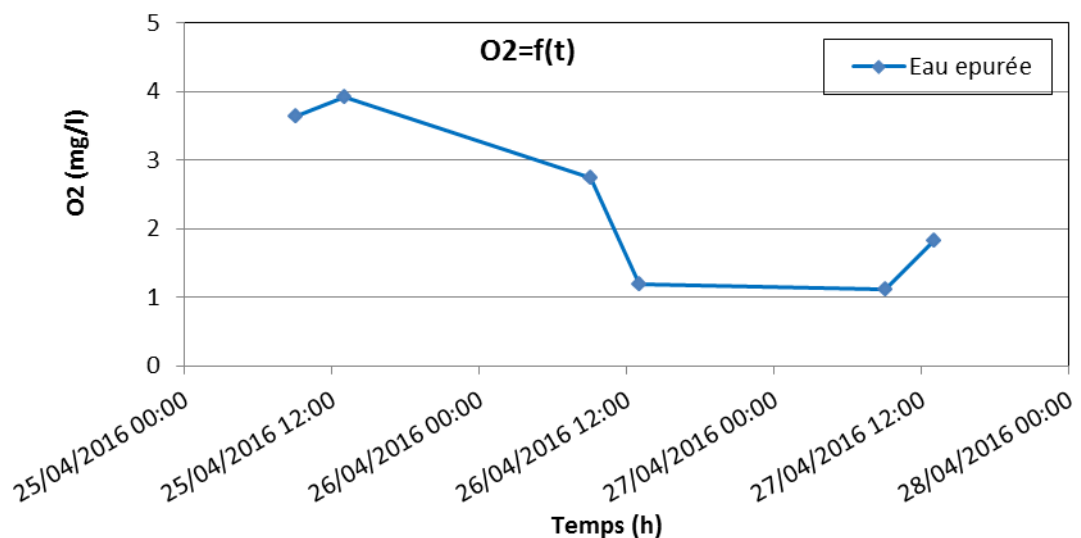


Figure IV.78. Courbe de variation d'O₂ (mg/l).

La concentration de l'O₂ dissous à l'entrée était de 4,08 mg/l et selon la figure IV.78 elle a diminué à 1,82 mg/l après la décantation à la fin de l'expérience. Cette diminution de la teneur en O₂ dissous est expliquée par l'activité des bactéries au sien du lit (les bactéries consomment l'O₂ dissout ce qui montre que il y'a une dégradation biologique des matières organiques.

➤ **turbidité** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du temps

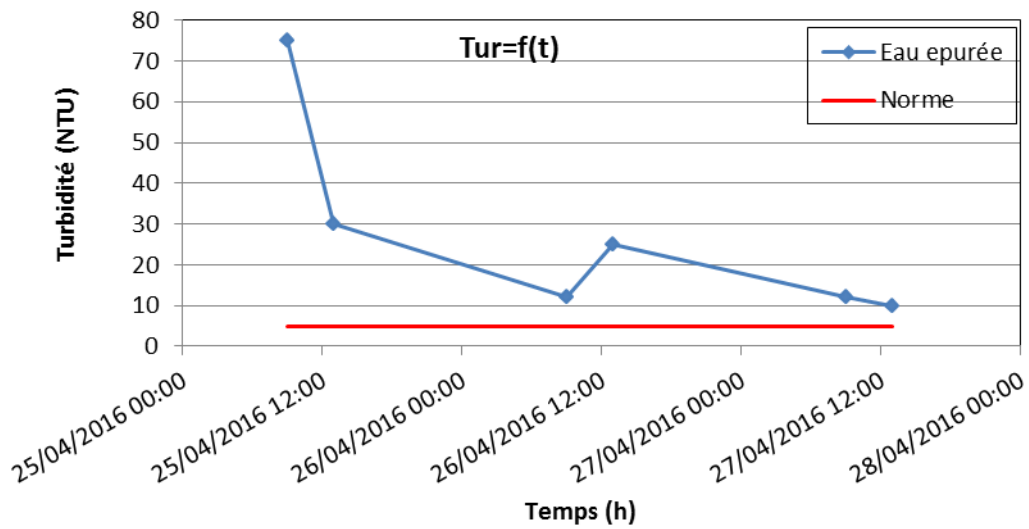


Figure IV.79. Courbe de variation de la turbidité (NTU).

L'examen des résultats obtenus Figure IV.79 montre que la turbidité des eaux usées été de 410 NTU mais après la décantation nous avons observé une chute importante jusqu'à la valeur 10NTU à cause de la dégradation de la matière organique. Le rendement d'élimination est de 97.5%.

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

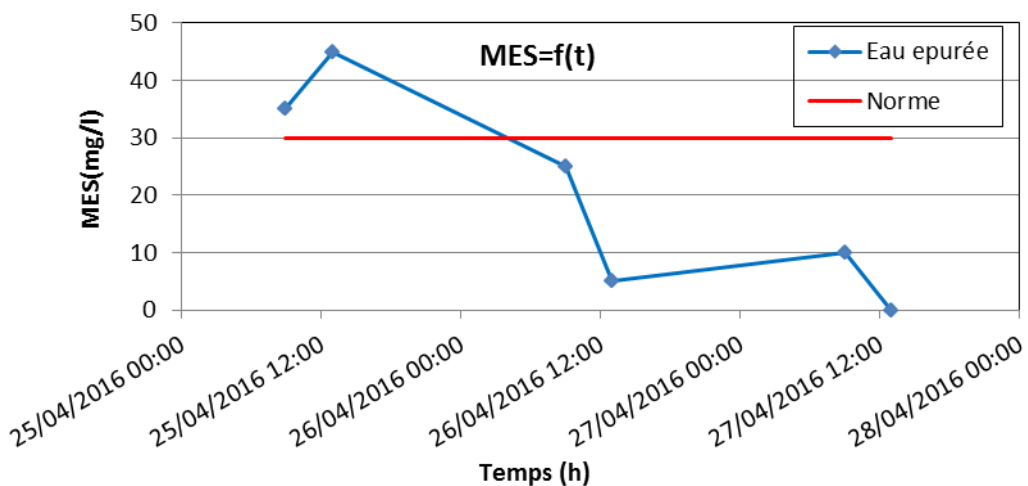


Figure IV.80. Courbe de variation de MES (mg/l).

D'après la figure IV.80, nous apercevons une décroissance de la teneur des matières en suspension dans l'eau épuré jusqu'à 00 mg/l; alors dans l'eau brute elles étaient de 270 mg/l après les prélèvements Ces résultats mis en évidence l'efficacité de ce procédé dans la réduction les MES, avec une élimination de **100%**. La concentration des MES est largement inférieure à la norme.

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

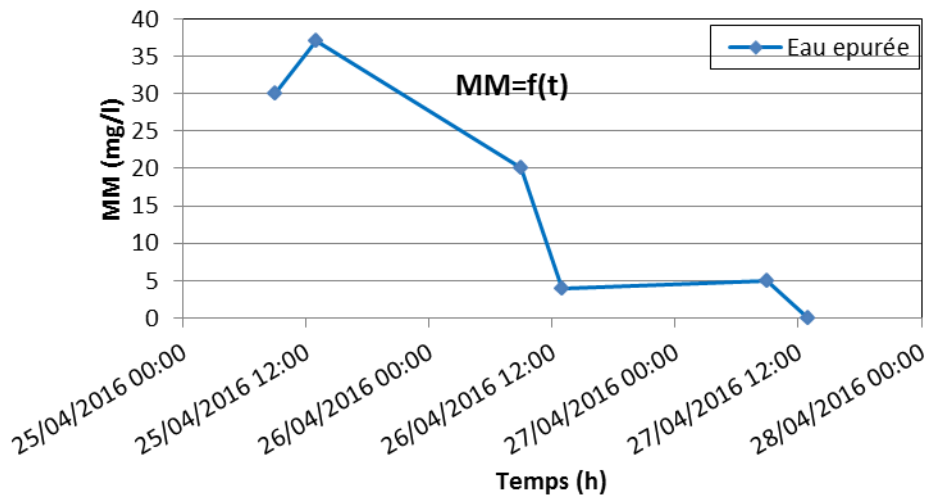


Figure IV.81. Courbe de variation de MM (mg/l).

La valeur de la matière minérale dans l'eau brute est de 178 mg/l d'après la figure il y a une grande variation de la MM dans tous les prélèvements il devient 0 mg/l à la fin de l'expérience, donc à la fin de l'expérience la totalité des MM a été éliminée.

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

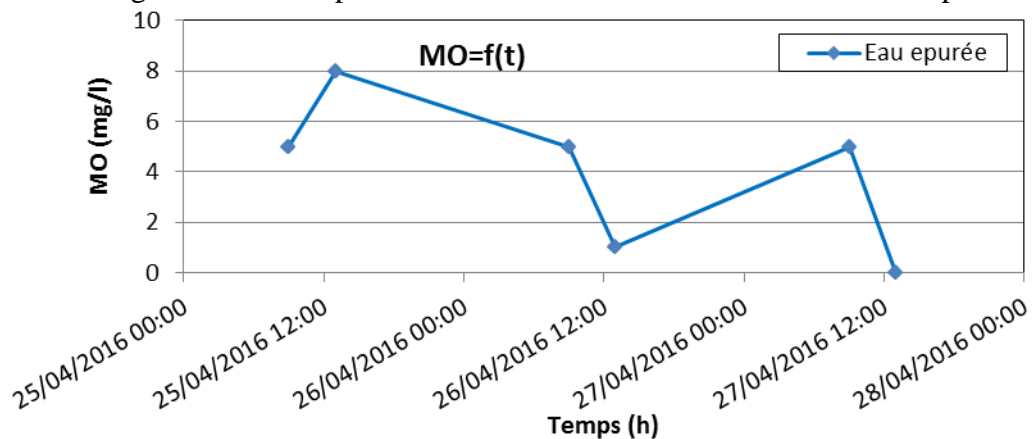


Figure IV.82. Courbe de variation de MO (mg/l).

La valeur de la matière organique dans l'eau brute est de 92 mg/l; d'après la figure il y a une grande diminution de la MO dans tous les prélèvements il vient de 0 mg/l. durant cette expérience la totalité de MO a été dégradée, cela peut être par un temps de contact important dans le lit. Donc le lit bactérien contribué efficacement à la dégradation ce paramètre.

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

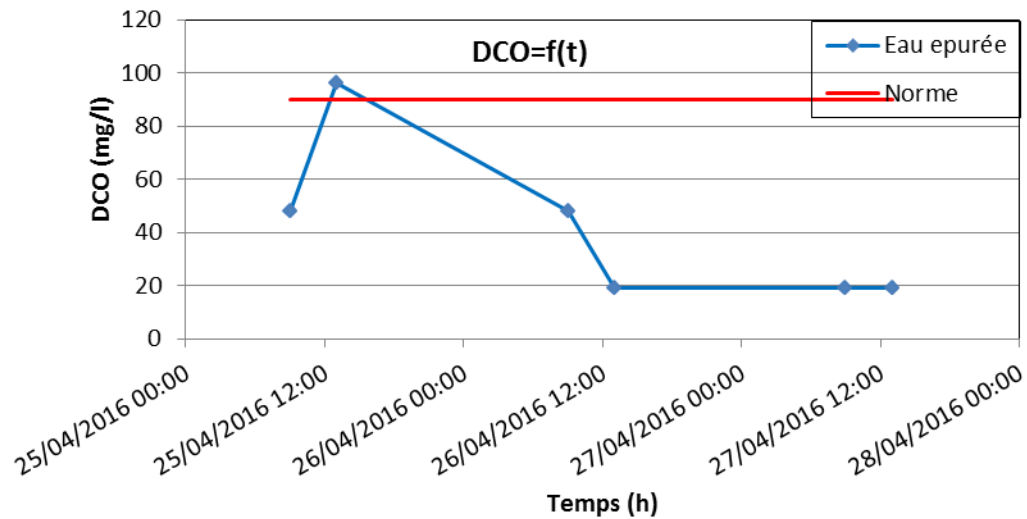


Figure IV.83. Courbe de variation de DCO (mg/l).

D'après la figure IV.83 nous avons remarqué une grande chute considérablement après le 2^{ème} prélèvements, la concentration de la DCO de (249.6mg/l) à l'entrée, elle arrivée à 19,2 mg/l après l'épuration. Soit une élimination de **95.11%**, confirmant l'efficacité du procédé.

