

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 : **Technologies de Traitement des Eaux**

Thème

Etude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique

Soutenue publiquement le : 16 /06/2015

Présenté par :

M^{elle} DEHBI FATIMA ZOHRA

Devant le jury :

M ^R ADJIM Mohammed.....	Président
M ^{ME} FANDI Wassila	Examinatrice
M ^R BOUMEDIENE Maamar.....	Examineur
M ^R BOUCHELKIA Hamid.....	Encadreur
M ^{ME} BOUCHELKIA Fadila.....	Encadreur

Promotion 2014/2015

Remerciement

Avant tout, ma gratitude et remerciement vont à Allah, Dieu le Miséricordieux, l'Unique, le Puissant, pour son guide et sa protection.

Je tiens à remercier vivement M^{me} F. **Bouchelkia** et M^f 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.

Nos profonds remerciements vont à :

Monsieur le président du jury M^R **ADJIM Mohammed** pour son aide précieuse.

Mme **FANDI Wassila** et Monsieur **BOUMEDIENE Maamar** pour l'honneur qui nous ont fait en acceptant d'examiner ce modeste travail.

J'expire ma gratitude à notre chef de département d'Hydraulique tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Je tiens à remercier vivement mon papa pour son aide dans la préparation des échantillons d'eau et leur transport depuis la STEP de AIN AL HOUTZ.

Je remercie également les responsables de laboratoire ; **Mohammed** et **Abdellatif** et M^{me} Sahliqui m'ont beaucoup aidé aux cours des expériences.

Mes remerciements vont également à tous les personnels de la STEP d' AÏN EL HOUTZ.

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

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- *Mes très chers parents, qui ont éclairé mon chemin et qui m'ont encouragé et soutenue tout le long de mes études.*
- *Mon frère et mes sœurs.*
- *L'âme de ma grande mère Zahra.*
- *Ma très chère sœur Hanane et mon frère Karim, qui m'ont aidée énormément dans ce travail*
- *Tous les membres de ma famille.*
- *Toute la promotion de TTE 2015/2015.*

FATIMA ZOHRRA

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 pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage en matériau synthétique (alvéoles en plastique) : 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, quatorze 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 94.83 et 99.91 % pour la turbidité et entre 78.57 et 97.56% pour la DCO). Les meilleurs résultats ont été obtenus en utilisant le garnissage traditionnel (la pouzzolane de Beni Saf).

Mots clés: eaux usées, lit bactérien, pouzzolane, Beni Saf, matériau plastique, granulométrie.

Abstract:

The goal of this work is to make an experimental study in the field of purification of the urban waste water, which consists in making a comparative study of the performances épuratoires of a bacterial bed has pozzolana garnishing of Beni Saf and a bacterial bed with garnishing out of synthetic material (plastic cells): consist in evaluating the characteristics of materials used and to see their effectiveness through their outputs of elimination of the pollution contained in waste water.

For this purpose, fourteen series of experiments were carried out on waste water resulting from the purification plant of AIN EL HOUTZ. The results obtained are rather satisfactory, because of importance of the outputs of elimination obtained (between 90 and 100% for MY, between 94.83 and 99.91% for turbidity and between 78.57 and 97.56% for the DCO). The best results were obtained by using the traditional garnishing (the pozzolana of Beni Saf).

Key words: waste water, reads bacterial, pozzolana, Beni Saf, plastic material, Granulometry

الملخص :

الغرض من هذا العمل هو إجراء دراسة تجريبية في مجال معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية، وهو إجراء دراسة مقارنة لأداء تنقية مرشح يتقاطرون فقد عمد البزولان بني صاف وخرير معبأة في البلاستيك (صواني بلاستيكية) لتقييم خصائص المواد المستخدمة ومعرفة كفاءتها من خلال كفاءات إزالة التلوث بها الواردة في مياه الصرف الصحي. لهذا الغرض، تم تنفيذ أربعة عشر مجموعة من التجارب على مياه الصرف الصحي من محطة المعالجة لي عين الحوت. كانت النتائج مرضية جداً، وذلك بسبب أهمية عائدات القضاء (ما بين 90 و 99.91 من المواد العالقة و بين 94.83 و 99.91% للعكارة و بين 78.57 و 97.56% لكمية إزالة المادة العضوية). تم الحصول على أفضل النتائج باستخدام التعبئة التقليدية (البزولان لبني صاف).

كلمات البحث: مياه الصرف الصحي، خرير، البزولان، بني صاف، البلاستيك، وحجم الجسيمات.

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).

Liste des figures

Figure.I 1: Schéma de principe d'une filière type par lit bactérien	13
Figure.I 2: Disques Biologiques.....	13
Figure.I 3: Concept simplifié des boues activées.....	14
Figure.II 1: Principe d'un lit bactérien	20
Figure.II 2: Lit bactérien avec garnissage traditionnel	22
Figure.II 3: Alimentation du lit bactérien (garnissage plastique)	23
Figure.II 4: Photo de sprinkler de la Step API SOLLAC à Florange	24
Figure.II 5: Filtre bactérien	27
Figure.III 1. Pilote TE 900 (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).	31
Figure.III 2: schéma du support pratique	33
Figure.III 3. Support pratique	36
Figure.III 4. La variation des débits recyclés de la pompe doseuse.....	39
Figure.III 5: Clarificateur ; (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).	40
Figure.III 6. Schéma d'une cartouche remplie par le garnissage en pouzzolane et aussi par garnissage plastique ; (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen)....	41
Figure.III 7: L'échantillon de 300 litres prélevé.	44
Figure.III 8. Les prélèvements des eaux usées brute et les eaux épurées	44
Figure.III 9: pH mètre (manuel) et les solutions tampon (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).....	45
Figure.III 10 : Spectrophotomètre ;(laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).....	46
Figure.III 11. Courbe d'étalonnage de la turbidité.....	47
Figure.III 12. Oxymètre (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen). 48	
Figure.III 13. Appareil de mesure des MES.....	49
Figure.III 14. DCO-mètre et Billes de verre.	51
Figure.III 15. La pouzzolane.	53
Figure.III 16. Localisation du gisement de Bou-Hamidi (Beni-Saf)	56
Figure.III 17. Matériaux plastiques	58

Figure.IV 1. Schéma d'une cartouche rempli par le garnissage en pouzzolane et aussi par garnissage plastique ; (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).....	65
Figure.IV 2. Epuration avec lit bactérien.	66
Figure.IV 3.Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).....	67
Figure IV.4. variation de température (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.5. variation du pH (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.6.variation de l'oxygène dissout (mg/l) (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.7. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.8. variation des MES (mg/l) (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.9. variation des MO (mg/l) (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.10. variation des MM (mg/l) (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.11.Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (pour Q=10l/h).....	69
Figure IV.12.Histogramme de la variation de toutes les paramètres (entré et la sortie).....	72
Figure IV.13. variation de la température (pour Q=20l/h).....	73
Figure IV.14. variation du pH (pourQ=20l/h).....	73
Figure IV.15. variation de la turbidité pour (Q=20 l/h).....	73
Figure IV.16. variation del'O2 dissous-en (mg/l) (Q=20l/h).....	73
Figure IV.17.variation des MES (mg/l) (Q=20l/h).....	73
Figure IV.18.variation de la MO (mg/l) (Q=20l/h).....	73
Figure 1V.19.Courbe de la variation de la MM (mg/l) (Q=20l/h).....	73
Figure IV.20.Courbe de la variation de la DCO (mg/l) (Q=20l/h).....	73
Figure IV.21. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et sortie).....	76
Figure IV.22. variation de la température (pour Q=25l/h).....	77
Figure IV.23.variation du pH (pour Q=25l/h).....	77

Figure IV.24. variation d'O ₂ dissous (mg/l) (pour Q=25l/h).....	77
Figure IV.25. variation de la turbidité (NTU) (pour Q=25l/h).....	77
Figure IV.26. variation desMES (mg/l) (pour Q=25l/h).....	77
Figure IV.27. variation des MO (mg/l) (pour Q=25l/h).....	77
Figure IV.28. variation de la MM (mg/l) (pour Q=25l/h).....	77
Figure IV.29. variation de la DCO (mg/l) (pour Q=25l/h).....	77
Figure IV.30. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et la sortie).....	80
Figure IV.31. variation de la température (pour Q=16l/h).....	81
Figure IV.32. variation du pH (pour Q=16l/h).....	81
Figure IV.33. variation de la turbidité (pour Q=16l/h).....	81
Figure IV.34. variation d'O ₂ dissous (mg/l) (pour Q=16l/h).....	81
Figure IV.35. variation des MES (mg/l) (pour Q=16l/h).....	81
Figure IV.36. variation de la MO(mg/l) (pour Q=16l/h).....	81
Figure IV.37. variation de la MM (mg/l) (pour Q=16l/h).....	81
Figure IV.38. variation de la DCO (pour Q=16l/h).....	81
Figure IV.39. Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et sortie).....	83
Figure IV.40. variation de la température (pour Q=16l/h).....	85
Figure IV.41. variation du pH (pour Q=16l/h).....	85
Figure IV.42. variation de la turbidité (pour Q=16l/h).....	85
Figure IV.43. Courbe de la variation de l'O ₂ dissous (mg/l) (pour Q=16l/h).....	85
Figure IV.44. Courbe de la variation des MES (pour Q=16l/h).....	85
Figure IV.45. Courbe de la variation de la MO (pour Q=16l/h).....	85
Figure IV.46. variation de la MM (pour Q=16l/h).....	85

Figure IV.47. variation de la DCO (pour Q=16l/h).....	85
Figure IV.48.Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et sortie).....	85
Figure IV.49.variation de la température (pour Q=20l/h).....	89
Figure IV.50. variation du pH (pour Q=20l/h).....	89
Figure IV.51. variation de la turbidité (pour Q=20l/h).....	89
Figure IV.52.variation de l'oxygène dissout dans l'eau (mg/l) (pour Q=20l/h).....	89
Figure IV.53.variation des MES (mg/l) (pour Q=20l/h).....	89
Figure IV.54.variation des MO (mg/l) (pour Q=20l/h).....	89
Figure IV.55. variation des MM (mg/l) (pour Q=20l/h).....	89
Figure IV.56.variation de la DCO (pour Q=20l/h).....	89
Figure IV.57.histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et sortie).....	91
Figure IV.58. variation de la température (pour Q=25l/h).....	91
Figure IV.59. variation du pH (pour Q=25l/h).....	93
Figure IV.60. variation la turbidité (pour Q=25l/h).....	93
Figure IV.61. variation de l'O2 dissous dans l'eau (mg/l) (pour Q=25l/h).....	93
Figure IV.62. variation des MES (pour Q=25l/h).....	93
Figure IV.63.variation de la MO (pour Q=25l/h).....	93
Figure IV.64. variation de la MM (pour Q=25l/h).....	93
Figure IV.65.variation de la DCO (pour Q=25l/h).....	93
Figure IV.66. histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et sortie).....	96
Figure IV.67. variation de la température (pour Q=10l/h).....	98
Figure IV.68. variation du pH (pour Q=10l/h).....	98
Figure IV.69. variation de la turbidité (pour Q=10l/h).....	98

Figure IV.70.variation de l'oxygène dissous dans l'eau (mg/l) (pour Q=10l/h).....	98
Figure IV.71.variation des MES (pour Q=10l/h).....	98
Figure IV.72.variation des MO (pour Q=10l/h).....	98
Figure IV.73.variation des MM (pour Q=10l/h).....	98
Figure IV.74.Courbe de la variation de la DCO (pour Q=10l/h).....	98
Figure IV.75.Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et sortie)....	100
Figure IV.76.variation de la température (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.77.variation du pH en fonction du temps (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.78.variation de la turbidité (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.79.variation de l'O2 dissous dans l'eau (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.80.variation de la MES (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.81.variation de la MM (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.82.variation de la MO (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.83.variation de la DCO (pour Q=20l/h).....	102
Figure IV.84.Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et sortie)....	104
Figure IV.85.variation de la température (pour Q=25l/h).....	106
Figure IV.86.variation du pH (pour Q=25l/h).....	106
Figure IV.87.variation de la turbidité (pour Q=25l/h).....	106
Figure IV.88.variation de l'O2 dissous dans l'eau (pour Q=25l/h).....	106
Figure IV.89.variation des MES (pour Q=25l/h).....	106
Figure IV.90.variation de la MO (pour Q=25l/h).....	106
Figure IV.91.variation de la MM (pour Q=25l/h).....	106
Figure IV.92.variation de la DCO (pour Q=25l/h).....	106

Figure IV.93.Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	108
Figure IV.94.variation de la température (pour Q=16l/h).....	110
Figure IV.95.variation du pH (pour Q=16l/h).....	110
Figure IV.96.variation de la turbidité (pour Q=16l/h).....	110
Figure IV.97.variation de l'O2 dissous dans l'eau (pour Q=16l/h).....	110
Figure IV.98. variation des MES (pour Q=16l/h).....	110
Figure IV.99.variation des MO (pour Q=16l/h).....	110
Figure IV.100.variation des MM (pour Q=16l/h).....	110
Figure IV.101.variation de la DCO (pour Q=16l/h).....	110
Figure IV.102.Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	112
Figure IV.103.variation de la température (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.104.variation du pH (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.105.variation de la turbidité (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.106.Courbe de la variation de l'O2 dissous dans l'eau (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.107.variation des MES (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.108.variation de la MO (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.109.variation de la MM (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.110. variation de la DCO (pour Q=16l/h).....	114
Figure IV.111.Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entrée et sortie).....	116
Figure IV.112.variation de la température (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.113.variation du pH (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.114.variation de la turbidité (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.115.variation de l'O2 dissous dans l'eau (pour Q=20l/h).....	118

Figure IV.116.variation des MES (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.117.variation des MO (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.118.variation de la MM (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.119.variation de la DCO (pour Q=20l/h).....	118
Figure IV.120.Histogramme de la variation de toutes les paramètres (l'entré et sortie).....	120
Figure IV.121.variation de la température (pour Q=25l/h).....	122
Figure IV.122.variation du pH (pour Q=25l/h).....	122
Figure IV.123.variation de la turbidité (pour Q=25l/h).....	122
Figure IV.124.variation de l'O2 dissous dans l'eau (pour Q=25l/h).....	122
Figure IV.125.variation des MES (pour Q=25l/h).....	122
Figure IV.126.variation de la MO (pour Q=25l/h).....	122
Figure IV.127.variation de la MM (pour Q=25l/h).....	122
Figure IV.128.variation de la DCO (pour Q=25l/h).....	122
Figure IV.129.Rendement MES sur 40 cm.....	126
Figure IV.130.Rendement turbidité sur 40 cm.....	126
Figure IV.131.Rendement CDO sur 40 cm.....	126
Figure IV.132.Rendement MES sur 80 cm.....	126
Figure IV.133.Rendement turbidité sur 80 cm.....	126
Figure IV.134.Rendement CDO sur 80 cm.....	126
Figure IV.135. Ciliée péritriche.....	129
Figure IV.136.Euglypha.....	129
Figure IV.137.Némathodes	130

Liste des tableaux

Tableau.I 1: Avantage et inconvénients des procédés d'épuration	15
Tableau.I 2: norme internationale des eaux usées	18
Tableau.II. 1. Mise en œuvre des lits bactériens	21
Tableau.II. 2: donne les caractéristiques de certains garnissages.....	24
Tableau.II. 3: les caractéristiques de fonctionnement pour les eaux résiduaires urbaines	28
Tableau.III. 1. Les débits recyclés de la pompe doseuse	39
Tableau.III. 2Classe de turbidité usuelle.	47
Tableau.III. 3Valeurs typiques de DCO	52
Tableau.III. 4. Caractéristiques physiques de la pouzzolane naturelle	55
Tableau.III. 5. Caractéristiques chimiques de la pouzzolane naturelle.....	55
Tableau.III. 6. Les types des matériaux plastiques	57
Tableau.III. 7: Résultats de l'analyse granulométrique de la pouzzolane de Beni-Saf.....	62
Tableau.IV. 1.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=10l/h).	67
Tableau.IV. 2.Désignation des abscisses(pour Q=10l/h).	68
Tableau.IV. 3.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=20l/h).	71
Tableau.IV. 4.Désignation des abscisses(pour Q=20l/h)	72
Tableau.IV. 5.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=25l/h).	75
Tableau.IV. 6.Désignation des abscisses(pour Q=25l/h).	76
Tableau.IV. 7.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=16l/h).	79
Tableau.IV. 8.Désignation des abscisses(pour Q=16l/h).	80
Tableau.IV. 9.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=16l/h).	83
Tableau.IV. 10.Désignation des abscisses. (pour Q=16l/h)	84
Tableau.IV. 11. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=20l/h).	87
Tableau.IV. 12. Désignation des abscisses(pour Q=20l/h).	88
Tableau.IV. 13.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=25l/h).	91
Tableau.IV. 14.Désignation des abscisses(pour Q=25l/h).	92
Tableau.IV. 15.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=10l/h).	95
Tableau.IV. 16.Désignation des abscisses(pour Q=10l/h).	96
Tableau.IV. 17.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=20l/h).	100
Tableau.IV. 18.Désignation des abscisses(pour Q=20l/h).	101
Tableau.IV. 19.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=25l/h).	104
Tableau.IV. 20.Désignation des abscisses(pour Q=25l/h).	105

Tableau.IV. 21.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=16l/h).	108
Tableau.IV. 22.Désignation des abscisses(pour Q=16l/h).	109
Tableau.IV. 23.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=16l/h).	112
Tableau.IV. 24.Désignation des abscisses(pour Q=16l/h).	113
Tableau.IV. 25.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=20l/h).	116
Tableau.IV. 26.Désignation des abscisses(pour Q=20l/h).	117
Tableau.IV. 27.Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau(pour Q=25l/h).	120
Tableau.IV. 28.Désignation des abscisses(pour Q=25l/h).	121
Tableau.IV. 29.Rendements du pilote pour les deux garnissages sur une hauteur de 40 cm	124
Tableau.IV. 30.Rendements du pilote pour les deux garnissages sur une hauteur de 80 cm	124

Sommaire

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et les différents types de traitement.

I.1. Définition des eaux usées.....	3
I.2. Les différents types des eaux usées	3
I.2.1. 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.3. Les paramètres de pollution des eaux usées	4
I.3.1. Paramètres organoleptiques.....	4
La couleur et l'odeur	4
I.3.2. Les paramètres physico-chimiques	4
a. Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours « DBO ₅ ».....	4
b. La demande chimique en oxygène (DCO).....	5
c. Les matières oxydables (MO)	5
d. Le carbone organique total (COT).....	5
e. Pollution azotée et phosphorée.....	5
Pollution par le phosphore	5
Pollution par l'azote.....	6
f. La turbidité	6
g. Les MES.....	6
Les matières minérales sèches (MMS)	6

Les matières volatiles en suspension (MVS)	6
Les matières décantables et non décantables	7
h. La température	7
i. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	7
j. Les métaux lourds	7
k. Indice de biodégradabilité	8
l. Oxygène dissous	8
I.4. Caractéristiques et composition des eaux usées.....	8
I.4.1. micro-organismes	8
A. Les bactéries	8
B. Les Virus	8
C. Les protozoaires	9
D. Les helminthes	9
I.4.2. Salinité.....	9
I.4.3. Les micropolluants organiques.....	9
I.4.4. Les paramètres bactériologiques	9
I.4.4.1. Coliformes totaux	9
I.4.4.2. Coliformes fécaux.....	9
I.4.4.3. Streptocoques fécaux.....	10
I.4.5. L'équivalent habitant (EH).....	10
I.5. L'épuration des eaux usées	10
I.5.1. Définition de l'épuration	10
I.5.2. Objectifs de l'épuration	10
I.5.3. Les procédés d'épuration des eaux usées	10
I.5.3.1. Prétraitement.....	11

a. Dégrillage	11
b. Le dessablage et le déshuilage/dégraissage	11
I.5.3.2. Traitement primaire (traitement physico-chimique).....	11
a. Décantation	11
b. Coagulation-floculation	11
c. La centrifugation	12
I.5.3.3. Traitement secondaire (épuration biologique).....	12
a. Les procédés extensifs.....	12
Le lagunage	12
b. Procédés biologiques intensifs	12
Lits bactériens	
Les biodisques.....	13
Les boues activées.....	14
- Indice de MOLHMAN ou Indice de boue.....	14
- Décantabilité des boues biologiques.....	15
I.5.3.4. Décantation secondaire.....	15
I.5.3.5. Les traitements tertiaires.....	15
I.6.3.6. Traitement des odeurs.....	16
I.5.3.7. Le traitement des boues	16
I.6. Possibilités de réutilisation des eaux épurées	16
I.6.1. Définition de la réutilisation des eaux.....	16
I.6.2. Domaines de réutilisation des eaux épurées.....	17
A. la réutilisation en irrigation	17
B. Réutilisation industrielle.....	17
C. Réutilisation en zone urbaine	17

D. Production de l'eau potable	17
I.7. Les normes de rejet	17

Chapitre II: L'épuration par le lit bactérien.

II. 1. L'épuration par lits bactériens	19
II.1.1.Historique.....	19
II.1.2.Déscription du lit bactérien	20
II.1.3.Domaine d'application recommandé	20
II.1.4. la classification des lits bactériens	21
II.1.4.1. lit bactérien à faible charge	21
II.1.4.2. lit bactérien à forte charge	21
II.1.5. Principe du traitement par lit bactérien	22
- Dispositions constructives	22
II.1.6. matériaux utilisés dans le lit bactérien	23
A- Plastique.....	23
B- Traditionnel.....	23
C- Cailloux.....	23
II.1.7.Répartition de l'effluent.....	24
II.2. Paramètres de fonctionnement.....	25
II.2.1. Expression de la charge	25
II.2.2 Le recyclage	25
II.2.3 Effets du recyclage.....	26
II.3.Techniques écologiques.....	27
II.3.1. Le filtre bactérien	27
II.3.2. Les biofiltres	27
II.4. les éléments de calcul des lits bactériens.....	28

II.5. Avantages et inconvénients de lits bactériens	28
II.5.1 Avantage.....	28
II.5.2 Inconvénients.....	29

CHAPITRE III: Protocole expérimental et matériels.

III.1. Objectifs principaux des expériences.....	30
III.2. Composition de L'équipement	30
III.3. Description du pilote TE900	30
III.3.1. Support pratique.....	32
III.3.2. Instrumentation.....	33
III.3.3. Construction.....	34
III.3.4 Liste des vannes.....	34
III.4. Mise en marche	36
III.4.1. La commande du recyclage de l'eau claire.....	37
III.4.2. Etalonnage.....	37
A. Etalonnage de la pompe doseuse.....	37
III.5. Description du système de fonctionnement du pilote	39
III.5.1. Clarificateur.....	40
III.5.1.1. la zone de clarification.....	40
III.5.1.2. la zone de l'épaississement.....	40
III.5.2. Cartouche.....	40
Les paramètres d'entrée.....	41
III.6. Mode opératoire.....	41
III.6.1. Manipulation.....	41
III.6.2. Procédure générale d'arrêt.....	42
III.7. Matériel et Méthodes d'analyses.....	43
III.7.1. Echantillonnage.....	43
III.7.2. Le prélèvement.....	44

III.7.3. Appareils de mesures et mode opératoire.....	44
III.7.3.1. Mesure de la température.....	44
III.7.3. 2. Mesure du pH.....	44
III.7.3.3.Turbidité.....	45
III.7.2.4.Oxygène dissous.....	47
III.7.3.5. Matières en Suspension (MES).....	48
III.7.2.6. Demande chimique en oxygène DCO.....	50
III.8. les matériaux de garnissages.....	52
A. La pouzzolane.....	53
Définition.....	53
Origine du nom pouzzolane.....	53
Types de pouzzolane.....	53
Caractéristiques de la Pouzzolane.....	54
Localisation de la pouzzolane.....	55
B. Matériaux plastiques.....	56
Caractéristique des matériaux plastiques.....	56
III.9. Détermination des caractéristiques de matériaux utilisés.....	58
III.9.1. Diamètre effectif et coefficient d'uniformité.....	58
III.9.2. Masse volumique apparente.....	58
III.9.3. Masse spécifique ou la masse volumique absolue.....	59
III.9.4. Densité relative du pouzzolane.....	59
III.9.5. Porosité.....	59
III.9.6. Indice de vide.....	60
III.9.7. Coefficient d'absorption des granulats.....	60
III.10. Caractéristiques physiques de la pouzzolane et de matériaux plastiques.....	60
III.10.1. Analyse granulométrique.....	60
III.10.2 Mode opératoire.....	61
III.10.3. Analyse et interprétation des résultats.....	61
A. Résultats trouvées pour la pouzzolane.....	61
B. Résultats trouvées pour le matériau plastique.....	64

Chapitre IV: Résultats et interprétations.

IV.1. Epuration avec lit bactérien en garnissage Traditionnel (pouzzolane) sur une hauteur 40 cm	66
IV.1.1. Epuration avec un débit de 10 l/h	66
IV.2.2. Epuration avec un débit de 20 l/h	71
IV.2.3. Epuration avec un débit de 25 l/h	75
IV.2.4. Epuration avec un débit de 16 l/h	79
IV.3. Epuration avec lit bactérien a garnissage traditionnel (pouzzolane) sur une hauteur 80 cm.	83
IV.3.1. Epuration avec un débit de 16 l/h	83
IV.3.2. Epuration avec un débit de 20 l/h	87
IV.3.3. Epuration avec un débit de 25 l/h	91
IV.4. Epuration avec lit bactérien en garnissage plastique sur une hauteur 40 cm	95
IV.4.1. Epuration avec un débit de 10 l/h	95
IV.4.2. Epuration avec un débit de 20 l/h	100
IV.4.3. Epuration avec un débit de 25 l/h	104
IV.4.4. Epuration avec un débit de 16 l/h	108
IV.5. Epuration avec lit bactérien en garnissage plastique sur une hauteur 80 cm	112
IV.5.1. Epuration avec un débit de 16 l/h	112
IV.5.2. Epuration avec un débit de 20 l/h	116
IV.5.3. Epuration avec un débit de 25 l/h	120
IV.6. Etude comparative entre matériau traditionnel (pouzzolane) et matériau plastique	124
□ Rendement épuratoire	124
IV.7. Identification des bactéries	128
□ ciliée péritriche	128
□ Euglypha	129
III.8. Travaux précédemment réalisés dans le domaine	130
Conclusion	132
Bibliographie	
Les annexes	

Introduction

Introduction

Les rejets issus des utilisations domestiques et industrielles de l'eau peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogéniques, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble.

Toutes les législations que nous avons consultées visent à contrôler la qualité des eaux et à encadrer son épuration, et cela, dans le but de préserver la santé humaine et l'environnement. Grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques, les stations d'épuration ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant à elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux. [1]

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 procédé de 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 (pouzzolane de Beni Saf, dans notre cas) ou à garnissage en matériaux plastiques .

L'objectif de ce présent travail consiste à évaluer une étude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique, en utilisant le pilote TE900 disponible dans le laboratoire de notre faculté. Cette étude consiste à varier le type de remplissage, la hauteur du lit bactérien, le débit de d'alimentation et le débit recyclé.

Le lit bactérien est un procédé dans lequel on n'observe pratiquement jamais de problème d'adhésion de la biomasse, ni de problèmes d'aération. La seule difficulté est la conduite hydraulique du procédé, qui consiste à jouer sur le débit de recirculation et la fréquence d'arrosage. [2]

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

Pour mener à la présentation du mémoire ; Nous l'avons structurée en quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre qui expose des généralités sur les eaux usées et les différents types de traitement.
- ✓ Le second chapitre est consacré à l'épuration par le lit bactérien.
- ✓ Le troisième chapitre présente le matériel et les méthodes analytiques utilisés dans le cadre de ce travail.
- ✓ le quatrième chapitre résume les résultats expérimentaux trouvés ainsi que leurs interprétations.

Au terme de ce travail, une conclusion générale a été donnée.

Chapitre I :
Généralités sur les eaux et
différents types de
traitements

Généralités sur les eaux usées et les différents types de traitement

L'eau est de toutes les matières la plus importante pour l'existence de l'homme. Elle est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne [3].

Partout sur la planète, le développement des activités humaines, domestiques ou industrielles, est tributaire de la ressource en eau. La diversité des usages induit une série d'impacts variés sur la qualité de l'eau. Il existe pourtant un point commun, intrinsèquement lié à la nature de l'eau : qu'elle soit intégrée à la filière agroalimentaire ou qu'elle soit solvant universel pour toutes sortes de nettoyages, l'eau poursuit son cycle en rejoignant, tôt ou tard, qui la nappe, la rivière, le fleuve [4].

I.1. 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 [5].

I.2. Les différents types des eaux usées

Les eaux usées sont de trois origines :

I.2.1. 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, déchets et des matières dissoutes (sels minéraux et substances organiques diverses) [6].

✚ **Les eaux de vannes** : s'appliquent aux rejets des toilettes. Elles sont chargées des diverses matières organique azotées et de germes fécaux [7].

I.2.2. Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient une industrie à l'autre [8].

Elles peuvent contenir du phosphate et des métaux lourds [7].

I.2.3. Les eaux usées d'origines 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 [9].

Les épandages d'engrais nitrates et phosphates, 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 [10], [8].

I.2.4. 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...) [9].

I.3. Les paramètres de pollution des eaux usées

Les milieux récepteurs des eaux usées urbaines ou industrielles sont le sol (ou la nappe), les cours d'eau, les lacs et la mer. Définir un composé comme polluant se fait par rapport à la sensibilité intrinsèque du milieu (risque d'eutrophisation, toxicité vis-à-vis de la faune, ...) ou par rapport aux usages qui lui sont associés (utilisation industrielle ou agricole de l'eau, loisirs nautiques, production aquacole, ...) [11].

L'évaluation de la qualité de l'eau nécessite de nombreuses analyses, incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Ces analyses sont réalisées par des méthodes dont les protocoles sont bien définis [12].

I.3.1. Paramètres organoleptiques

- **La couleur et l'odeur**

Dans les eaux usées brutes, la couleur est due à la présence des matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés. L'odeur est due à une fermentation des matières organiques [13].

I.3.2. Les paramètres physico-chimiques :

a. Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours « DBO₅»

La demande biochimique en oxygène DBO, exprimée en mg d'oxygène par litre, permet l'évaluation des matières organiques biodégradables dans les eaux [9].

La DBO₅ c'est la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée [12].

La DBO₅ est un paramètre intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux : dans les eaux pures elle est inférieure à 1 mg d'(O₂)/l, et quand elle dépasse les 9 mg/l l'eau est considérée comme étant impropre [14].

b. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'(O₂)/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique est dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau. Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables [15].

c. 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:[16]

$$MO = \frac{2 * DBO_5 + DCO}{3} \dots \dots \dots (I. 1)$$

d. 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).

e. Pollution azotée et phosphorée

- **Pollution par le phosphore**

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laverie industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire [17].

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 [18].

- **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^-) [19].

f. La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau [20].

g. Les MES

Dans une eau usée urbaine, près de 50 % de la pollution organique se trouve sous forme de MES. Les résultats pour les eaux usées industrielles sont très variables, il est de même pour les eaux naturelles où la nature des MES est souvent minérale et leur taux est relativement bas, sauf en période de crue des cours d'eau. Les MES sont exprimées en mg/l [09].

Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = \text{MMS} + \text{MVS} \dots \dots \dots (I.2)$$

- ❖ **Les matières minérales sèches (MMS)**

Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice [21].

- ❖ **Les matières volatiles en suspension (MVS)**

Elles sont recueillies soit par filtration, soit par centrifugation, séchées à 105°C, puis pesées, ce qui fournit la teneur en MES (g /l).

Elles ensuite chauffées à 500-600°C, les matières volatiles disparaissent, et la perte de poids est attribuée aux MVS (g ou mg/l) matières volatiles en suspension [22].

❖ Les matières décantables et non décantables

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2heurs) suivant les conditions opératoires. Et les matières non décantables qui restent dans l'eau et qui vont donc être dirigée vers les procédés biologique [22].

h. 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) [23].

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc [17].

i. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH exprime le potentiel en hydrogène, indique la concentration en ion H⁺, il joue un rôle important dans :

- ✚ Les propriétés physique-chimiques (l'acidité et l'alcalinité) ;
- ✚ L'efficacité de certains procédés (coagulation-floculation) ;
- ✚ Le processus biologiques.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie [24].

j. Les métaux lourds

On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5g/cm³ [25].

Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : mercure, plomb, cadmium, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse [26].

k. 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 :

$$K = \text{DCO}/\text{DBO}_5 \dots \dots \dots (I.3)$$

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 [27].

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 [28].

I. Oxygène dissous

La présence d'oxygène dissous dans l'eau est indispensable, l'oxygène permet de maintenir plusieurs des qualités de l'eau, notamment son goût et son degré d'aseptise. Il est essentiel pour la survie de nombreux organismes aquatiques [29].

I.4. 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.

I.4.1. 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 [30].

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 clostridiiums. 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.

B. Les Virus

Leur concentration dans les eaux usées est comprise entre 10^3 et 10^4 particule/l. Parmi les virus entériques humains les plus importants nous avons les entérovirus, les rotavirus et les rétrovirus.

C. Les protozoaires

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il y a ceux qui sont responsables de la dysenterie (maladie intestinale); les protozoaires passent par une forme de résistances forment des kystes qui peuvent être véhiculés par les eaux usées.

D. Les helminthes

Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux usées urbaines. Le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10^3 d'œufs /l. Parmi ces œufs on trouve notamment les Ascaris et les ténias. [31]

I.4.2. 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].

I.4.3. Les micropolluants organiques

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc [33].

I.4.4. Les paramètres bactériologiques

I.4.4.1. Coliformes totaux

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

I.4.4.2. Coliformes fécaux

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

I.4.4.3. Streptocoques fécaux

Ce groupe n'est généralement pas considéré comme pathogène, tout fois leur recherche associée celle des coliformes fécaux consiste un bon indice de contamination fécale car les streptocoques étaient un meilleur témoin que les coliformes fécaux pour des pathologies infectieuses [34].

I.4.5. 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) [20].

I.5. L'épuration des eaux usées

I.5.1. Définition de l'épuration

L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité suffisamment différente de l'eau tel que les grains de sables et les particules minérales, comme elle consiste éventuellement à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore....etc.) [35].

I.5.2. Objectifs de l'épuration

L'épuration des eaux usées a pour but de permettre le rejet des eaux sans risque majeur pour le milieu récepteur [35].

Les objectifs essentiels de l'épuration sont :

- ✓ la préservation et l'amélioration de la santé.
- ✓ la protection de l'environnement [36].
- ✓ Economie de l'eau en procédant à son utilisation au profit de l'irrigation [37].

I.5.3. Les 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 [35].

I.5.3.1.Prétraitement

Le prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage pour obtenir une meilleure décantation, le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras [38].

a. Dégrillage

Le dégrillage consiste à faire passer les eaux usées au travers de grilles à barreaux plus ou moins espacés ou de tamis rotatifs qui retiennent les éléments les plus volumineux (morceaux de bois, plastiques, objets divers, etc.) qui seront évacués vers les centres de traitement des ordures ménagères [39].

b. Le dessablage et le déshuilage/dégraissage

Le dessablage et le déshuilage/dégraissage est la seconde opération : elle consiste à éliminer les sables et graisses en faisant passer l'eau à vitesse réduite dans des bassins de sorte que les sables sédimentent et les graisses surnagent ; une partie du sable est recyclé après lavage et les graisses sont incinérées [39].

I.5.3.2. Traitement primaire (traitement physico-chimique)

a. Décantation

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation des MES et des colloïdes, un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules [40].

b. Coagulation-floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation : la coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en

suspension. La floculation a pour l'objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts, entre les particules déstabilisées [27].

c. La centrifugation

Elle est employée pour les rejets fortement chargés en MES et ayant une faible vitesse de décantation [41].

I.5.3.3. Traitement secondaire (épuration biologique)

Les techniques d'épuration biologiques utilisent l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est-à-dire nécessitant un apport oxygène.

Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs [42].

a. Les procédés extensifs

Les traitements extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités. La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement.

Parmi ces procédés on distingue :

- **Le lagunage**

Le lagunage naturel est un procédé de traitement biologique extensif où l'épuration des eaux usées est réalisée dans des bassins à l'air libre et peu profonds, dans lesquels les eaux usées s'écoulent naturellement. Le procédé par lagunage est la méthode de traitement la plus commune lorsque on dispose de grandes surfaces de terrain, et en extension tant sur le plan technique que scientifique. Le lagunage est très utilisé dans de nombreux pays, notamment les pays en voie de développement [43].

b. Procédés biologiques intensifs

Les procédés biologiques artificiels comprennent des dispositifs qui permettent de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques, tels qu'ils se produisent en milieu naturel.

On utilise trois grands types de procédés : les lits bactériens, un procédé mettant en œuvre le principe des boues activées, et le disque Biologique [44].

❖ Lits bactériens

Le liquide à traiter ruisselle sur le support sur lequel se développe progressivement la biomasse épuratoire. La dispersion de l'eau à traiter en surface du lit est réalisée par un dispositif tournant en contre-réaction des jets d'eau. L'aération se fait par ventilation naturelle à travers la masse filtrante, le transfert d'oxygène se réalise à travers le film liquide en ruissellement. Cela suppose donc un coefficient de vide important dans le réacteur et conditionne à la fois le type de matériau support utilisé et le mode de fonctionnement en lit émergé. L'efficacité d'un tel réacteur va dépendre de la surface d'échange disponible, classiquement les valeurs rencontrées varient de 50 à 200 m^3/m^3 [12].

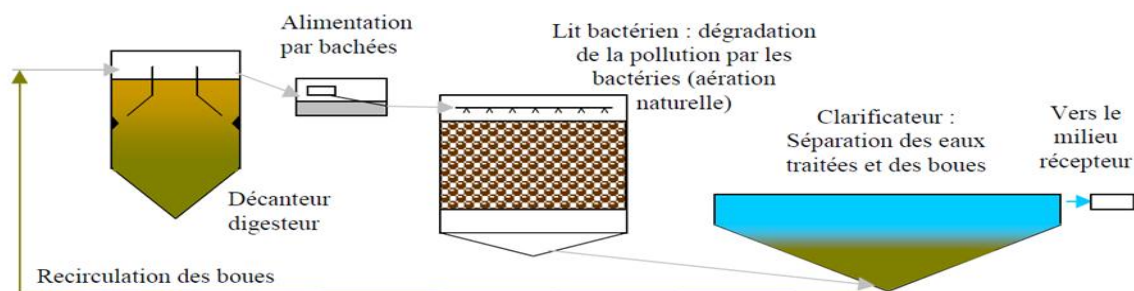


Figure I.1: Schéma de principe d'une filière type par lit bactérien [45].

❖ Les biodisques

Le principe de ce procédé est la fixation de la biomasse sur des disques ou des rouleaux en matière synthétique (polystyrène, PVC, etc.) présentant une surface de contact maximale. Ces disques ou rouleaux, montés sur un axe et à moitié immergés dans l'eau usée, sont mis en rotation. De par cette rotation, les bactéries composant la biomasse passent successivement d'une phase de nutrition à une phase d'aération. La biomasse en excès se détache de son support et est entraînée par le flux des eaux usées [46].

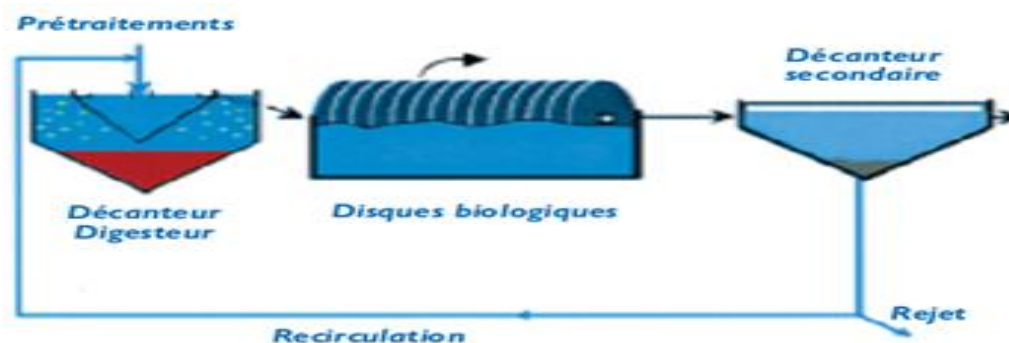


Figure I.2 : Disques Biologiques [47].

❖ 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.

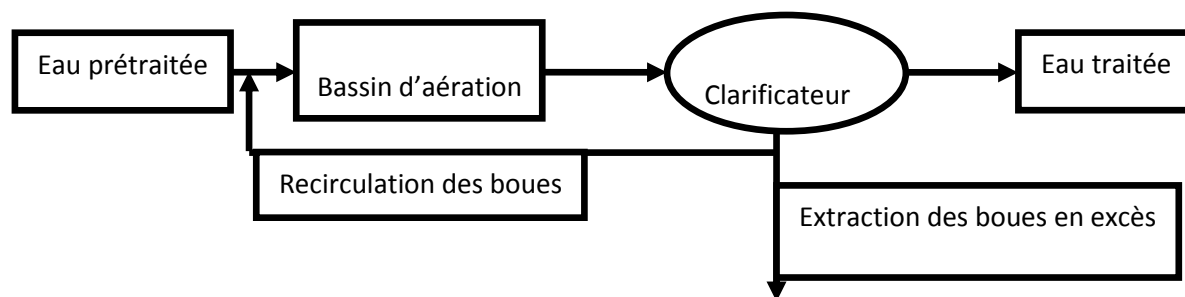


Figure I.3: Concept simplifié des boues activées [48].

- Indice de MOLHMAN ou 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 I_m , exprimé en ml.g-1 de MES, il est défini par la formule suivante :

$$I_m = V_{30} / \text{MES} \dots \dots \dots (I.4) \quad \text{Avec :}$$

V_{30} = volume de boue décanté en trente minute (ml/l).

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

Si :

- 50 ml/g < IB < 150 ml/g la boue décante bien.
- IB > 150 ml/g il y a mauvaise décantation et les boues recirculés sont trop claires [49].

- Décantabilité des boues biologiques

Les boues biologiques sont séparées dans un clarificateur. Du résultat de l'épuration dépend le rendement de la décantation qui doit être voisin de 99 %.

Si $Im > 200$, les boues sont malades. Il peut se produire un phénomène de "BULKING" qui empêche la décantation normale des floes [50].

I.5.3.4. Décantation secondaire

Les performances de l'épuration biologique résultent de l'action d'aération et de clarification, forment une seule unité. La liqueur mixte maintenue en suspension dans le bassin d'aération, passe dans un bassin de clarification de forme circulaire pour y être clarifiée [51].

Tableau I.1: Avantage et inconvénients des procédés d'épuration [36].

Traitement	Avantages	Inconvénients
<i>Lagunage</i>	-faible coût ; -Peu d'entretien ; -coût exploitation faible ; -bonne qualité de l'eau traitée ; -pas de décantation primaire ;	-surface au sol importante ; -odeurs et moustiques ; peuvent se développer ;
<i>Boues activées</i>	- bonne qualité de l'eau traitée, mais peut subir des fluctuations ; -surface au sol relativement réduite ;	-décanteur primaire ; -décanteur secondaire ; -problèmes de boues ; -coût d'exploitation plus élevé, entretien mécanique ;
<i>Lit bactérien</i>	-bonne qualité de l'eau traitée ; -excellent rendement lorsqu'ils sont bien calculés, surface au sol réduit ; -faible consommation d'énergie ;	-décanteur primaire ; -décanteur secondaire ; -problèmes de boues ;

I.5.3.5. Les traitements tertiaires

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 œuvre

de traitements tertiaires. Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires [52].

Les traitements tertiaires ce fait par la désinfection, ozonation, les rayonnements UV.

I.5.3.6. 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.

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 [48].

I.5.3.7. Le traitement des boues

Les boues constituant le résidu principal des stations d'épuration. Le traitement des boues représente 30% de l'investissement dans la construction d'une station d'épuration.

Le traitement des boues a pour objectifs de :

- ✓ réduire la fraction organique afin de diminuer leur pouvoir fermentescible et les risques de contamination (stabilisation) ;
- ✓ diminuer leur volume total afin de réduire leur coût d'évacuation (déshydratation) [38].

Toutes les boues nécessitent une forme de traitement ou une autre, avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou d'être éventuellement réutilisées.

I.6.Possibilités de réutilisation des eaux épurées

I.6.1. Définition de la réutilisation des eaux

On appelle réutilisation des eaux l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi, grâce à des actions volontaires. La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans passage ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel ;
- La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

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 %) [53].

I.6.2. Domaines de réutilisation des eaux épurées

A. 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 [54].

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 [55].

B. 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 [55].

C. 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.

D. Production de l'eau potable

Le progrès technologique du métier de l'eau permet de produire une eau de très bonne qualité, même à partir des eaux usées. De nombreuses études permettent l'utilisation des eaux usées d'une manière correcte, si les procédures suivies dans le traitement peuvent éliminer tous les éléments pathogènes [53].

I.7. Les normes de rejet

L'OMS (1979) a choisi plusieurs témoins répondant à certaines exigences; il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux, et parfois les *Clostridium perfringens* [56].

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 [57].

Tableau I.2: norme internationale des eaux usées [57].

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

Chapitre II

L'épuration par le lit bactérien

L'épuration par le lit bactérien

L'épuration biologique des eaux résiduaires est basée sur les mêmes phénomènes que ceux de l'autoépuration 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 [58].

Le lit bactérien est un procédé d'épuration biologique aérobie. L'épuration de la phase liquide repose sur l'activité biochimique de micro-organismes 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.

II. 1. L'épuration par lits bactériens

II.1.1. Historique sur le lit bactérien en France

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" [59].

II.1.2. Description du lit bactérien

Le lit bactérien est le plus ancien procédé biologique. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre, comme de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique. On fait passer l'effluent sur le substrat. La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation bactérienne) ni trop lent (pour une bonne évacuation des MES en excès). Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement virus et bactéries (respectivement 30 à 40 % et 50 à 95 %) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90 %) et les kystes de protozoaires (83 à 99 % des kystes d'*Entamoebahistolytica*) [30].

Il est indispensable d'avoir un décanteur-digesteur afin de limiter le colmatage du matériau dans les supports et aussi de limiter l'accumulation de dépôts dans les ouvrages et de garantir la stabilisation des boues primaires piégées et des boues biologiques en excès [60].

Les rendements d'épuration sur lit bactérien peuvent atteindre 85 à 95 % [61].

Le dernier traitement biologique mis au point est le **biofiltre**, qui combine les actions épuratrices de la filtration et de l'activité microbienne. C'est un traitement intensif qui est rapide à mettre en place, qui prend peu de place, et qui ne nécessite pas de bassin de clarification. Il est donc beaucoup utilisé dans les unités de traitement individuelles. Par contre, il nécessite un nettoyage fréquent du filtre. Son efficacité serait similaire à celle des boues activées. [30]

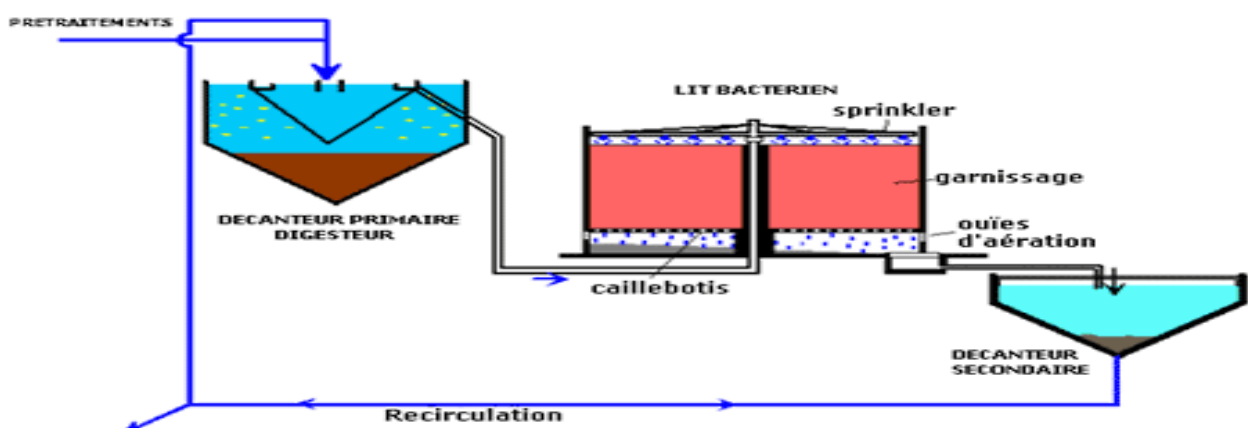


Figure II.1 : Principe d'un lit bactérien [62].

II.1.3. Domaine d'application recommandé

Cette filière est adaptée pour les petites collectivités avec des charges de pollution à traiter comprises entre 200 et 2000 EH (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 [63].

II.1.4. la classification 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 /j 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/m³.j) ou (m³/m².h) [64].

Tableau II.1. Mise en œuvre des lits bactériens [65].

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 DBO ₅ (%)	60-90	40-70

II.1.4.1. lit bactérien à faible charge

Ses caractéristiques sont:

- Charge hydraulique : 0,2 à 0,4 m³ / m².h.
- Charge organique: 0,2 kg DB05 lm³.j.
- Hauteur des matériaux: 2 m.

II.1.4.2.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 [22].

II.1.5. Principe du traitement par lit bactérien

Ce procédé consiste à alimenter en eau usée préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériaux servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique, tout en maintenant, dans la plupart des cas, une aération naturelle.

La masse du lit bactérien se compose soit : de pouzzolane (roche volcanique) ou de matériaux plastiques. Les eaux usées sont distribuées sur le matériau filtrant et s'écoulent au travers du lit sous l'effet de la pesanteur (**Figure II.2**) [66].

A la base du lit bactérien, les eaux sont collectées puis évacuées vers le décanteur secondaire.



Figure II. 2 : Lit bactérien avec garnissage traditionnel [66].

II.1.6. Dispositions constructives

- La taille des garnissages rustiques (pouzzolane, ...) doit se situer entre 40 et 80 mm La hauteur de garnissage ne doit pas être inférieure à 2,50 m. La pouzzolane doit être non friable. La mise en œuvre sera non brutale. La quantité de fines particules (abrasion) et de pouzzolane inférieure à 40 mm (colmatage) sera particulièrement surveillée.
- La hauteur de matériau plastique ne doit pas être inférieure à 4,00 m. En cas d'emploi de matériaux plastiques, le décanteur-digesteur peut être remplacé par un tamis de maille inférieure à 3mm [66].
- La station sera alimentée préférentiellement par pompage, voire par bâchées. La hauteur d'eau dans la cheminée du sprinkler sera de 50 à 80 cm.
- L'axe central de rotation sera robuste
- L'usinage des orifices du sprinkler sera fait avant la pose.

- L'intervalle entre les orifices (au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre) sera croissant.
- Les embouts des bras seront démontables pour le curage du sprinkler.
- La vitesse de rotation sera de 3 à 6 tours/minute (**Figure II.3**).



Figure II.3 : Alimentation du lit bactérien (garnissage plastique) [66].

- ✓ Des plaques de diffusion, au droit des orifices de distribution, permettront une meilleure diffusion de l'eau à traiter et un ralentissement de la vitesse du sprinkler (meilleure érosion).
- ✓ Le sprinkler devra résister à la corrosion. L'acier galvanisé est à proscrire.
- ✓ Pour faciliter l'aération naturelle du lit, la surface cumulée des ouvertures de la ventilation basse sera d'au moins 5 %.
- ✓ Les ouvertures de ventilation pourront être équipées de grilles pour prévenir la présence de rongeurs [66].

II.1.6. matériaux utilisés dans le lit bactérien

Le garnissage du lit bactérien peut être :

A- 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 %.

B- Traditionnel : pouzzolane.

C- Cailloux : (40 – 80 mm), briques creuses, terre cuite, gravier (80 - 120 mm) avec un indice de vide de 50 % [67].

Le tableau II.2 : donne les caractéristiques de certains garnissages [68].

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

II.1.7.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.



Figure II.4 : Photo de sprinkler de la Step API SOLLAC à Florange [67].

Il faut donc ne pas oublier de dimensionner les ouvrages correspondants en fonction du débit de recyclage. Le recyclage a plusieurs objectifs :

- diluer les eaux brutes dont la concentration est trop élevée pour assurer un traitement secondaire efficace,

- nitrifier (en augmentant le nombre de bactéries autotrophes),
- augmenter le rendement par des passages successifs dans le massif filtrant,
- dénitrifier si la recirculation aboutit au niveau des prétraitements,
- éviter la prolifération de mouches,
- éviter les périodes de non alimentation du lit

Les quelles entraîneraient son dessèchement [67].

II.2. Paramètres de fonctionnement

II.2.1. Expression de la charge

Les lits bactériens sont placés dans différentes catégories, en fonction de la charge hydraulique et organique qu'ils reçoivent. La charge hydraulique (ou vitesse superficielle) est égale au débit admis sur lit, y compris le recyclage, divisé par la surface horizontale du lit (A) (à ne pas confondre avec la surface développée du garnissage). La charge hydraulique est communément exprimée en $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, parfois abrégé en m/h . La charge hydraulique est souvent notée C_h .

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

Avec

C_h = charge hydraulique [m/h]

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

R = taux de recyclage [%]

A = surface horizontale du lit [m^2]

La charge organique en DBO et DCO est exprimée en kg par m^3 de matériau et par jour, ou en kg par m^2 de surface développée et par jour. La charge en N est plus souvent exprimée en $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{j}$ (surface développée).

II.2.2 Le 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 [69].

II.2.3 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.

L'effet d'amélioration du mouillage est surtout perceptible aux faibles charges hydrauliques. Au-delà d'une certaine valeur de la charge hydraulique, presque toute la surface accessible est mouillée, et une augmentation du débit n'apporte pas d'amélioration sensible.

Un autre effet du recyclage est de diluer l'effluent brut. Or, une étude sur pilote sur garnissage plastique a montré que l'efficacité de l'élimination de la DBO peut chuter pour des concentrations inférieures à 40 mg/l en DBO soluble. Ceci pourrait s'expliquer par une modification de la cinétique de dégradation des substrats. A faible concentration, la réaction est d'ordre 1 ou $\frac{1}{2}$, et sa vitesse varie donc dans le même sens que la concentration. A forte concentration, la réaction est d'ordre zéro, et est donc indépendante de la concentration. La limite entre « faible » et « forte » concentration, pour le passage d'une cinétique à l'autre, serait vers 40 mg/l de DBO, ce qui correspond bien au phénomène observé en pilote. Il est donc préférable de ne pas pratiquer un taux de recyclage qui conduit à une dilution excessive de l'effluent d'entrée.

Les taux de recyclages utilisés en pratique sont fréquemment compris entre 0,5 et 5. Il semble qu'un taux de recyclage supérieur à 4 ne puisse rien apporter, et représente donc un surcoût énergétique [69].

II.3. Techniques écologiques

II.3.1. 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.



Figure II.5 : Filtre bactérien [70].

II.3.2. Les biofiltres

La filtration est un des procédés importants utilisés pour le traitement des eaux usées. Dans le traitement des eaux potables elle est utilisée pour purifier l'eau de surface alors que dans le traitement des eaux usées, le but principal de la filtration est de produire des effluents de qualité suffisante pour pouvoir être rejetés dans les eaux de surface. Les biofiltres sont également utilisés avec succès pour le traitement d'effluent gazeux.

A l'origine, les biofiltres (lit bactérien) étaient développés à l'aide d'une roche comme média filtrant, mais à l'heure actuelle, plusieurs types et formes de supports sont également utilisés, avec différents matériaux (média filtrant).

Ce procédé est principalement utilisé pour le traitement de petites quantités d'eaux usées (petites communes, hôtels). Le principe de base dans un biofiltre est la biodégradation de polluants par les micro-organismes fixés sur le support du filtre.

La biofiltration est un traitement de l'eau utilisant la dégradation biologique, qui s'effectue généralement sur un biofilm fixé sur un solide (support). Il y a de nombreux avantages à ce type de traitement : les procédés biologiques de filtration nécessitent relativement peu d'entretien et aucun ajout de produits chimiques, de petites infrastructures, les coûts sont bas pour une élimination significative de la fraction des composés organiques de l'eau. Des procédés de filtration biologique ont été recommandés comme un bon outil pour réduire les fractions biodégradables et assimilables du Carbone Organique Dissout (COD), mais également pour éliminer les composants non-dégradables, tels que les matières colloïdales [71].

II.4. les éléments de calcul des lits bactériens

Suivant la charge volumique appliquée, on distingue des lits à faible charge et des lits à forte charge.

Tableau II.3 : les caractéristiques de fonctionnement pour les eaux résiduaires urbaines:[68]

Charge	Faible	moyenne	Forte
- DBO5 kg/m ³ .j	0,08 à 0,15	0,15 à 0,7	0,7 à 0,8
-charge hydraulique m ³ /m ² .h	< 0,4	0,4-0,7	> 0,7

Les lits à forte charge nécessitent généralement une recirculation. Cette dernière a plusieurs avantages :

- L'autocrate du lit bactérien,
- L'ensemencement des eaux décantées,
- La dilution des eaux résiduaires à forte DBO.

La DBO éliminée sur un lit bactérien, dépend de la nature de l'eau à traiter, de la charge hydraulique, de la température et de la nature du matériau de remplissage. La formulation mathématique admet que dans un lit bactérien, les micro-organismes sont en phase de croissance ralentie [72].

II.5. Avantages et inconvénients de lits bactériens

II.5.1 Avantage

- 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 [73].

II.5.2 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

-coûts d'investissement assez élevés (peuvent être supérieurs d'environ 20 % par rapport à une boue activée) ;

-nécessité de prétraitements efficaces ;

-sensibilité au colmatage ;

-ouvrages de taille importante [73].

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 [74].

-variation des rendements d'épuration, par une création de zones mortes et de chemins 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 [75].

Chapitre III

Protocole expérimental et matériels

Protocole expérimental et matériels

Le but du présent travail est de faire une étude expérimentale dans le domaine d'épuration des eaux usées urbaines intitulé sur une étude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique : consiste à évaluer les caractéristiques des matériaux réutilisables dans le lit bactérien et de voir leur efficacités et leurs rendements épuratoires.

Pour faire ce dernier modeste travail on va faire fonctionner le pilote TE 900 du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux de département d'hydraulique de l'université de Tlemcen et quelques appareils et procédés de mesures (DCO mètre, Spectrophotomètre, microscopique,...). Le prélèvement des eaux usées urbaines dans notre expérience issu de la STEP de Ain El Houtz.

L'objectif d'épurer les eaux usées brute par le procédé de lit bactérienne sera d'avoir finalement une eau épurée dans les normes de rejets ayant des caractéristiques de l'eau de 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.
- Avoir l'efficacité des matériaux réutilisables sur le rendement épuratoire.

III.2. Composition de L'équipement

L'équipement est composé de :

- ✓ Pilote de l'épuration à boues activées (TE 900).
- ✓ Des appareilles de mesures des paramètres physique 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 pouzzolane et aussi en garnissage en plastique.

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.

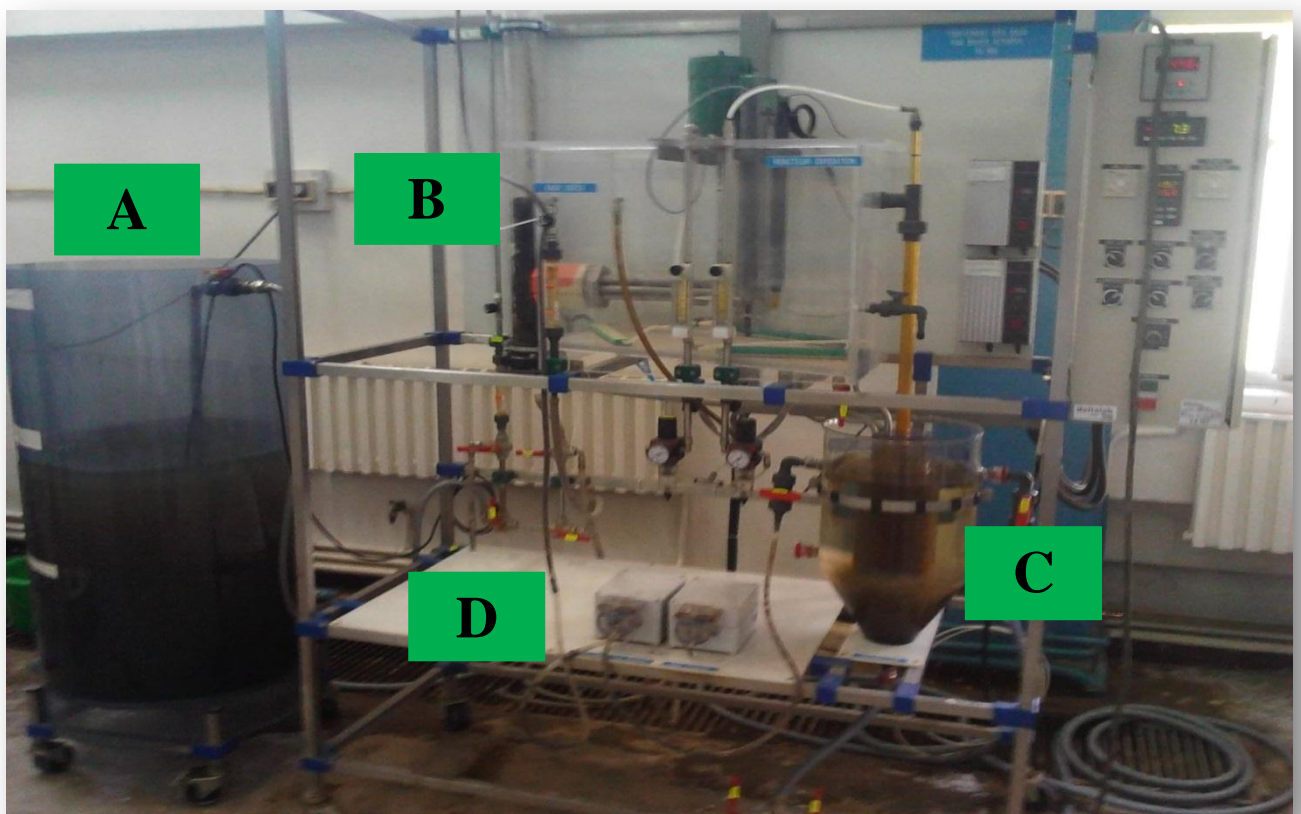


Figure III.1. Pilote TE 900 (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

- A. Une cuve d'alimentation contenant l'eau à épurer (l) 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 (5).

- C. Un clarificateur où s'effectue la séparation solide -liquide (1 l) 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 (14) [76].

III.3.1. Support pratique

Ce procédé d'épuration comporte les éléments mentionnés dans la **figure.III.2** qui suivent :

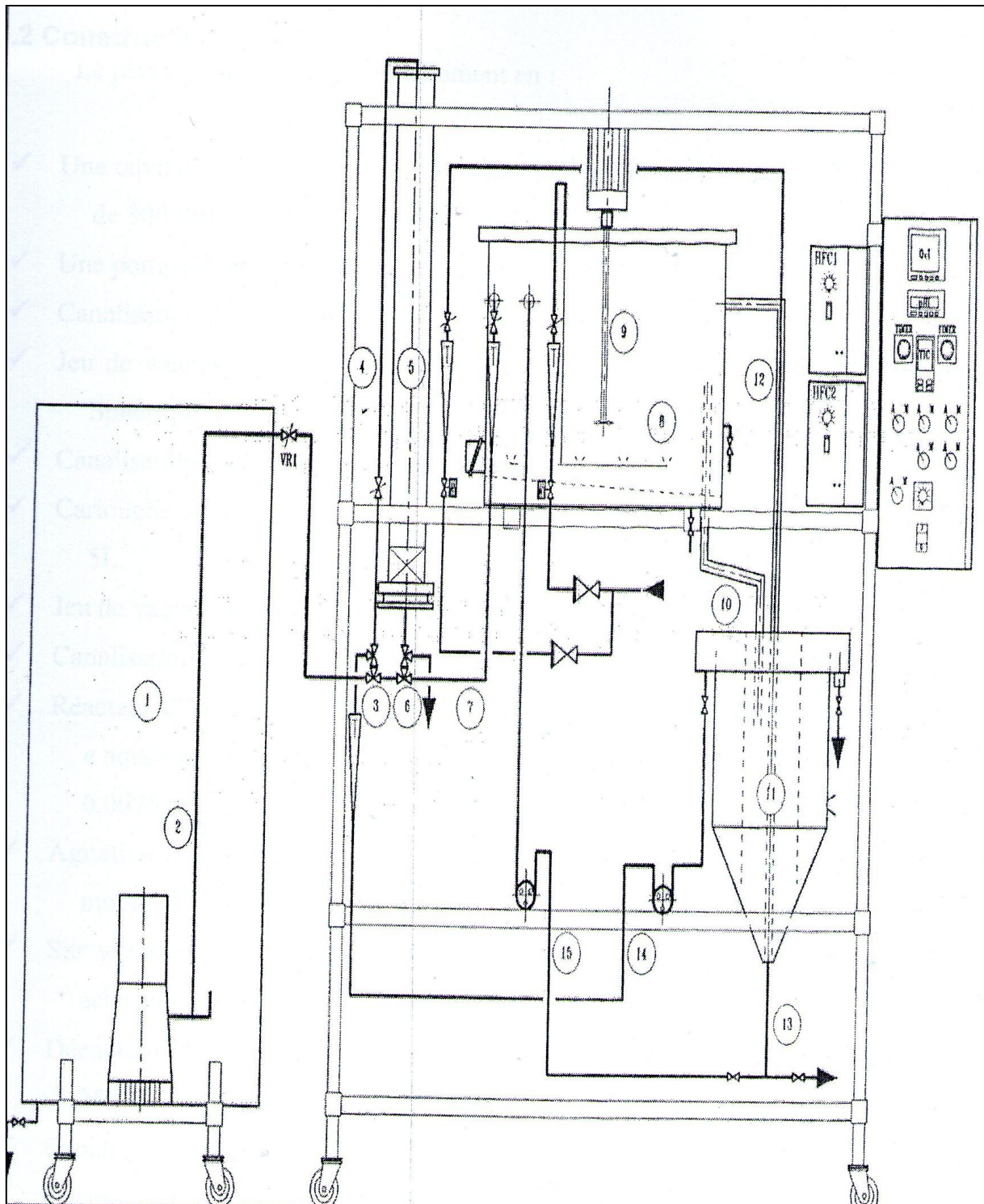


Figure III.2 : schéma du support pratique [77].

III.3.2. Instrumentation

Les équipements d'alimentation se composent en éléments suivants :

- Débitmètre a 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 [77].

III.3.3.Construction

Le pilote est composée essentiellement de :

- 1- Une cuve d'alimentation des eaux résiduaire 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
- VS3 : Vanne manuelle vidange eau clarifiée décanteur.
- VS4 : Vanne manuelle vidange boues décanteur [77].

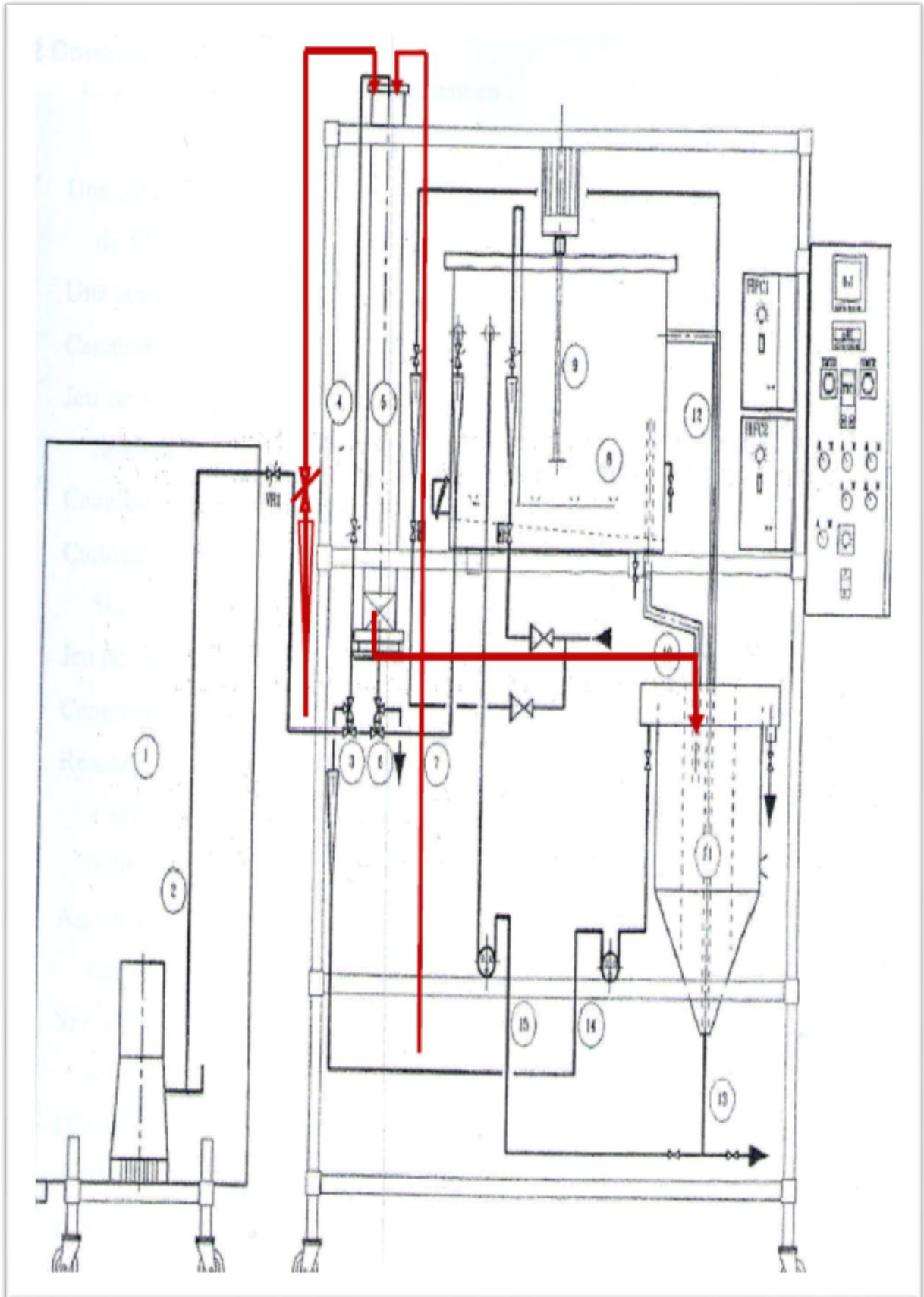


Figure III.3. Support pratique [77].