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

L'expérience a été menés avec un débit d'alimentation de 20 l/h et après stabilisation de la DCO(3 jours), les résultat obtenus sont résumés dans le tableau IV.10 et représenté sur l'histogramme de la figure IV.84

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

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	32	21
pH	7.21	7.33
O ₂ dissout (mg/l)	3.94	1.82
O ₂ dissout (%)	45.2	20.9
Turbidité (NTU)	350	13
MES (mg/l)	250	00
MM (mg/l)	220	00
MO (mg/l)	30	00
DCO (mg/l)	230.4	9.6
DBO ₅ (mg/l)	130	6

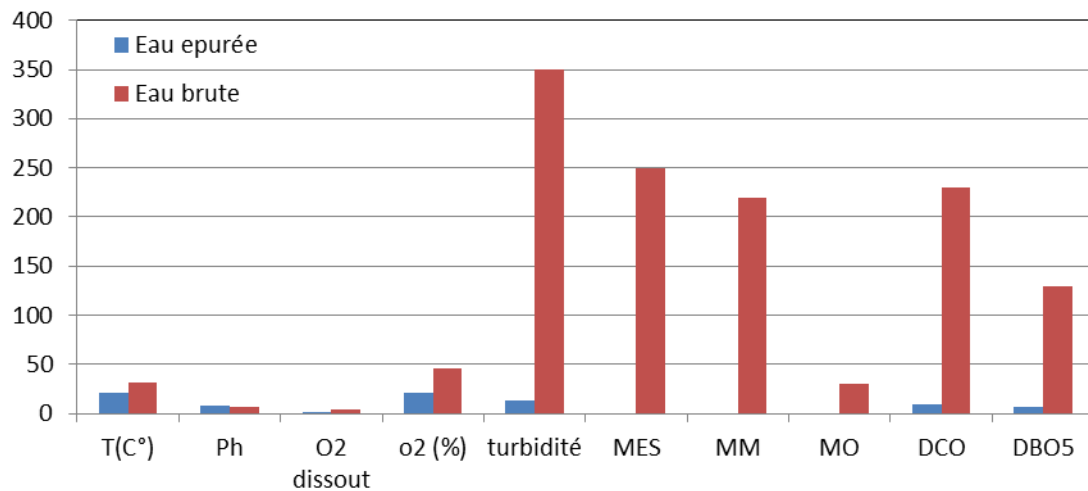


Figure.IV.85. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie).

Les résultats obtenus au fil de l'expérience sont résumés dans l'annexe C, tableau C .02

Indice de boue est $IB = 72.98 \text{ ml/g}$ qui confirme que la boue décante bien.

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

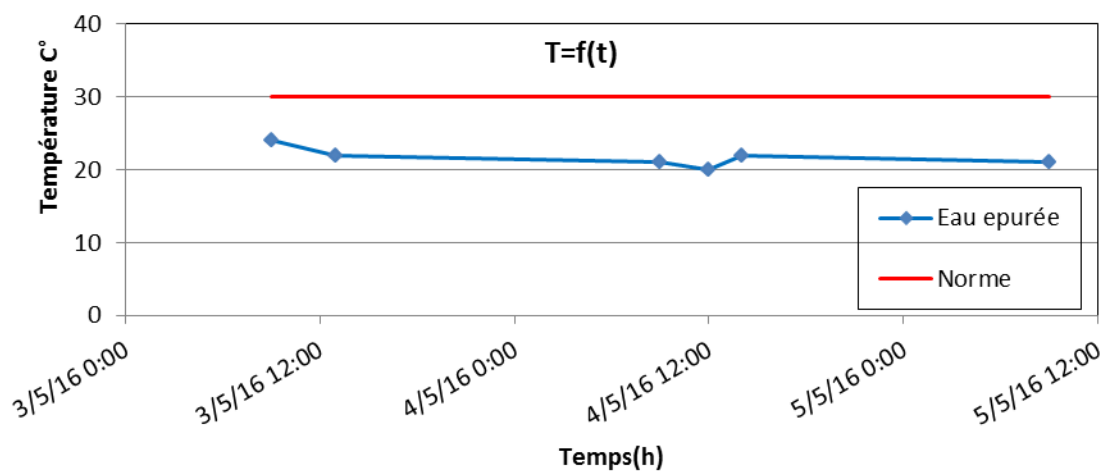


Figure IV.85. Courbe de variation de la température.

Les résultats obtenus représentés dans la figure IV.85 montre que la température de l'eau épurée varient de 21 à 24 °C, La température de l'eau est largement inférieure à 30°C. Cette variation est due au contact eau-air dans le décanteur.

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

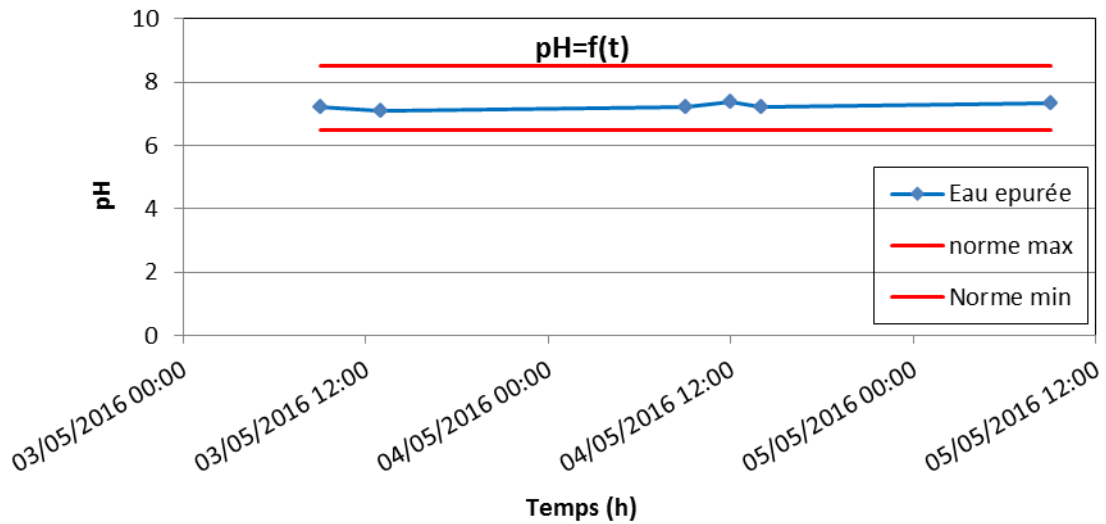


Figure IV.86. Courbe de variation de pH.

Selon les résultats indiqués dans la figure IV.86, les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7,21 à 7,33 et reste dans la gamme de neutralité. Cette variation est due au contact de la suspension avec la colonne de plastique. En gros le long de l'expérimentation le pH demeure proche de la normal.

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

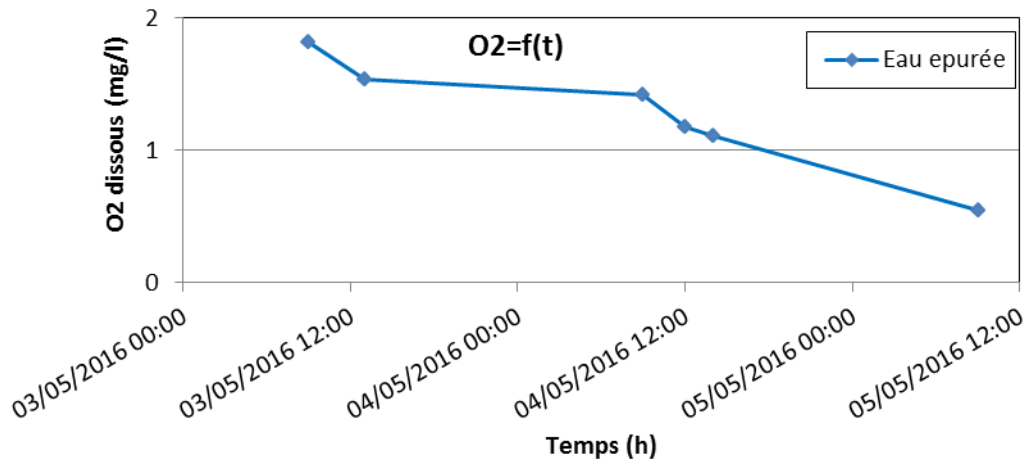


Figure IV.87. Courbe de variation de O₂(mg/l).

Selon les résultats indiqués sur la figure IV.87, on observe une diminution de la teneur de l'O₂ dissous. Cette fluctuation signifie l'existence importante de l'activité bactérienne dans le lit, et sa diminution (de 4,08 à 0,54 mg/l) et sa consommation par les bactéries épuratrices.

➤ **turbidité** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du temps

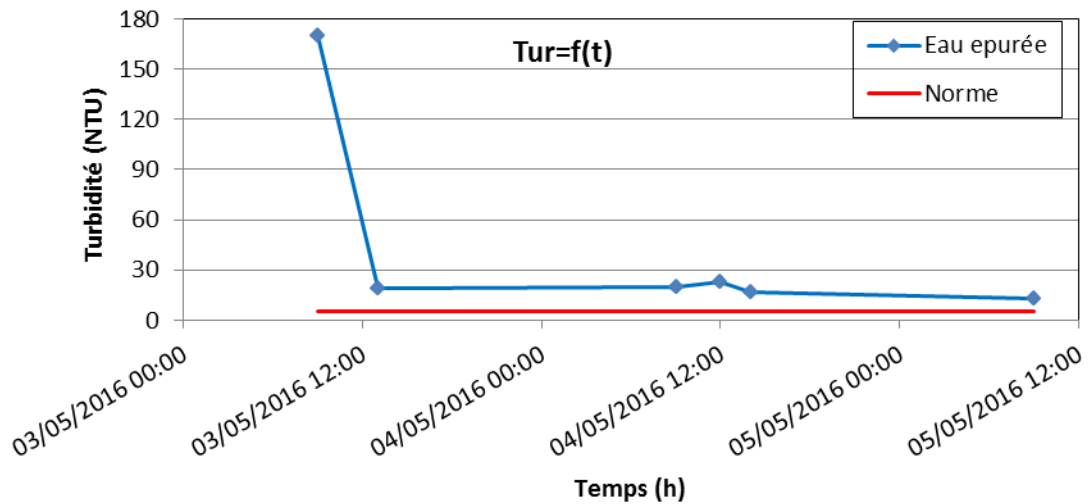


Figure IV.88. Courbe de variation de la turbidité (NTU).

D'après analyse de la figure IV.88, on remarque la valeur de la turbidité de l'eau usées brute est très élevée 350 NTU, après l'épuration cette valeur a diminuée pour atteindre 13NTU, cette diminution est due à la dégradation de la matière organique par ce procédé d'épuration. Le procédé élimine **96,28%** de la turbidité de l'eau, cette valeur est supérieure à la norme, à la sortie du clarificateur.

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

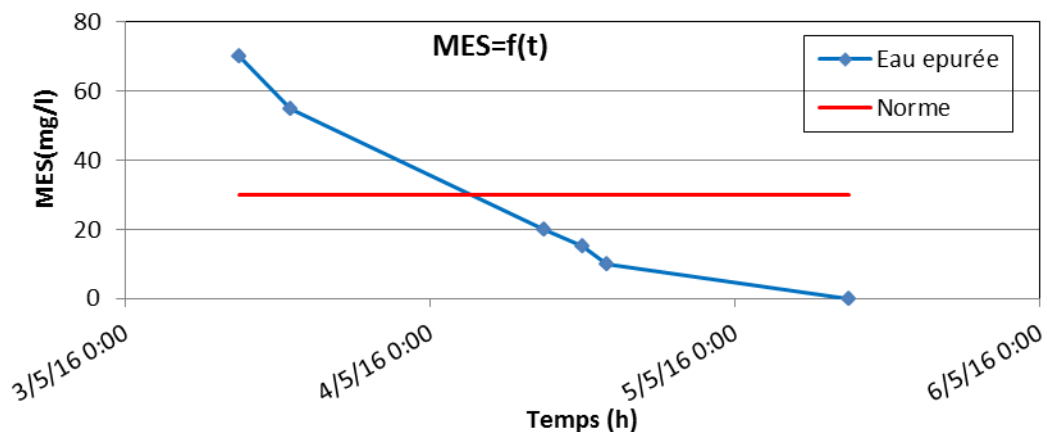


Figure IV.89. Courbe de variation de MES (mg/l)

D'après la figure IV.89, on remarque une baisse des matières en suspension. Les MES commence par 70 mg/l diminue au cours de traitement jusqu'à la valeur 0mg/l. Plus le temps de l'épuration augmente et le débit recyclé de l'eau claire plus l'élimination de MES augmente. A terme de l'expérience, on a un rendement de **100%**. La concentration en matières en suspension est inférieure à 30 mg/l, a sortie du décanteur la valeur est inférieure à la norme.