- Remarque  En rouge les modifications apportées sur le TE900. [77]

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

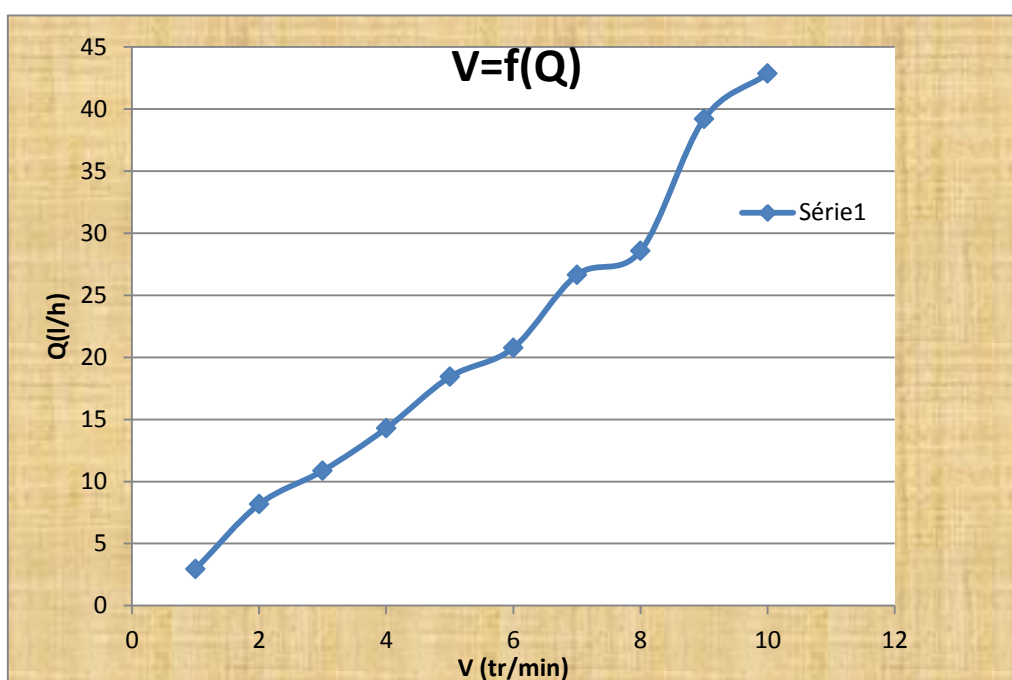
A. Etalonnage de la pompe doseuse

- ✓ 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 » située 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 a 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 terminer, il convient d'arrêter le pilote [77].

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.Description du système de fonctionnement du pilote

Le pilote doit représenter la chaîne complète de traitement secondaire (après le traitement Primaire). Aussi, il doit comporter un réacteur biologique, un clarificateur, un système de

circulation de l'eau et des boues et une cartouche qui peut contenir un filtre d'alimentation.

III.5.1. Clarificateur

Le décanteur secondaire ou clarificateur est un bassin qui assure la séparation des eaux traitées de la biomasse. Son rôle essentiel c'est de séparer le floc bactérien de l'eau et ce par gravitation. Son dimensionnement consiste à déterminer sa surface et son volume nécessaire à cette opération.

L'eau claire est aspirées ou recerclées par sur verse dans la cartouche du pilote et les boues doit être décantée au niveau du clarificateur.

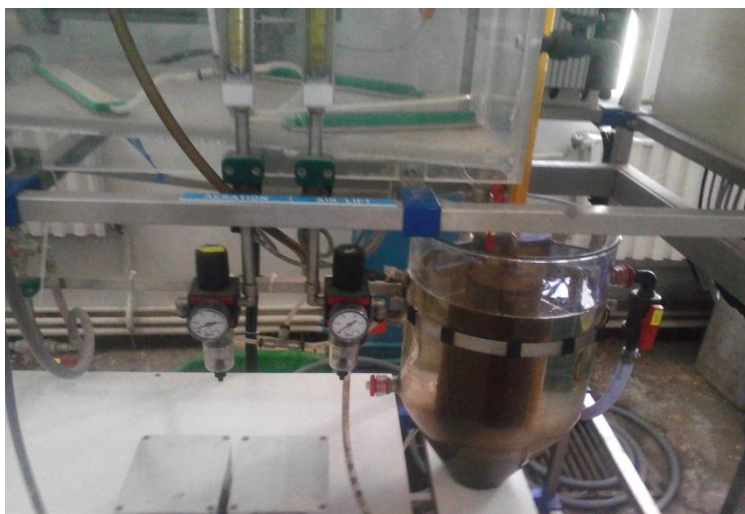


Figure III.5 : Clarificateur ; (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

III.5.1.1. la zone de clarification

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

III.5.1.2. 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 [76].

III.5.2. Cartouche

Dans notre cas cette cartouche (**figure III.5**) a été utilisée comme lit bactérien rempli avec un garnissage à pouzzolane et aussi rempli avec un garnissage au plastique.



Figure III.6. Schéma d'une cartouche remplie par le garnissage en pouzzolane et aussi par garnissage plastique ; (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

- Avant de commencer les manipulations il faut définir les éléments d'entrée, de sortie et les éléments variables d'entrée.

❖ Les paramètres d'entrée

- ✓ Le débit d'entrée (constant);
- ✓ La concentration en MES (variable) ;
- ✓ La turbidité ;
- ✓ Le pH (variable) ;
- ✓ La température (variable) ;
- ✓ L'oxygéné dissous (variable) ;
- ✓ La DCO (variable).

III.6. Mode opératoire

III.6.1. Manipulation

La manipulation est faite selon les actions suivantes :

- Mettre en marche le pilot.
- Préparer votre charge d'eau usée.
- Introduire 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 flocculées ou mortes.

- Régler le timer 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).

Remarque : On a fait Cette manipulation pendant une semaine pour la fixation des bactéries sur la surface des matériaux pour créer un biofilm bactérien pour la dégradation des matières organiques donc nous avons changer la recirculation des boues par la recirculation de l'eau claire pour augmenter le rendement épuratoire et pour avoir une eau épurée de très bonne qualité. .

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 les 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 [77].

III.7. Matériel et Méthodes d'analyses

III.7.1. Echantillonnage

Les échantillons analysés ont concerné l'eau brute : eau usée de la STEP de Ain EL Houtz, eau au sien du décanteur c'est-à-dire l'eau clarifiée. On prélevé 300 litre des eaux usées chaque expériences, on a fait un prétraitement par un tamis fin et on laisse ces eaux décanter pendant 30 à 60 min (décantation primaire) pour avoir un bon rendement qualitatif.



Figure III.6 : L'échantillon de 300 litres prélevé.

III.7.2. Le prélèvement

On a trois prélèvements par jour à 9h :00 et à 12h :00 et à 14h :00 au niveau de la cuve d'alimentation en eau brute et au niveau du décanteur qui nous avons analysés au niveau de notre laboratoire par les différentes appareils de mesure physico-chimique.



Figure III.7. Les prélèvements des eaux usées brute et les eaux épurées

III.7.3. Appareils de mesures et mode opératoire

III.7.3.1. Mesure de la température

Ce paramètre se mesure avec un simple thermomètre [78].

III.7.3. 2. Mesure du pH

Pour mesurer le pH, deux pH-mètres ont été utilisés. Après avoir perdue le premier Ph mètre lors d'un accident de laboratoire ont été obligé d'utiliser un autre pH-mètre.

L'étalonnage se fait par une solution d'étalonnage d'un pH le plus proche du pH des solutions a analysé. Dans ce travail on a utilisé une solution d'étalonnage de pH= 7, Ph=4, pH=10.



Figure III.8 : pH mètre (manuel) et les solutions tampon (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

Les étapes d'analyse

1. Rincer plusieurs fois à l'eau distillée la sonde de mesure;
2. Introduire la sonde dans l'échantillon et la lecture sera faite après stabilisation de la valeur du pH.

III.7.3.3.Turbidité

La turbidité est un paramètre important pour qualifier la qualité de l'eau. Une eau turbide peut sembler presque opaque à la vue, mais laisse passer peu de lumière pour la faune et la flore aquatique. Les unités de mesure sont les UTN (unités de turbidité néphélométriques).

Bien qu'aucun critère ne soit fixé, une valeur repère a été établie à 5 NTU.

Description de l'instrument

Le turbidimètre satisfait aux normes EPA régissant la mesure de la turbidité des eaux potables. Cet instrument est destiné au contrôle des eaux municipales. Des eaux utilisées dans la préparation d'aliments et de boissons et de toutes solutions aqueuses pour lesquelles un constata de limpidité est essentiel.

Le turbidimètre est un véritable néphélométrie qui permet de mesurer la quantité de lumière diffusée à angle droit par un faisceau lumineux traversant l'échantillon.

Les résultats sont directement exprimés en NTU (unité néphélométrique de turbidité) par affichage à cristaux liquides.

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales, argiles limons, grains de silices, matières organiques,.... [28].

- **Appareillage**

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

Dans notre travail la mesure est effectuée au moyen d'un spectrophotomètre. Le spectrophotomètre est un appareil qui mesure l'absorbance qui est définie par le ratio entre la lumière incidente I_0 qui traverse un milieu à une longueur d'onde λ , et la lumière transmise I exprimé en logarithme de base 10.



Figure III.9 : Spectrophotomètre ;(laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

❖ **Mode d'opérateur**

- ✓ Mettre en marche le spectrophotomètre on/off.
- ✓ Sélection de la longueur d'onde (720).
- ✓ Mesure en mode absorbance.
- ✓ Introduire la cuve de référence (blanc) dans la porte cuve.
- ✓ Programmer la longueur d'onde désirée.
- ✓ Enlever la cuve de référence.
- ✓ Introduire la cuve du premier échantillon à mesurer.
- ✓ L'appareille affiche en contenu la valeur en absorbance des échantillons.
- ✓ Tracé du spectre d'absorption.

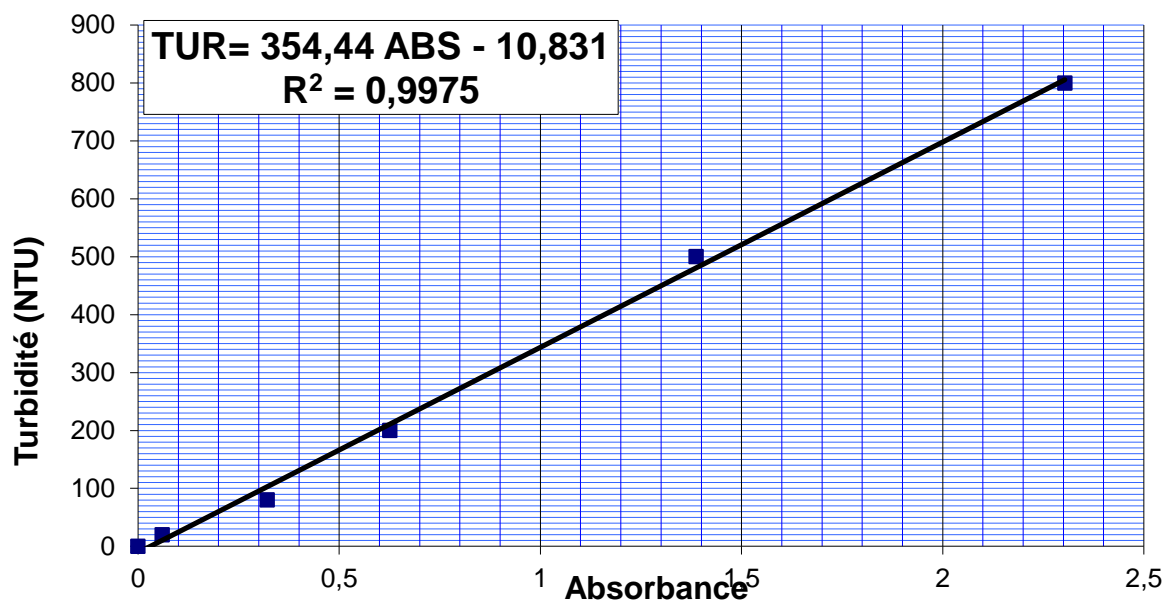


Figure III.10. Courbe d'étalonnage de la turbidité.

Le tableau III.2. Illustre les seuils de la clarté d'une eau.

Tableau III. 2. Classe de turbidité usuelle [90].

Turbidité < 5 NTU	Eau Claire
5 < Turbidité < 30 NTU	Eau légèrement trouble
Turbidité > 50 NTU	Eau trouble

III.7.2.4. 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.

- Etalonner l'appareil avec des solutions tampons.
- Rincer l'électrode de l'oxygène dissous et les immerger dans la solution à mesurer. Lire la valeur sur l'écran une fois le signal se stabilise [79].



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

III.7.3.5. Matières en Suspension (MES)

Selon le domaine d'application, la quantité d'eau à analyser et la qualité présumée des matières suspendues dans l'eau, Le protocole de détermination des matières en suspension (MES) se basera sur l'une des méthodes expérimentales suivantes :

- La néphélométrie ;
- La centrifugation ;

· La filtration

Dans le cas de l'analyse des eaux usées, il est recommandé de procéder par filtration sur couche d'amiante ou sur filtre en fibre de verre pour les échantillons d'eaux traitées et par centrifugation pour les échantillons d'eaux brutes et chargées afin d'éviter le colmatage des filtres.

Le choix de la filtration sous vide avec membrane filtrante en fibre de verre s'est imposé, dans notre cas, d'une part, en raison de sa rapidité et de sa simplicité à mettre en œuvre, et d'autre part, de la possibilité de récupérer le filtrat (fraction dissoute) nécessaire pour la détermination de la pollution résiduelle.

A- Principe de la filtration

Cette méthode se base sur le passage d'un échantillon d'eau de volume V à travers un filtre en fibre de verre de $0,47 \mu\text{m}$. Le poids de matière retenue par le filtre, noté P , est déterminé par

pesée différentielle (avant et après filtration). La concentration des matières en suspension (MES) ne sera donc que le rapport de ce poids sur le volume d'eau analysé.

B- Matériel utilisé

- Dispositif de filtration ;
- Balance ;
- Capsules ;
- Filtres en fibre de verre porosité de $0,47 \mu\text{m}$;
- Étuve.



A-Dispositif de filtration ;



B- Balance ;



C- Étuve.

Figure III.12. Appareil de mesure des MES.

C- Mode opératoire

- 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 poids P1 ;
- 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 poids est noté P2.

Note : Ne mettre l'eau que petit à petit, toujours en homogénéisant bien pour ne pas avoir à filtrer de trop grands volumes sur un filtre colmaté.

D- Expression des résultats

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

$$[\text{MES}] = ((\text{P2} - \text{P1})/\text{V}). 10^3 \dots \dots \dots (\text{III.1})$$

Où :

P1 : Poids du filtre sec avant filtration (en mg) ;

P2 : Poids du filtre sec après filtration (en mg) ;

P2 - P1: Poids de la matière retenue par le filtre sec ;

V : Volume de la prise d'eau (en ml).

III.7.2.6. 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 [22].

- **Principe**

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium « $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ » en milieu acide dans une solution portée à ébullition à reflux pendant 2 heures en présence d'ions Ag^+ comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg^{2+} permettant de complexer les ions chlorures.

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

- **Matériel nécessaire**

Un réacteur pour le chauffage à 105C° ECO6 ; les équipements nécessaires sont les suivantes :

Pipette graduée double trait ;

- ✓ Matras à goulot large ;
- ✓ Ballons gradués ;
- ✓ Burette ;
- ✓ Cylindres gradués.

- ❖ **Réactifs**

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

Remarque : voir annexe III pour leur préparation.

❖ Mode d'opérateires

-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 $150^\circ C$;
- Rincer les réfrigérants à l'eau distillée et refroidir les tubes.

❖ Titrage de l'échantillon

- Transvaser le contenu de chaque éprouvette en matras à goulot large, rincer avec l'eau distillé 3 ou 4 fois.
- Ajouter 5 ou 6 goutte l'indicateur coloré Féroïen.
- Après le refroidissement titrer avec une solution de sulfate de fer ferreux et ammonium jusqu'au moment où la couleur de la solution change de vert bleu à orangé.



Figure III.13. DCO-mètre et Billes de verre.

❖ Expression des résultats

La DCO exprimée en mg d'O₂/l est donnée par la formule :

$$DCO=8000 \cdot C_{Fe} (VT-VE)/E \dots \dots \dots (III.2)$$

Où :

C_{Fe} : Concentration de la solution de sel Mohr déterminée par étalonnage, soit dans le cas présent 0,12 mol/l ;

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

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

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

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

Note : On doit vérifier la validité de la méthode en calculant la DCO de l'essai témoin, qui doit être de 500 mg d'O₂/l, en remplaçant dans l'équation VE par VR Où :

VR : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'essai témoin ; Avec la valeur de la DCO, contrairement à la valeur de la DBO₅, les composés difficilement dégradables ou non dégradables biologiquement sont également mesurés.

Tableau III.03. Valeurs typiques de DCO [80].

DCO (en mg/l)			Type d'eaux usées/substrat
5 ...	20		eaux courantes
20 ...		100	eaux usées communales après épuration biologique
300	...	1000	eaux usées communales non épurées
22 000			eaux d'infiltration de décharges

III.8. les matériaux de garnissages

Nous avons utilisé le garnissage traditionnel en pouzzolane de Beni Saf et le garnissage plastique.

A. La pouzzolane

- **Définition**

La pouzzolane est une roche siliceuse d'origine volcanique, faiblement agglomérée, friable, dont la couleur varie du gris au rougeâtre, utilisée depuis l'Antiquité comme constituant secondaire des ciments et des mortiers. Ceux sont des matériaux naturels ou artificiels riches en silice et en alumine capables de réagir avec la chaux en présence de l'eau et de former à l'issue de cette réaction des produits manifestant des propriétés liantes. [81]



Figure III.14. La pouzzolane.

- **Origine du nom pouzzolane**

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

- **Types de pouzzolane**

Nous pouvons distingués deux type de pouzzolane à savoir :

- **Pouzzolane naturelle**

Les pouzzolanes naturelles sont des matériaux d'origine naturelle qui peuvent avoir été calcinées dans un four ou transformées, puis broyées pour obtenir une fine poudre. Les variétés de Pouzzolanes naturelles les plus fréquemment utilisées en Algérie côté ouest du Nord à l'heure actuelle comprennent l'argile calcinée, le schiste calciné et le méta kaolin « doivent satisfaire aux exigences de la norme CSA A 3001, Liants utilisés dans le béton (ASTM C 618) ».

- Pouzzolane artificielle

Les pouzzolanes artificielles sont toute matière essentiellement composées de silice, d'alumine et d'oxyde de fer ayant subi un traitement thermique pour lui assurer des propriétés pouzzolaniques. Elles sont des déchets des efférentes industries. On distingue. Soit des résidus de fabrication industrielle tel que. le mach fers , cendre de bois ou d'houille , soit des débris de brique et de tuile fabriquées avec des argile pures des températures modérées . On distingue aussi le schiste cuite, et les déchets de l'industrie à base de méta kaolinite [81].

• Caractéristiques de la Pouzzolane

La pouzzolane est :

- Insoluble : C'est une pierre qui ne se dégrade pas dans l'eau et qui n'interagit pas avec elle au niveau du pH (contrairement au calcaire par exemple).
- Minérale : ici ce qui compte c'est de ne pas utiliser des substrats organiques
- Poreuse : elle laisse toujours passer l'eau, ne se colmate pas facilement et abrite de très nombreuses bactéries [81].

Elle est caractérisée :

❖ Teneur en eau naturelle

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

❖ Porosité

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

❖ Légèreté

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

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

❖ Capacité d'absorption d'eau

Les essais d'absorption d'eau à 24 heures montrent que la texture cellulaire, et

la porosité de la pouzzolane lui confèrent une grande capacité d'absorption qui peut varier de 20 à 30 % en poids du granulat sec.

❖ Résistance à la chaleur

la température de fusion de la pouzzolane est de 1140°C mais sa mauvaise conductibilité est telle qu'un élément de 0,150 m d'épaisseur exposé sur une face 8 heures à cette chaleur présente sur la face opposée une température d'environ 100°C seulement. La face exposée se vitrifie [82].

La pouzzolane naturelle utilisée est de provenance du gisement de Bouhmidi (Béni-Saf).

Tableau III.4. Caractéristiques physiques de la pouzzolane naturelle [83].

Caractéristique physiques	Valeur
Masse volumique apparente (g/cm ³)	0,98
Masse volumique absolue (g/cm ³)	2,75
Surface spécifique (cm ³ /g)	3560
Absorption (%)	58,70
Porosité (%)	57,10
Humidité (%)	2,50

Tableau.III.05. Caractéristiques chimiques de la pouzzolane naturelle. [83]

Les composants	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₄	Cl
Les teneurs (%)	74,48	12,83	1,51	3,92	0,34	Nul	Nul

• Localisation de la pouzzolane

Le massif volcanique de Beni-Saf et de la basse-Tafna correspond à un ensemble important de déjections basaltiques qui couvre une superficielle sur 30 Km² de côté entre le Cap Oulassa au Nord et le Cap de Sidi Mohamed Bel Ourdini au Sud-Ouest [84].



Figure III.15. Localisation du gisement de Bou-Hamidi (Beni-Saf) [85].

B. Matériaux plastiques

Les matériaux plastiques sont des matériaux synthétiques : ils n'existent pas dans la nature. Ils sont créés à partir de matières telles que le charbon, le pétrole, le bois.

Ce sont de mauvais conducteurs d'électricité (donc de bons isolants électriques) et de mauvais conducteurs de chaleur (donc de bons isolants thermiques).

Le recyclage des matières plastiques est délicat à cause du tri préalable qu'il impose.

Les matériaux plastiques sont des synthétiques alvéoles standards homogènes.

- **Caractéristique des matériaux plastiques**

Vos objets en plastique sont imprimés depuis une poudre de polyamide, plus communément appelé nylon. Solide et flexible à la fois, le polyamide résiste à la pression lorsqu'il subit une flexion. Il permet également l'impression de modèles complexes contenant des volumes inclus dans d'autres volumes. Peu coûteux et rapide à produire, le polyamide permet, aux personnes débutantes comme aux plus expérimentées d'imprimer leur modélisation en 3D à moindre coût. Sa surface brute a un aspect granuleux, sableux et légèrement poreux [86].

Tableau III.6. Les types des matériaux plastiques [87].

Matériaux	référence	masse volumique	Exemples
Le polycarbonate	PC	1 100 kg/m ³	
Le chlorure de polyvinyle	PVC	1 200 kg/m ³	
Le polyéthylène	PE	1 400 kg/m ³	
Le polyuréthane	PU ou PUR		
Le polyfluorure de vinylidène	PVDF		
Acrylonitrile butadiène styrène	ABS	1 050 kg/m ³	
Polytetrafluoréthylène(=TEFLON)	PTFE		



Figure III.16. Matériaux plastiques

III.9. Détermination des caractéristiques de matériaux utilisés

Les principales caractéristiques d'un matériau filtrant sont: le diamètre effectif, le coefficient d'uniformité, la densité relative, la masse unitaire sèche (maximale et minimale) et la porosité (maximale et minimale). Il existe d'autres caractéristiques, beaucoup plus difficiles à mesurer, comme la forme des grains et la surface spécifique.

III.9.1. Diamètre effectif et coefficient d'uniformité

Le diamètre effectif, DE , et le coefficient d'uniformité, C , sont deux caractéristiques granulométriques importantes d'un matériau filtrant. Le diamètre effectif correspond à la grosseur des mailles du tamis qui laissent passer 10 % de la masse de l'échantillon. Ainsi, si on connaît DE , on sait que 90 % (en masse) des grains de l'échantillon ont un diamètre supérieur à DE . Le coefficient d'uniformité est le rapport entre le diamètre qui laisse passer 60 % des particules et celui qui en laisse passer 10 %, soit :

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

Pour mesurer DE et C , on pèse une certaine quantité de matériau filtrant préalablement débarrassée de toute humidité, puis on place cet échantillon sur une série de tamis dont les mailles sont de plus en plus petites.. Pour favoriser le tamisage, on fait vibrer la série de tamis; on évite cependant les vibrations violentes lorsque les grains du matériau filtrant sont friables. On pèse ensuite la quantité de matériau filtrant retenue par chaque tamis; on en déduit ainsi le pourcentage de l'échantillon qui traverse chaque tamis, donc le pourcentage des grains dont le diamètre est inférieur au diamètre des mailles du tamis. On trace ensuite, sur papier semi-logarithmique, la variation du pourcentage de l'échantillon dont les grains ont un diamètre inférieur à D (échelle arithmétique) en fonction du diamètre, D (échelle logarithmique).

En utilisant la courbe ainsi obtenue, on peut alors estimer le diamètre effectif, DE , le coefficient d'uniformité, C , du matériau filtrant mis à l'épreuve.

III.9.2. Masse volumique apparente

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en état naturel, après passage à l'étuve à 105 ± 5 °C, exprimée en (g/cm^3 ; kg/m^3).

$$\rho \text{ apparente} = \frac{\text{masse du pouzzolane sec}}{\text{volume de l'éprouvette}} \dots \dots \dots (III.4)$$

Le mode opératoire retenu pour déterminer ce paramètre est le suivant :

- 1- Mesurer le volume de l'éprouvette V.
- 2- Verser la pouzzolane sec dans l'éprouvette jusqu'au volume V.
- 3- Peser la quantité du sable obtenu dans l'éprouvette.

III.9.3. Masse spécifique ou la masse volumique absolue

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

La masse volumique absolue définie par la relation suivante :

$$\rho_s = \frac{\text{masse de pouzzolane sec}}{\text{Volume absolue}} \dots \dots \dots (III.5)$$

III.9.4. Densité relative du pouzzolane

On peut calculer expérimentalement la densité relative du pouzzolane, Y_s en divisant sa masse par celle de l'eau qu'il déplace. On procède de la façon suivante:

- a) on pèse un certain volume d'eau (on obtient m_e);
- b) on pèse la pouzzolane sec (on obtient m_s);
- c) on ajoute la pouzzolane à l'eau (l'eau déplacée déborde du récipient)
- d) on pèse le mélange d'eau et du pouzzolane (on obtient m_{es}).

On peut ainsi écrire : [88]

$$Y_s = \frac{\text{masse d pouzzolane}}{\text{masse de l'eau déplacée}} \dots \dots \dots (III.6)$$

III.9.5. Porosité

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

Sachant que

V_s = volume des solides

V_v = volume des vides

V_T = volume total du matériau

$$V_T = V_s + V_v \dots \dots \dots (III.7)$$

on peut écrire : [88]

$$\varepsilon = \frac{V_v}{V_s + V_v} = \frac{V_v}{V_T} \dots \dots \dots (III.8)$$

III.9.6. 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 ».

$$e = \frac{V_v}{V_g} \dots \dots \dots (III.9)$$

V_v : volume des vides ;

V_g : volume des grains.

III.9.7. 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 Ab est défini par la relation :

$$Ab = \frac{M_i - M_s}{M_s} * 100 (\%) \dots \dots \dots (III.10)$$

III.10. Caractéristiques physiques de la pouzzolane et de matériaux plastiques

III.10.1. 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 pouzzolane 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 [90].

III.10.2. Mode opératoire

1. Sécher d'abord l'échantillon (pouzzolane) de manière progressive et à température d'environ 105°C pour ne pas faire éclater les grains et ne pas modifier la nature chimique de l'échantillon ;
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 pouzzolane sur le tamis supérieur, mettre le couvercle, et appliquer à l'ensemble une série de secousses à l'aide d'un tamiseur. Le granula sera ainsi réparti sur les différents tamis;
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.10.3. Analyse et interprétation des résultats

A. Résultats trouvées pour la pouzzolane

Les résultats du tamisage de la pouzzolane de Beni-Saf testé comme matériau réutilisable pour avoir leur performance sur le lit bactérien sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau III.7: Résultats de l'analyse granulométrique de la pouzzolane de Beni-Saf

Ouverture de tamis (mm)	Masse des refus mi (g)	Masse des refus cumulés M c (g)	Pourcentage des refus cumulés Pr	Pourcentage des tamisât Pourcentage cumulés Pt= 100-Pr
40	0	0	0	100
31.5	136	136	1,36	98.64
25	182,2	318,2	31,82	68,18
20	538,3	856,5	85,65	14,35
16	83,2	939,7	93,97	6,03
12.5	46,4	986,1	98,61	1,39
10	7,1	993,2	99,32	0,68
Fond	6,8	1000	100	0

Le tracé de la courbe granulométrique de notre échantillon est donné dans l'**annexe I** de ce travail.

A partir de la courbe granulométrique de la pouzzolane on peut déterminer les typiques suivantes :

- **Diamètres effectifs**

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

$$D_E = 18.2 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 24.8 \text{ mm}$$

- **Coefficients d'uniformité**

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_E} = \frac{24.8}{18.2} = 1.362$$

$Cu < 2$ donc la pouzzolane a une série granulométrique.

- **Masse volumique apparente**

La masse volumique apparente est définie par la relation suivante :

$$\rho \text{ apparente} = \frac{\text{masse du pouzzolane sec}}{\text{volume de l'éprouvette}}$$

Unité de mesure	Masse de récipient plein M (g)	Volume de récipient (cm ³)	ρ apparente g/cm ³
Echantillon	1190	1000	1.19

$$\rho \text{ apparente} = 1.19 \text{ g/cm}^3$$

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

Masse spécifique ou la masse volumique absolue de la pouzzolane est donnée par l'expression suivante :

$$\rho_s = \frac{\text{masse de pouzzolane sec}}{\text{Volume absolue}}$$

Unité de mesure	Pycnomètre +eau M1 (g)	Masse de pouzzolane sec M2	Pycnomètre+ eau+M2 M3(g)	Volume (cm ³)	Masse volumique absolue (g/m ³)
Echantillon	1461	522	1712	0.2123	2.46

$$\rho_s = 2.46 \text{ (g/ m}^3\text{)}$$

- **Densité relative du pouzzolane**

Densité relative du pouzzolane est définie par la relation suivante :

$$Y_s = \frac{\text{masse d pouzzolane}}{\text{masse de l'eau déplacée}} = \frac{m_s}{(m_e + m_s - m_{es})}$$

Unité de mesure	ms (Kg)	me (kg)	mes (kg)	Ys
Echantillon	0.2301	1	1.314	2.33

$$Y_s = 2.33$$

- **Porosité**

On calcule la porosité par la formule suivante :

$$\varepsilon = \frac{V_v}{V_T} = \frac{V_v}{V_v + V_s} = \frac{380}{380 + 300} = 55.882 \%$$

- **Coefficient d'absorption des granulats**

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

$$Ab = \frac{M_i - M_s}{M_s} * 100 (\%)$$

Pouzzolane immergé dans l'eau pendant 24h à 20 C°	
Ms (g)	300.118
Mi (g)	552.12
Ab (%)	45.64

Ab= 45.64 %

B. Résultats trouvées pour le matériau plastique

- Diamètre du matériau plastique:

$D_p = 12\text{mm}$.

- L'épaisseur des matériaux plastiques

$E_p = 2\text{mm}$.

- La hauteur des matériaux plastiques

$h_p = 18\text{mm}$.

- Masse volumique apparente

La masse volumique apparente est définie par la relation suivante :

$$\rho \text{ apparente} = \frac{\text{masse du matériau plastique}}{\text{volume de l'éprouvette}}$$

Unité de mesure	Masse de récipient plein M (g)	Volume de récipient (cm ³)	ρ apparente g/cm ³
Echantillon	217.6	1000	0.2176

$\rho \text{ apparente} = 0.2176 \text{ g/cm}^3$

- Densité relative du matériau plastique

Densité relative du matériau plastique est définie par la relation suivante :

$$Y_s = \frac{\text{masse du matériaux plastique}}{\text{masse de l'eau déplacée}} = \frac{m_s}{(m_e + m_s - m_{es})}$$

Unité de mesure	m_s (Kg)	m_e (kg)	m_{es} (kg)	Y_s
Echantillon	0.1612	1	0.10572	1.55

Chapitre IV

Résultats et interprétations

IV. Résultats et interprétations

L'objectif essentiel de notre travail consisté à étudier les performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique pour l'adaptation et l'investigation des avantages suivants :

- facilité de mise en œuvre ;
- aisance d'exploitation ;
- possibilité d'utilisation pour réhabiliter des stations d'épuration existantes ;
- rendements épuratoires acceptable.
- couts de réalisation et d'exploitation réduite.

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

Avant de commencer l'étude proprement dite, nous avons fait fonctionner le pilote TE 900 à l'eau de robinet pendant une semaine, pour comprendre le fonctionnement du pilote, et pour régler certains paramètres pour son bon fonctionnement tel que le réglage de fonctionnement et d'arrêt de recyclage de l'eau claire ainsi que le calibrage des instruments de mesure en particulier de mesure de débits.

Nos expériences nécessitaient 300 litres d'eau usée brute de la station d'épuration d'Ain El Houtz (cuve d'alimentation du pilote) et 5 litre de boue fraîches pour ensemercer et accélérer le processus de fixation des bactéries sur les matériaux utilisés, afin de réduire les délais d'atteinte de degré de dégradation biologique escompté.

Notre expérience ont été menées en jouant sur l'influence des quatre paramètres : le type du matériau utilisé (la pouzzolane ou matériaux plastiques), 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.



Figure IV.1. Schéma d'une cartouche rempli par le garnissage en pouzzolane et aussi par garnissage plastique ; (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

Nos expériences ont été menées sur deux matériaux ; la pouzzolane de Beni Saf et un garnissage en matériaux synthétique comme suite:

A. Sur pouzzolane

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

B. Sur matériau plastique

- Hauteur de 40 cm : pour des débits d'alimentation de 10 l/h, 16 l/h, 20 l/h et 25l/h.
- Hauteur de 80 cm : pour des débits d'alimentation de 16 l/h, 20 l/h et 25 l/h.



Figure IV.2. Epurateur avec lit bactérien.

IV.1. Epurateur avec lit bactérien en garnissage Traditionnel (pouzzolane) sur une hauteur 40 cm

Dans cette expérience nous avons épuré les eaux usées par un lit bactérien à pouzzolane de granulométrie de 10 à 25 mm, sur une hauteur de 40 mm

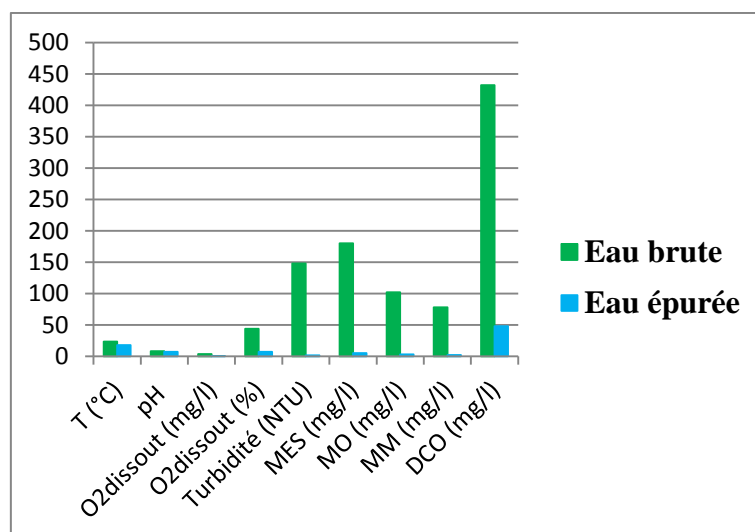
Notre but est de voir si cette granulométrie avec cette hauteur améliorer la qualité des eaux épurés et est ce qu'il y a une bonne influence sur les paramètres.

IV.1.1. Epurateur 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 et tous les résultats des paramètres analysés sont résumés dans le tableau et le graphe suivant :

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

Paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	23.5	18
pH	8.2	7.2
O ₂ dissout (mg/l)	3.8	0.5
O ₂ dissout (%)	44	7
Turbidité (NTU)	147,96	1.574
MES (mg/l)	180	5
MO (mg/l)	102	3
MM (mg/l)	78	2
DCO (mg/l)	432	48

**Figure IV.3.** Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

Ces résultats présentés sont obtenus après plusieurs prélèvements (prélèvement au niveau du bac d'alimentation le 24/02/2015 et des prélèvements au niveau de clarificateur).

- Les résultats obtenus sont résumés dans l'**annexe A.1**
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0,181 l/min.
- L'indice de boue est 114,28 ml/g ce qui montre que la boue est bien décantée.

Tableau IV.2. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	24/02/2015	09 :00
2	24/02/2015	12 :00
3	24/02/2015	14 :00
4	25/02/2015	09 :00
5	25/02/2015	12 :00
6	01/03/2015	09 :00
7	01/03/2015	12 :00
8	02/03/2015	09 :00
9	02/03/2015	12 :00
10	02/03/2015	14 :00
11	03/03/2015	09 :00
12	03/03/2015	12 :00
13	03/03/2015	14 :00

Dans cette partie on va étudier la variation des paramètres qui ont été mesurés au niveau du clarificateur en fonction du temps qui ont été représentant dans les figures (IV.4 a IV.11).