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

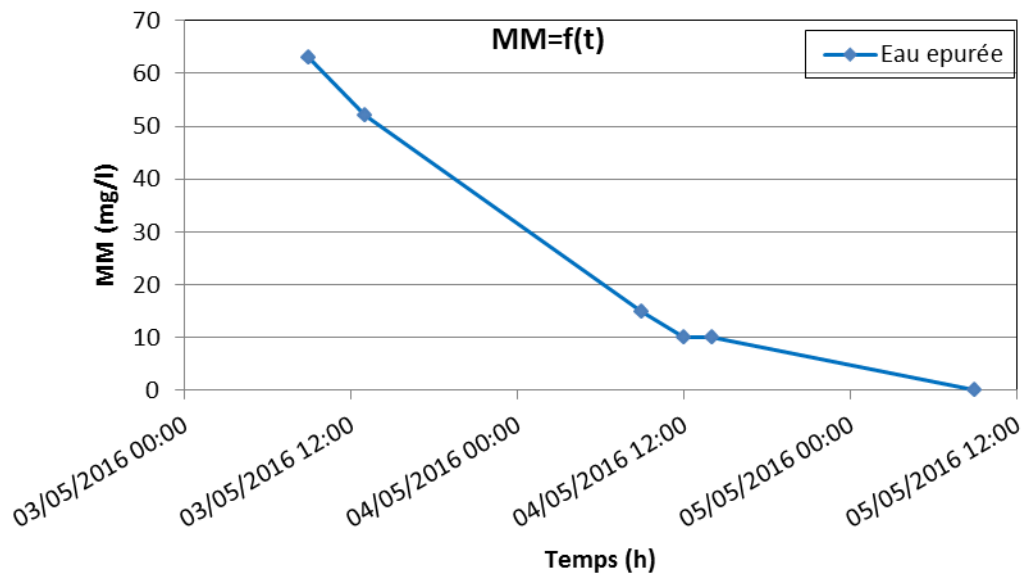


Figure IV.90. Courbe de variation de MM (mg/l).

La valeur de la matière minérale dans l'eau brute est de 220 mg/l d'après la figure il ya une grande variation de la MM dans tous les prélèvements il vient de 0 mg/l après 5 prélèvements , donc à la fin de l'expérience la totalité des MM a été éliminée.

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

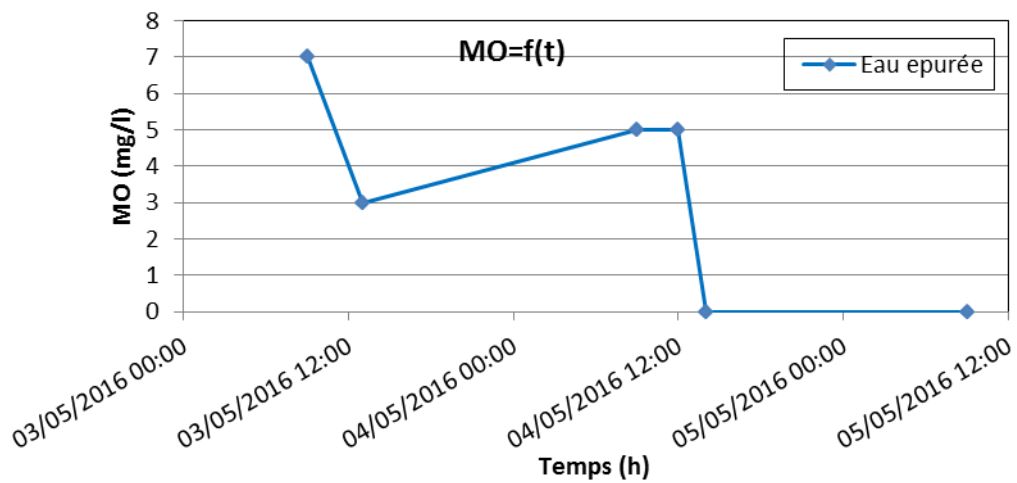


Figure IV.91. Courbe de variation de MO (mg/l).

D'après la figure IV.91 montre que la teneur en MO dans l'eau épurée est faible. Elle a varié de 7 à 0mg/l dans le décanteur due à l'accroissance de l'activité bactérienne dans le lit bactérien au cours de l'expérience. Le rendement d'élimination de MO est de **100 %**

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

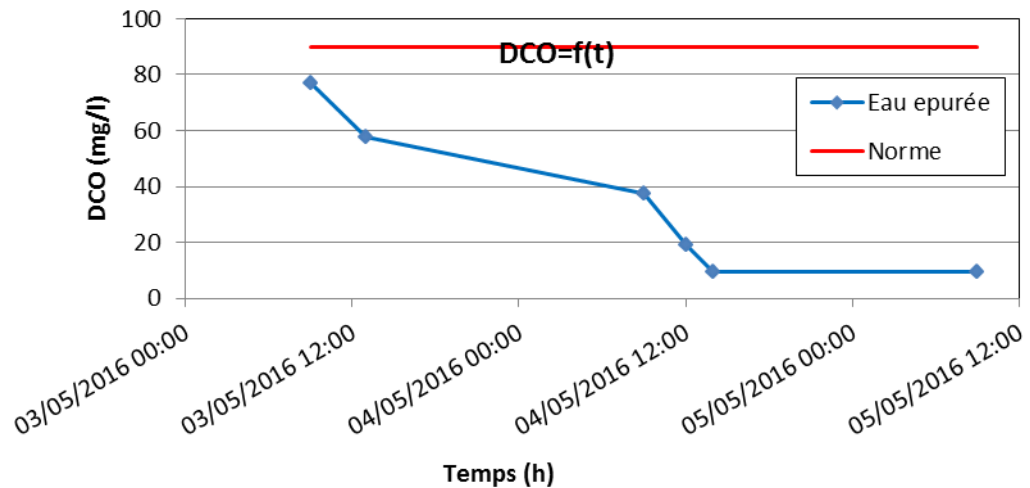


Figure IV.92. Courbe de variation de DCO (mg/l).

D'après la figure IV.92 nous avons remarqué une grande chute considérablement, la concentration de la DCO de (230.4mg/l) à l'entrée, elle arrivée à 9,6 mg/l après l'épuration. Soit une élimination de 95.83%, confirmant l'efficacité du procédé.

IV.4. Epuration avec lit bactérien en garnissage de brique silico-calcaire sur une hauteur 80 cm :

Dans cette expérience nous avons épuré les eaux usées par un lit bactérien au brique silico-calcaire de Granulométrie de 10 à 25 mm, sur une hauteur de 80 cm

IV.4.1. Epuration avec un débit de 16 l/h:

L'expérience a été menés avec un débit d'alimentation de 16 l/h et après stabilisation de la DCO (3 jours), les résultat obtenus sont résumés dans le tableau IV.11 et représenté sur l'histogramme de la figure IV.93

Tableau IV.11.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	31	21
Ph	7.25	7.30
O₂dissout (mg/l)	5.24	1.82
O₂dissout (%)	58.4	20.9
Turbidité (NTU)	400	4.5
MES (mg/l)	360	00
MM (mg/l)	247	00
MO (mg/l)	113	00
DCO (mg/l)	268.8	9.6
DBO₅(mg/l)	150	6

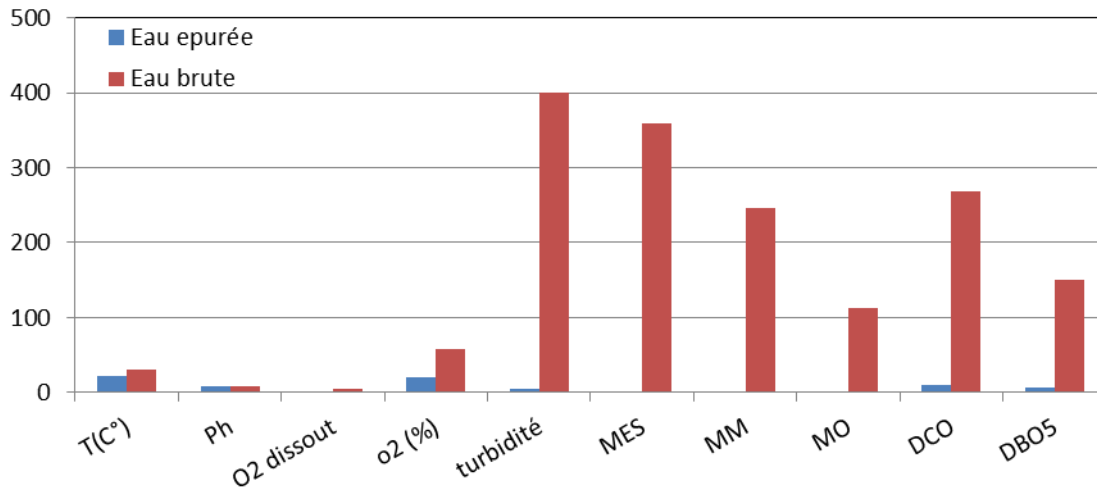


Figure IV.93. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie).

- Les résultats obtenus au fil de l'expérience sont résumés dans l'annexe D, tableau D01
- Indice de boue est IB =99.29 ml/g qui confirme que la boue décante bien.

➤ **La température :** la figure suivante représente la variation de la température en fonction du temps.

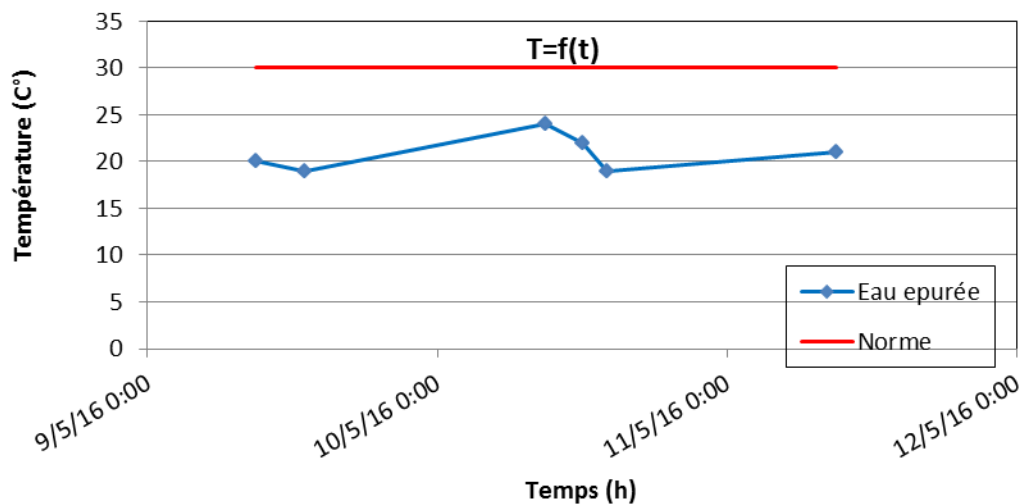


Figure IV.94. Courbe de variation de la température.

La température de l'eau brute avant leur épuration est de 31°C, après l'épuration est de 21C°. La température de l'eau elle est inférieure à la norme.

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

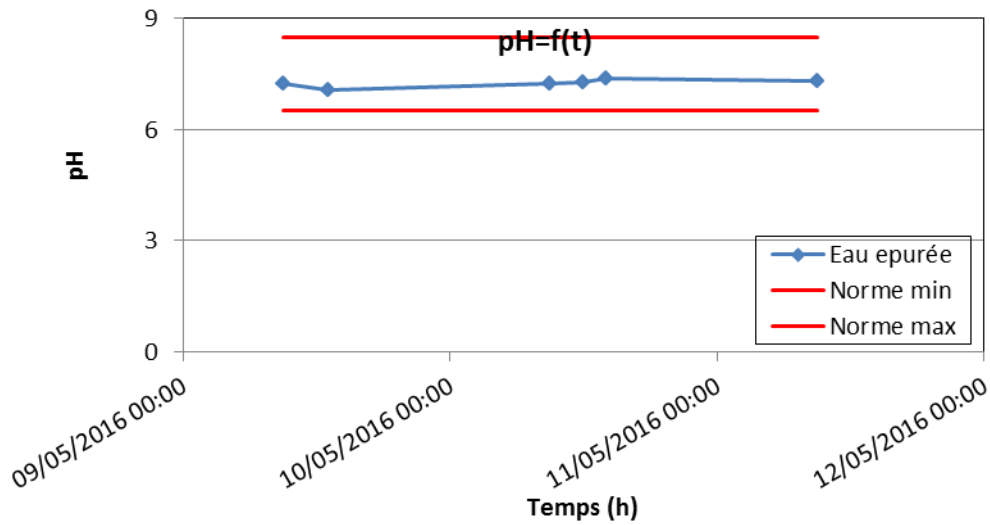


Figure IV.95. Courbe de variation de pH.

Nous observons que il y'a une petite variation du pH figure IV.95 au cours de l'épuration située entre 7,25 à 7,30. Cette variation est due à l'élimination des matières polluante, mais reste toujours conforme à la norme Algérien de rejet pH=8,5 et pH=6.5

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

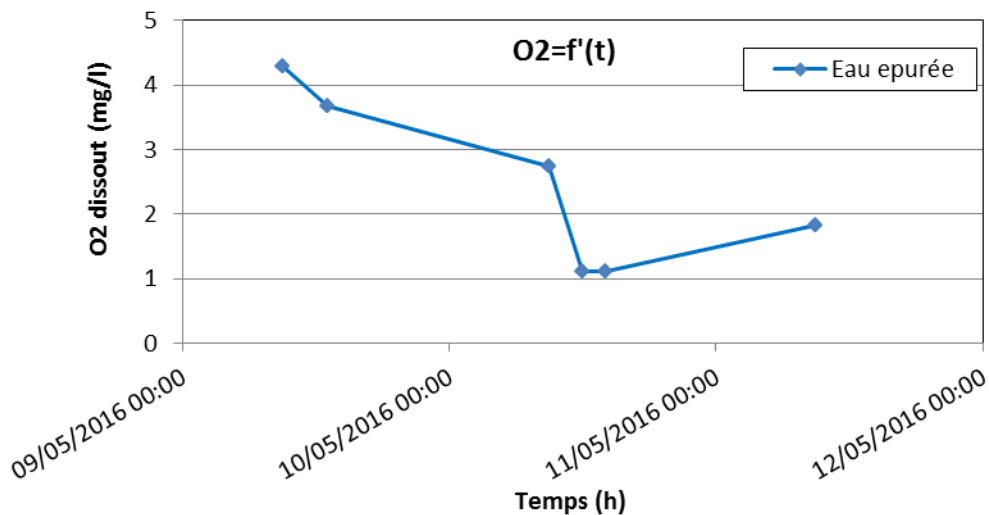


Figure IV.96. Courbe de variation de O₂ dissout (mg/l).

la concentration de l'O₂ dissout à l'entrée était de 5.24 mg/l et selon la figure IV.96 elle a diminué à 1.82 mg/l après la décantation à la fin de l'expérience. Cette diminution de la teneur en O₂ dissout est expliquée par l'activité des bactéries au sien du lit (les bactéries consomment l'O₂ dissout ce qui montre que il y'a une dégradation biologique des matières organiques).

➤ **Turbidité** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du

Temps

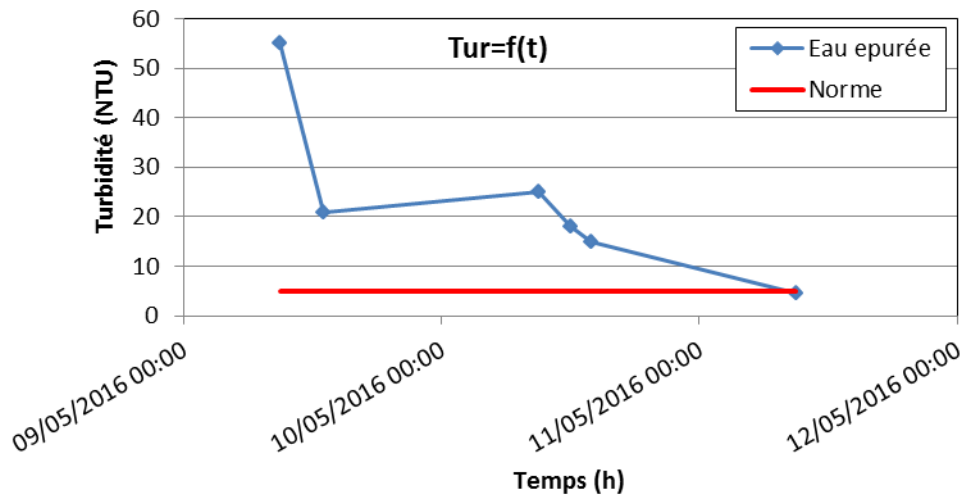


Figure IV.97. Courbe de variation de la turbidité.

D'après analyse de la figure IV.97, on remarque la valeur de la turbidité de l'eau usées brute est très élevée 400 NTU, après l'épuration cette valeur a diminuée pour atteindre 4.5 NTU, cette diminution est due à la dégradation de la matière organique par ce procédé d'épuration. Le procédé élimine **98,88%** de la turbidité de l'eau, cette valeur est inférieure à la norme, à la sortie du clarificateur

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

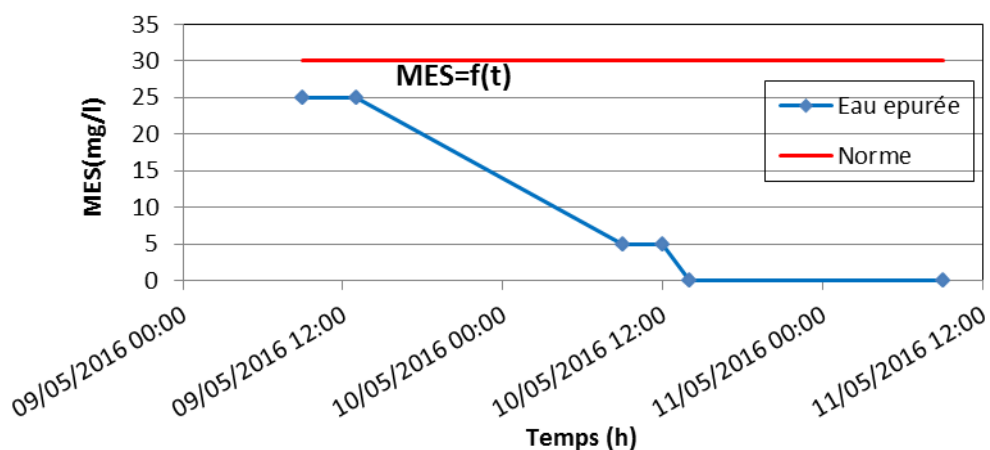


Figure IV.98. Courbe de variation de MES (mg/l).

La valeur des MES d'eau brute est de 360 mg/l. D'après la figure IV.98, on remarque qu'il-y-avez une très grande élimination des MES dans le décanteur qui varie entre 0 et 25 mg/l, et due au détachement des bactéries du lit bactérien. Le rendement d'élimination des matières en suspension étés de **100 %**. La concentration des MES à la sortie est inférieure à la limite recommandée pour l'eau usée.

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

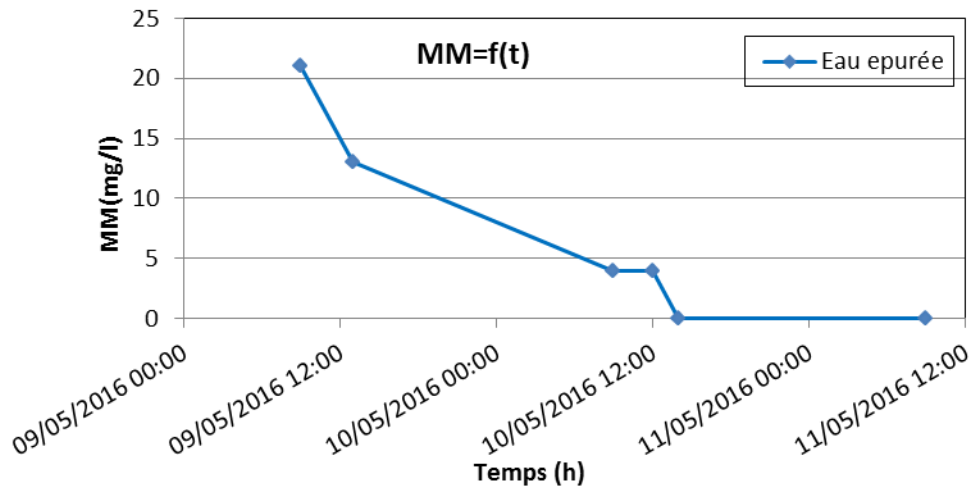


Figure IV.99. Courbe de variation des MM (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de 247 mg/l ; d'après l'épuration cette valeur est diminuée à (0 mg/l) soit une élimination de **100%** de la concentration initiale, donc le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées

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

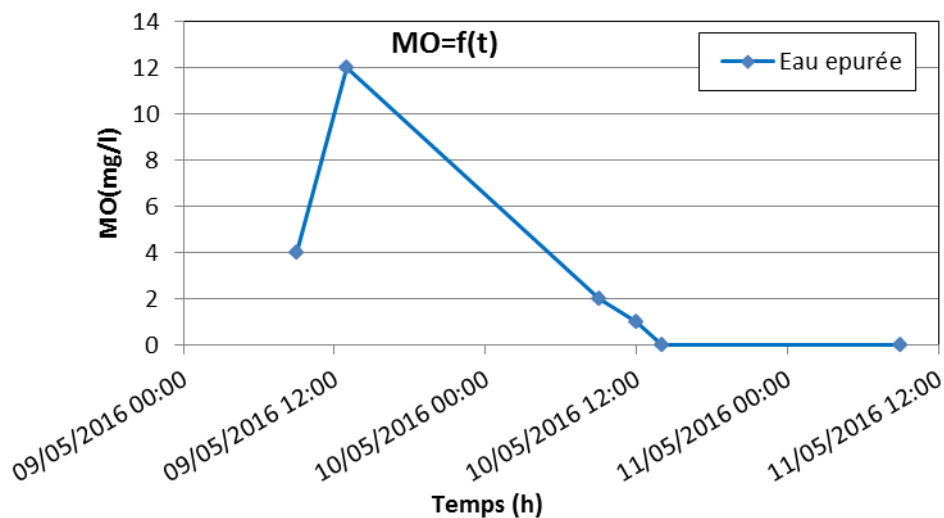


Figure IV.100. Courbe de variation des MO (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de 113 mg/l ,d'après l'épuration cette valeur est diminuée à 0 mg/l après le 4^{ème} prélèvement soit une élimination de **100%** de la concentration initiale, donc le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées

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

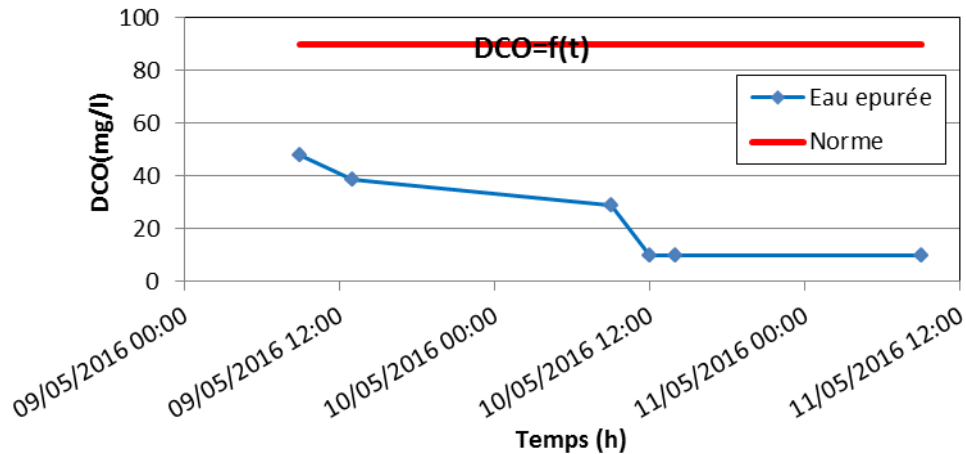


Figure IV.101. Courbe de variation de DCO (mg/l).