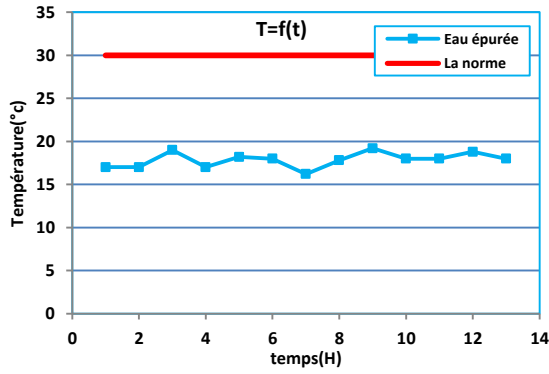


Figure IV.4. variation de température

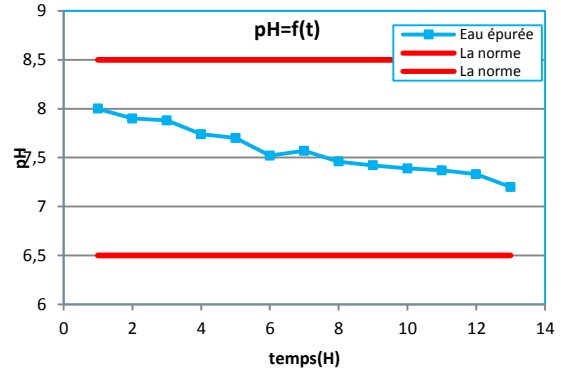


Figure IV.5. variation du pH

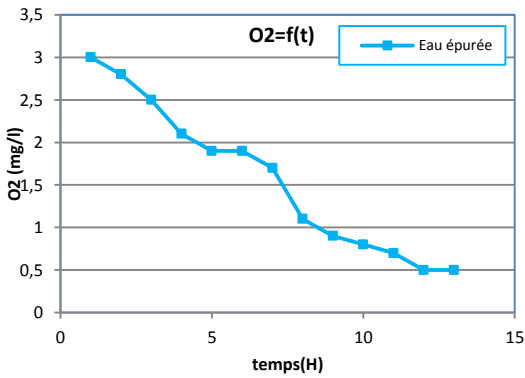


Figure IV.6. variation de l'oxygène dissout.

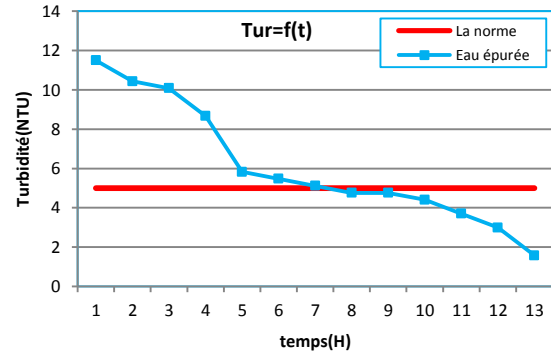


Figure IV.7. variation de la turbidité.

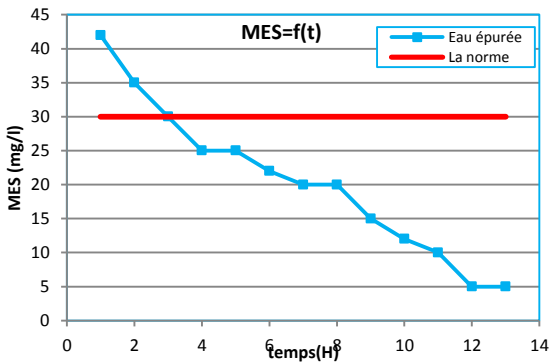


Figure IV.8. variation des MES

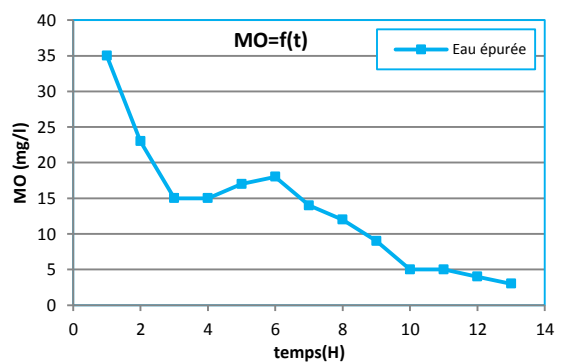


Figure IV.9 variation des MO

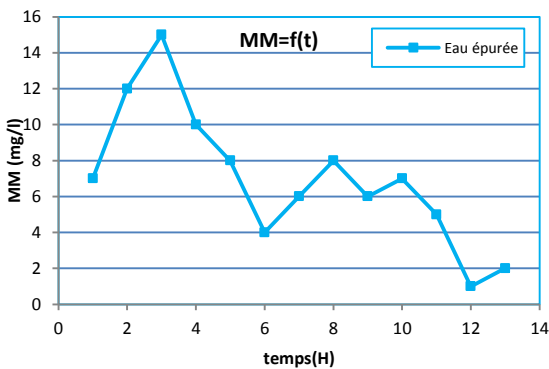


Figure IV.10. variation des MM.

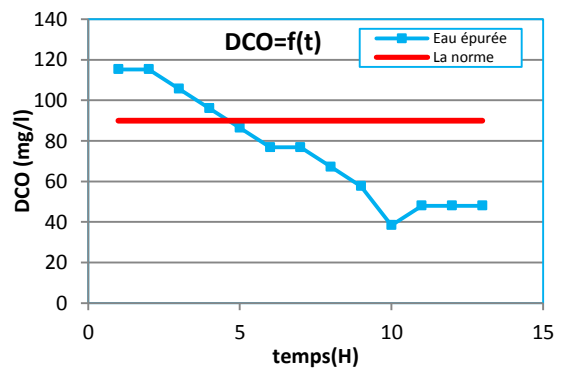


Figure IV.11. variation de la DCO.

A. La température (T) : Les analyses obtenues à partir de la figure IV.4, montrent que la température à différent temps pour chaque prélèvement (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varié entre 18 et 23,5°C. Cette variation est due au contact eau-air ; la température de l'eau épurée est largement inférieure à la norme.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH) : D'après la figure IV.5, on remarque qu'il-y-a une diminution du pH au cours de traitement qui n'a pas un impact écologique sur l'environnement. Les valeurs du pH (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varié entre 8,2 et 7,2 donc dans cette expérience le pH est conforme aux normes.

C. O₂ dissout : la concentration de l'O₂ dissous à l'entrée était de 3,8 mg/l et selon la figure IV.6 elle a diminué à 0,5 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).

D. la turbidité: D'après analyse de la figure IV.7, on remarque la valeur de la turbidité de l'eau usées brute est très élevée 147,96 NTU, après l'épuration cette valeur a diminuée pour atteindre 1,547 NTU, cette diminution est due à la dégradation de la matière organique par ce procédé d'épuration. Le procédé élimine **98,95%** de la turbidité de l'eau, celle valeur est inférieure à la norme, à la sortie du clarificateur.

E. Les matières en suspension (MES) : D'après la figure VII.8, on remarque une forte baisse des matières en suspension. 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 **97,22 %**. 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 5 mg /l, donc, elle est largement inférieure à la norme.

F. Les matières organiques (MO) : La valeur de la matière organique de l'eau brute est de 102 mg/l, et l'analyse de la figure IV.9, après l'épuration cette valeur est diminuée s'est stabilisée à 3 mg/l, donc le lit bactérien contribue efficacement à la dégradation des matières organiques. Le rendement d'élimination des matières en suspension est de **97 %**.

G. Les matières minérales (MM) : D'après la figure IV.10, on aperçoit une diminution de la valeur des matières minérales dans le temps des prélèvements. En eau brute elles étaient de 78 mg/l puis à la fin de l'expérience elles sont réduites à 2 mg/l dans le

décanteur. On constate que le procédé d'épuration éliminé une grande quantité des MM, donc ce procédé est contribué efficacement pour l'élimination des MO. Le rendement d'élimination des matières en suspension est de **97,43 %**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : D'après la figure IV.11, il en résulte que les valeurs de la DCO de l'eau, diminue de 115,2 mg/l à 48 mg/l au fil de l'expérience, qui s'explique par l'accroissement de l'activité bactérienne dans le lit bactérienne dans le temps. À terme de l'expérience la DCO de l'eau brute (432mg/l) a été réduite à 48 mg/l après épuration cette valeur est conforme à la norme (<90 mg/l), donc on peut dire une grande concentration été éliminé par ce procédé, pour voir finalement un rendement d'élimination de la DCO est de **88.87 %**.

IV.2.2. Epuration avec un débit de 20 l/h

L'expérience a été menés avec un débit d'alimentation de 20 l/h et après stabilisation de la DCO, les résultat obtenus sont résumés dans le tableau IV.3 et représenté sur l'histogramme de la figure IV.12. Le prélèvement des eaux usées dans cette expérience a été effectué le 04/03/2015.

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

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	22.5	18
pH	8.23	7.18
O₂dissout (mg/l)	3.8	0.3
O₂dissout (%)	43	5
Turbidité (NTU)	138.034	0.511
MES (mg/l)	280	2
MO (mg/l)	204	2
MM (mg/l)	76	0
DCO (mg/l)	412.8	48

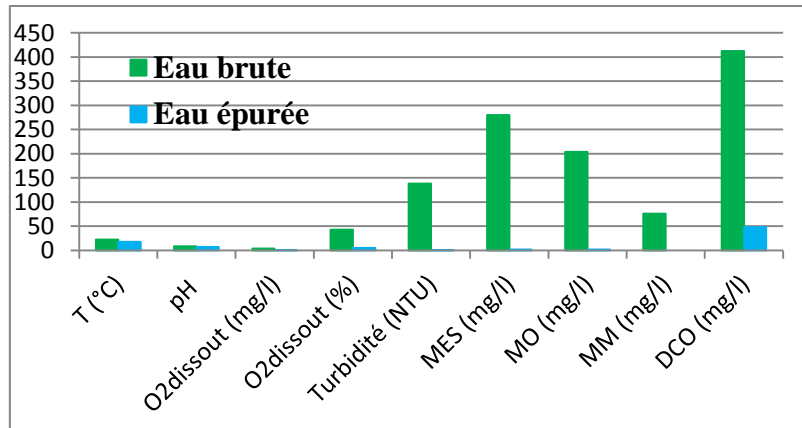


Figure IV.12. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumé dans l'annexe A.02
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0,346 l/min.
- L'indice de boue est 101,123 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.
- Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.

Tableau IV.4. Désignation des abscisses

abscisse	date	Heurs
1	04/03/2015	09 :00
2	04/03/2015	12 :00
3	04/03/2015	14 :00
4	05/03/2015	09 :00
5	05/03/2015	12 :00
6	08/03/2015	09 :00
7	08/03/2015	12 :00
8	08/03/2015	14 :00
9	09/03/2015	09 :00
10	09/03/2015	12 :00
11	09/03/2015	14 :00
12	10/03/2015	09 :00
13	10/03/2015	12 :00

Nous avons représenté dans les figures (IV.13 a IV.20) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

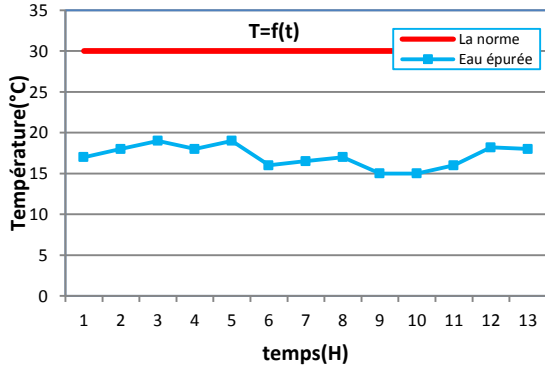


Figure IV.13. variation de la température.

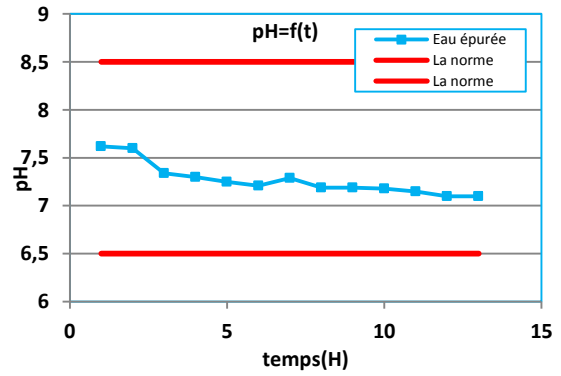


Figure IV.14. variation du pH.

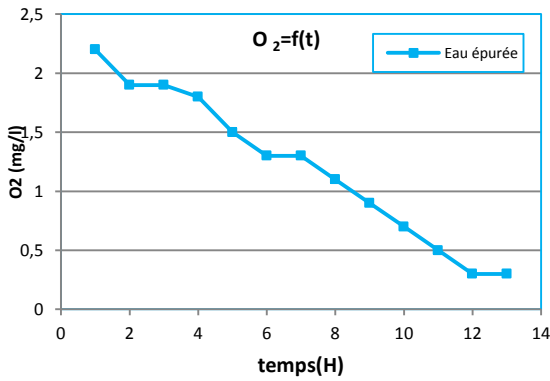


Figure IV.15. variation de l'O₂ dissous.

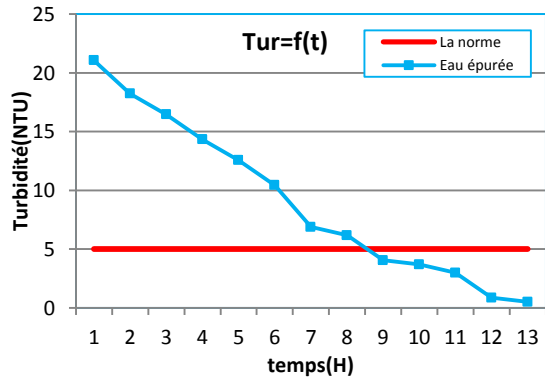


Figure IV.16. variation de la turbidité.

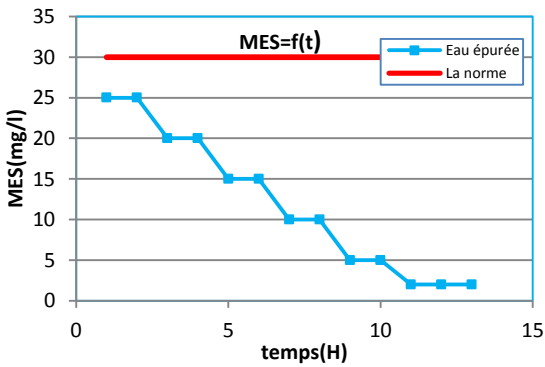


Figure IV.17. variation des MES.

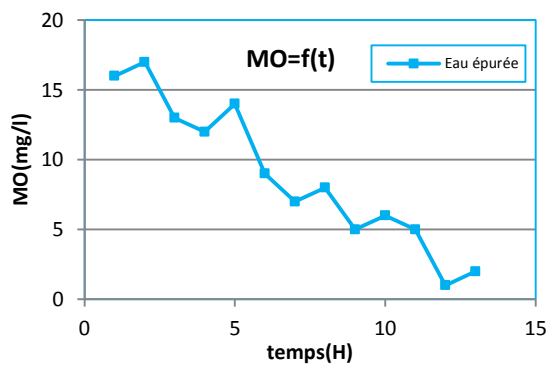


Figure IV.18. variation de la MO.

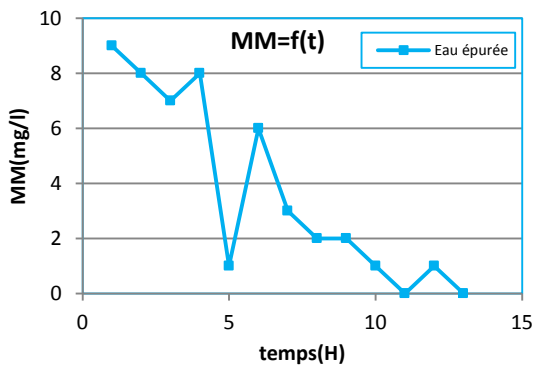


Figure IV.19. variation de la MM.

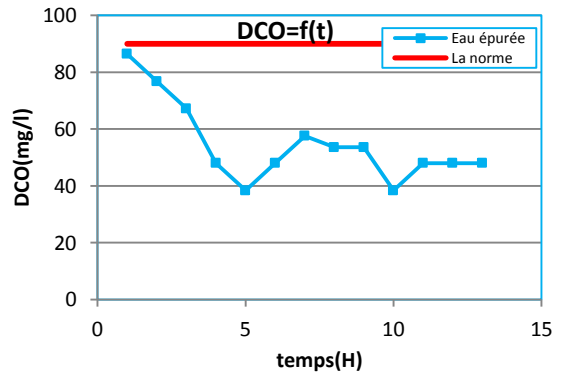


Figure IV.20. variation de la DCO.

A. La température: Les résultats obtenus représentés dans la figure IV.13, montrent que la température de l'eau épurée varie de 15 à 19 °C. La température de l'eau est largement inférieure à 30°C. Cette variation est due au contact eau-air dans le décanteur.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH): D'après la figure IV.14, du pH, nous avons remarqué qu'il y'a une diminution du pH ; il varie 7,62 à 7,1 (ces valeurs sont toujours conformes aux normes), la fluctuation de valeurs du pH est due au la contacte de la suspension avec la colonne de la pouzzolane.

C. O₂ dissout : L'examen des résultats obtenus de la figure IV .15, montre que la concentration de l'O₂ dissous a diminué pour atteindre une valeur de 0,3 mg/l après l'épuration, alors à l'entrée il était de 3,8mg/l, ce qui s'explique par l'activité des bactéries au sien du lit bactérien.

D. la turbidité (Tur) : La turbidité de l'eau usée est de 138.034 NTU et selon la figure IV.16, cette dernière a été diminuée à 0,511 NTU à la fin de l'expérience ce qui montre que la turbidité de l'eau épurée est inférieure à la norme à la sortie du clarificateur. Cette diminution est due à la dégradation des matières organiques, le procédé élimine **99,63%** de la turbidité de l'eau.

E. Les matières en suspension (MES) : La teneur en MES dans l'eau brute a été de 280mg/l et d'après la figure IV.17, il y'a une réduction importante des MES dans le décanteur (2 mg/l à la fin), soit une élimination de **99,28 %**. Une diminution de la teneur en MES suite une bonne épuration amputé à efficacité de la pouzzolane.

F. Les matières organiques (MO): La figure IV.18 montre que la teneur en MO dans l'eau épurée est faible. Elle a varié de 17 à 1mg/l dans le décanteur dû à l'accroissance de l'activité bactérienne dans le lit bactérien au cours de l'expérience. Ces résultats mis en évidence l'efficacité de l'épuration biologique par le matériau utilisé (la pouzzolane). Le rendement d'élimination de MO est de **99%**.

G. Les matières minérales (MM): De la figure IV.19, on peut clairement voir la variation de la teneur en MM de l'eau qui est en constante diminution; elles varient de 9 à 0 mg/l au fil du temps dans le décanteur. Le rendement d'élimination des MM est de **100%**. Donc la totalité de la matière minérale a été éliminée par ce procédé.

H. La demande chimique en oxygène (DCO): D'après la figure IV.20, on remarque une diminution de la DCO jusqu'au 5^{ème} prélèvement ou cette dernière à

commencer à augmenter ce si étés due à la production de la culture bactérienne, et après 7^{ème} prélèvement ou cette dernière a commencer à se stabiliser a 48mg/l dans le lit bactérien ou elle a été 412,8 mg/l dans l'eau brute. On remarque que la DCO de sortie est nettement inférieur à celle de l'entrée. Donc le lit bactérien contribue a diminué pratiquement **88,73 %** de DCO ce qui confirme l'action positive de la pouzzolane. Tout le long de l'expérience la DCO n'a en aucun cas atteint la limite de rejet 90 mg/l. Les variations dans la teneur de la DCO sont probablement dues aux variations dans la quantité d'oxygène (la consommation bactérien de l'oxygène).

IV.2.3. Epuration avec un débit de 25 l/h

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 25 l/h, après stabilisation de la DCO Le prélèvement des eaux usées dans cette expérience a été effectué le 11/03/2015 et tous les résultats des paramètres analysés sont résumés dans le tableau et le graphe suivant :

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

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	28	17
pH	8.35	7.2
O ₂ dissout (mg/l)	2.6	0.1
O ₂ dissout (%)	30	2
Turbidité (NTU)	84.16	1.219
MES (mg/l)	380	5
MO (mg/l)	243	3
MM (mg/l)	137	2
DCO (mg/l)	403.2	28.8

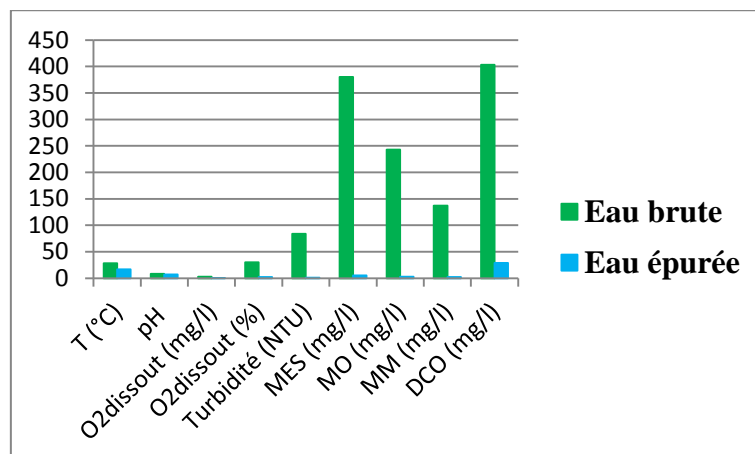


Figure IV.21. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumés dans l'**annexe A.03**
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0,444 l/min
- L'indice de boue est 112,30 ml/g ce qui montre que la boue est bien décantée.

Tableau IV.6. Désignation des abscisses.

abscisse	Date	Heurs
1	11/03/2015	09 :00
2	11/03/2015	12 :00
3	11/03/2015	14 :00
4	12/03/2015	09 :00
5	12/03/2015	12 :00
6	15/03/2015	09 :00
7	15/03/2015	12 :00
8	15/03/2015	14 :00
9	16/03/2015	09 :00
10	16/03/2015	12 :00
11	16/03/2015	14 :00

Nous avons représenté dans les figures (**IV.22 a IV.29**) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

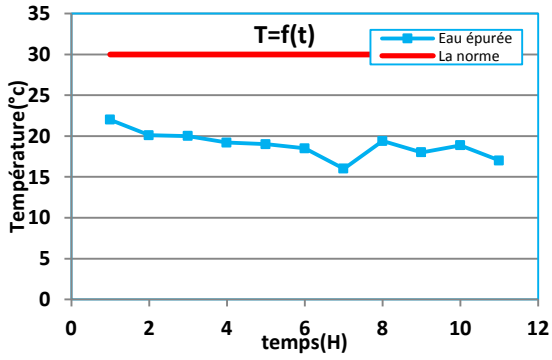


Figure IV.22. variation de la température

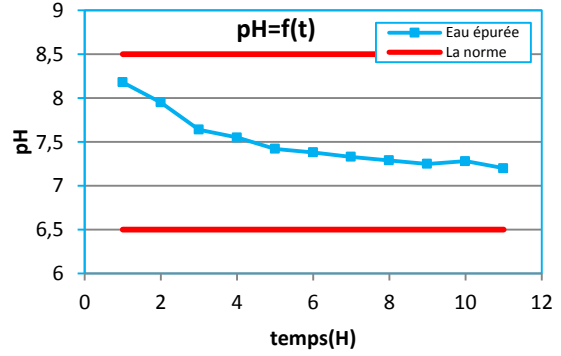


Figure IV.23. variation du pH.

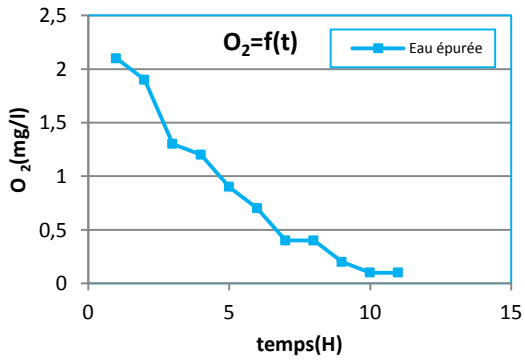


Figure IV.24. variation de l'O₂ dissout

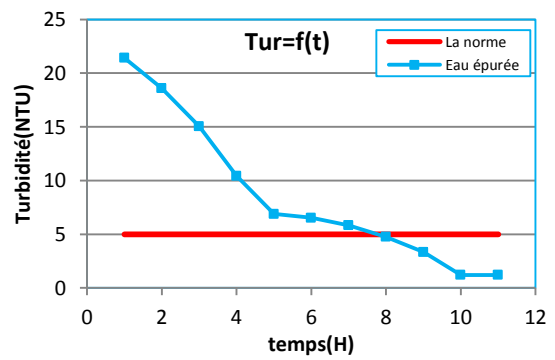


Figure IV.25. variation de la turbidité.

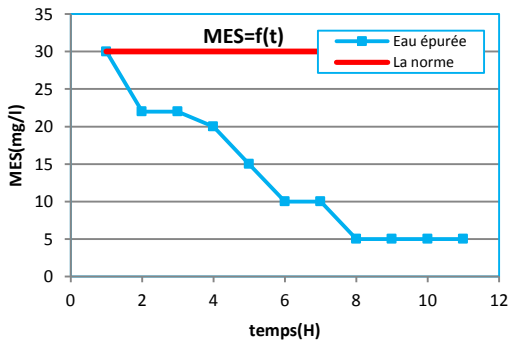


Figure IV.26. variation des MES.

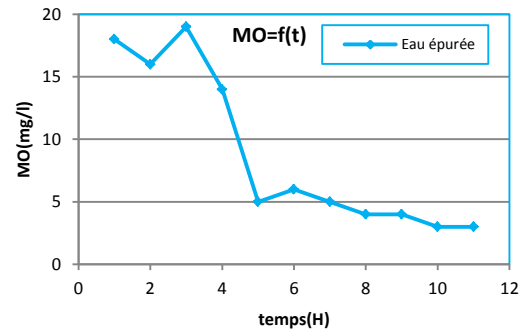


Figure IV.27. variation de la MO.

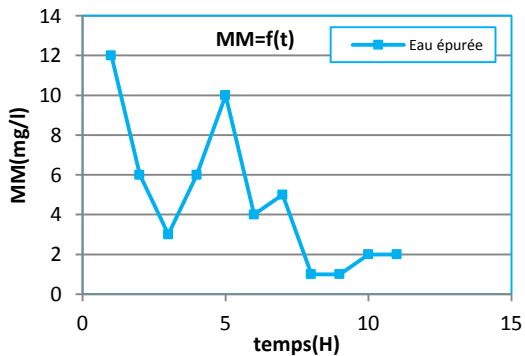


Figure IV.28. variation de la MM.

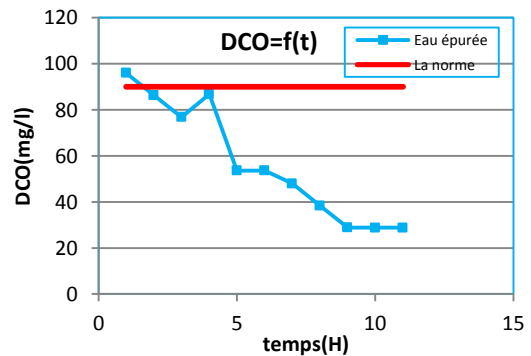


Figure IV.29. variation de la DCO.

A. La température : D'après la figure IV.22, obtenue par la mesure de chaque enchantions à différent temps dans le décanteur (la température varie entre 16°C et 22°C, Cette variation est due au contact eau-air dans le décanteur

B. Le potentiel d'hydrogène (pH): On remarque d'après la figure IV.23, qu'il y'a une grande différence de variation dans le potentiel d'hydrogène il varier entre 8,18 et 7,2 ce qu'il y'a un impact écologique forte sur l'environnement. Cette variation est due à l'élimination des matières polluante, mais reste toujours conforme à la norme Algérien de rejet du pH (pH entre 6,5 et 8,5).

C.L' O₂ dissout : D'après la figure précédente IV.24, on remarque que la variation de la quantité d'oxygène dissout dans le décanteur et plus importante ce qui veut dire une diminution importante et qui il y' a une consommation de l'O₂ dissout dans l'eau par les bactéries. C'est une chute importante de l'oxygène dissout dans le décanteur par rapport à la concentration initiale dans l'eau brute de 2,6 mg/l à de 0.1mg/l, témoin d'une activité bactérienne importante dans le lit bactérien.

D. La turbidité (Tur) : D'après la figure IV.25, on compare la valeur de la turbidité d'eau brute qui est de environ 84, 16 NTU avec 1,219 NTU celle de la turbidité d'eau de sortie, on remarque qu'il y'avez une chute importante de la turbidité donc une élimination efficace des MES dans l'eau épurée, dont le rendement d'élimination de la turbidité étés de **98,55 %**. La turbidité à la sortie est conforme à la norme.

E. Les matières en suspension (MES) : Sur la figure IV.26, on peut clairement voir l'écart qu'accuse la faible teneur en MES de l'eau en sortie. La concentration en MES dans l'eau brute a été de 380 mg/l il y'a une réduction importante des MES dans le décanteur (5 mg/l à la fin), soit une élimination de **99,28 %**. La teneur en MES est largement inférieure à la norme et une grande partie des matières en suspension a été éliminé, donc en peut dire que le procédé avec pouzzolane de BENI SAF est efficace pour l'élimination des MES.

F. Les matières organiques (MO) : D'après la figure IV.27, la valeur de la matière organique de l'eau brute été de 243 mg/l d'après l'épuration cette valeur est diminuée à 3 mg/l soit une élimination de **98,77 %** de la concentration initiale, donc le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées.

G. Les matières organiques (MM) : La quantité des MM de l'eau brute été de 137 mg/l cette quantité est presque éliminée totalement pendant 4 jours de traitement 2 mg/l à la fin de l'expérience (figure IV.28), soit une élimination de **98,54 %**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : En se référant uniquement aux valeurs de DCO des échantillons après leur épuration, représentés sur la figure IV.29, nous remarquerons alors l'abattement important de la charge polluante globale (matières organiques et inorganiques) des eaux interceptés par le pilote, de 403,2 mg/l de l'eau brute à 28,8 mg/l ce qui confirme l'action positive de l'introduction d'une telle unité dans le processus épuratoire, pour atteindre une élimination de **92,86%**, est dans les normes de rejet fixée à 90 mg/l et correspond, effectivement, selon les norme algérienne (L'arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 Janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées utilisées à des fins d'irrigation).

IV.2.4. Epuration avec un débit de 16 l/h

Une nouvelle série d'expérience et de mesure ont été mené le 17/03/2015 on disposant le lit bactérien avec un débit d'alimentation de 16 l/h, après stabilisation de la DCO, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.7 et représenté sur l'histogramme de la figure IV.30.

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

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	25	16.2
pH	8.33	7.02
O ₂ dissout (mg/l)	3.4	0.3
O ₂ dissout (%)	40	5
Turbidité (NTU)	118.894	0.156
MES (mg/l)	360	0
MO (mg/l)	202	0
MM (mg/l)	158	0
DCO (mg/l)	364.8	28.8

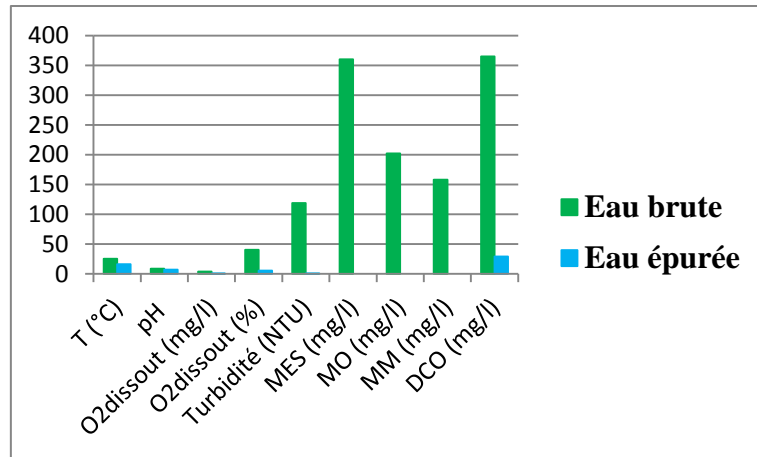


Figure IV.30. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l’entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumé dans **l’annexe A.04**
- Le débit recyclé de l’eau claire est 0,307 l/min
- L’indice de boue est 91,836 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.
- **Nous avons défini les temps des prélèvements sur l’axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.**

Tableau IV.8. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	17/03/2015	09 :00
2	17/03/2015	12 :00
3	17/03/2015	14 :00
4	18/03/2015	09 :00
5	18/03/2015	12 :00
6	18/03/2015	14 :00
7	22/03/2015	09 :00
8	22/03/2015	12 :00
9	22/03/2015	14 :00

Nous avons représenté dans les figures (**IV.31 a IV.38**) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

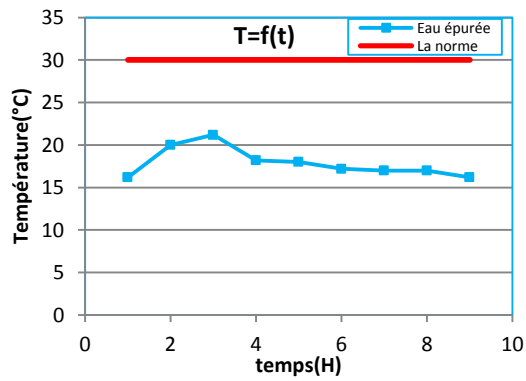


Figure IV.31. variation de la température.

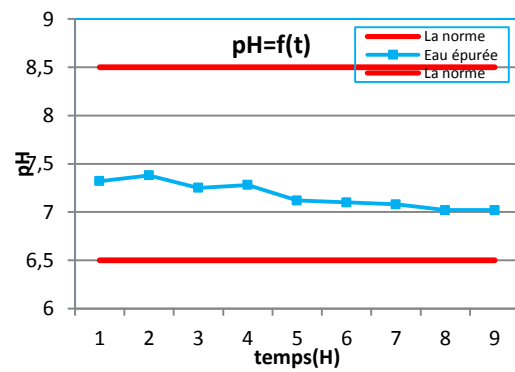


Figure IV.32. variation du pH.

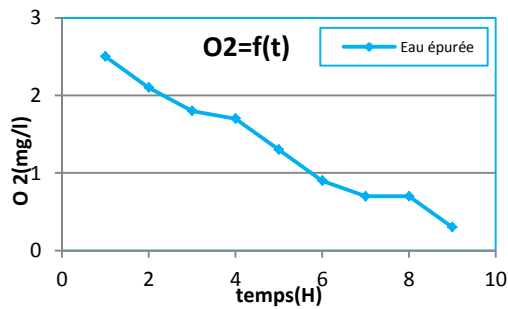


Figure IV.33. variation de l'O2 dissous dans l'eau.

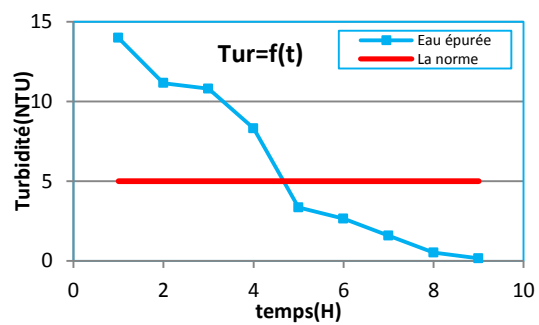


Figure IV.34. variation de la turbidité.

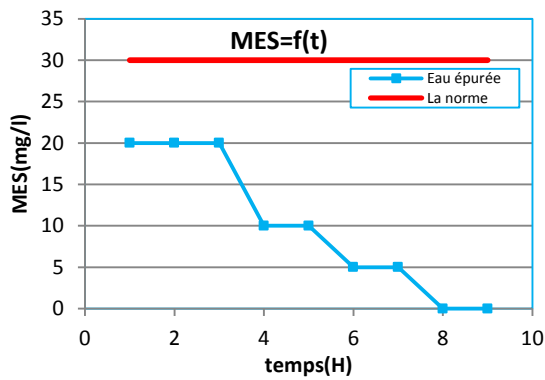


Figure IV.35. variation des MES.

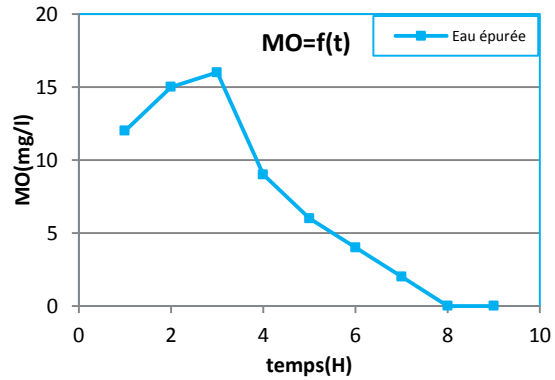


Figure IV.36. variation des MO.

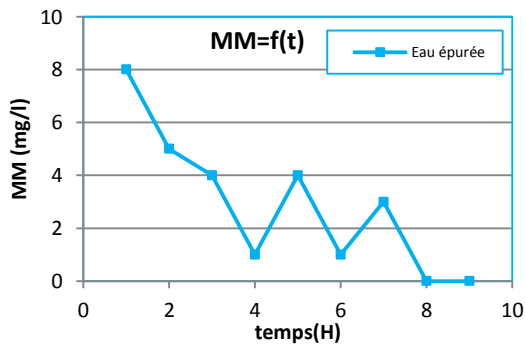


Figure IV.37. variation des MM.

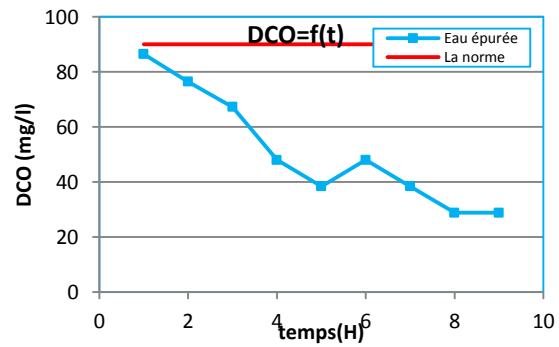


Figure IV.38. variation des DCO.

A. La température : D'après la figure VI.31, on remarque que la température a une variation stable. La température de l'eau est largement inférieure à 30°C.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH) : Selon les résultats indiqués dans la figure IV.32, les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7,02 à 7,38 et reste dans la gamme de neutralité. Cette variation est due au contact de la suspension avec la colonne de la pouzzolane. En gros le long de l'expérimentation le pH demeure proche de la normal.

C. O₂ dissout : D'après la figure IV. 33, on remarque qu'il y a une variation dans la quantité d'oxygène dissout, dont la quantité maximal affiché par l'oxymètre pour les deux échantillons est de 3,4 mg/l et un minimum de 0,3mg/l pour la sortie du décanteur. Cette fluctuation signifie l'existence importante de l'activité bactérienne dans le lit, et sa consommation par les bactéries épuratrices.

D. La turbidité: Selon les résultats indiqués dans la figure IV.34, on compare la valeur de la turbidité d'eau brute qui est de envirent 118, 894 NTU avec 0,156 NTU celle de la turbidité d'eau de sortie on remarque qu'il y'avez une élimination importante de la turbidité de l'eau. Dont le rendement d'élimination de la turbidité étés de **99.87 %**.

E. Les matières en suspension (MES) : D'après la figure IV.35, nous apercevons une décroissance de la teneur des matières en suspension dans l'eau épuré jusqu'à 0 mg/l; alors dans l'eau brute elles étaient de 360 mg/l. Ces résultats mis en évidence l'efficacité de ce procédé dans la réduction les MES.

F. Les matières organiques (MO) : La valeur de la matière organique de l'eau brute est de 202 mg/l, et l'analyse de la figure IV.36, après l'épuration cette valeur est diminuée s'est stabilisée à 0 mg/l, donc le lit bactérien contribue efficacement dégradation des matières organiques. Le rendement d'élimination des matières en suspension est de **100 %**.

G. Les matières minérales (MM) : De la figure IV.37, on peut clairement voir la variation de la teneur en MM de l'eau qui est en constante diminution; elles varient de 8 à 0 mg/l au fil du temps dans le décanteur. Le rendement d'élimination des MM est de **100%**. Donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : Selon les résultats indiqués dans la figure IV.38, la demande chimique en oxygène de l'eau brute est de 364,8 mg/l et de la sortie est estimer à 28,8 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 **78,58 %** de DCO.

IV.3. Epuration avec lit bactérien a garnissage traditionnel (pouzzolane) sur une hauteur 80 cm

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

Une nouvelle série d'expérience et de mesure ont été mené le 23/03/2015 on disposant le lit bactérien, L'épuration avec un débit d'alimentation de 16 l/h est achevée après la stabilisation de la DCO, les résultats des paramètres analysés sont résumé dans le tableau et le graphe suivant :

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

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	25.5	18
pH	8.13	7.3
O ₂ dissout (mg/l)	3.9	0.4
O ₂ dissout (%)	47	6
Turbidité (NTU)	145.123	0.511
MES (mg/l)	400	5
MO (mg/l)	324	4
MM (mg/l)	76	1
DCO (mg/l)	326.4	9.6

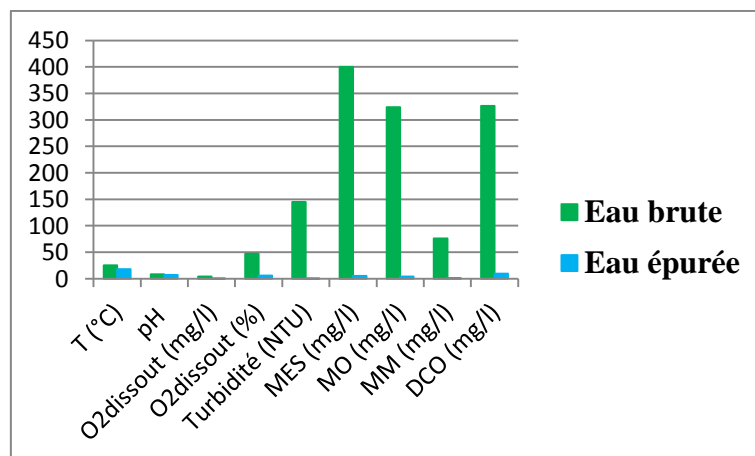


Figure IV.39. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumé dans l'annexe B.01.

- Le débit recyclé de l'eau claire est 0,307 l/min.
- L'indice de boue est 88,541 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.

Tableau IV.10. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	23/03/2015	09 :00
2	23/03/2015	12 :00
3	23/03/2015	14 :00
4	24/03/2015	09 :00
5	24/03/2015	12 :00
6	24/03/2015	14 :00
7	25/03/2015	09 :00
8	25/03/2015	12 :00
9	25/03/2015	14 :00
10	26/03/2015	09 :00
11	26/03/2015	12 :00

Nous avons représenté dans les figures (IV.40 a IV.47) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

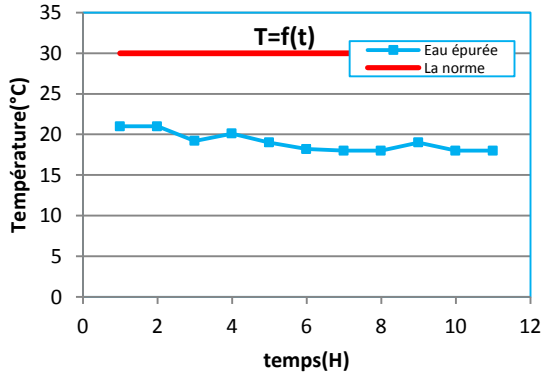


Figure IV.40. variation de la température.

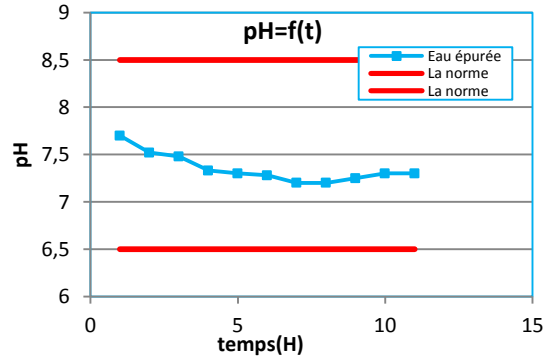


Figure IV.41. variation du pH.

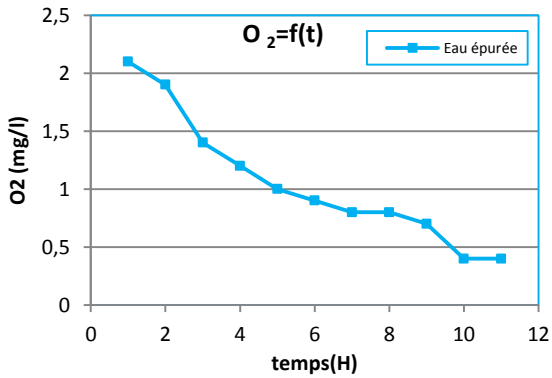


Figure IV.42. variation de l'O₂ dissout dans l'eau.

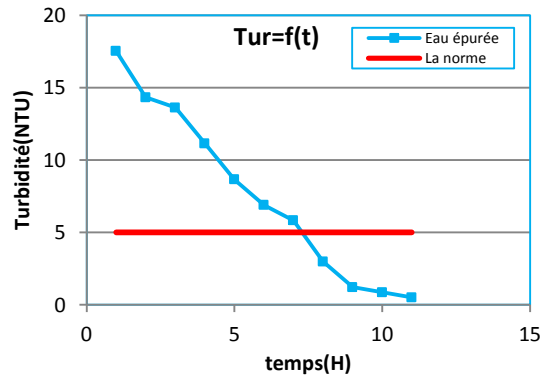


Figure IV.43. variation de la turbidité.

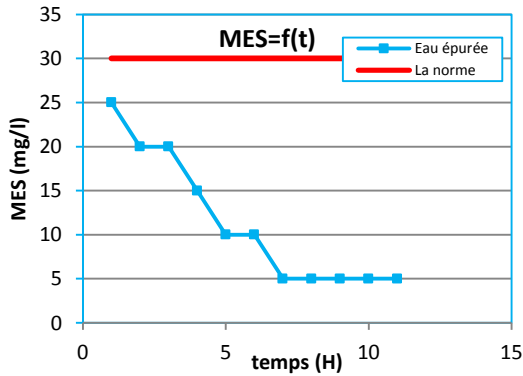


Figure IV.44. variation des MES.

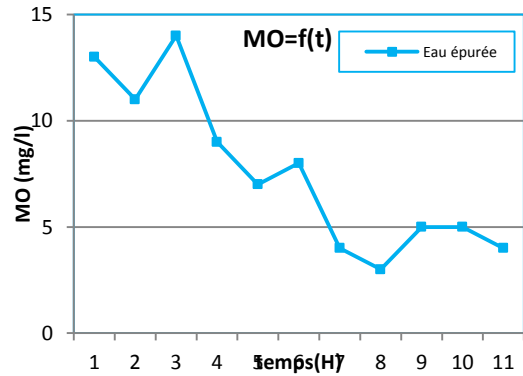


Figure IV.45. variation de la MO.

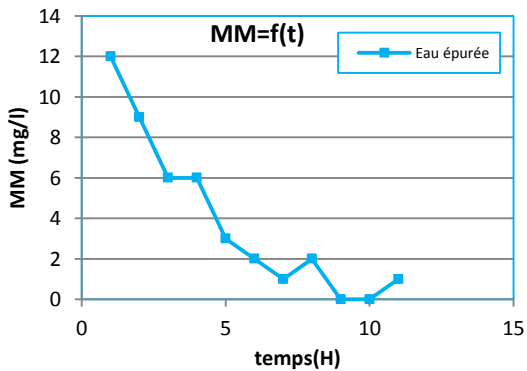


Figure IV.46. variation de la MM.

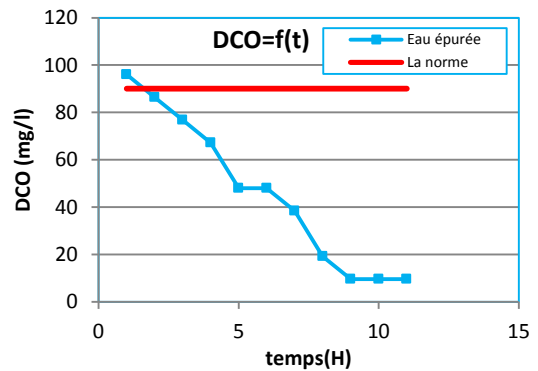


Figure IV.47. variation de la DCO.

A. La température : Selon les résultats indiqués dans la figure IV.40, le teste de la température montre qu'on a une faible variation de cette dernière (entre 18 à 21 °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.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH): D'après la figure IV.41, on remarque que la variation de la courbe est uniforme, les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7,2 à 7,7 et reste dans la gamme de neutralité. Les valeurs de pH de l'eau sont comprises entre la norme de rejet fixée ($6,5 \leq \text{PH} \leq 8,5$).

C. O₂ dissout : D'après la figure IV.42, on remarque une chute importante de la teneur en oxygène dissout de l'eau épurée; elle varie entre 2,1 mg/l et 0,4 mg/l. l'Oxygène est diminué au décanteur à cause de l'augmentation des bactéries dans le lit bactérien. Le taux de consommation d'oxygène dissout est de **89,74 %** de l'entrée de l'eau brute.

D. La turbidité (Tur) : Selon la figure IV.43, on remarque qu'il y'a diminution importante de la turbidité entre l'entré et la sortie de l'eau usées située; de 145,123 NTU et 0,511. Le procédé élimine **99,65 %** de la turbidité de l'eau.

E. Les matières en suspension (MES) : D'après la figure VI.44, on remarque une forte baisse des matières en suspension. Plus le temps de l'épuration augmente et le débit recyclé de l'eau claire plus l'élimination des MES augmente. A terme de l'expérience le procédé les a réduit de **98,75%**. 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 5 mg /l donc elle est largement inférieure à la norme.

F. Les matières organiques (MO) : La valeur de la matière organique de l'eau brute est de 324 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 dégradation des matières organiques. Le rendement d'élimination des matières en suspension est de **98,76 %**.

G. Les matières organiques (MM) : De la figure IV.46, on peut clairement voir la variation de la teneur en MM de l'eau qui est en constante diminution; elles varient de 12 à 0 mg/l au fil du temps dans le décanteur. Le rendement d'élimination des MM est de **98,68 %**. Donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : La concentration de la DCO de l'eau brute est de 326,4 mg/l ; d'après la figure IV.47, 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 **97,06 %**.

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

L'expérience a été menés le 29/03/2015 avec un débit d'alimentation de 20 l/h après stabilisation de la DCO, les résultat obtenus sont résumés dans le tableau IV.11 et représenté sur l'histogramme de la figure IV.48.

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

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	26	17.2
pH	8.41	7.2
O ₂ dissout (mg/l)	4.5	0.2
O ₂ dissout (%)	53	3
Turbidité (NTU)	173.478	0.156
MES (mg/l)	650	0
MO (mg/l)	423	0
MM (mg/l)	227	0
DCO (mg/l)	393.6	9.6

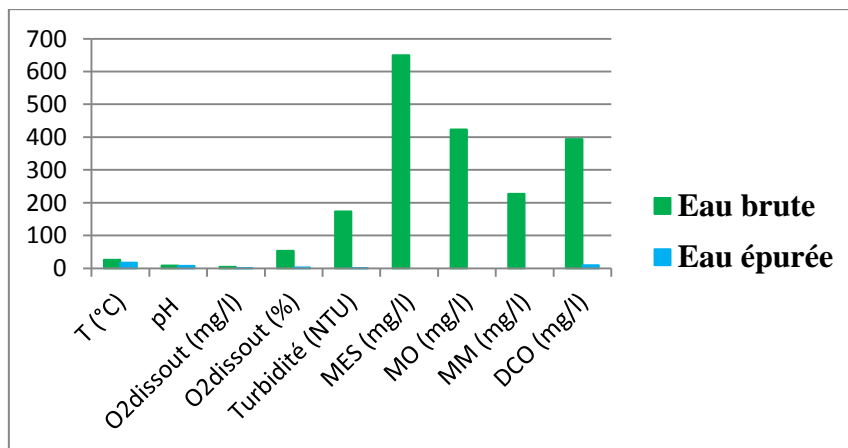


Figure IV.48. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

Ces résultat présenté son obtenue après plusieurs prélèvements (prélèvement au niveau du bac d'alimentation et des prélèvements au niveau de clarificateur).

- Les résultats obtenus sont résumé dans l'**annexe B.02**.

- Le débit recyclé de l'eau claire est 0,346 l/min.
- L'indice de boue est 81,25 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.
- **Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.**

Tableau IV.12. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	29/03/2015	09 :00
2	29/03/2015	12 :00
3	29/03/2015	14 :00
4	30/03/2015	09 :00
5	30/03/2015	12 :00
6	30/03/2015	14 :00
7	31/03/2015	09 :00
8	31/03/2015	12 :00
9	31/03/2015	14 :00
10	01/04/2015	09 :00
11	01/04/2015	12 :00
12	01/04/2015	14 :00

Dans cette partie on va étudier la variation des paramètres qui ont été mesurés au niveau du clarificateur en fonction du temps qui ont été représentant dans les figures (IV.49 a IV.56).

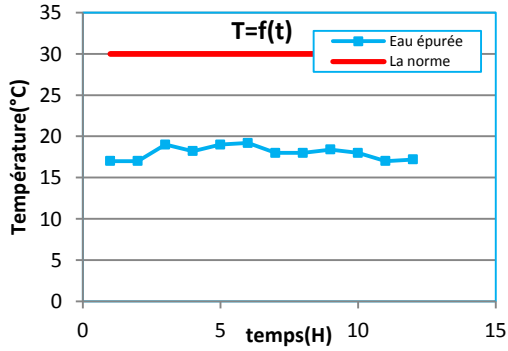


Figure IV.49. variation de température.

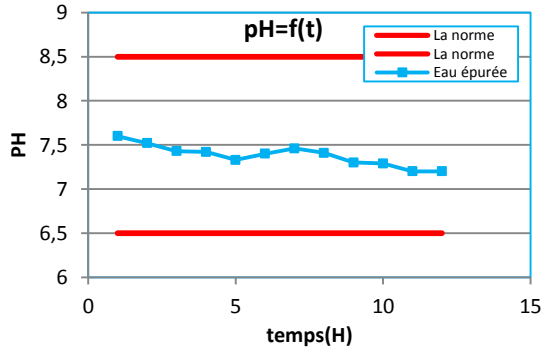


Figure IV.50. variation du pH.

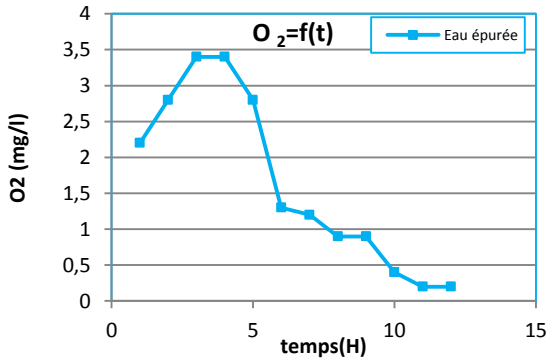


Figure IV.51. variation de l'oxygène dissout dans l'eau.

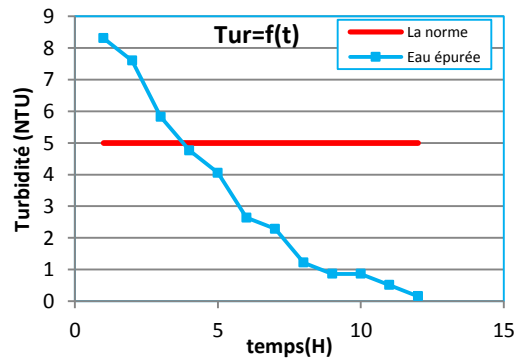


Figure IV.52. variation de la turbidité.

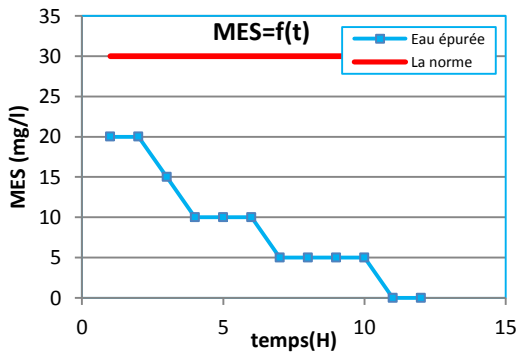


Figure IV.53. variation des MES

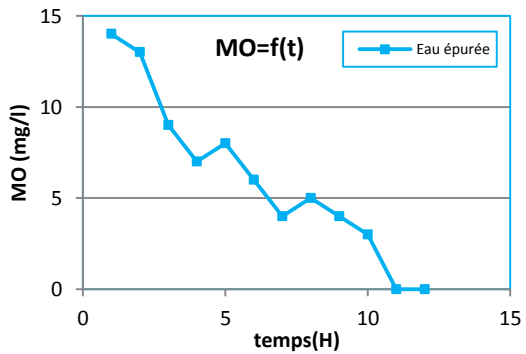


Figure IV.54. variation des MO.

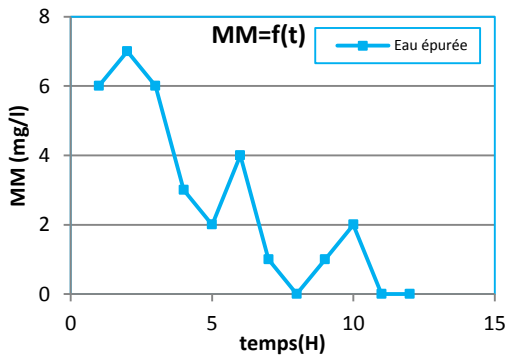


Figure IV.55. variation des MM.

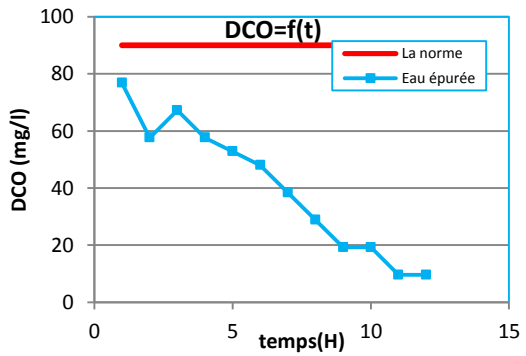


Figure IV.56. variation de la DCO.

A. La température(T) : A partir de la figure IV.49, on peut dire que la température a marqué une petite variation varie entre 17°C et 19,2 °C, mais on a toujours dans les normes. Cette variation est due au contact eau-air.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH) : D'après la figure IV.50, on remarque qu'il-y a une diminution du pH au cours de traitement qui n'a pas un impact écologique sur l'environnement. Les valeurs du pH (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varié entre 8,41 et 7,2 donc dans cette expérience le pH est conforme aux normes.

C. O₂ dissout : La concentration de l'O₂ dissous à l'entrée était de 4,5 mg/l et selon la figure IV.51 elle a diminué à 0,2 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. Le taux de consommation de l'O₂ dissout est du **95,56 %** de l'eau à l'entrée du lit.

D. la turbidité (Tur) : La turbidité de l'eau usée est de 173,478 NTU et selon la figure IV.52, cette dernière a été diminuée à 0,156 NTU à la fin de l'expérience ce qui montre que la turbidité de l'eau épurée est inférieure à la norme à la sortie du clarificateur. Cette diminution est due à la dégradation des matières organiques, le procédé élimine **99,91 %** de la turbidité de l'eau.

E. Les matières en suspension (MES) :D'après la figure IV.53, nous apercevons une décroissance de la teneur des matières en suspension dans l'eau épuré jusqu'à 0 mg/l; alors dans l'eau brute elles étaient de 650 mg/l.

Ces résultats mis en évidence l'efficacité de ce procédé dans la réduction les MES. La concentration des MES est largement inférieure à la norme.

F. Les matières organiques (MO) : L'examen des résultats obtenus par la figure IV .54, montre que la concentration des MO a été diminué pour atteindre une valeur de 0 mg/l après l'épuration, alors à l'entré il était de 423 mg/l, ce qui explique la dégradation de la matière organique par les bactéries au sien du lit bactérien.

G. Les matières minérales (MM) : La teneur en MM dans l'eau brute a été de 227 mg/l et d'après la figure IV.55, il y'a une réduction importante des MM dans le décanteur (0 mg/l à la fin), soit une élimination de **100 %**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : La DCO dans l'eau usée brute est de 393,6 mg/l. Selon la figure VI.56, on voit que la DCO dans l'eau épurée est en constante diminution au cours de l'expérience. À sa stabilisation nous enregistrons 9,6 mg/l de DCO dans l'eau épurée. Tout le long de l'expérience la DCO n'a en aucun cas atteint la limite de rejet 90 mg/l. Ces variations dans la teneur de la DCO sont probablement dues aux variations dans la quantité d'oxygène (la consommation bactérien de l'oxygène).

IV.3.3. Epuration avec un débit de 25 l/h

L'expérience a été menée le 05/04/2015 avec un débit d'alimentation de 25 l/h après stabilisation de la DCO et tous les résultats des paramètres analysés sont résumés dans le tableau et le graphe suivant :

Tableau IV.13. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	29	18
pH	8.43	7.2
O ₂ dissout (mg/l)	4.2	0.7
O ₂ dissout (%)	49	9
Turbidité (NTU)	157.743	1.219
MES (mg/l)	260	5
MO (mg/l)	147	5
MM (mg/l)	113	0
DCO (mg/l)	345.6	19.2

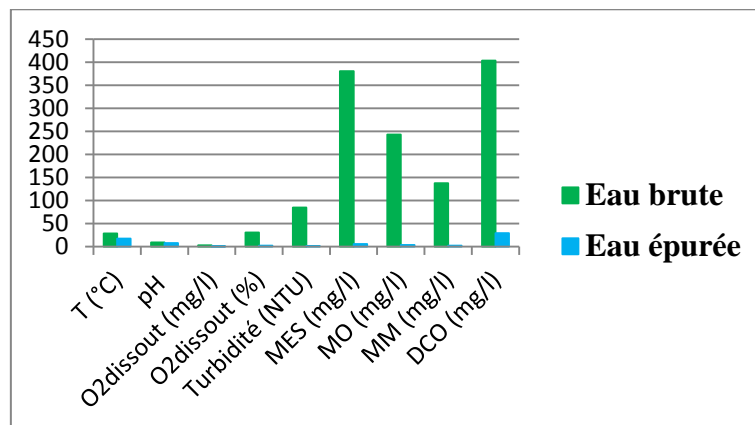


Figure IV.57. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumé dans l'**annexe B.03**
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0,444 l/min
- L'indice de boue est 69,791 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.
- **Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.**

Tableau IV.14. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	05/04/2015	09 :00
2	05/04/2015	12 :00
3	05/04/2015	14 :00
4	06/04/2015	09 :00
5	06/04/2015	12 :00
6	06/04/2015	14 :00
7	07/04/2015	09 :00
8	07/04/2015	12 :00
9	07/04/2015	14 :00

Nous avons représenté dans les figures (**IV.58 a IV.65**) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

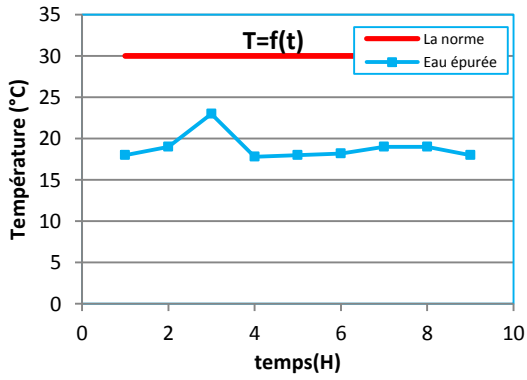


Figure IV.58. variation de la température.

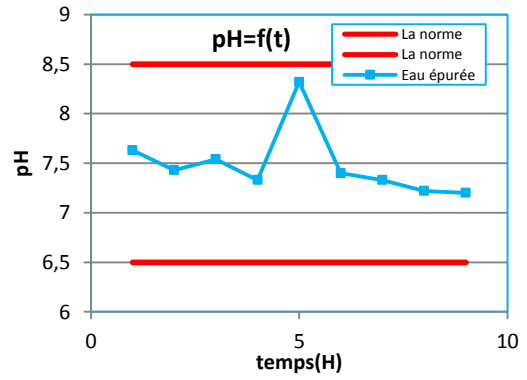


Figure IV.59. variation du pH.

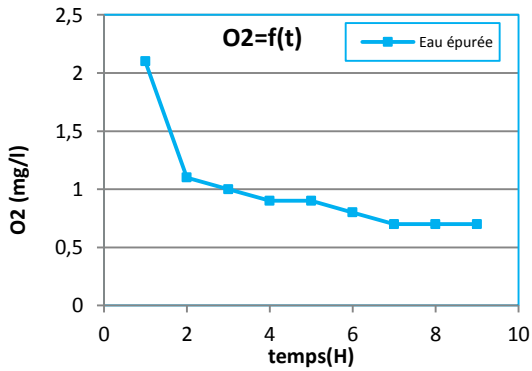


Figure IV.60. variation de l'O₂ dissout dans l'eau.

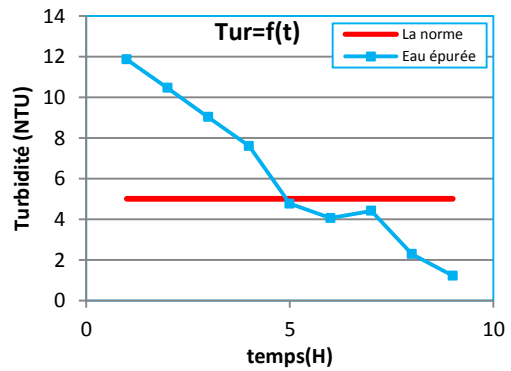


Figure IV.61. variation de la turbidité.

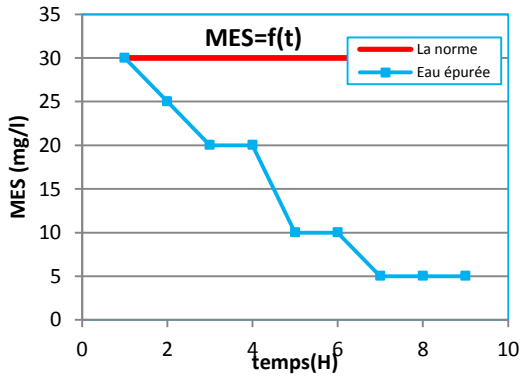


Figure IV.62. variation des MES.

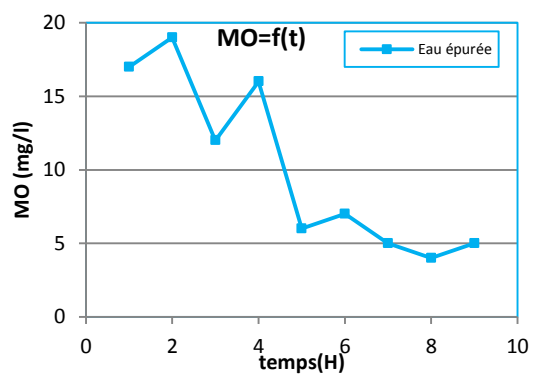


Figure IV.63. variation de la MO.

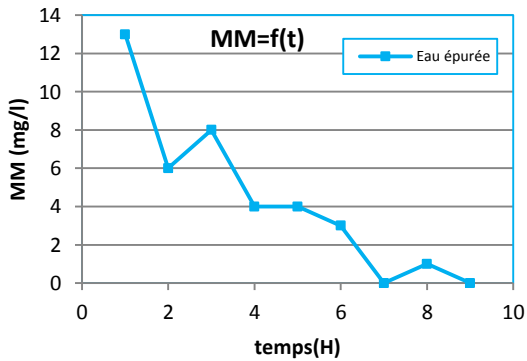


Figure IV.64. variation de la MM.

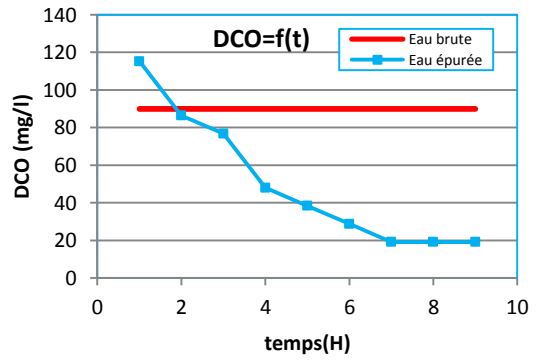


Figure IV.65. variation de la DCO.

A. La température : Selon la figure IV.58, la mesure de chaque échantillon à différents temps pour chaque prélèvement (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varie entre 18 et 29°C. Cette variation est due au contact eau-air, d'après le graphique ci-dessus on remarque que la température de l'eau épurée est largement inférieure à la norme.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH): D'après la figure IV.59, en examinant les résultats obtenus, on constate que les valeurs du pH sont proches de la neutralité. Le pH de l'eau traitée diminue très légèrement de celui de l'eau brute due à la formation de l'acide carbonique (CO₂) dans l'eau lors du traitement biologique. Cette diminution n'affecte pas la qualité de l'eau épurée du fait que les valeurs du pH de l'eau à la sortie de la sont relativement constantes et ne dépassent pas la norme autorisée (6,5 à 8,5).

C. O₂ dissout : D'après le graphique IV.60, les teneurs en O₂ dissous enregistrées à l'entrée sont nettement supérieures à celles de sortie, ceci est nécessaire pour assurer l'oxydation des matières organiques, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées.

D. La turbidité (Tur) : La turbidité de l'eau usée est de 157,743 NTU et selon la figure IV.61, cette dernière a été diminuée à 1,219 NTU à la fin de l'expérience ce qui montre que la turbidité de l'eau épurée est inférieure à la norme à la sortie du clarificateur. Cette diminution est due à la dégradation des matières organiques, le procédé élimine **99,23%** de la turbidité de l'eau.

E. Les matières en suspension (MES) : D'après la figure IV.62, nous apercevons une décroissance de la teneur des matières en suspension dans l'eau épuré jusqu'à 5 mg/l; alors dans l'eau brute elles étaient de 260 mg/l. Ces résultats mis en évidence l'efficacité de ce procédé dans la réduction des MES, avec une élimination de **98,08 %**. La concentration des MES est largement inférieure à la norme.

F. Les matières organiques (MO) : La valeur de la matière organique de l'eau brute est de 147 mg/l, et l'analyse de la figure IV.63, après l'épuration cette valeur est diminuée s'est stabilisée à 5 mg/l, donc le lit bactérien contribue efficacement à la dégradation des matières organiques. Le rendement d'élimination des matières en suspension est de **96,6 %**.

G. Les matières organiques (MM) : La teneur en MM dans l'eau brute a été de 113 mg/l et d'après la figure IV.64, il y a une réduction importante des MM dans le décanteur (0 mg/l à la fin), soit une élimination de **100 %**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : La DCO de l'eau brute est de 345,6 mg/l, d'après la figure IV.65, à la fin de l'expérience elle s'est stabilisé à 19,2 après la décantation (soit une élimination de **94,44 %** de la DCO initiale). Cette valeur est conforme à la norme algérien de rejet (<90 mg/l), donc une grande concentration a été éliminé par ce procédé car il y'a dégradation importante de la charge polluante.