La concentration de la DCO de l'eau brute est de 268,8 mg/l ; d'après la figure IV.101, il y'a une chute important 9.6 mg/l pendant les 4 jours de traitement, cette valeur est conforme à la norme (<90 mg/l), donc on peut dire que une grande concentration été éliminé par ce procédé avec un rendement d'élimination la DCO de **96.42 %**.

IV.4.2. Epuration avec un débit de 20l/h:

L'expérience a été menés avec un débit d'alimentation de 20 l/h et après stabilisation de la DCO (3 jours), les résultat obtenus sont résumés dans le tableau IV.12 et représenté sur l'histogramme de la figure IV.102

Tableau IV.12. Résultats d'analyse physico- chimique de l'eau.

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	30	21
pH	6.96	7.30
O ₂ dissout (mg/l)	4.08	1.18
O ₂ dissout (%)	45.3	21.8
Turbidité (NTU)	300	6
MES (mg/l)	600	00
MM (mg/l)	515	00
MO (mg/l)	85	00
DCO (mg/l)	340	28.8
DBO ₅ (mg/l)	210	8

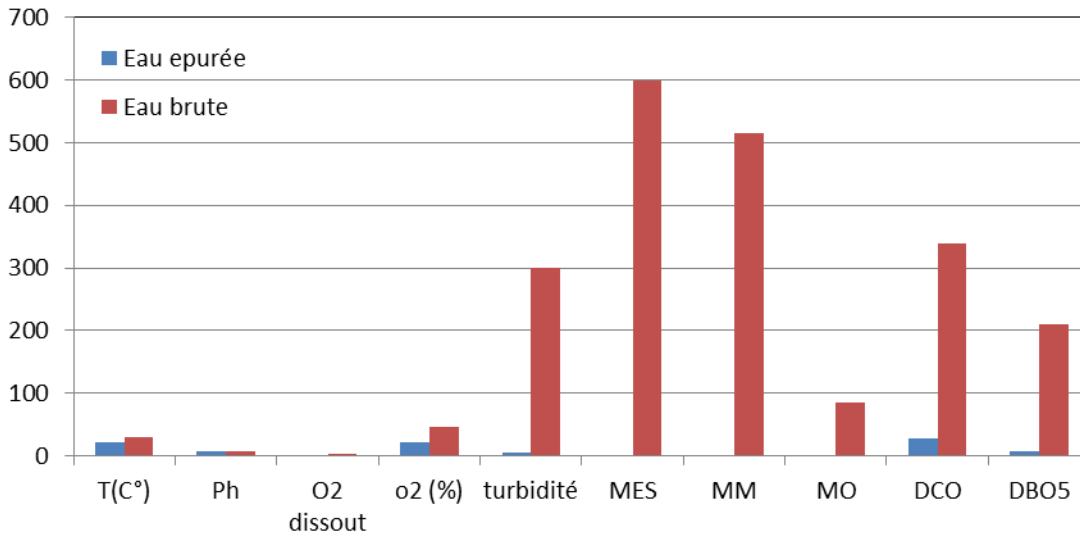


Figure.IV.102. Histogramme de la variation des paramètres (entrée et la sortie).

Les résultats obtenus au fil de l'expérience sont résumés dans l'annexe **D**, tableau **D02**

Indice de boue est $IB = 79.07 \text{ ml/g}$ qui confirme que la boue décante bien.

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

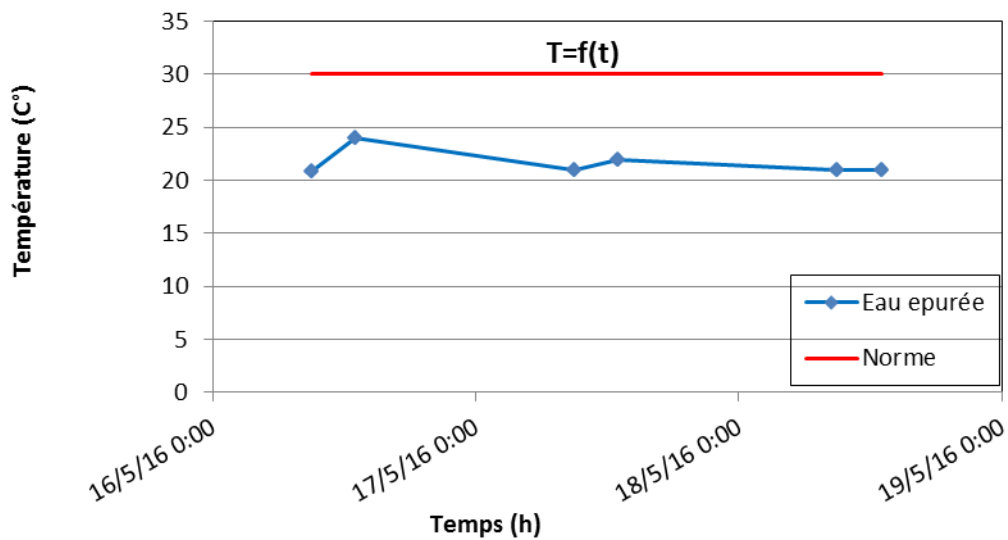


Figure IV.103. Courbe de variation de la température.

Les analyses obtenues à partir de la figure IV.103, montrent que la température à différents temps pour chaque prélèvement (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varie entre 30 et 21°C. Cette variation est due au contact eau-air ; la température de l'eau épurée est largement inférieure à la norme

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

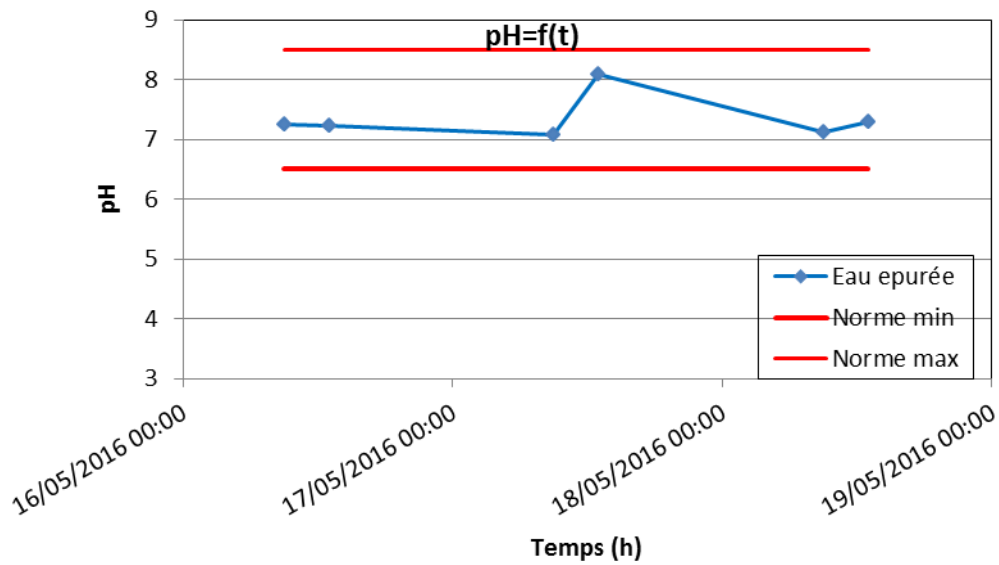
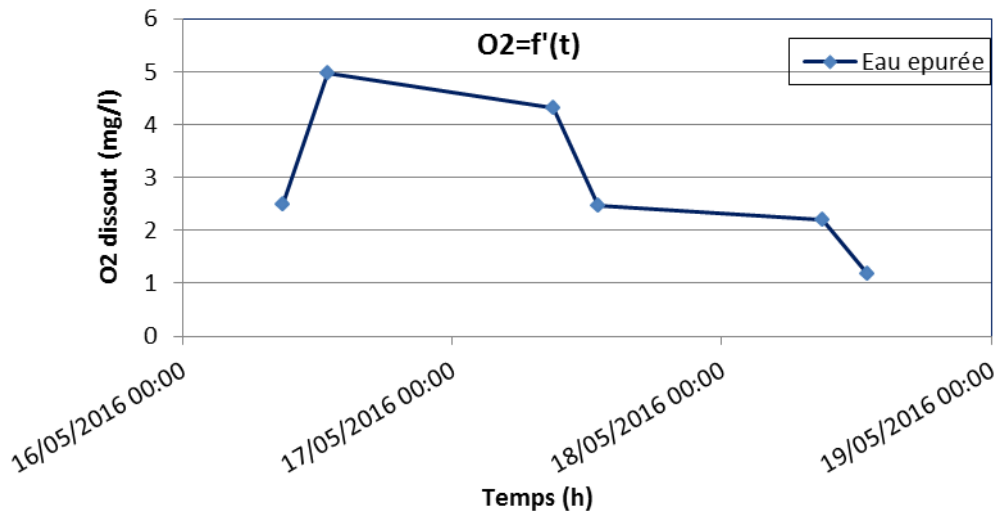


Figure IV.104. Courbe de variation de pH.

Après la figure IV.104 le pH diminue au cours de traitement jusqu'à la valeur 7,26 et ensuite il augmente à 8,09, après il reste stable à 7,30 à la fin de l'expérience. Cette variation de pH ne peut être expliquée que par des réactions probables lors de traitement que nous ne pouvons identifier. Les valeurs du pH entre (7,26 et 7,30) dans cette expérience sont dans la norme.

➤ **O₂ dissous** : la figure suivante représente la variation d'O₂ dissous en fonction



du temps.

Figure IV.105. Courbe de variation de O₂ dissout (mg/l).

la concentration de l'O₂ dissout à l'entrée était de 4,08 mg/l et selon la figure IV.105 elle a diminué à 2,49 mg/l après le 2^{ème} prélèvement elle a augmenté jusqu'à 4,96 ensuite elle a diminuée jusqu'à la valeur 1,18 à la fin de l'expérience. Cette diminution de la teneur en O₂ dissout est expliquée par l'activité des bactéries au sien du lit (les bactéries consomment l'O₂ dissout ce qui montre que il y'a une dégradation biologique des matières organiques).

➤ **Turbidité** : la figure suivante représente la variation de la turbidité en fonction du Temps

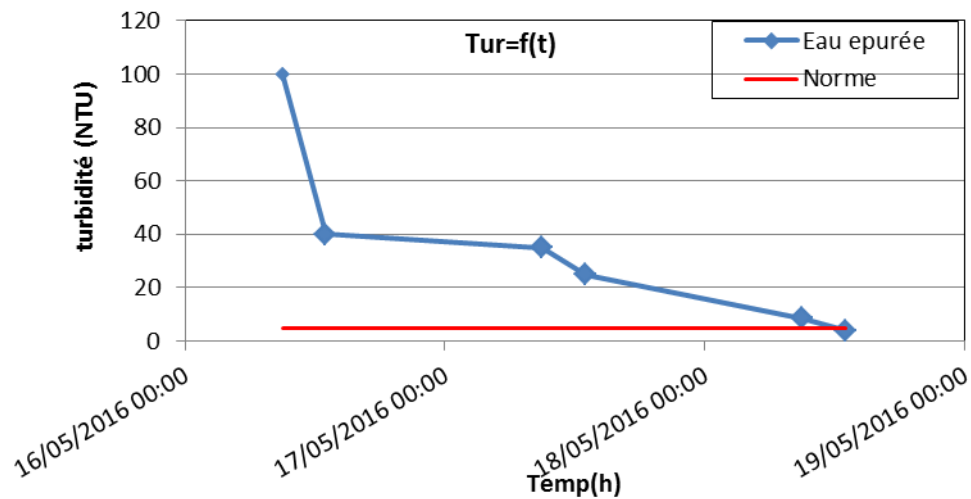


Figure IV.106. Courbe de variation de la turbidité.