IV.4. Epuration avec lit bactérien en garnissage plastique sur une hauteur 40 cm

Dans cette partie nous avons étudié une épuration sur un matériau standard et homogène c'est Le matériau plastique (les alévioles). Le matériau est fixé sur une cartouche en forme d'un lit bactérien de 40 cm de hauteur.

Notre but est de voir si ce matériau avec cette hauteur améliorer la qualité des eaux épurés et est ce qu'il y a une bonne influence sur les paramètres.

IV.4.1. 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. Le prélèvement des eaux usées a été effectué le 12/04/2015 et tous les résultats des paramètres analysés sont résumés dans le tableau et le graphe suivant :

Tableau IV.15. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	21	18
pH	8.41	7.3
O₂dissout (mg/l)	3.6	0.7
O₂dissout (%)	47	9
Turbidité (NTU)	113,223	3,346
MES (mg/l)	120	10
MO (mg/l)	98	7
MM (mg/l)	22	3
DCO (mg/l)	268,8	57,6

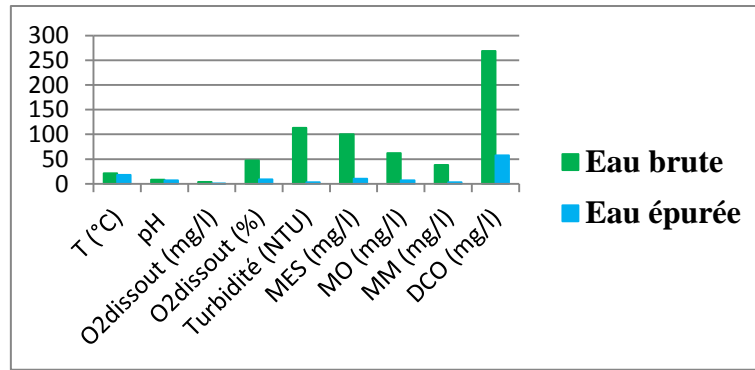


Figure IV.66. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

Ces résultats présentés sont obtenus après plusieurs prélèvements (prélèvement au niveau du bac d'alimentation et des prélèvements au niveau de clarificateur).

- Les résultats obtenus sont résumés dans l'**annexe C.01**
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0.181 l/min.
- L'indice de boue est 120.588 ml/g ce qui montre que la boue est bien décantée.
- **Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représentée dans le tableau suivant.**

Tableau IV.16. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	12/04/2015	09 :00
2	12/04/2015	12 :00
3	12/04/2015	14 :00
4	13/04/2015	09 :00
5	13/04/2015	12 :00
6	13/04/2015	14 :00
7	14/04/2015	09 :00
8	14/04/2015	12 :00
9	14/04/2015	14 :00
10	15/04/2015	09 :00
11	15/04/2015	12 :00
12	15/04/2015	14 :00
13	16/04/2015	09 :00
14	16/04/2015	12 :00

Dans cette partie on va étudier la variation des paramètres qui ont été mesurés au niveau du clarificateur en fonction du temps qui ont été représentés dans les figures (**IV.67 a IV.74**).

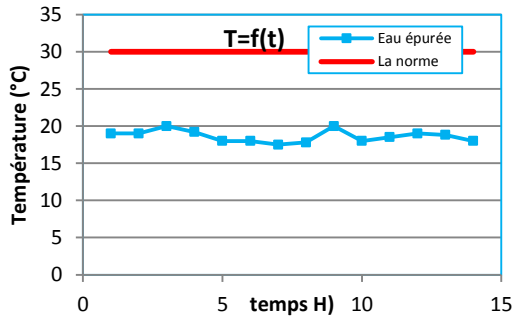


Figure IV.67. variation de température.

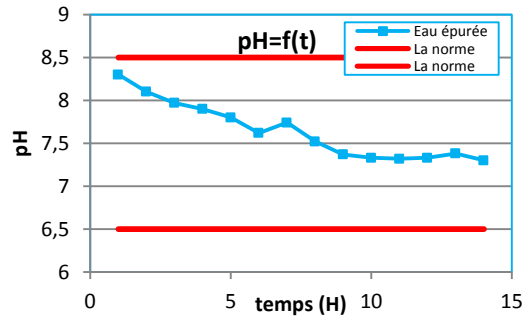


Figure IV.68. variation du pH.

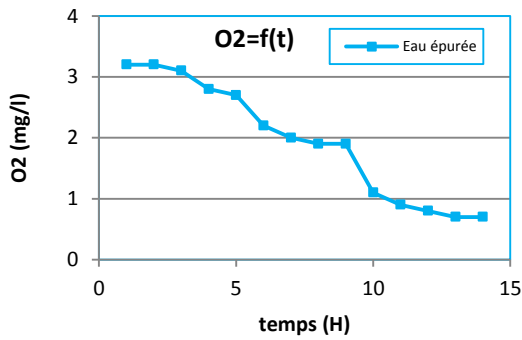


Figure IV.69. variation de l'oxygène dissout dans l'eau.

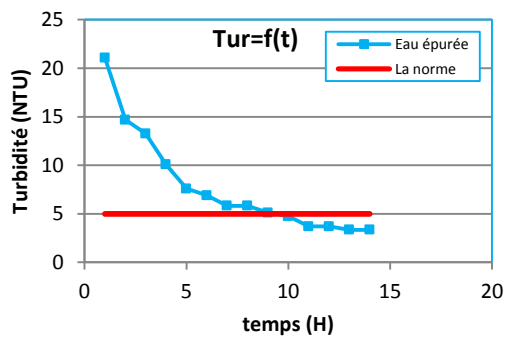


Figure IV.70. variation de la turbidité.

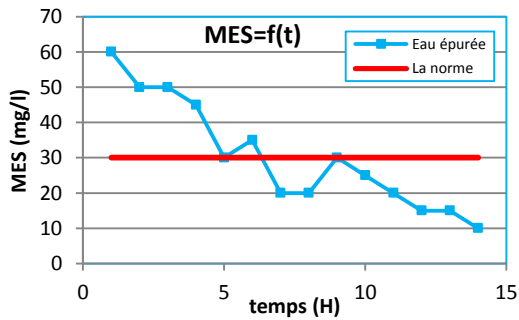


Figure IV.71. variation des MES

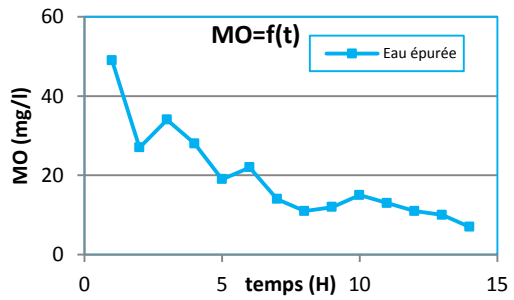


Figure IV.72. variation des MO.

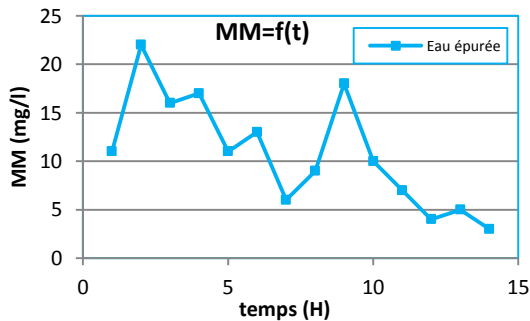


Figure IV.73. variation des MM.

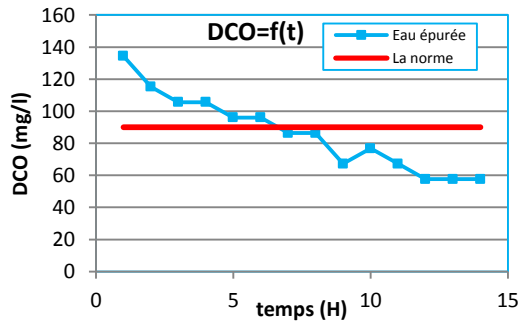


Figure IV.74. variation de la DCO.

A. La température(T) :D'après la figure IV.67, il en résulte que les valeurs la température varie entre 17,5°C et 20°C. Cette variation est due au contact eau-air dans les décanteurs ; de là est en comparant avec celle de la norme on peut dire que on a des bon résultats et on respecte la norme.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH) : On remarque d'après la figure IV.68, qu'il y a une diminution dans le potentiel d'hydrogène, il varie entre 7,3 et 8,3 ce qu'il y a influence du procédé sur le pH, donc dans cette expérience le pH est conforme aux normes.

C. O₂ dissout : D'après la figure IV.69, nous remarquons que il y'a une grande diminution de la concentration d'O₂ dissout à environ 0,7 mg/l après la décantation alors qu'elle était de 3,7 mg/l initialement, qui s'explique par le fait que les bactéries ont consommée l'oxygène pour dégrader la matière organique.

D. la turbidité (Tur) : L'examen de la figure IV.70, montre que la valeur de la turbidité était très élevée 113,223 NTU à l'entrée, après elle a diminué après l'épuration à une valeur de 3,35 NTU. Donc on peut conclure que la turbidité de l'eau épurée a la sortie est conforme aux normes.

E. Les matières en suspension (MES) : La valeur des MES d'eau brute est de 120 mg/l. D'après le graphique IV.71, on remarque qu'il-y-avez une très grande élimination des MES dans le décanteur qui varie entre 10 et 60 mg/l le pique remarque en 6^{ème} prélèvement et 9^{ème} prélèvement et due au détachement des bactéries du lit bactérien. Le rendement d'élimination des matières en suspension est de **91,66 %**. La concentration des MES à la sortie est inférieure à la limite recommandée pour l'eau usée (<30 mg/l).

F. Les matières organiques (MO) : D'après les résultats obtenus des MO dans la figure IV.72, nous avons constaté qu'une grande quantité des MO a été éliminée pendant l'épuration ; de 98 mg/l dans l'eau brute à 7 mg/l de l'eau épurée. Donc le lit bactérien élimine **92,85 %** des MES, on peut conclure que le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction de ce paramètre.

G. Les matières minérales (MM) : A partir de la figure IV.73, on remarque une variation instable des teneurs en MM de l'eau épurée, cette variation oscille dans un intervalle de 3 à 22 mg/l durant une période de cinq jours dans le décanteur. Le rendement d'élimination des MM est de **86,36 %**. Donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : La demande chimique en oxygène de l'eau brute est de 268,8 mg/l et de la sortie est estimée à 57.6 mg/l au niveau du

décanteur, cela à partir du figure IV.73, nous conduit à dire qu'il y-a vraiment une élimination acceptable de la substance oxydable. Donc le lit bactérien diminue pratiquement **78.57 %** de DCO.

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

L'expérience a été menés le 19/04/2015 avec un débit d'alimentation de 20 l/h et après stabilisation de la DCO, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.17, et représenté sur l'histogramme de la figure IV.75.

Tableau IV.17. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	26	20,5
pH	7,96	7,3
O ₂ dissout (mg/l)	4,1	0,7
O ₂ dissout (%)	54	9
Turbidité (NTU)	110,387	3,346
MES (mg/l)	160	10
MO (mg/l)	92	2
MM (mg/l)	68	8
DCO (mg/l)	259,2	48

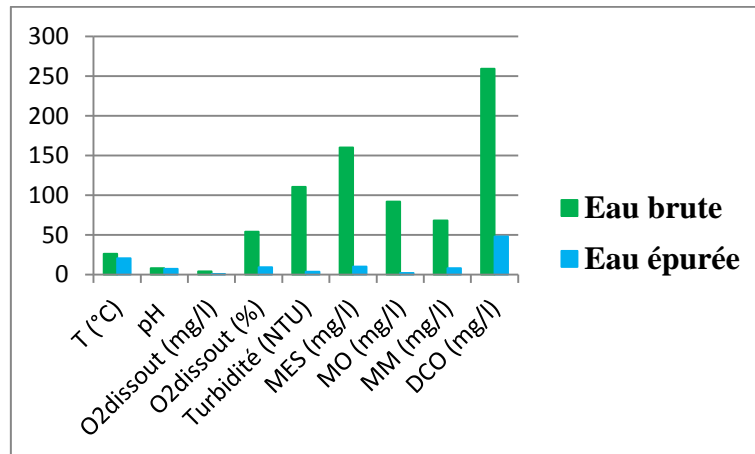


Figure IV.75. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumé dans l'**annexe C.02**
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0.346 l/min.
- L'indice de boue est 109.589 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.

- Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.

Tableau IV.18. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	19/04/2015	09 :00
2	19/04/2015	12 :00
3	19/04/2015	14 :00
4	20/04/2015	09 :00
5	20/04/2015	12 :00
6	20/04/2015	14 :00
7	21/04/2015	09 :00
8	21/04/2015	12 :00
9	22/04/2015	09 :00
10	22/04/2015	12 :00
11	22/04/2015	14 :00

Nous avons représenté dans les figures (IV.76 a IV.83) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

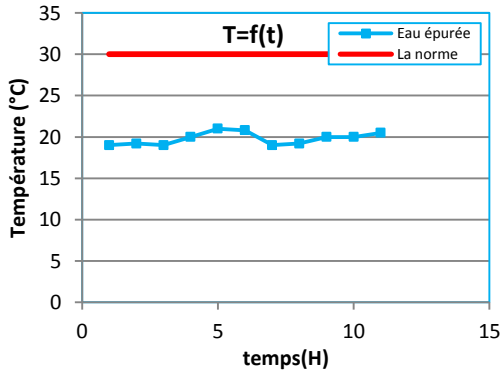


Figure IV.76. variation de la température.

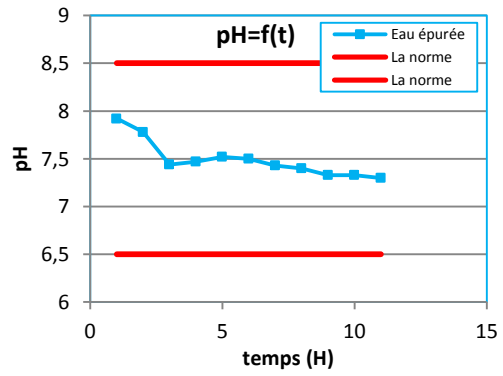


Figure IV.77. variation du pH.

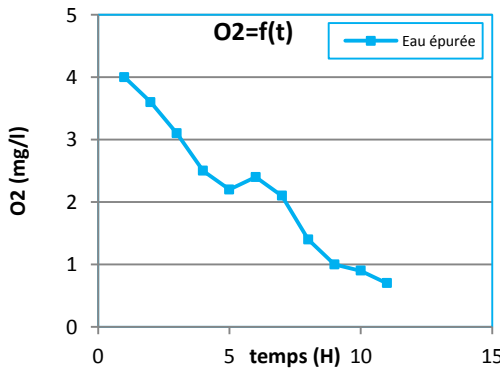


Figure IV.78. variation de l'O₂ dissous dans l'eau.

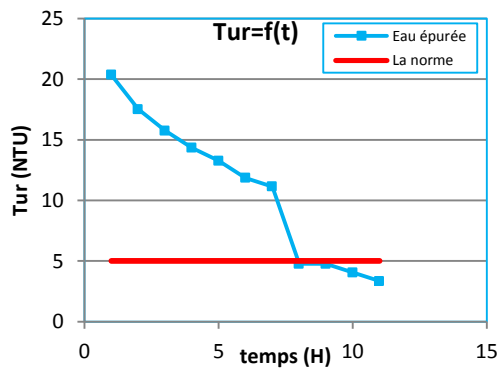


Figure IV.79. variation de la turbidité.

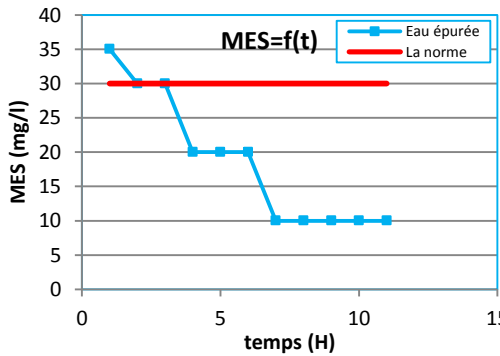


Figure IV.80. variation des MES.

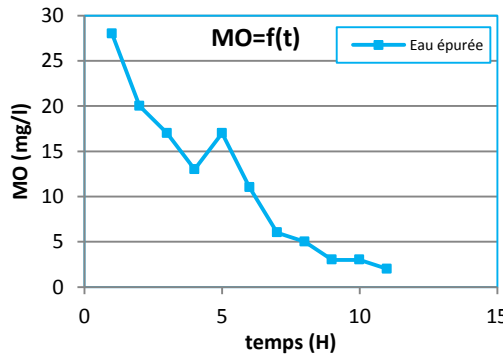


Figure IV.81. variation de la MO.

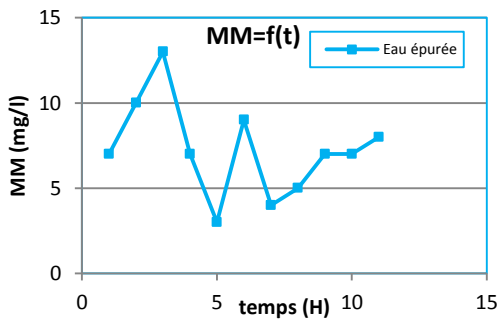


Figure IV.82. variation de la MM.

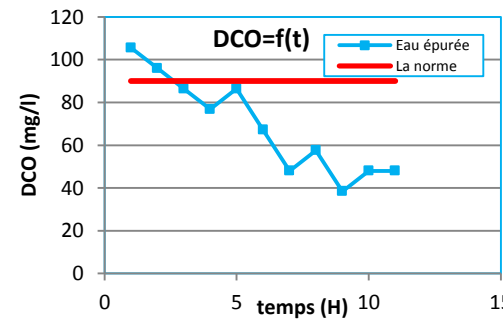


Figure IV.83. variation de la DCO.

A. La température : D'après la figure VI.76, on remarque que la température a une variation stable ce. La température de l'eau est largement inférieure à 30°C.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH): D'après la figure IV.77, on remarque que la variation de courbe est uniforme, les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7,3 à 7,92 et reste dans la gamme de neutralité. Les valeurs de pH de l'eau sont comprises entre la norme de rejet fixée ($6.5 \leq \text{PH} \leq 8.5$).

C. O₂ dissout : D'après la figure IV.78, on remarque une chute importante de la teneur en oxygène dissout de l'eau épurée; elle varie entre 4 mg/l et 0,7 mg/l. l'Oxygène est diminué au décanteur à cause de l'augmentation des bactéries dans le lit bactérien. Le taux de consommation d'oxygène dissout est de **82,92%** de l'entrée de l'eau brute.

D. la turbidité (Tur) : La valeur de la turbidité d'eau brute est de 110,387 NTU. D'après le graphique IV.79, on remarque qu'il y a une très grande élimination des boues le décanteur qui varie entre 20,359 et 3,346. Dont le rendement d'élimination de la turbidité est de **96,96 %**. La concentration des MES à la sortie est inférieure à la limite recommandée pour l'eau usée (<30 mg/l).

E. Les matières en suspension (MES) : Selon la figure IV.80, 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 160 mg/l à l'entrée contre uniquement 10 mg/l au niveau de la sortie soit une élimination de **93,75%**. La concentration des MES à la sortie est inférieure à la limite recommandée pour l'eau usée (<30mg/l).

F. Les matières organiques (MO) : D'après la figure IV.81, nous avons observé une chute importante des matières organiques, est la fin de l'expérience nous avons eu une élimination de 97.82 % ce qui confirme l'efficacité de ce procédé dans la dégradation de la matière organique.

G. Les matières minérales (MM) : La quantité des MM de l'eau brute été de 68 mg/l cette quantité est presque éliminée totalement pendant 4 jours de traitement 8 mg/l à la fin de l'expérience (figure IV.82), soit une élimination de **88.23 %**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : La concentration de la DCO de l'eau brute est de 259,2 mg/l ; d'après la figure IV.83, il y a une chute important 48 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 **81,48 %**.

IV.4.3. Epuration avec un débit de 25 l/h

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 25 l/h après stabilisation de la DCO et tous les résultats des paramètres analysés sont résumés dans le tableau et le graphe suivant :

Tableau IV.19. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	27	19
pH	8.1	7.44
O ₂ dissout (mg/l)	3	0.3
O ₂ dissout (%)	37	5
Turbidité (NTU)	116,767	3,346
MES (mg/l)	240	10
MO (mg/l)	183	11
MM (mg/l)	57	9
DCO (mg/l)	326,4	48

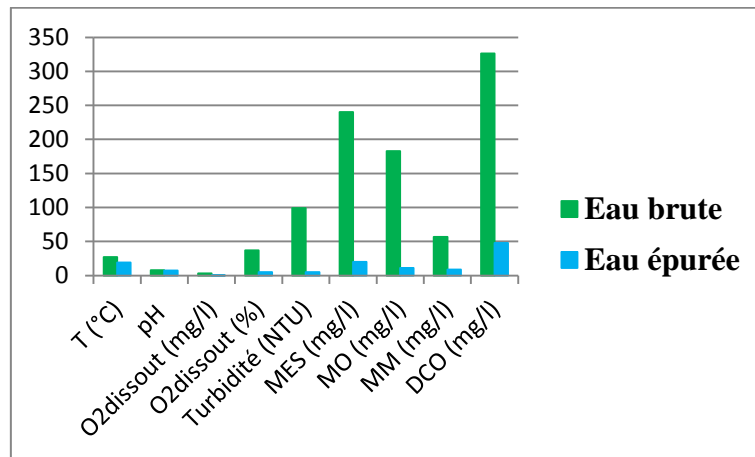


Figure IV.84. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumé dans **l'annexe C.03**
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0.444 l/min
- L'indice de boue est 119.178 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.
- **Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.**

Tableau IV.20. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	23/04/2015	09 :00
2	23/04/2015	12 :00
3	26/04/2015	09 :00
4	26/04/2015	12 :00
5	26/04/2015	14 :00
6	27/04/2015	09 :00
7	27/04/2015	12 :00
8	27/04/2015	14 :00
9	28/04/2015	09 :00
10	28/04/2015	12 :00
11	28/04/2015	14 :00
12	29/04/2015	09 :00
13	29/04/2015	12 :00

Nous avons représenté dans les figures (**IV.85 a IV.92**) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

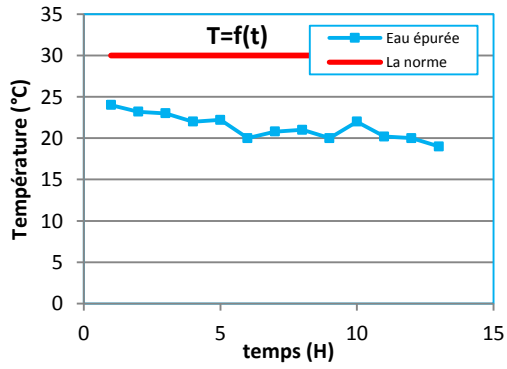


Figure IV.85. variation de la température.

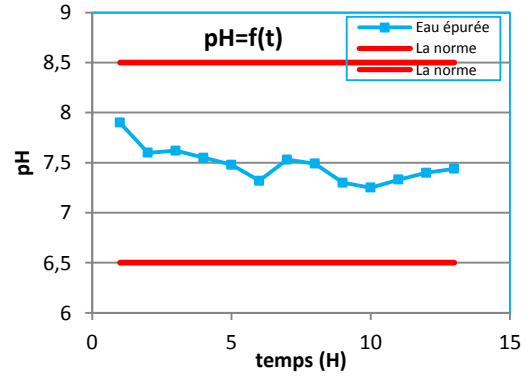


Figure IV.86. variation du pH.

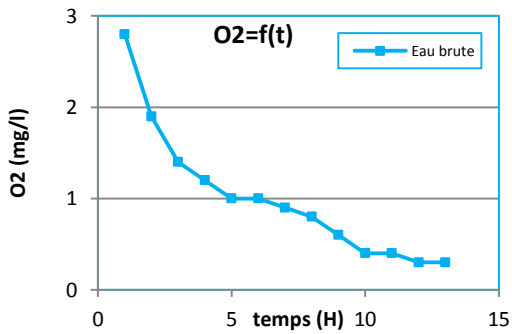


Figure IV.87. variation de l'O₂ dissout dans l'eau.

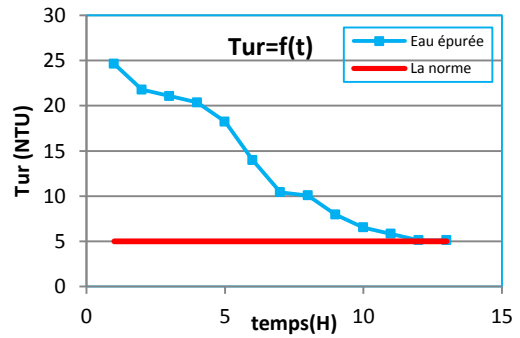


Figure IV.88. variation de la turbidité.

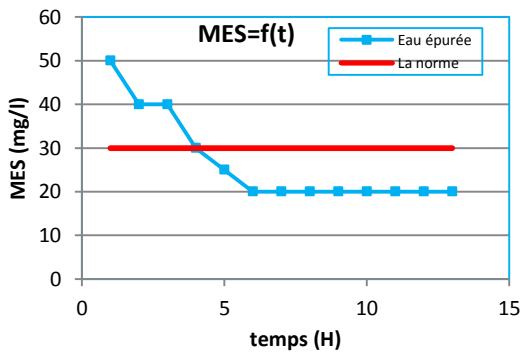


Figure IV.89. variation des MES.

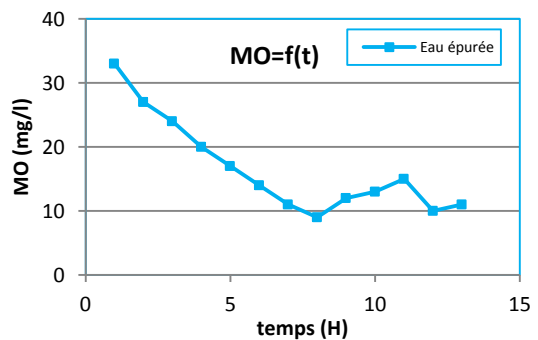


Figure IV.90. variation de la MO.

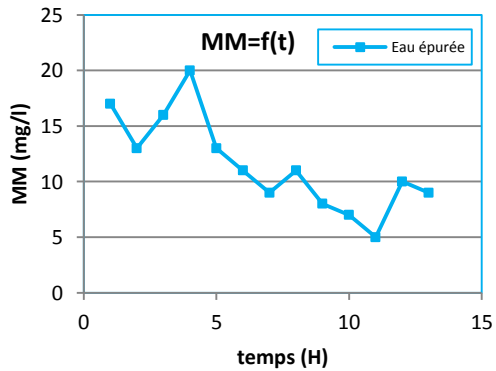


Figure IV.91. variation de la MM.

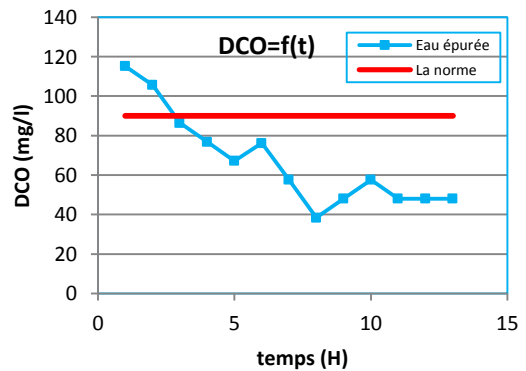


Figure IV.92. variation de la DCO.

A. La température : A partir de la figure IV.85, ces variations sont obtenues par la mesure de chaque échantillon à différents temps dans le décanteur, la température varie entre 19°C et 24°C. Cette variation est due au contact eau-air dans les décanteurs ; de là est comparé le graphique avec celui des normes on peut dire que on a de bons résultats et on respecte les normes.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH): D'après la figure IV.86, on remarque qu'il y a une diminution du pH au cours de traitement qui n'a pas un impact écologique sur l'environnement. Les valeurs du pH (à l'entrée du lit, et à la sortie du décanteur) varient entre 8,1 et 7,44 donc dans cette expérience le pH est conforme aux normes.

C. O₂ dissout : D'après le graphique IV.86, les teneurs en O₂ dissous enregistrées à l'entrée sont nettement supérieures à celles de sortie, ceci est nécessaire pour assurer l'oxydation des matières organiques, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées.

D. La turbidité (Tur) : Selon la figure IV.88, on remarque qu'il y a une diminution importante de la turbidité entre l'entrée et la sortie de l'eau usées situées; de 116,767 NTU et 3,346. Le procédé élimine **97,13 %** de la turbidité de l'eau.

E. Les matières en suspension (MES) : La quantité des MES de l'eau brute était de 240 mg/l cette quantité est presque éliminée totalement pendant 5 jours de traitement 10 mg/l à la fin de l'expérience (figure IV.89), soit une élimination de **95,83 %** des matières en suspension.

F. Les matières organiques (MO) : D'après la figure IV.90, nous avons observé une chute importante des matières organiques, à la fin de l'expérience nous avons eu une élimination de **93,98 %** ce qui confirme l'efficacité de ce procédé dans la dégradation de la matière organique.

G. Les matières organiques (MM) : La quantité des MM de l'eau brute était de 57 mg/l cette quantité est presque éliminée pendant 5 jours de traitement 9 mg/l à la fin de l'expérience (figure IV.91), soit une élimination de **84,21 %**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : La demande chimique en oxygène de l'eau brute est de 326,4 mg/l et de la sortie est estimée à 48 mg/l (figure IV.92) au niveau du décanteur, à dire qu'il y a vraiment une élimination de la substance oxydable. Donc le lit bactérien diminue pratiquement **85,29 %** de DCO d'entrée ce qui confirme l'action positive de l'introduction de l'activité des bactéries dans le processus épuratoire.

IV.4.4. Epuration avec un débit de 16 l/h

Une nouvelle série d'expérience et de mesure ont été mené le 30/04/2015 on disposant le lit bactérien avec un débit d'alimentation de 16 l/h, après stabilisation de la DCO, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.21 et représenté sur l'histogramme de la figure IV.93.

Tableau IV.21. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	28	17
pH	8,1	7.42
O ₂ dissout (mg/l)	3.1	0,9
O ₂ dissout (%)	38	11
Turbidité (NTU)	95,501	4,055
MES (mg/l)	220	15
MO (mg/l)	234	9
MM (mg/l)	46	6
DCO (mg/l)	316,8	48

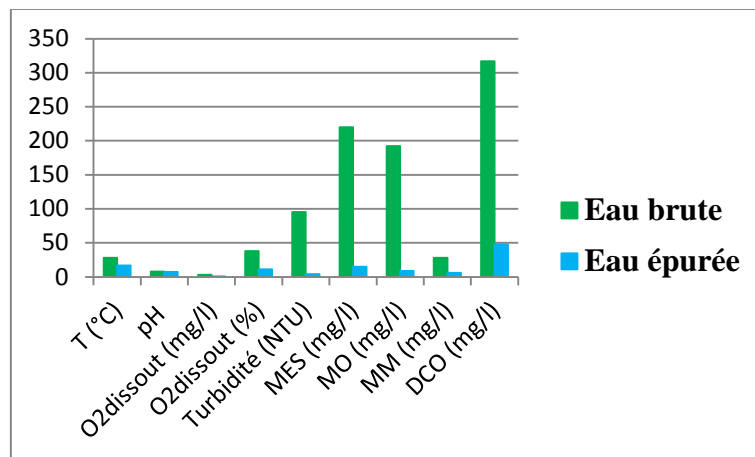


Figure IV.93. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumé dans l'annexe C.04
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0.307 l/min
- L'indice de boue est 105.882 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.
- Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.

Tableau IV.22. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	30/04/2015	09 :00
2	30/04/2015	12 :00
3	03/05/2015	09 :00
4	03/05/2015	12 :00
5	03/05/2015	14 :00
6	04/05/2015	09 :00
7	04/05/2015	12 :00
8	04/05/2015	14 :00
9	05/05/2015	09 :00
10	05/05/2015	12 :00
11	05/05/2015	14 :00

Nous avons représenté dans les figures (**IV.94 a IV.101**) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

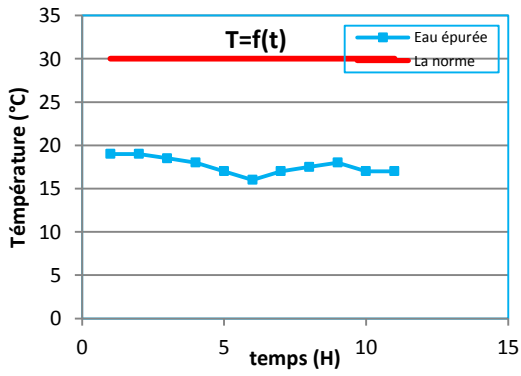


Figure IV.94. variation de la température.

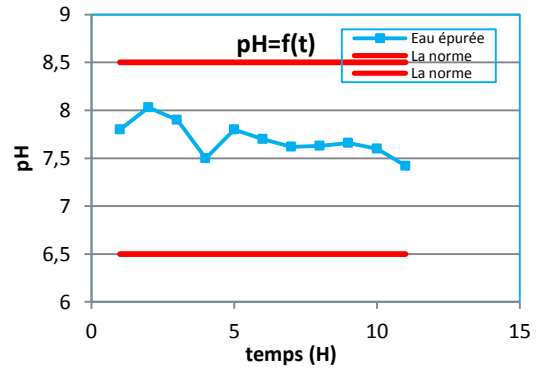


Figure IV.95. variation du pH.

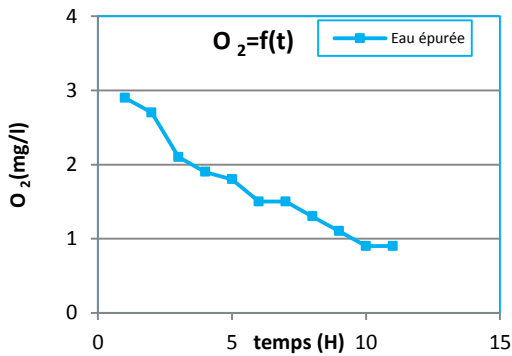


Figure IV.96. variation de l'O2 dissous dans l'eau.

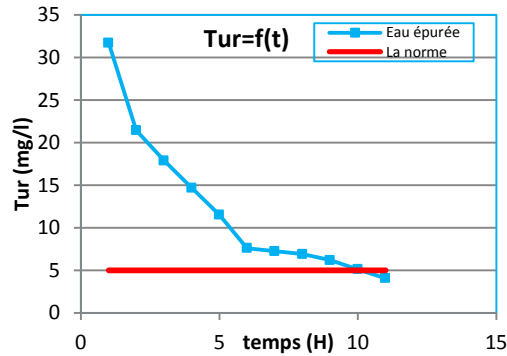


Figure IV.97. variation de la turbidité.

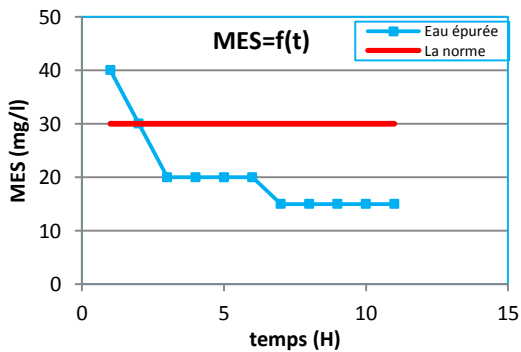


Figure IV.98. variation des MES.

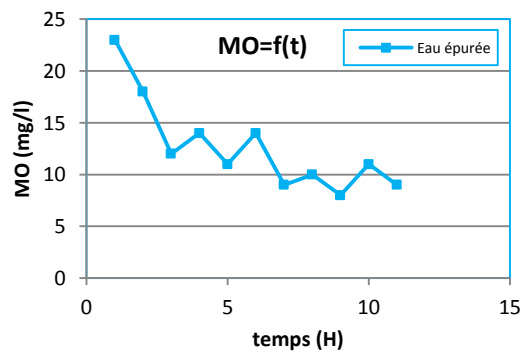


Figure IV.99. variation des MO.

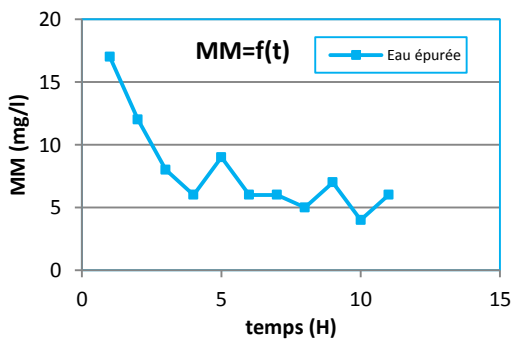


Figure IV.100. variation des MM.

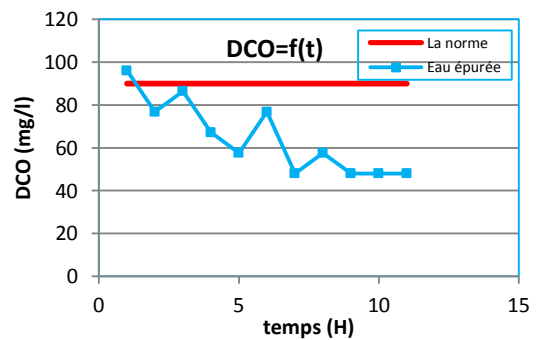


Figure IV.101. variation des DCO.

A. La température : D'après la figure IV.94, on remarque que la température a une variation stable. La température de l'eau est largement inférieure à 30°C.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH) : Selon les résultats indiqués dans la figure IV.95, les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7,42 à 8,03. Cette variation est due au contact de la suspension avec la colonne de matériau plastique. En gros le long de l'expérimentation le pH demeure proche de la normal.

C. O₂ dissout : L'examen des résultats obtenus (Figure IV .96) montre que la concentration de l'O₂ dissout a été diminué pour atteindre une valeur de 0,9 mg/l après l'épuration, alors à l'entré il était de 3,1 mg/l, ce qui s'explique par l'activité des bactéries au sien du lit bactérien.

D. La turbidité: On compare la valeur de la turbidité d'eau brute qui est de environ 95, 501 NTU avec 4,055 NTU celle de la turbidité d'eau de sortie (la figure IV.97), on remarque qu'il y'avez une chute importante de la turbidité dans l'eau épurée, dont le rendement d'élimination de la turbidité étés de **95,75 %**. La turbidité à la sortie est conforme à la norme.

E. Les matières en suspension (MES) : La variation des matières en suspension est très visible surtout au niveau du graphique IV.98, des MES cela et due au détachement subite des bactéries du lit, elle est largement inférieure à la norme. Le rendement d'élimination des MES est de **93.18 %**.

F. Les matières organiques (MO) : D'après la figure IV.99, nous avons observé une chute importante des matières organiques, est la fin de l'expérience nous avons eu une élimination de **96.15 %** ce qui confirme l'efficacité du ce procédé dans la dégradation de la matière organique.

G. Les matières minérales (MM) : La teneur en MM dans l'eau brute a été de 46 mg/l et d'après la figure IV.100, il y'a une réduction importante des MM dans le décanteur (6 mg/l à la fin), soit une élimination de **86.95 %**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : D'après la figure IV.101, la variation de DCO est très aléatoire, on constate qui il y'a une chute important (48 mg/l) pendant les 4 jours de traitement, cette valeur est conforme à la norme (<90 mg/l), donc on peut dire due une grande concentration été éliminé par ce procédé avec un rendement d'élimination la DCO de **84,84 %**.

IV.5. Epuration avec lit bactérien en garnissage plastique sur une hauteur 80 cm

IV.5.1. Epuration avec un débit de 16 l/h

Une nouvelle série d'expérience et de mesure ont été mené le 06/05/2015 on disposant le lit bactérien, L'épuration avec un débit d'alimentation de 16 l/h est achevée après la stabilisation de la DCO, les résultats des paramètres analysés sont résumé dans le tableau et le graphe suivant :

Tableau IV.23. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	28	20
pH	8	7,4
O ₂ dissout (mg/l)	3,2	0,9
O ₂ dissout (%)	39	11
Turbidité (NTU)	95,501	4,409
MES (mg/l)	220	10
MO (mg/l)	219	1
MM (mg/l)	101	9
DCO (mg/l)	288	28,8

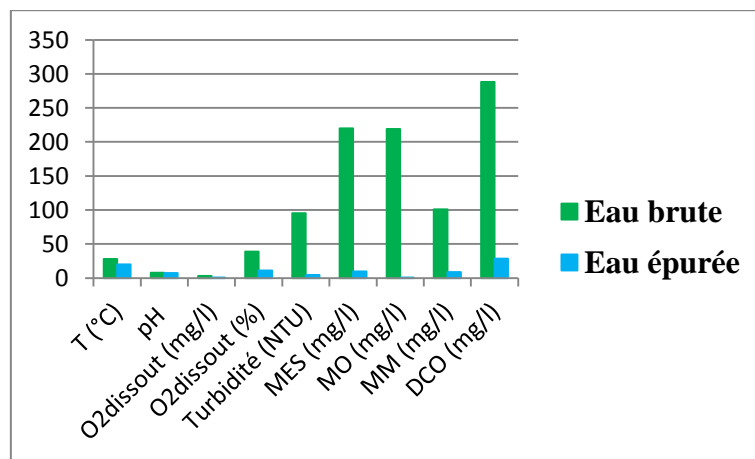


Figure IV.102. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumé dans l'**annexe D.01**.
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0,307 l/min.
- L'indice de boue est 95,348 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.

- Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.

Tableau IV.24. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	06/05/2015	09 :00
2	06/05/2015	12 :00
3	06/05/2015	14 :00
4	07/05/2015	09 :00
5	07/05/2015	12 :00
6	10/05/2015	09 :00
7	10/05/2015	12 :00
8	10/05/2015	14 :00
9	11/05/2015	09 :00
10	11/05/2015	12 :00
11	12/05/2015	09 :00
12	12/05/2015	12 :00

Nous avons représenté dans les figures (**IV.103 a IV.110**) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

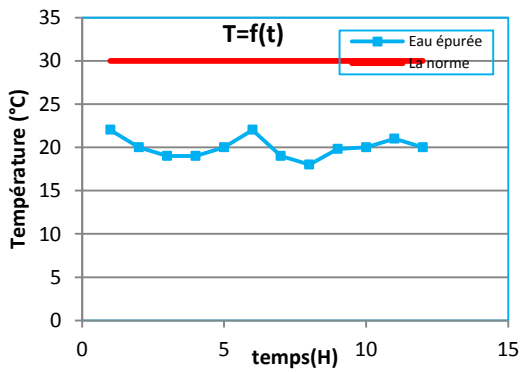


Figure IV.103. variation de la température.

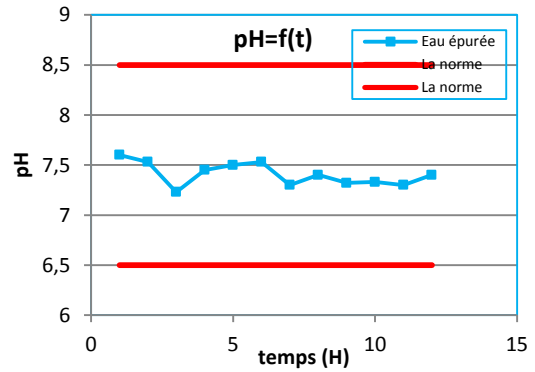


Figure IV.104. variation du pH.

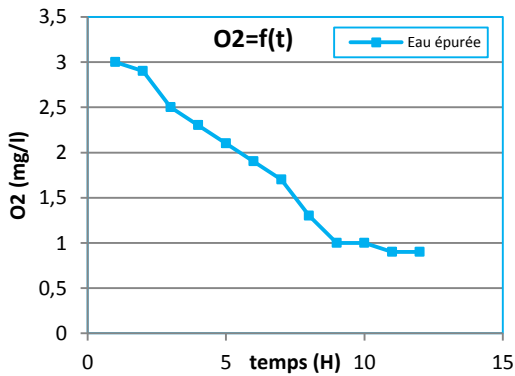


Figure IV.105. variation de l'O₂ dissout dans l'eau.

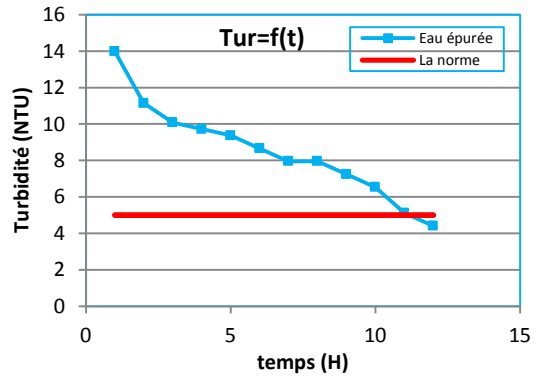


Figure IV.106. variation de la turbidité.

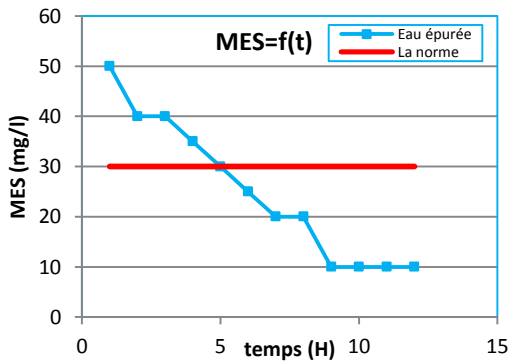


Figure IV.107. variation des MES.

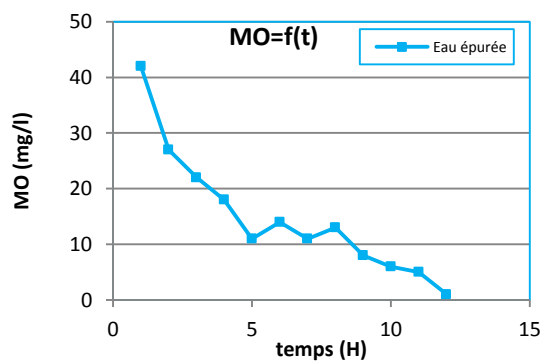


Figure IV.108. variation de la MO.

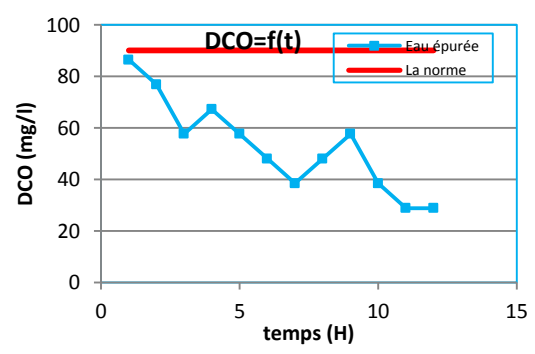
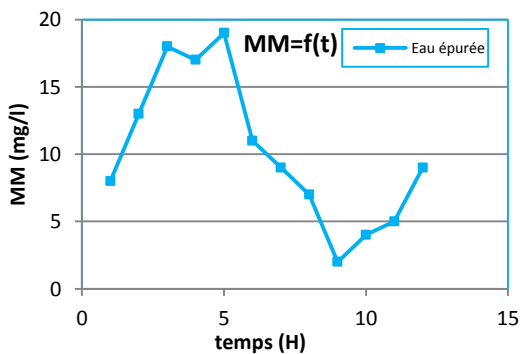


Figure IV.109. variation de la MM.

Figure IV.110. variation de la DCO.

A. La température : D'après la figure IV.103, la mesure de chaque échantillon à différents temps dans le décanteur (la température varie entre 18°C et 22°C). Cette variation est due au contact eau-air dans le décanteur.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH): Selon les résultats indiqués dans la figure IV.104, les valeurs du pH dans l'eau épurée varient de 7,23 à 7,6 et restent 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 normale.

C. O₂ dissout : La concentration de l'O₂ dissous à l'entrée était de 3,2 mg/l et selon la figure IV.105 elle a diminué à 0,9 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 sein du lit (les bactéries consomment l'O₂ dissous ce qui montre que il y'a une dégradation biologique des matières organiques. Le taux de consommation de l'O₂ dissous est de **71,87%** de l'eau à l'entrée du lit.

D. La turbidité (Tur) : La turbidité de l'eau usée est de 95,501 NTU et selon la figure IV.106, cette dernière a été diminuée à 4,409 NTU à la fin de l'expérience ce qui montre que la turbidité de l'eau épurée est inférieure à la norme à la sortie du clarificateur. Cette diminution est due à la dégradation des matières organiques, le procédé élimine **95,38%** de la turbidité de l'eau.

E. Les matières en suspension (MES) : D'après la figure IV.107, nous apercevons une décroissance de la teneur des matières en suspension dans l'eau épuré jusqu'à 10 mg/l; alors dans l'eau brute elles étaient de 220 mg/l. Ces résultats mis en évidence l'efficacité de ce procédé dans la réduction des MES, avec une élimination de **98,08%**. La concentration des MES est largement inférieure à la norme.

F. Les matières organiques (MO) : L'examen des résultats obtenus par la figure IV.108, montre que la concentration des MO a été diminuée pour atteindre une valeur de 1 mg/l après l'épuration, alors à l'entrée il était de 219 mg/l, ce qui explique la dégradation de la matière organique par les bactéries au sein du lit bactérien.

G. Les matières organiques (MM) : La teneur en MM dans l'eau brute a été de 101 mg/l et d'après la figure IV.109, il y'a une réduction importante des MM dans le décanteur (9 mg/l à la fin), soit une élimination de **84,40%**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : La DCO de l'eau brute est de 288 mg/l, d'après la figure IV.110, à la fin de l'expérience elle s'est stabilisé à 28,8 après la décantation (soit une élimination de **90 %** de la DCO initiale). Cette valeur est conforme à la norme algérien de rejet (<90 mg/l), donc une grande concentration a été éliminé par ce procédé car il y'a dégradation importante de la charge polluante.

IV.5.2. Epuration avec un débit de 20 l/h

L'expérience a été menés le 13/05/2015 avec un débit d'alimentation de 20 l/h après stabilisation de la DCO, les résultat obtenus sont résumés dans le tableau IV.25 et représenté sur l'histogramme de la figure IV.111

Tableau IV.25. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	28	19,2
pH	8.23	7,5
O ₂ dissout (mg/l)	3,6	0,5
O ₂ dissout (%)	43	7
Turbidité (NTU)	99,045	4,713
MES (mg/l)	220	5
MO (mg/l)	125	2
MM (mg/l)	95	3
DCO (mg/l)	307,2	19,2

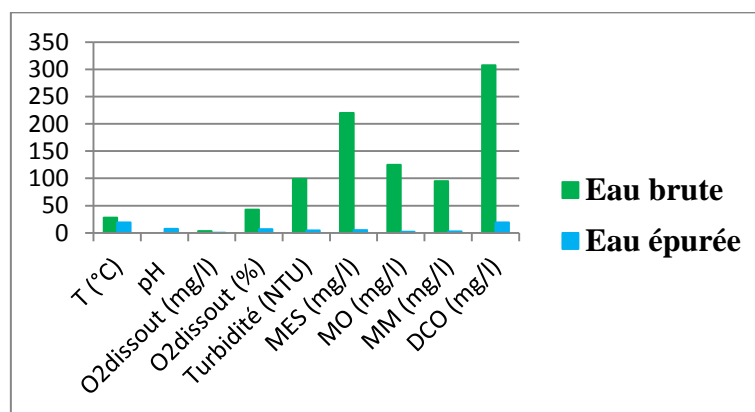


Figure IV.111. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

Ces résultat présenté son obtenue après plusieurs prélèvements (prélèvement au niveau du bac d'alimentation et des prélèvements au niveau de clarificateur).

- Les résultats obtenus sont résumé dans l'**annexe D.2.**

- Le débit recyclé de l'eau claire est 0,346 l/min.
- L'indice de boue est 91,167 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.
- **Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.**

Tableau IV.26. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	13/05/2015	09 :00
2	13/05/2015	12 :00
3	13/05/2015	14 :00
4	14/05/2015	09 :00
5	14/05/2015	12 :00
6	17/05/2015	14 :00
7	17/05/2015	09 :00
8	17/05/2015	12 :00
9	18/05/2015	14 :00
10	18/05/2015	09 :00
11	18/05/2015	12 :00

Dans cette partie on va étudier la variation des paramètres qui ont été mesurés au niveau du clarificateur en fonction du temps qui ont été représentant dans les figures (IV.112 a IV.119).

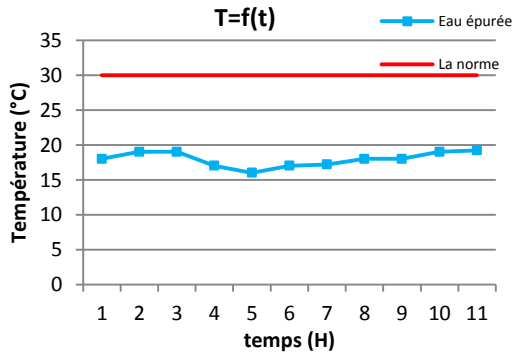


Figure IV.112. variation de température.

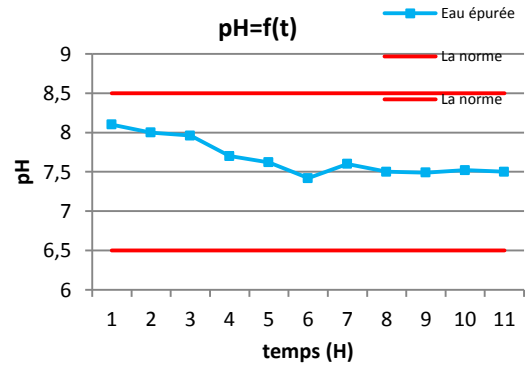


Figure IV.113. variation du pH.

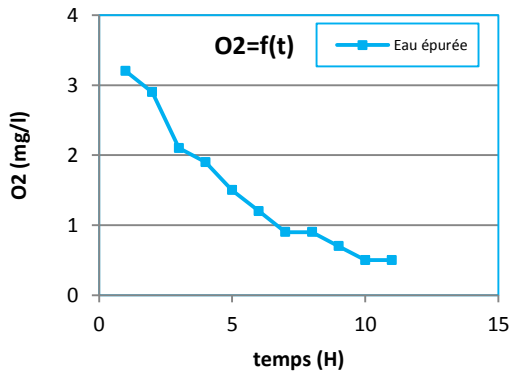


Figure IV.114. variation de l'oxygène dissout dans l'eau.

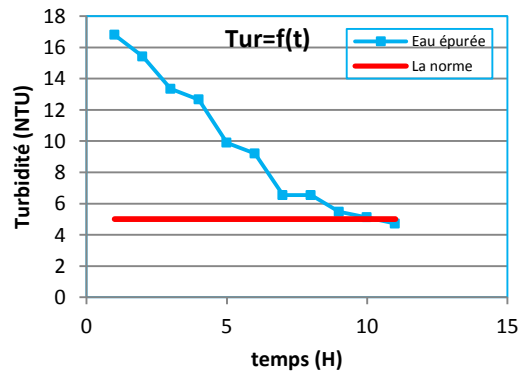


Figure IV.115. variation de la turbidité.

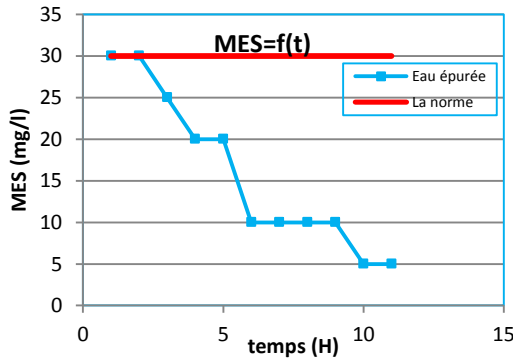


Figure IV.116. variation des MES

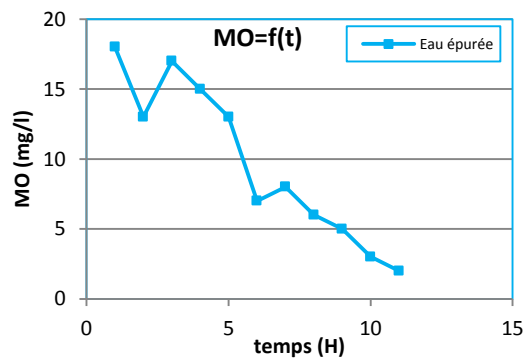


Figure IV.117. variation des MO.

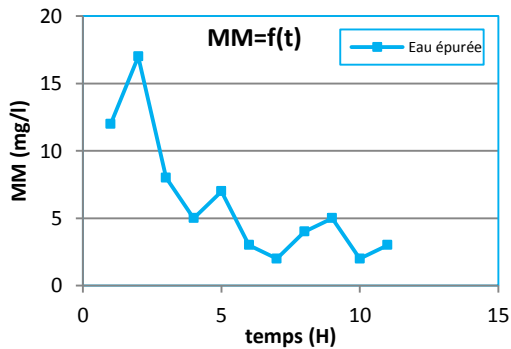


Figure IV.118. variation des MM.

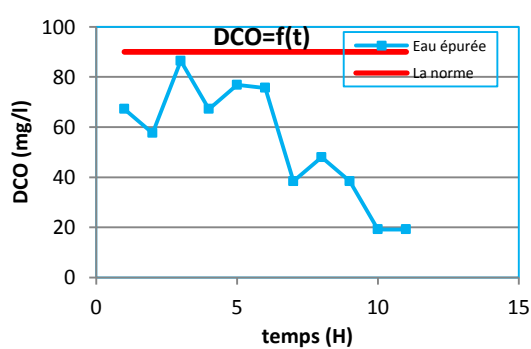


Figure IV.119. variation de la DCO.

A. La température(T) : Les résultats obtenus représentés dans la figure IV.112 montre que la température de l'eau épurée varient de 16 à 19.2 °C, La température de l'eau est largement inférieure à 30°C. Cette variation est due au contact eau-air dans le décanteur.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH) : D'après la figure IV.113 du pH, nous avons remarqué qu'il y'a une diminution du pH. Elles varient 7,42 à 8, 1 (ces valeurs sont toujours conformes aux normes), la fluctuation de valeurs du pH est due au la contacte de la suspension avec la colonne de matériau plastique.

C. O₂ dissout : D'après la figure précédente IV.114, en remarque que la variation de la quantité d'oxygène dissout dans le décanteur et plus importante à celle de l'entrée ce qui veut dire que l'activité bactérienne est importante.

D. la turbidité (Tur) : On compare la valeur de la turbidité d'eau brute qui est de envirent 99, 045 NTU avec 4,713 NTU celle de la turbidité d'eau de sortie (figure IV.115), on remarque qu'il y'avez une élimination de la turbidité de l'eau. Dont le rendement d'élimination de la turbidité étés de **95,24 %**.

E. Les matières en suspension (MES) : La variation des matières en suspension est très visible d'après la figure 116, il y'a une réduction importante des MES dans le décanteur (5 mg/l à la fin), soit une élimination de **97,92 %**. La teneur en MES est largement inférieure à la norme.

F. Les matières organiques (MO) : La valeur de la matière organique de l'eau brute été de 125 mg/l d'après l'épuration cette valeur est diminuée à 2 mg/l (figure IV.117), soit une élimination de **98,4 %** de la concentration initiale, donc le lit bactérien contribue efficacement dans la réduction des matières organiques des eaux usées.

G. Les matières minérales (MM) : La quantité des MM de l'eau brute été de 95 mg/l cette quantité est presque éliminée totalement pendant 4 jours de traitement 3 mg/l à la fin de l'expérience (figure IV.118), soit une élimination de **96,84 %**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : La demande chimique en oxygène de l'eau brute est de 307,2 mg/l et de la sortie est estimer à 19,2 mg/l au niveau du décanteur (figure IV.119), cela nous conduit à dire qu'il y-a vraiment une élimination acceptable de la substance oxydable. Donc le lit bactérien diminue pratiquement **93,95 %** de DCO.

IV.5.3. Epuration avec un débit de 25 l/h

L'expérience a été menée le 19/05/2015 avec un débit d'alimentation de 25 l/h après stabilisation de la DCO et tous les résultats des paramètres analysés sont résumés dans le tableau et le graphe suivant :

Tableau IV.27. Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau.

paramètre	L'eau brute	L'eau épurée
T (°C)	26	19
pH	8	7,4
O ₂ dissout (mg/l)	4.6	0,8
O ₂ dissout (%)	54	10
Turbidité (NTU)	109,678	2,283
MES (mg/l)	160	5
MO (mg/l)	97	0
MM (mg/l)	63	5
DCO (mg/l)	278,4	28,8

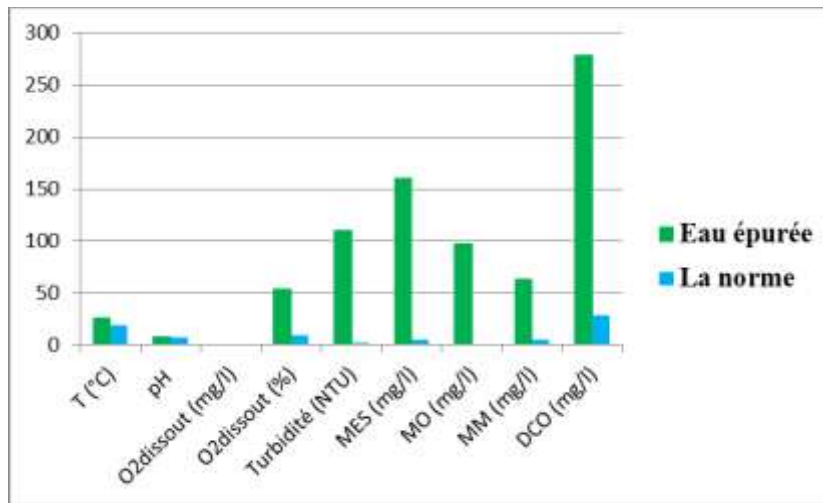


Figure IV.120. Histogramme de la variation de tous les paramètres (l'entrée et sortie).

- Les résultats obtenus sont résumé dans **l'annexe D.03**
- Le débit recyclé de l'eau claire est 0,444 l/min
- L'indice de boue est 87,209 ml/g ce qui montre que la boue est bien décanté.
- **Nous avons défini les temps des prélèvements sur l'axe des abscisses par une numérotation, comme elle est représenté dans le tableau suivant.**

Tableau IV.28. Désignation des abscisses.

abscisse	date	Heurs
1	19/05/2015	09 :00
2	19/05/2015	12 :00
3	19/05/2015	14 :00
4	20/05/2015	09 :00
5	20/05/2015	12 :00
6	21/05/2015	09 :00
7	21/05/2015	12 :00
8	24/05/2015	09 :00
9	24/05/2015	12 :00
10	25/05/2015	09 :00
11	25/05/2015	12 :00
12	25/05/2015	14 :00

Nous avons représenté dans les figures (**IV.121 a IV.128**) la variation des différents paramètres mesurés en fonction du temps au niveau du décanteur.

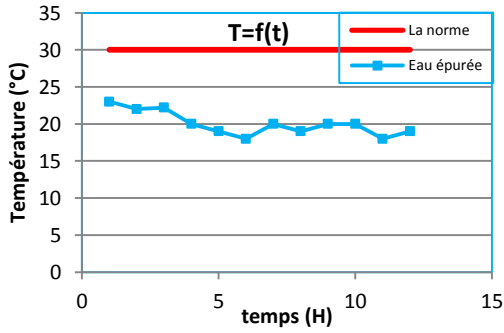


Figure IV.121. variation de la température.

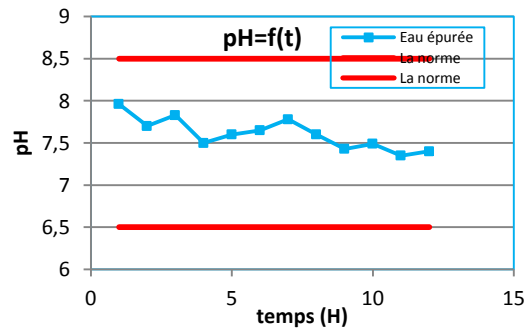


Figure IV.122. variation du pH.

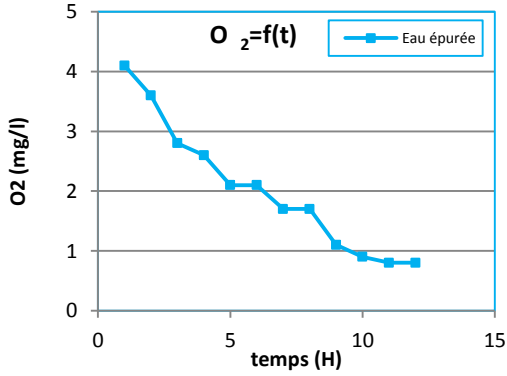


Figure IV.123. variation de l'O₂ dissout dans l'eau.

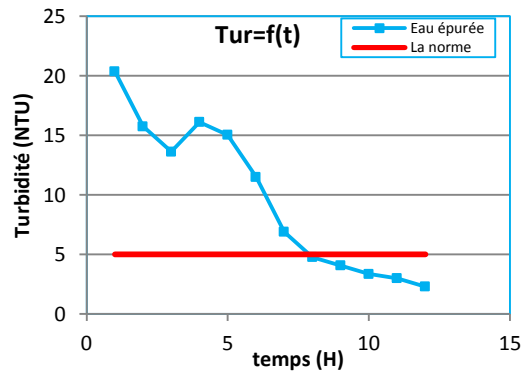


Figure IV.124. de la turbidité.

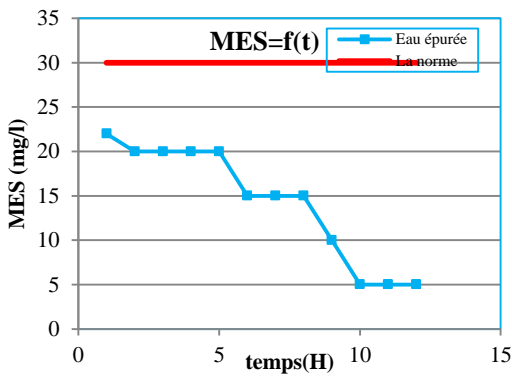


Figure IV.125. variation des MES.

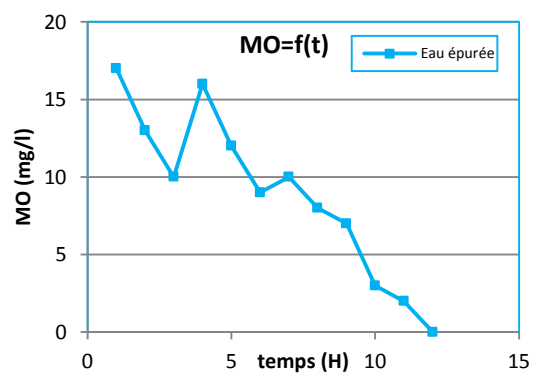


Figure IV.126. variation de la MO.

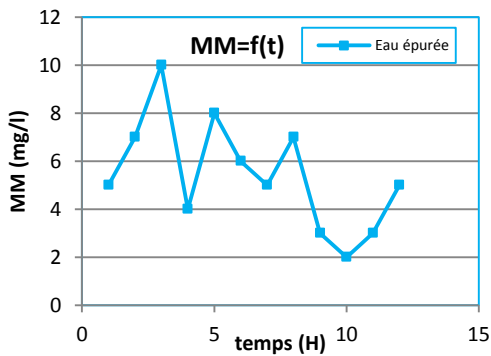


Figure IV.127. variation de la MM.

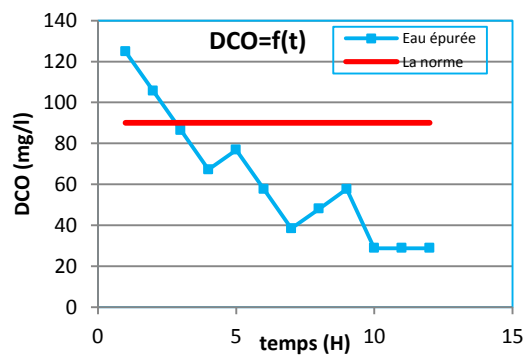


Figure IV.128. variation de la DCO.

A. La température : Après l'analyse de l'échantillon de la figure IV.121, on remarque que les valeurs de la température de l'épuré varient entre 18 à 23°C. la température de l'eau est largement inférieure à 30°C.

B. Le potentiel d'hydrogène (pH): Selon les résultats indiqués dans la figure IV.122, les valeurs du pH dans l'eau épuré varient de 7,35 à 7,96 reste au long de manipulation basique. Cette variation est due au contact de la suspension avec la colonne de matériau plastique.

C. O₂ dissout : Selon les résultats indiqués sur la figure IV.123, on observe une chute importante de la teneur de l'O₂ dissous. Cette fluctuation signifie l'existence importante de l'activité bactérienne dans le lit, et sa diminution (de 4,1 à 0,8 mg/l) et sa consommation par les bactéries épuratrices.

D. La turbidité (Tur) : Selon la figure IV.124, on remarque qu'il y'a diminution importante de la turbidité entre l'entrée et la sortie de l'eau usées située; de 109,678 NTU et 2,283. Le procédé élimine **97.91%** de la turbidité de l'eau.

E. Les matières en suspension (MES) : D'après la figure IV.125, la concentration en matières en suspension varie de 22 mg/l à 5 mg/l dans le décanteur au cours de l'expérience. A terme de l'expérience le procédé les a réduit de **98,87%**.

F. Les matières organiques (MO) : La figure IV.126 montre que la teneur en MO dans l'eau épurée est faible. Elle a varié de 17 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 %**.

G. Les matières organiques (MM) : De la figure IV.127, on peut clairement voir la variation de la teneur en MM de l'eau qui est en constante diminution; elles varient de 10 à 2 mg/l au fil du temps dans le décanteur. Le rendement d'élimination des MM est de **92,06%**.

H. La demande chimique en oxygène (DCO) : La DCO dans l'eau usée brute est de 278,4 mg/l. Selon la figure VI.128, on voit que la DCO dans l'eau épurée est en constante diminution au cours de l'expérience. À sa stabilisation nous enregistrons 28,8 mg/l de DCO dans l'eau épuré. Ces variations dans la teneur de la DCO sont probablement dues aux variations dans la quantité d'oxygène (la consommation bactérien de l'oxygène).

IV.6. Etude comparative entre matériau traditionnel (pouzzolane) et matériau plastique

- **Rendement épuratoire :**

Pour bien apprécier le rendement épuratoire, nous avons déterminé les rendements d'éliminations des paramètres de pollution suivantes : l'O₂ dissout, MES, turbidité et DCO. Le tableau suivant résume ces résultats.

Tableaux IV.29. Rendements du pilote pour les deux garnissages sur une hauteur de 40 cm .

Hauteur de garnissage (cm)	Matériaux utilisées	Débit (l/h)	Paramètres mesuré			
			Rendement (%)			
			l'O ₂ dissout	MES	Turbidité	DCO
40 cm	Matériau traditionnel (pouzzolane)	10	86,84	97,22	98,93	88,88
		<u>16</u>	<u>91,17</u>	<u>100</u>	<u>99,86</u>	<u>92,10</u>
		20	92,10	99,28	99,62	88,3
		25	96,15	98,68	98,55	92,85
	Matériau plastique (les alévioles)	10	80,55	90	97,04	78,57
		16	70,96	93,18	95,75	84,84
		20	82,92	93,75	96,96	81,48
		<u>25</u>	<u>90</u>	<u>91,66</u>	<u>94,83</u>	<u>85,29</u>

Tableaux IV.30. Rendements du pilote pour les deux garnissages sur une hauteur de 80 cm.