D'après analyse de la figure IV.106, on remarque la valeur de la turbidité de l'eau usées brute est très élevée 300 NTU, après l'épuration cette valeur a diminuée pour atteindre 6 NTU, cette diminution est due à la dégradation de la matière organique par ce procédé d'épuration. Le procédé élimine **98%** de la turbidité de l'eau, cette valeur est inférieure à la norme, à la sortie du clarificateur

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

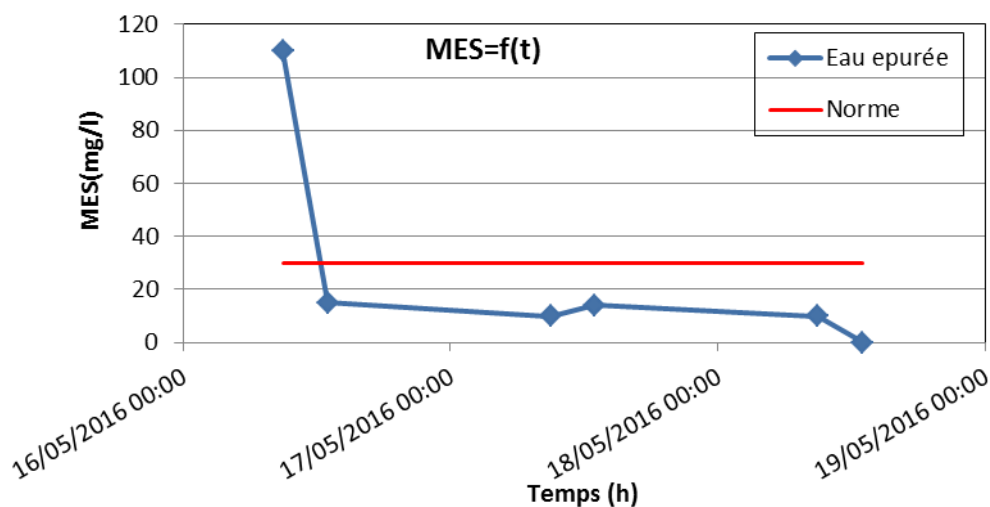


Figure IV.107. Courbe de variation de MES (mg/l).

D'après la figure IV.107, on remarque une forte baisse des matières en suspension. Les MES commence par 110 mg/l diminue au cours de traitement jusqu'à la valeur 15mg/l ,après le 3 éme prélèvement elle augmente jusqu'à 45mg/l ,puis elle diminue à 0mg/l .Plus le temps de l'épuration augmente et le débit recyclé de l'eau claire plus l'élimination de MES augmente. A terme de l'expérience, on a un rendement de **100 %**. La concentration en matières en suspension est inférieure à 30 mg/l , elle est largement inférieure à la norme

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

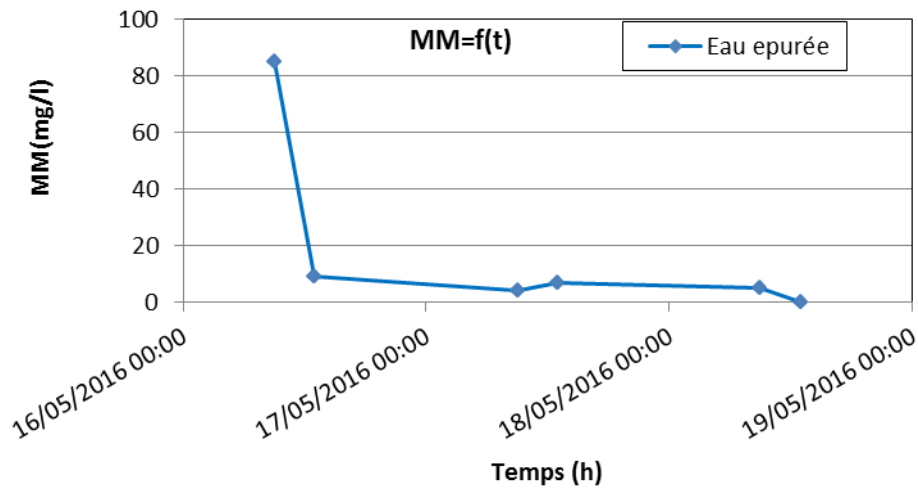


Figure IV.108. Courbe de variation des MM (mg/l).

La valeur de la matière organique de l'eau brute été de 515 mg/l ; d'après l'épuration cette valeur est diminuée à 0 mg/l)soit une élimination de **100%** de la concentration initiale, donc le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées

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

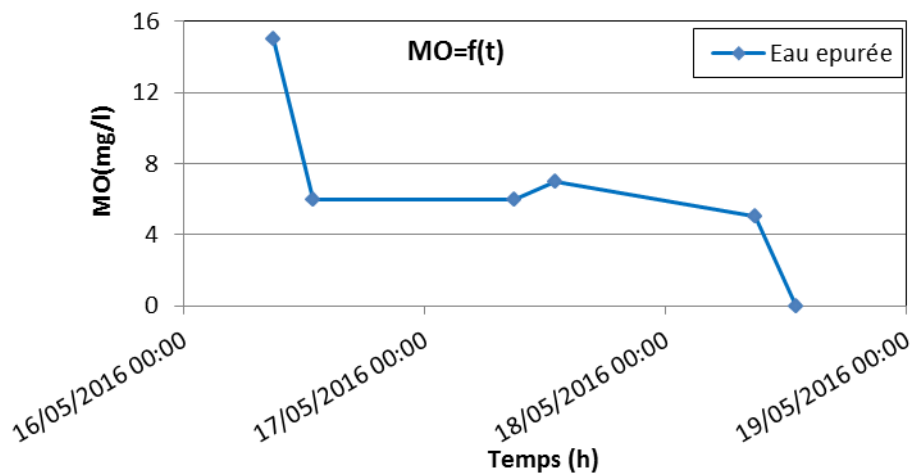


Figure IV.109. Courbe de variation des MO (mg/l).

D'après la figure IV.109 montre que la teneur en MO dans l'eau épurée est faible. Elle a varié de 15 à 0mg/l dans le décanteur due à l'accroissance de l'activité bactérienne dans le lit bactérien au cours de l'expérience. Le rendement d'élimination de MO est de **100 %**

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

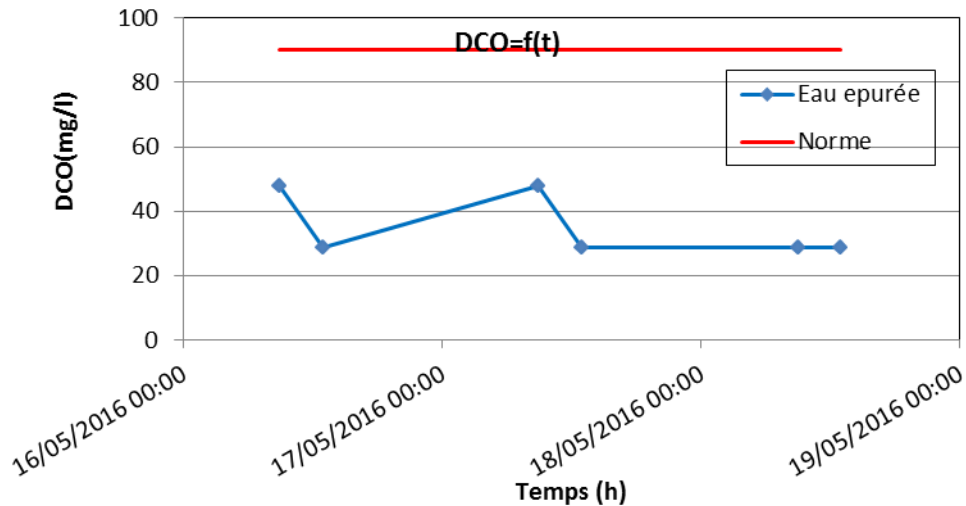


Figure IV.110. Courbe de variation de DCO (mg/l).

D'après les résultats obtenue par la mesure de chaque échantillons à différents temps dans le décanteur ; on peut constater une chute importante de la concentration de la DCO, la valeur de la DCO de l'eau brute est de 340 mg/l par contre la valeur de la DCO de l'eau épurée est de 28.8 mg/l, le rendement de l'élimination est de 91.51%.

IV.5. Etude comparative entre garnissage en brique rouge et en brique silico-calcaire.

Pour bien apprécier le rendement épuratoire, nous avons déterminé les rendements d'éliminations des paramètres de pollution suivante : MES, turbidité, DCO et DBO₅. Le tableau suivant résume ces résultats.

Tableaux IV.13. Rendements d'élimination deux garnissages

Hauteur de garnissage (cm)	Matériaux utilisées	Débits	Paramètres mesurés (%)			
			MES	Turbidité	DCO	DBO ₅
40	Brique rouge	10 l/h	100	96.00	88.57	93.30
		16 l/h	88.23	97.12	92.00	94.28
		20 l/h	100.0	95.00	93.33	95.00
		25 l/h	89.18	97.85	91.30	95.00
	Brique silico-calcaire	16 l/h	100.0	97.50	92.00	96.00
		20 l/h	100.0	96.28	95.83	95.38
80	Brique rouge	10 l/h	91.66	96.75	96.00	96.60
		16 l/h	94.73	97.00	94.11	95.00
		20 l/h	93.33	98.76	90.47	94.73
		25 l/h	91.66	98.51	96.15	95.00
	Brique silico-calcaire	16 l/h	100.0	98.87	96.42	96.00
		20 l/h	100.0	98.00	91.31	96.19

L'objectif essentiel de notre travail consisté à étudier les performances d'un lit bactérien à

garnissage en brique locale pour l'adaptation du rendement épuratoire qui est efficace surtout sur la qualité physico-chimique de l'eau épurée.

On Comparant les deux types de matériaux utilisés dans notre étude (brique rouge et brique silico- calcaire) d'après les rendements calculés des quatre paramètres de pollution (Tableau IV.13) nous constatons :

❖ Pour la hauteur 40cm les résultats obtenus montrent que le lit bactérien à garnissage en brique silico-calcaire donne les meilleurs résultats ; 100 % pour les MES, 97.5 % pour la turbidité, 92,30% pour la DCO et 96% pour la DBO₅ pour un débit de 16l/h. Le meilleur rendement de la DCO (95.83 %) est obtenu pour un débit de 20 l/h qui représente le débit optimal pour cette hauteur.

❖ Pour la hauteur 40cm Les résultats obtenus montrent que le lit bactérien à garnissage en brique rouge donne les résultats suivants : 92 % pour la DCO, 97,12 % pour la turbidité, 88.23% pour Les MES et 95% pour la DBO₅ à 16l/h. le meilleur rendement de la DCO (91.30%) est obtenu pour un débit de 20 l/h qui est le débit optimal pour cette hauteur

❖ Pour la hauteur de 80cm les résultats obtenus montrent que le lit bactérien à garnissage en brique silico- calcaire donne les meilleurs résultats ; 91,51 % pour la DCO, 100 % pour les MES et 98 % pour la turbidité et 96,19% pour la DBO₅ à 20l/h, le débit optimal pour cette hauteur est de 20 l/h.

❖ Pour la hauteur 80cm les résultats obtenus montrent que le lit bactérien à garnissage en brique rouge donne les résultats ; 93.73 pour les MES , 95 % pour la DBO₅ et 97 % pour la turbidité et 95,24 % pour la DCO à 16l/h, le débit optimal pour cette hauteur est de 20 l/h.

❖ D'après les résultats du Tableaux IV.13 on peut conclure que la hauteur 80cm donne les meilleurs résultats malgré on a utilisé un seul matériau et le débit optimal c'est 25 l/h.

IV.6. 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:

✓ Slimani A et Touati H en 2006 ont fait une étude expérimentale sur épuration des eaux usée par boue activée et une introduction dans l'étude de l'amélioration de la qualité des eaux rejeté en utilisant un filtre à sable en amont et en aval avec un garnissage (0/2,5) en changeant le temps de séjours de l'eau dans le bassin d'aération(t=6h, t=10h). Cette étude a donné différents résultats

qui ont permis de voir l'influence du filtre à sable sur l'amélioration de la qualité de l'eau rejeté par la STEP. Les résultats obtenus (MES 93,98%, DCO 88,46%) ont conduit à conclure que la qualité de l'eau rejetée avec un telle filtre et un temps de séjours de 10h donne une eau de meilleur qualité.

✓ Raouti H en 2012 dont le but est l'étude expérimentale de la contribution d'un lit bactérien et d'une filtration pour améliorer la qualité de l'eau épurée par boues activées, cette étude était une continuation à celle effectuée en 2008 par (Khelifi T et Moufouk) ou l'étude a était baser sur l'effet du lit bactérien et de la filtration sur sable et gravier dans un système d'épuration a boues activées, et d'après les rendements retrouvés pour les trois paramètres (MES,DCO,DBO5) elle est arrivée a conclure que c'est le procédé d'épuration avec le lit bactérien a garnissage synthétique en aval qui donne les meilleure résultats (MES 93%,DCO 97%, DBO5 79%)plutôt que gravier ou sable grossier.

✓ 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 travaille 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.

Conclusion générale

Conclusion

Les traitements des eaux usées sont devenues une nécessité impérieuse et exigée, aujourd'hui, des procédés plus performants sont utilisés pour une réutilisation sans problème des eaux épurées.

Notre étude des performances d'un lit bactérien classique à garnissage en brique locale de Zenata, nous a permis en premier lieu d'évaluer la qualité physico-chimiques des eaux usées de la STEP de Ain El Houtz par le procédé d'épuration avec le lit bactérien et puis d'analyser quelques paramètres de qualité des eaux (PH, T, MES, DCO, DBO).

Toutes nos expériences ont été réalisées sur le pilote TE900 spécialement modifié au niveau de laboratoire de l'épuration des eaux du département d'hydraulique, nous avons utilisé une colonne à garnissage en brique comme lit bactérien de granulométrie (10/25 mm) et une deuxième colonne à garnissage en brique silico-calcaire.

Au cours des manipulations le débit d'alimentation (10 l/h, 16l/h, 20 l/h, 25 l/h) et le débit de recyclage ont été variés, dans chaque expérience en fixant la hauteur à 40cm puis à 80 cm. et le type de garnissage (brique de Zenata, brique silico-calcaire)

Divers paramètres ont été analysés (Turbidité, MES, DCO, DBO₅,...). Nous avons trouvé différents résultats, qui nous ont permis de calculer les rendements des quatre paramètres cités afin d'apprécier l'efficacité de l'épuration des usées urbaines.

Pour le garnissage en brique silico-calcaire les résultats trouvés sont assez encourageant du fait des rendements obtenus (entre 91.53 et 95.83 % pour la DCO, et 100 % pour les MES, entre 96.28 et 98.87 % pour la turbidité et entre 94 et 96.19% pour la DBO₅).

Nous avons remarqué que les meilleurs résultats ont été obtenus pour le lit bactérien à garnissage en brique silico-calcaire, pour une granulométrie de (10/25mm) plutôt que le lit bactérien à garnissage en brique rouge (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).

Cette étude ne peut être qualifiée de parfaite, d'autres études doivent être entreprises sur le lit bactérien à garnissage en brique pour d'autres granulométries, d'autres hauteurs du lit afin de déterminer les débits optimaux d'alimentation du lit bactérien correspondant et pour en fixer par la suite les bases de son dimensionnement. L'utilisation d'autres matériaux de garnissage peuvent être explorés.

En fin, nous pouvons dire que le procédé d'épuration à lit bactérien à garnissage en brique et surtout en brique silico-calcaire peut constituer une solution viable pour l'épuration des eaux usées de d'origine urbaine pour les petites localités.

Bibliographie

Références bibliographiques

- [01] **CHACHOUA M., 2009**, Contribution à l'étude des performances épuratoires des procédés de traitement par lagunage, Mémoire de magister en hydraulique, université Abou-Bakre Belkaid, Tlemcen.
- [02] **SAADI H., 2013**, Etude des performances d'un lit bactérien classique à garnissage en pouzzolane de Beni Saf, Mémoire de master en Hydraulique Option, Technologies de Traitement des Eaux.
- [03] **HOUDART M., 2001**, organisation spatiales des activités agricoles et pollution des eaux par les pesticides, Modélisation appliquée au bassin versant de la capot Martinique .thèse de doctorat, université des Antilles et de la Guyane.
- [04] **GAUJOUS D., 1995**, La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire, Edition Technique et Documentation Lavoisier.
- [05] **BONTOUX J., 1993**, Introduction à l'étude des eaux douces: eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson, Edition Technique et Documentation Lavoisier.
- [06] **GOMELLA C. et GUERREE H., 1978**, Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées, Ed. Eyrolles, Paris,.
- [07] **RAISSI O., 2005**, Réutilisation des eaux épurées et des boues résiduelles des stations d'épuration.
- [08] **YAHLATENE S., TAHIRIM E., 2011**, Réflexion sur la caractérisation physico-chimique, des effluents Liquides rejetés dans la grande sebka d'Oran, Mémoire d'ingénieur, université des sciences et de la technologie d'Oran.
- [09] **GAID A., 1984**, Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I, Edition OPU, Alger.
- [10] **CHERKI F. et HESSAS H., 2003**, étude de l'abattement de la charge polluante azotée en station d'épuration à boues activées, mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA, Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique université Tlemcen.
- [11] **RODIER J., 2005**, L'analyse de l'eau, Edition DUNOD, Paris.
- [12] **BOTTA A., 2001**, Pollution de l'eau et santé humaine Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale, Université Euroméditerranée TEHYS.
- [13] **YAHLATENE S. ET TAHIRIM T., 2011**, Réflexion sur la caractérisation physico-chimique, des effluents Liquides rejetés dans la grande sebka d'Oran, Mémoire d'ingénieur, université des sciences et de la technologie d'Oran.
- [14] **LAKHDARI B., 2011**, Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP d'Ain El Houtz, Mémoire de Magister en chimie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.,
- [15] **DEHBI F., 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 Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [16] **BELKODA W., 2009**, Contribution à une gestion des effluents liquides hospitaliers mémoire de master en génie de l'environnement et santé, Université chouaib doukkali El Jadida.
- [17] **AMINOT A. et CHAUSSEPIED M., 1983**, Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Edition Brest : CNEXO

[18] **LECLERC H, GAILLARD J. et SIMONET M., 1951**, La bactérie et le mode bactérien. Édition Idoine.

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

[20] **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.

[21] **BONIN J., 1986**, Hydrauliques urbaine. 1^{er} édition ,1977 nouveau tirage 1986, édition Eyrrolles, 61, Bd saint-germain paris.

[22] **ALDER E., 2005**, Eléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement, Cours sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement - ENTPE

[23] **MEKHALIF F., 2009**, Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement

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

[25] **RAYMOND D., 1997**, le traitement des eaux, édition de l'école polytechnique de Montréal, 2^{eme} édition, 1997.

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

[27] **GHAZI M., 2012**, Cours de l'épuration des eaux usées, département hydraulique option traitement et épuration de l'eau, université Tlemcen.

[28] **JOSEP P., 2002**, station d'épuration, dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation.

[29] **REJASSE S., 2009**, Optimisation du fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées de 10 000 EH, Trélissac, Mémoire d'ingénieur de l'ENGEES,

[30] **FRANCK H. , 2002**, Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques ,. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, ppl65-239.

[31] **FERAY C., 2000**, Nitrification en sédiment d'eau douce, incidence de rejets de station d'épuration sur la dynamique de communautés nitrifiantes, Thèse de doctorat sciences naturelles, Écologie microbienne. Université Claude Bernard-Lyon, Lyon, France, 204 p.

[32] **ATTAB S., 2011**, amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées la station d'épuration Haoud Berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local, Mémoire de magister en biologie, université Ouaregla.

[33] **DESJARDINS R., Janvier 1997**, Traitement des eaux , 2^{eme} édition revue et améliorée, édition l'école polytechnique de Montréal.

[34] **ONA.2015**, Fiche technique de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tlemcen Ain El Houtz.

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

[36] [http://www.memoireonline.com/réflexion-sur-la-caractérisation physicochimique-](http://www.memoireonline.com/réflexion-sur-la-caractérisation-physicochimique-)

des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s2.html (consulté le 22 /01/2016).

[37] **COMMISSION EUROPEENNE**, 1998, Directive du conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (91/271/CEE). Journal officiel n° L 135 du 30 mai 1991, pp. 40, modifiée par la Directive 98/15/CE de la Commission du 27 février 1998. Journal officiel n°L 67 du 7 mars 1998, pp. 29.

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

[39] **LYONNAISE DES EAUX**, 2002, traitement des eaux usées urbaines . Mai 2002, www.pseau.org/.../cirse_e_engees_traitement_des_eaux_usees_urbaines_2002. (consulté le 16-02-2016)

[40] **ALDER A.**, 2005, Cours sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement, ENTPE

[41] **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.

[42] **FREDERIC M.**, 7 juillet 1998, Etude de l'hydrodynamique des procédés de traitement des eaux usées à biomasse fixée, Application aux lits bactériens et aux biofiltres, Thèse de doctorat en mécanique, l'université Bordeaux I.

[43] **DURAND H.**, 1998, Les sols irrigables, étude pédologique édition imprimerie Boudin, Paris.

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

[45] **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, Toulouse.

[46] **VANDEVENNE L.** 1984, Problèmes liés à la modélisation et au dimensionnement de, L'épuration par lit bactérien aérobie. Théories, technologies, applications. Cabedoc page 21-49.

[47] **BAUMONT S, PHILIPPE C.**, 2007, Réutilisation des eaux usée épurées France.

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

[49] **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, Toulouse.

[50] **SERVAIS A.**, 1998, Evaluation éco toxicologique de l'impact des effluents de stations d'épuration sur les cours d'eau, intérêt d'une approche intégrée, thèse de doctorat, université de Metz.

[51] http://www.aide.be/jahia/Jahia/site/aide/cache/offonce/general/epuration/fonction_epuration/stations_epuration/traitement_secondaire, Traitement secondaire (consulté 10/01/2016).

[52] **Conseil général Seine et Marne, Observatoire départemental**, 2011, Observatoire de l'eau Performance des filières de traitement adaptées aux petites collectivités en Seine et Marne, Edité par le département de Seine et Marne

<http://eau.seine-et-marne.fr/library/Observatoire-2011---Filières-rustiques> (consulté 22/02/2016).

- [53] **BANTOUX J., 1993**, introduction à l'étude des eaux douces, qualité et santé, 2ème Édition, Edition CEDOC, Paris.
- [54] **DHAOU A., 2008**, Traitement des eaux usées urbaines, Les procédés biologiques d'épuration, Université Virtuelle de Tunis.
- [55] **JOLY B., REYNAUD A., 2003**, Entérobactéries, systématiques et méthodes d'analyses. Edition Technique et documentation, Paris, 356p.
- [56] **DELTALAB**, Bulletin technique traitement des eaux épuration à boues activées TE900.
- [57] **SAHOULI C., 2012**, Etude expérimentale de la contribution d'un lit bactérien à pouzzolane dans l'amélioration de la qualité des eaux épurées par boues activées Mémoire pour l'obtention du diplôme master en hydraulique eau, sol et aménagement, Option, espace urbain, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [58] **RAOUTI H., 2012**, étude expérimentale de la contribution d'un lit bactérien et d'une filtration dans l'amélioration de la qualité des eaux par boues activées, thème de mastère, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- [59] **KHELIFI T. et MOUFFOK N., 2008**, étude expérimentale de la filtration sur sable dans le procédé d'épuration à boues activées, mémoire d'ingénieur en hydraulique, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen..
- [60] **MEKHERMECHE A., 2012**, Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes, Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Génie Civil Option, Géo-Matériaux , universite kasdi merbah Ouargla
- [61] **DIN 4172 NORMES ALLMANDES (1993)** Briqueterie silico-calcaire , Mostaganem, Algérie.
- [62] **MENSALAH M. et MILOUD H., 1993**, Etude numérique et expérimentale des écoulements à travers les filtres de graviers, mémoire d'ingénieur en hydraulique, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

Annexe A

Tableau A 01 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 40 cm de garnissage en brique rouge.

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
10/02/2016	09 :00	19	7.31	6.01	59.4	80.00	100	70	30	144
10/02/2016	13 :00	20	6.86	3.54	25.8	60.00	98.5	54.5	44.5	124.8
11/02/2016	09 :00	19	7.11	4.59	40.4	29.00	60	35	25	120
14/02/2016	09 :00	18	7.6	2.48	18.2	26.00	80	37	43	76.8
14/02/2016	13 :00	21	6.97	2.50	25.6	29.00	90	45	45	76.8
15/02/2016	09 :00	18	6.78	2.46	25	9.50	40	20	20	48
15/02/2016	13 :00	18	6.88	3.29	28.8	12.00	10	6	4	38.4
16/02/2016	09 :00	17	6.60	2.67	21.2	3.20	0	0	0	38.4
16/02/2016	13 :00	17	6.71	1.18	13.0	3.10	0	0	0	38.4

- Q d'alimentation = 10 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.181 l/min
- Im= 139.47 ml/g ➡ La boue est bien décanté

Tableau A 02 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 40 cm de garnissage en brique rouge.

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
17/02/2016	09 :00	20	7.70	2.27	23.7	85	131	76	55	96
17/02/2016	13 :00	19	6.8	6.5	64.3	25	120	63	57	48
18/02/2016	09 :00	18	7.12	3.29	28.8	4.10	100	44	156	38
21/02/2016	09 :00	19	6.91	3.22	28.6	6.20	100	22	78	48
21/02/2016	13 :00	20	7.15	3.38	30	31	100	39	61	57.6
23/02/2016	09 :00	21	6.85	3.45	30.5	40	100	33	67	67.2
23/02/2016	13 :00	22	6.46	1.84	14.3	70	90	44	56	57.6
24/02/2016	09 :00	21	6.07	6.05	62.8	3.00	30	24	6	48
24/02/2016	13 :00	23	6.16	5.98	58.60	16	40	15	25	38
28/02/2016	09 :00	19	7.10	2.19	21.7	4.90	40	28	12	19.2
28/02/2016	13 :00	22	7.02	2.29	38.9	8.40	30	17	13	19.2
29/02/2016	09 :00	18	7.04	1.35	13.00	7.20	20	17.5	2.5	19.2

- Q d'alimentation = 16 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.307 l/min
- Im= 118.81 ml/g ➡ La boue est bien décanté

Tableau A 03 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 40 cm de garnissage en brique rouge.

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
01/03/2016	09 :00	17	7.00	7.70	77.6	8.80	100	53	47	57.6
01/03/2016	13 :00	20	7.06	3.96	32.1	40	100	34	66	48
02/03/2016	09 :00	17	7.07	6.51	69.8	7.90	80	28	52	19.2
02/03/2016	13 :00	18	7.01	6.23	63	14	60	17	43	9.6
03/03/2016	09 :00	18.5	7.20	2.95	30.9	12	10	6	4	9.6
03/03/2016	13.00	17	7.16	2.33	28	9	0	0	0	9.6



- Q d'alimentation = 20 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.346 l/min
- Im=66.66 ml/g  La boue est bien décanté

Tableau A 04 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 40 cm de garnissage en brique rouge

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
08/03/2016	09 :00	18	6.83	4.72	60.8	29	130	62	68	76.8
08/03/2016	13 :00	23	6.75	4.47	36.3	35	60	10	50	9.6
09/03/2016	09 :00	18	6.96	2.06	21.6	25	65	46	19	19.2
09/03/2016	13 :00	20	7.20	2.65	27.8	7.50	50	29	21	19.2
10/03/2016	09 :00	18	6.92	2.15	22.8	4.50	20	6	14	19.2

- Q d'alimentation = 25 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.444 l/min
- Im= 115.38 ml/g  La boue est bien décanté

Annexe B

Tableau B 01 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 80 cm de garnissage en brique rouge

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
17/03/16	09.00	20	7.17	0.57	6.2	33	100	68	32	76.8
20/03/16	09.00	17.5	7.01	0.68	7.4	14	60	25	35	48
20/03/16	13.00	21	7.05	1.48	15.9	18	65	32	33	67.2
21/03/16	09.00	20	6.69	1.11	11.8	13	10	6	4	19.2
21/03/16	13.00	20	7.43	2.46	26.4	15	30	7	22	19.2
24/03/16	09.00	20	6.73	1.66	17	10	10	5	5	9.6
24/03/16	13.00	18	6.85	0.65	7.1	6	10	4	6	9.6

- Q d'alimentation = 10 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.181 l/min
- Im= 140.77 ml/g ➡ La boue est bien décanté

Tableau B 02 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 80 cm de garnissage en brique rouge

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
06/04/16	09.00	17	7.74	5.01	22.5	33	100	58	42	38.4
06/04/16	13.00	19	6.76	2.20	35.1	50	105	67	38	67.2
07/04/16	09.00	17	7.09	1.17	12.5	20	80	60	20	48
10/04/16	09.00	15	7.16	1.97	20	8	50	33	17	36.7
10/04/16	13.00	21	7.41	4.66	47.6	34	45	36	9	19.2
11/04/16	09.00	18.5	6.43	1.11	11.8	10	10	5	5	9.6
11/04/16	13.00	20	6.63	0.65	7.1	3.30	10	3	7	9.6

- Q d'alimentation = 16 l/h


- Q recyclée de l'eau claire = 0.307 l/min
- Im=97.66 ml/g  La boue est bien décanté

Tableau B 03 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 80 cm de garnissage en brique rouge.

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
18/04/16	09.00	18	6.73	2.70	23	70	105	72	33	86.4
18/04/16	13.00	20.5	6.81	1.97	21.4	27	90	47	43	48
19/04/16	09.00	22	6.59	1.18	21.8	4.40	30	23	7	28.8
19/04/16	13.00	23	7.14	1.73	19.1	4.50	30	20	10	19.2
20/04/16	09.00	19	6.75	0.85	7.6	4.30	20	12	8	19.2
20/04/16	13.00	22	6.76	0.57	6.2	3.20	10	5	5	19.2



- Q d'alimentation = 20 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.346 l/min
- Im=91.22ml/g  La boue est bien décanté

Tableau B 04 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 80 cm de garnissage en brique rouge.

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
12/04/16	09.00	17	6.10	4.84	50.6	35	90	23	67	115.2
13/04/16	09.00	18	6.33	5.13	54.2	23	62	29	33	86.4
13/04/16	13.00	19	6.13	2.67	21.2	25	30	24	6	38.4
14/04/16	09.00	18.5	7.30	0.98	8	10	20	15	5	9.6
17/04/16	09.00	18	7.2	0.54	5.7	4.57	10	5	6	9.6
17/04/16	13.00	20	7.2	0.57	6.2	4.60	10	5	6	9.6

- Q d'alimentation = 25 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.444 l/min
- Im= 57.59 ml/g  La boue est bien décanté

Annexe C

Tableau C 01 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 40 cm de garnissage en brique silico-calcaire

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCC (mg)
25/04/2016	09 :00	18	7.08	3.64	43.1	75	35	5	30	48
25/04/2016	13 :00	20	7.15	3.92	43.3	30	45	8	37	96
26/04/2016	09 :00	23	6.54	2.74	30.7	12	25	5	20	48
26/04/2016	09 :00	22	7.01	1.18	21.8	25	5	1	4	19.2
27/04/2016	13 :00	19	7.39	1.11	11.8	12	10	5	5	19.2
27/04/2016	09 :00	21	7.30	1.82	20.9	10	0	0	0	19.2

- Q d'alimentation = 16 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.307 l/min
- Im=66.66 ml/g La boue est bien décanté

Tableau C 02 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 40 cm de garnissage en brique silico-calcaire

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCC (mg)
03/05/2016	09 :00	24	7.21	1.82	20.9	170	70	7	63	76.8
03/05/2016	13 :00	22	7.11	1.54	17.7	19	55	3	52	57.6
04/05/2016	09 :00	21	7.23	1.42	16.0	20	20	5	15	37.4
04/05/2016	13 :00	20	7.39	1.18	21.8	23	15	5	10	19.2
04/05/2016	14 :00	22	7.20	1.11	11.8	17	10	0	10	9.6
05/05/2016	09 :00	21	7.33	0.54	5.7	13	0	0	0	9.6

- Q d'alimentation = 20 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.346 l/min
- Im=72.98 ml/g La boue est bien décanté

Annexe D

Tableau D 01 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 80 cm de garnissage en brique silico-calcaire

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
09/05/2016	09 :00	20	7.25	4.28	47.2	55	25	4	21	48
09/05/2016	13 :00	19	7.06	3.67	40.5	21	25	12	13	38.4
10/05/2016	09 :00	24	7.24	2.74	30.7	25	5	2	4	28.8
10/05/2016	12 :00	22	7.27	1.11	11.8	18	5	1	4	9.6
10/05/2016	14 :00	19	7.39	1.11	11.8	15	0	0	0	9.6
11/05/2016	09 :00	21	7.30	1.82	20.9	4.5	0	0	0	9.6

- Q d'alimentation = 16 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.307 l/min
- Im=99.29 ml/g → La boue est bien décanté.

Tableau D 02 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 80 cm de garnissage en brique silico-calcaire.

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (NTU)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCC (mg/l)
16/05/2016	13 :00	20.8	7.26	2.49	47.2	100	110	15	85	48
17/05/2016	09 :00	24	7.23	4.96	55.2	40	15	6	9	28.8
17/05/2016	12 :00	21	7.08	4.31	48.2	35	10	6	4	48
17/05/2016	14 :00	22	8.09	2.46	26.4	25	14	7	7	28.8
18/05/2016	09 :00	21	7.11	2.20	22.5	8.50	10	5	5	28.8
18/05/2016	09 :00	21	7.30	1.18	21.8	4	0	0	0	28.8

- Q d'alimentation = 20 l/h
- Q recyclée de l'eau claire = 0.346 l/min
- Im=79.07 ml/g → La boue est bien décanté

Résumé :

Le but du présent travail est de faire une étude expérimentale dans le domaine d'épuration des eaux usées urbaines, qui consiste à faire une étude comparative des performances épuratoires d'un lit bactérien à garnissage en brique rouge et d'un lit bactérien à garnissage en brique silico-calcaire : cette étude consiste à évaluer les caractéristiques des matériaux utilisés et de voir leurs efficacités à travers leurs rendements d'élimination de la pollution contenue dans l'eau usée.

A cet effet, douze séries d'expériences ont été menées sur les eaux usées issu 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 (entre 90 et 100 % pour les MES, entre 95.83 et 98.87 % pour la turbidité et entre 88.57 et 96.42% pour la DCO, entre 93.30 et 96.19 pour la DBO₅). Les meilleurs résultats ont été obtenus en utilisant le garnissage en brique silico-calcaire.

Mots clés: eaux usées, lit bactérien, garnissage, brique, rendement, efficacité.

Abstract:

The purpose of this work is to make an experimental study in the field of treatment of urban waste water, which is to make a comparative study of the purification performance of a trickling a brick lining and a trickling packed in sand-lime brick: is to evaluate the characteristics of the materials used and see their efficiencies through their pollution removal efficiencies contained in wastewater.

For this purpose, twelve series of experiments were conducted on the waste water coming from the station AIN EL Houtz treatment. The results are quite satisfactory, because of the importance of elimination yields (between 90 and 100% for MES, between 95.83 and 98.87% for turbidity and between 88.57 and 96.42% for COD, between 93.30 and 96.19 pour BOD₅). The best results were obtained using the packing sand-lime brick.

Keywords: wastewater, trickling, brick, sand-lime brick.

المخلص

والغرض من هذا العمل هو إجراء دراسة تجريبية في مجال معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية، وهو إجراء دراسة مقارنة لأداء تنقية مرشح الأجر الأحمر و الأجر الأبيض هذه الدراسة لتقييم خصائص المواد المستخدمة ومعرفة كفاءتها من خلال كفاءات إزالة التلوث التزاماتها الواردة في مياه الصرف الصحي لهذا الغرض، أجريت اثنا عشر سلسلة من التجارب على مياه الصرف الصحي القادمة من محطة عين الحوت.
الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، مرشح، الأجر، مردود،