Hauteur de garnissage (cm)	Matériaux utilisées	Débit (l/h)	Paramètres mesuré			
			l'O ₂ dissout	MES	Turbidité	DCO
80 cm	Matériau traditionnel (pouzzolane)	16	89,74	98,75	99,64	97,05
		<u>20</u>	<u>95,55</u>	<u>100</u>	<u>99,91</u>	<u>97,56</u>
		25	83,33	98,07	99,22	94,44
	Matériau plastique (les aléviolés)	16	71,87	95,45	95,38	90
		<u>20</u>	<u>86,11</u>	<u>97,72</u>	<u>95,24</u>	<u>93,75</u>
		25	82,60	96,87	97,91	89,65

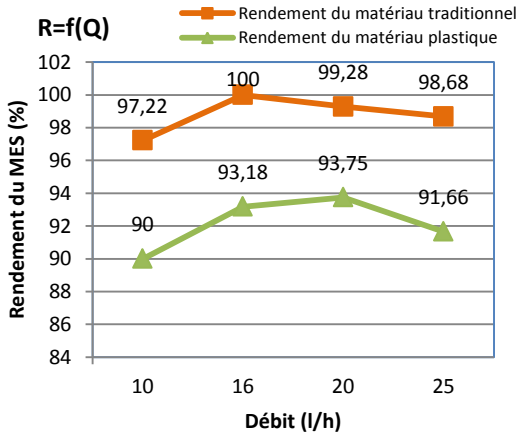


Figure IV.129. Rendement MES sur 40 cm.

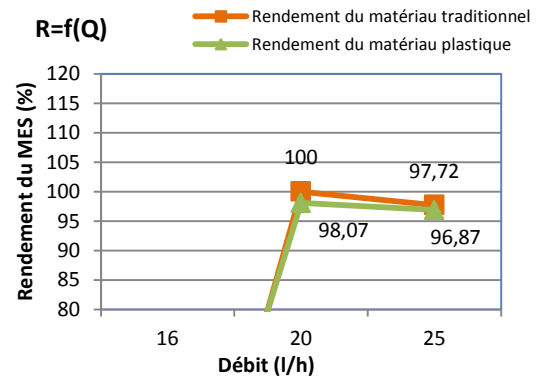


Figure IV.132. Rendement MES sur 80 cm.

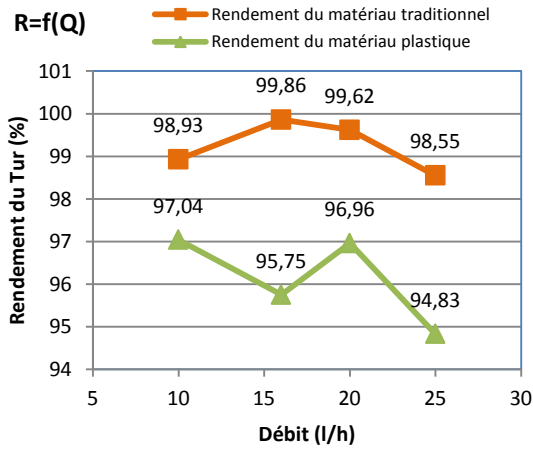


Figure IV.130. Rendement turbidité sur 40 cm.

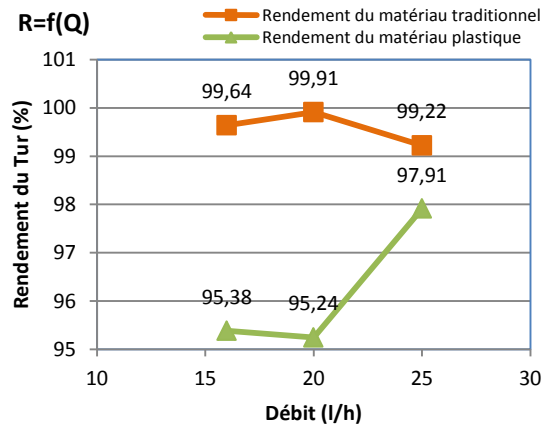


Figure IV.133. Rendement turbidité sur 80 cm.

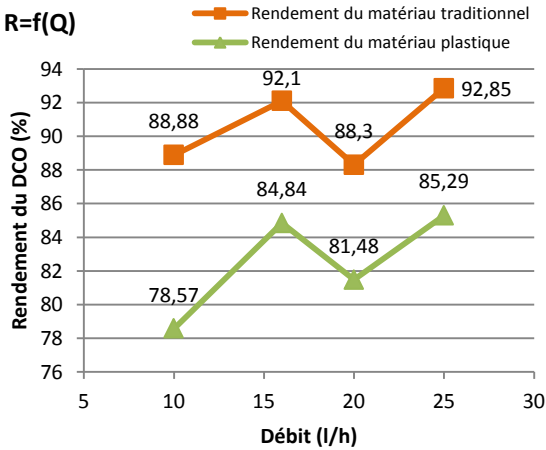


Figure IV.131. Rendement DCO sur 40 cm.

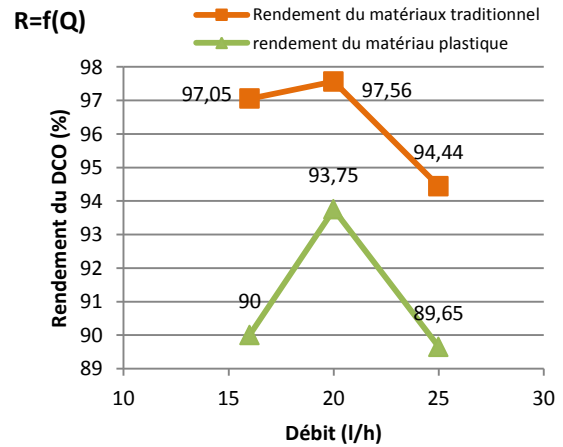


Figure IV.134. Rendement DCO sur 80 cm.

L'objectif essentiel de notre travail consisté à étudier les performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique 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 utilisées pendant notre étude (la pouzzolane et le matériau plastique) et d'après les rendements calculés des quatre paramètres de pollution (tableau IV.29 et tableau IV.30) nous pouvons comparer les résultats des manipulations comme suit :

- ❖ Pour la hauteur 40cm Les résultats obtenus (figure IV.129, figure IV.130 et figure IV.131) montrent que le lit bactérien à garnissage traditionnel (pouzzolane de Beni Saf) donne les meilleurs résultats ; 91,17 % pour l'oxygène dissout, 100 % pour les MES et 99,86 % pour la turbidité et 92,10% pour la DCO à 16l/h. le meilleur rendement de la DCO (92,85 %) est obtenu pour un débit de 25 l/h, le débit optimale pour cette hauteur est de 25 l/h .cependant pour l'appliquer sur terrain, il faudra plus d'espace donc plus de quantité de pouzzolane.
- ❖ Pour la hauteur 40cm Les résultats obtenus (figure IV.129, figure IV.130 et figure IV.131) montrent que le lit bactérien à garnissage plastique donne les meilleurs résultats ; 90 % pour l'oxygène dissout, 93,75 % pour les MES et 96,96 % pour la turbidité et 81,48% pour la DCO à 20l/h. le meilleur rendement de la DCO (85,29 %) est obtenu pour un débit de 25 l/h, le débit optimal pour cette hauteur est de 25 l/h.
- ❖ Pour la hauteur de 80cm les résultats obtenus (figure IV.132, figure IV.133 et figure IV.134) montrent que le lit bactérien à garnissage traditionnel (pouzzolane de Beni Saf) donne les meilleurs résultats ; 95,55 % pour l'oxygène dissout, 100 % pour les MES et 99,91 % pour la turbidité et 97,56% pour la DCO à 20l/h, le débit optimal pour cette hauteur est de 20 l/h.
- ❖ Pour la hauteur 80cm les résultats obtenus (figure IV.132, figure IV.133 et figure IV.134) montrent que le lit bactérien à garnissage plastique donne les meilleurs résultats ; 86,11 % pour l'oxygène dissout, 97,72 % pour les MES et 96,96 % pour la turbidité et 95,24 % pour la DCO à 20l/h, le débit optimal pour cette hauteur est de 20 l/h.

Donc on comparant les résultats obtenus liés aux deux hauteurs et au deux garnissages ; on peut dire que le débit optimal pour une hauteur de 40 cm est de 16 l/h et pour une hauteur de

80 cm il est de 20l/h , en ce qui concerne le lit bactérien à pouzzolane de Béni Saf de granulométrie 10/25, pour un lit bactérien à garnissage plastique, le débit optimal pour une hauteur de 40 cm est de 25 l/h et il est de 20l/h pour une hauteur de 80 cm .

À terme de nos expériences, nous pouvons affirmer que la pouzzolane de Beni Saf constitue un garnissage efficace pour les lits bactériens et qu'il faut réduire la hauteur pour les débits faible et appliquer des débits d'alimentation important pour les hauteurs importantes.

Remarque :

Pour garantir les performances d'un lit bactérien, il ne faut jamais être en situation de dessèchement du biofilm ; pour cela il faut maintenir une recirculation régulière.

Ce problème ne se pose guère avec les matériaux classiques (pouzzolane), le plus souvent assez poreux pour retenir une humidité suffisante, même en cas d'interruption d'alimentation plusieurs heures. Il n'en est pas de même avec les matériaux plastiques, et cela d'autant plus que la circulation naturelle de l'air est plus importante.

La qualité du matériau support (et son état) et le volume du lit bactérien vont conditionner les performances épuratoires de l'installation (il faut aussi tenir compte du traitement primaire). Il convient donc de vérifier si la charge surfacique est compatible avec un rendement épuratoire permettant de délivrer un effluent épuré de qualité suffisante [91].

IV.7. Identification des bactéries

L'observation microscopique nous a permis d'identifier quelques bactéries qui se trouvent dans la boue.

- ✓ **ciliée péritriche :** Les cils sont implantés sur des lignes appelées cinéties. Tous les cils d'une cinétie battent l'un après l'autre et les différentes cinéties sont synchronisées. Les ciliés possèdent deux noyaux. Le plus volumineux (macronucléus) possèdent plusieurs lots de 2 n chromosomes et gère la vie végétative de la cellule. Le plus petit (micronucleus) possède 2 n chromosomes et intervient dans la reproduction de la cellule. Les ciliés se nourrissent par phagocytose. On distingue une zone d'ingestion (cytopharynx) et une zone digestion (cytoprocte). Les ciliés possèdent ainsi un avant et un arrière. [92]



Figure IV.135. Ciliée péritriche

- ✓ **Euglypha:** Les grandes amibes de taille supérieure, 4 fois plus grandes que les précédentes, ont une place dans le floc, voisine de celle occupée par les Holotriches. L'oxygénation est bonne ainsi que la quantité de carbone éliminée. Une station d'épuration qui fonctionne correctement, contient des Euglypha. [92]

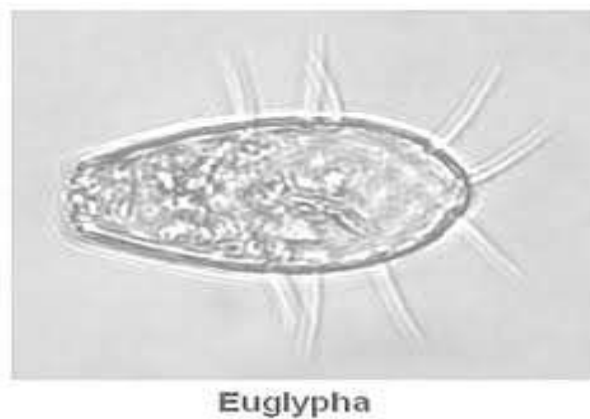


Figure IV.136. Euglypha [92]

Nématodes : Les rotifères sont des vers acéломates aquatiques dont l'extrémité antérieure est modifiée en un organe cilié rotateur. Les rotifères sont presque tous microscopiques, quelquefois à peine plus grand que des paramécies. Les rotifères abondent dans les eaux douces, les eaux polluées, les eaux marines, la mousse humide, etc.

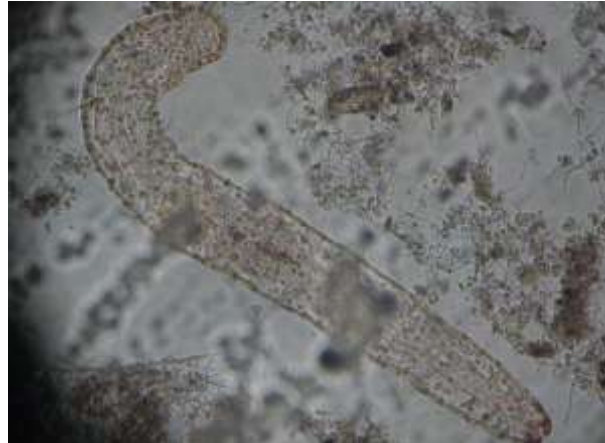


Figure IV.137. Nématodes [92]

III.8. 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 rejetées 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 tel 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) où l'étude était basée sur l'effet du lit bactérien et de la filtration sur sable et gravier dans un système d'épuration à 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 meilleurs 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 travaille dans le but de l'étude des performances d'un lit bactérien classique à garnissage en pouzzolane de Beni Saf. Les rendements atteints 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.

En finalité de notre travail l'inclusion des lits bactériens à garnissage traditionnelle (pouzzolane) et à garnissage plastique ne peut être que bénéfique pour l'amélioration de la qualité de l'eau épurée pour une meilleure réutilisation. Pour le garnissage traditionnel les résultats trouvés dans notre travail sont assez encourageant du fait des rendements globaux obtenus (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). Les meilleurs résultats ont été obtenus en pour le lit bactérien en garnissage traditionnel (la pouzzolane de Beni Saf en particulier pour une granulométrie de 10/25mm que le lit bactérien en garnissage plastique (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).

Le garnissage plastique donne des résultats moindres mais demeurent toujours dans les normes de rejet.

Conclusion générale

Conclusion

Cette modeste contribution relative à l'étude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique, a pour but de mener une étude expérimentale : d'évaluer la qualité physico chimiques des eaux usées de la STEP de AIN EL HOUTZ par le procédé d'épuration biologique avec le lit bactérien et puis d'analyser quelques paramètres de qualité des eaux (T, pH, MES, DCO.....) .

Nous nous sommes attachés dans la première partie de ce manuscrit à apporter les connaissances nécessaires sur les eaux usées et leurs origines, puis on a parlé sur l'épuration biologique par le lit bactérien.

Tous les résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau usée épurée présentent des valeurs qui sont en grande partie conformes aux normes du journal officiel (2012) d'une eau d'irrigation.

Toutes les expériences effectuées ont été réalisées sur le pilote TE900 modifié au niveau de laboratoire de l'épuration des eaux du département d'hydraulique, nous avons utilisé une colonne à garnissage en pouzzolane comme lit bactérien de granulométrie (10/25 mm) soigneusement préparées au niveau de laboratoire de génie civil et une deuxième colonne à garnissage plastique.

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 varié, dans chaque expérience en fixant la hauteur de la colonne de filtration à 40cm puis à 80 cm.

Divers paramètres ont été analysés (Turbidité, MES, DCO, O₂ dissous,.....). Nous avons trouvé différents résultats, qui nous ont permis de calculer le rendement des quatre paramètres (L'O₂ dissout, MES, Turbidité et DCO).

Les résultats trouvés dans les quatorze manipulations sont assez encourageant du fait des rendements globaux obtenus (entre 70.96 et 96.15 % pour l'O₂ dissout, entre 90 et 100 %

pour les MES, entre 94.83 et 99.91 % pour la turbidité et entre 78.57 et 97.56% pour la DCO).

Pour le garnissage traditionnel les résultats trouvés sont assez encourageant du fait des rendements globaux obtenus (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). Nous avons remarqué que les meilleurs résultats ont été obtenus pour le lit bactérien à garnissage traditionnel (la pouzzolane de Beni Saf en particulier pour une granulométrie de 10/25mm) que le lit bactérien à garnissage plastique (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).

A travers ce travail on a trouvé quelques difficultés, tel que le problème des appareils de mesure (turbidimètre, conductimètres, salinomètre, et DBO mètre) non disponible au laboratoire d'hydraulique, ainsi que les moyen de transport pour ramener les 300 litre d'eau usées de la STEP de AIN EL HOUTZ, et les coupures électrique.

En fin, nous pouvons dire que le procédé d'épuration à lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf peut constituer une solution viable pour l'épuration des eaux usées de d'origine urbaine pour les petites localités.

Références bibliographiques

[01] **BENSALEM MOHAMED BACHIR, 2008**, Contribution à l'étude de l'efficacité de l'épuration des eaux usées dans la ville de Sidi Bel Abbés, Mémoire de magister, université Djillali Liabes Sidi Bel Abbés.

[02] **GEORGIOS VÄLENTIS, 1988**, Epuration par cultures fixées sur support géotextile, L'ecole nationale des ponts et chaussees.

[03] **BERRAHMA. B et ACHOUI. A, 2006**, Etude technique-économique de la station de dessalement de Ghazaouet, Mémoire DEUA université Tlemcen.

[04] **IEW ASBL**, Techniques extensives d'épuration des eaux usées domestiques : Le meilleur choix environnemental en zone rurale. Fédération des associations d'environnement dossier, Inter-Environnement Wallonie, 34p.

www.iewonline.be/IMG/pdf/Epuration_simple.pdf (consulté 04/06/2015)

[05] **Micro stations d'épuration, 2010**, Définition: Eaux Usées, Micro-station.net, définition-eaux.

Micro-station.net/definition-eaux-usees.html (consulté 04/06/2015).

[06] **BENSALAH. T, 1996**, Traitement et épuration des eaux usées dans les petites agglomérations cas de la STEP de Ain-Youcef, Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat, université Abou-Bakre Belkaide_tlemcen, page 4.

[07] **CHACHOUA MOUNIRA, 2009**, Contribution à l'étude des performances épuratoires des procédés de traitement par lagunage, mémoire de magister université Abou-Bakre Belkaide_tlemcen, page 4et 14.

[08] **BELAHMADI MOHAMED SEDDIK OUSSAMA, 2010**, Etude de la biodégradation du 2,4 –dichlorophénol par le micro biote des effluents d'entrées et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'Ibn Ziad, mémoire de magister en microbiologie appliquée et biotechnologies microbiennes, université Mentouri- Constantine, page 12.

[09] **BONTOUX J, 1993**, Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson, Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166p.

[10] **GOMELLA C, GUERREE H, 1978**, Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées, Edition Eyrolles Paris, 262p.

[11] **GERARD CALVAT, Novembre 2009**, Les réseaux et l'assainissement, Editions alternatives, Paris.

[12] **BERNE F, CORDONIER J, 1991**, Traitement des eaux, Edition Technip, 306p.

[13] **PAUL JEAN, BEADRY, 1992**, Chimie des eaux, le griffon d'argil.

[14] **JOLY B, REYNAUD A, 2003**, Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edition Technique et documentation, Paris, 356p.

[15] **GROSCLAUDE G, 1999**, L'eau : usage et polluants, Edition INRA, 210 p.

[16] **LEMIERE.B. J J. SEGUIN, C. LE GUERN, D, 2001**, Guyonnet, Ph. Baranger avec la collaboration de D. Darmendrail, P. Conil/ guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes, France.

[17] **RODIER J, BAZIN C, CHAMBON P, BROUTIN J.-P, CHAMPSAUD H, RODI L, 1996**, Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition, Edition DUNOD, Paris, 1983p.

[18] **Traité de l'environnement**, Technique de l'ingénieur, Volume G1210.

www.techniques-ingenieur.fr/.../pollution-industrielle-de-l-eau-g1210/ (consulté le/ 04/06/2015).

[19] **PAULSUD B, HARALDEN S, 1993**, Experiences with the Norwegian approval system for small waste water treatment plants, Wat. Sc. Techno., vol. 28, n° 10, page 25-32.

[20] **METAHRI MOHAMMED SAÏD, 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.

[21] **ROBERT Thomazeau, Station d'épuration, 1981**, Eaux potables-Eaux usées, Edition technique et Documentation, Paris.

[22] **GAID Abdelkader, 1984**, Epuration biologique de l'eau urbaine, tome-1. Edition OPU, Alger, 261 p.

[23] **GAUJOUS D, 1995**, La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire, Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p.

[24] **LAKHDARI BOUAZZA, 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 de Tlemcen, 106p.

[25] **Edition LENTECH (1998).**

www.lenntech.fr/metaux-lourds.htm (consulté le 04/06/2015)

[26] **HAMMI HALIM, 2010**, La pollution des eaux par les métaux lourds Les III^{ème} Olympiades Tunisiennes de Chimie.

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

[28] **RODIER J, 2005**, L'analyse de l'eau, Édition Dunod, Paris.

[29] **BEZZIOU ASSIA, MEKKAOUI RIMA, 2013**, Essai de traitement biologique des eaux usées en utilisant des filtres bicouches. Mémoire master académique, Domaine : sciences de la nature, spécialité : science de l'environnement.

[30] **BAUMONT.S, J.P.CAMARD, A. LEFRANC, 2000**, Franconi, Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, Observatoire régional de santé d'Ile-de France.

[31] **FABY.J.A, 2003**, L'irrigation avec des eaux usées traitées, manuel d'utilisation, document technique FNDAE (fonds notionnels pour le développement des adductions d'eau) hors- série n° 11, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, bureau régional pour le Proche-Orient et bureau sous-régional pour l'Afrique du nord.

[32] **BELAID NEBIL, 2010**, Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax, Thèse doctorat : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques.

[33] **DJEDDI H, 2007**, Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, Thèse de Magistère en Ecologie et Environnement : Option : Ecologie végétale, Université Mentouri Constantine.

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

[35] **-BONIN.J, 1986**, Hydrauliques urbaine. 1er édition ,1977nouveau tirage 1986, édition eyrolles, 61, Bd saint-germain paris 5.

[36] **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 BelhadjiBoucif, Mémoire d'ingénieur en hydraulique université de Tlemcen.

[37] **BENMOUSSA. S et DAHMANI. S, 1997**, Contribution à l'étude de faisabilité d'une station de lagunage a Belhadji Boucif, Mémoire d'ingénieur, institut d'hydraulique, université Tlemcen.

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

[39] **GUY ATLAN .M, 2003**, Les boues d'épuration et leurs perspectives de gestion en Île-de-France au nom de la commission Agriculture, environnement, Ruralité. Régionale de France, consiel économique et social.

[40] **DAHOU ABDERAHIM, BREK ADEM, 2013**, Lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (region d'Ouargla), Mémoire master académique domaine : sciences et techniques filière : génie des procédé spécialité : génie de l'environnement.

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

[42] **BANZAOUI N, ELBOUZ F, 2009**, Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mémoire d'ingénieur en chimie Université d'Annaba.

[43] **RACAULT. Y, 1997**, Lagunage naturel les leçons tirées de 15 ans de pratique.

[44] **DESHAYES M., 2008**, Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la Qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés.

[45] **MABROUK A, 2009**, Application de la nitrification dénitrification dans le traitement des eaux usée, Université Chouaib Doukkali.

[46] http://www.aide.be/jahia/Jahia/site/aide/cache/offonce/general/epuration/fonction_epuration/stations_epuration/traitement_secondaire, Traitement secondaire (consulté le 10/12/2014).

[47] www.carteleau.org -rubrique guide des services (consulté le 29/12/2014).

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

[49] **SAADI HANANE, 2013**, Etude des performances d'un lit bactérien classique à garnissage en pouzzolane de Beni Saf. Master en Hydraulique, de Tlemcen.

[50] **VAILLANT, J.R, 1974**, Perfectionnements et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires, Edition : eyrolles, paris.

[51] **RAKREK ZAKARIA, 2013**, La station d'épuration de Chlef performances épuratoires et rendements, Master Hydraulique, Université de Tlemcen.

[52] **ATTAB SARAH, 2011**, Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épures par boues activées de la station d'épuration Haoud Herkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local.

[53] **LAZAROVA V., MAI 1998**, La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000, L'eau, l'industrie, les nuisances, n°212, pp.39-46.

[54] **ERNEST M.H., 1985**, Das Fundamentals problèmes in statistical mécanique, Vol. VI. Edité par E. G. D. Cohen, Noeth Holland Publishing Company, Amsterdam.

[55] **HABIB RACHID, EL RHAZI OUISSAM 2007**, Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées, Mémoire licence, Université Cadi Ayyad Marrakech.

[56] <http://www.memoireonline.com/04/10/3289/Determination-de-la-pollution-residuelle-d'une-station-depuration-par-lagunage-naturel-cas-d.html> (consulté le 25/02/2015).

[57] [http://www.memoireonline.com /m_Reflexion-sur-la-caracterisationphysico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s2.html](http://www.memoireonline.com/m_Reflexion-sur-la-caracterisationphysico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s2.html) (consulté le 27 /02/2015).

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

[59] **Lyonnais des eaux, 2002**, Traitement des eaux usées urbaines.

www.pseau.org/.../cirsee_engees_traitement_des_eaux_usees_urbaines_2002. (consulté le 17/03/2015).

[60] **PEREZ FEDOR, 2010**, Mise à jour du guide de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse sur les procédés d'épuration des petites collectivités, Rapport de stage Mastère Spécialisé.

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

[62] www.cartel'eau.org (consulté le 12/04/2015).

[63] **ROLAND V., 2000**, L'eau, environnement et santé, Publique technique et documentaire.

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

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

[66] **JOSEPH PRONOST, 2002**, Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation, Document technique fndae n° 22 bis, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales, Direction de l'espace rural et de la forêt.

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

[68] **A.EN-NAWAOUJ., 2009**, Dimensionnement d'une STEP à Lits bactériens précédés d'étangs anaérobies et Gestion des sous-produits, cas de la ville de Kalaa des Sraghna.PFD. MAROC.

[69] **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.

[70]http://www.aide.be/jahia/Jahia/site/aide/cache/offonce/general/epuration/fonction_epuration/stations_epuration/traitement_secondaire, Traitement secondaire(consulté le 12/03/2015).

- [71] **MICAELA VARGAS, le 16 septembre, 2013**, Elimination des micropolluants dans les eaux usées : etude d'un biofiltrefongique (fungal trickling filter), MASTER PROFESSIONNEL, Mention : Sciences Environnementales, Spécialité : Qualité des Eaux, des Sols et Traitements, Option : Procédés de Traitements et Dépollution.
- [72] **DEGREMONT, 1978**, Mémento technique de l'eau : 8^{ème} édition, Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200p.
- [73] **SEINE, MARNE, 2011**, Suivi des systèmes d'assainissement collectif en Seine-et-Marne, Conseil général d'Observatoire de l'eau, 96p.
- [74] **CORDIERK, 2009**, Fiche Technique sur l'assainissement collectif n°2 La filière lit bactérien, Conseil générale Saine & Marne.
- [75] **DHAOUADI HATEM, 2008**, Traitement des eaux usées urbaines : Les procédés biologiques d'épuration, Université Virtuelle de Tunis.
- [76] **RAOUTI HOURIA, 2011**, Etude expérimentale de la contribution d'un lit bactérien et d'une filtration dans l'amélioration de la qualité des eaux par boue activées, Mémoire d'ingénieur en hydraulique université de Tlemcen.
- [77] Deltalab ; bulletin technique traitement des eaux épuration à boues activées TE900.
- [78] **MOUS.S et DAHMANI.S, 2003**, Etude de la filtration sur support. Mémoire d'ingénieur en hydraulique université de Tlemcen.
- [79] **MOKHTARI AHMED ET DIR BOUZID, 2006**, Analyses physico-chimique et bactériologique des eaux potables 'groupement urbaine de Tlemcen, Mémoire de DEUA en hydraulique, université de Tlemcen.
- [80] **BLIEFERT C, PERRAUD R., 2001**, Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets, Edition de boeck, 477p.
- [81] <http://www.ciment.wikibis.com/pouzzolane.php> (consulté le 6-03-2015).
- [82] Caractéristiques technique de la pouzzolane (<http://www.pouzzolane-dugour.com/lesproduits/donneestechniques/index.html>) (consulte le 16/03/2015).

[83] **BENKADDOUR MOKHTARIA, KAZI AOUAL FATIHA, SEMCHA ABDELAZIZ, 2009.** Durabilité des mortiers à base de pouzzolane naturelle et de pouzzolane artificielle, Laboratoire <<LABMAT>>, Département Génie Civil, Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET Oran), Revue Nature et Technologie. N° 01.

[84] **MOULI. M, BENDICHE. F, BELAIDI. A, CHEGGAG. M, BENZAMA. H.** Pouzzolane de Beni-Saf : Bilan de quelques études. Département de génie civil, FNSET. Oran.

[85] <http://www.vitaminech.com/mobile/ain-temouchent-l-association-tafna-voit-le-jour/358-109810-Photos-fr-46.html> (consulté le 04/06/2015).

[86] <http://www.sculpteo.com/fr/materiau-plastique> (consulte le 20/03/2015).

[87] Echnologue.college.free.fr/matieres/techno/eleve/6/6_materiaux_plastiques.htm(consulté le 02/04/2015).

[88] **RAYMOND DES JARDINS, 1997,** Le traitement des eaux. 2eme edition revue et améliorée, Professeur à l'école polytechnique de montreal, Editions de l'école polytechnique de montreal, 304 pages.

[89] **SLIMANI Amaria, TOUATI Hassiba, 2004,** Filtration sur sable, Mémoire d'ingénieur en hydraulique université de Tlemcen.

[90] **Fecih Abla, 2012,** L'influence de la filtration sur sable sur le traitement des eaux saumâtres, Mémoire de Mastère en hydraulique : Eau, Sol et Aménagement, Université de Tlemcen.

[91] **SADOWSKI .A, Mai 2002,** Traitement des eaux usées urbaines, ENGES.

[92] **SAHOULI CHAMS EDDINE, 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 de Mastère en hydraulique : Eau, Sol et Aménagement, Université de Tlemcen.

Annexes

Mise en marche du pilote

• Préliminaires

- ✓ Relier les tubulaires de sortie du pilote a un égout :
 - Vidange des boues du décanteur.
 - Sortie de la sur verse du décanteur.
 - Vidange de la cuve du décanteur.
- ✓ Relier le tuyau souple d'alimentation générale entre votre réseau d'air comprimé et le pilote.
- ✓ Positionner le tuyau souple de sortie de l'eau clarifiée provenant du décanteur vers l'égout du laboratoire.
- ✓ Positionner le tuyau souple de sortie de l'eau clarifiée provenant du filtre de finition vers l'égout du laboratoire.
- ✓ Positionner le tuyau souple de sortie des boues provenant du décanteur vers l'égout du laboratoire.
- ✓ Positionner le tuyau souple de vidange de la cuve d'alimentation de l'eau usée vers l'égout du laboratoire.
- ✓ Brancher le câble d'alimentation électrique du pilote.
- ✓ Mettre en marche l'arrivée générale électrique.
- ✓ Vérifier que le bouton « arrêt/ marche » du chauffage du réacteur d'oxydation est sur la position «arrêt ».
- ✓ Vérifier que le bouton « arrêt/ marche »; du moteur d'agitation du réacteur d'oxydation est sur la position « arrêt ».
- ✓ Vérifier que le bouton « arrêt marche » de la pompe d'alimentation d'eau usée est sur la position « arrêt ».
- ✓ Vérifier que le bouton « arrêt /marche » de time de commande de l'électrovanne d'alimentation d'air de recyclage des boues par «air lift », est sur la position « arrêt ».
- ✓ Vérifier que l'inverseur « arrêt / marche manu/marche auto» de la pompe doseuse du recyclage des boues est sur la position « arrêt».
- ✓ Vérifier que le bouton « arrêt / marche » de la pompe doseuse d'alimentation d'eau clarifier est sur la position «arrêt ».
- ✓ Mettre en marche électrique de puissance sur l'armoire par le sectionneur le voyant « sous tentions » s'allume.

- ✓ Mettre en marche l'armoire électrique par le bouton « marche », le voyant du bouton s'allume.
- ✓ Vérifier que la consigne du régulateur de température du réacteur d'oxydation est 0 °c.
- ✓ Fermer la vanne de sortie des boues du décanteur vers l'égout VS4.
- ✓ Fermer la vanne de prélèvement de la cuve d'oxydation VE1.
- ✓ Fermer la vanne de vidange de la cuve d'oxydation VS2.
- ✓ Fermer la vanne de vidange de la cuve d'alimentation d'eau usée VS1.
- ✓ Fermer la vanne de recyclage des boues vers le réacteur VA2.
- ✓ Fermer la vanne de réglage du débit d'alimentation d'eau usée VRI, VR2etVR4.
- ✓ Positionner la vanne trois Voies de sortie du filtre VL4 de manière à alimenter le liquide sortant du filtre dans le réacteur d'oxydation (T orienté à gauche, clé de vanne verticale).
- ✓ positionner le média filtrant ou le lit bactérien dans la cartouche de filtration, si nécessaire.
- ✓ Ouvrir la vanne générale d'arrivée d'air comprimé du pilote.
- ✓ Le pilote est prêt pour une manipulation [77].

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 pouzzolane

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)
24/02/2015	09 :00	17	8	3	35	11,498	42	35	7	115,2
24/02/2015	12 :00	17	7,9	2,8	33	10,435	35	23	12	115,2
24/02/2015	14 :00	19	7,88	2,5	29	10,080	30	15	15	105,6
25/02/2015	09 :00	17	7,74	2,1	24	8,663	25	15	10	96
25/02/2015	12 :00	18,2	7,7	1,9	23	5,827	25	17	8	86,4
01/03/2015	09 :00	18	7,52	1,9	23	5,473	22	18	4	76,8
01/03/2015	12 :00	16,2	7,57	1,7	20	5,118	20	14	6	76,8
02/03/2015	09 :00	17,8	7,46	1,1	13	4,76	20	12	8	67,2
02/03/2015	12 :00	19,2	7,42	0,9	11	4,76	15	9	6	57,6
02/03/2015	14 :00	18	7,39	0,8	10	4,409	12	5	7	38,4
03/03/2015	09 :00	18	7,37	0,7	9	3,701	10	5	5	48
03/03/2015	12 :00	18,8	7,33	0,5	7	2,992	5	4	1	48
03/03/2015	14 :00	18	7,2	0,5	7	1,574	5	3	2	48

-Q d'alimentation = 10 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0.181 l/min

-I_m = 114.28 ml/g ➡ La boue est bien décanté

Annexe A

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

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (A)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
04/03/2015	09 :00	17	7,62	2,2	27	21,068	25	16	9	86,4
04/03/2015	12 :00	18	7,6	1,9	24	18,233	25	17	8	76,8
04/03/2015	14 :00	19	7,34	1,9	24	16,460	20	13	7	67,2
05/03/2015	09 :00	18	7,3	1,8	23	14,334	20	12	8	48
05/03/2015	12 :00	19	7,25	1,5	19	12,562	15	14	1	38,4
08/03/2015	09 :00	16	7,21	1,3	16	10,435	15	9	6	48
08/03/2015	12 :00	16,5	7,29	1,3	16	6,891	10	7	3	57,6
08/03/2015	14 :00	17	7,19	1,1	15	6,182	10	8	2	53,6
09/03/2015	09 :00	15	7,19	0,9	11	4,055	5	5	0	53,6
09/03/2015	12 :00	15	7,18	0,7	9	3,701	5	6	1	38,4
09/03/2015	14 :00	16	7,15	0,5	7	2,992	2	5	0	48
10/03/2015	09 :00	18,2	7,1	0,3	5	0,865	2	1	1	48
10/03/2015	12 :00	18	7,1	0,3	5	0,511	2	2	0	48

-Q d'alimentation = 20 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0.346 l/min

-I_m = 101.123 mg/l → La boue est bien décanté

Annexe A

Tableau A 03 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 40 cm de garnissage en pouzzolane

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)
11/03/2015	09 :00	22	8,18	2,1	25	21,423	30	18	12	96
11/03/2015	12 :00	20,1	7,95	1,9	23	18,587	22	16	6	86,3
11/03/2015	14 :00	20	7,64	1,3	15	15,043	22	19	3	76,8
12/03/2015	09 :00	19,2	7,55	1,2	15	10,435	20	14	6	86,8
12/03/2015	12 :00	19	7,42	0,9	11	6,891	15	5	10	53,6
15/03/2015	09 :00	18,5	7,38	0,7	9	6,536	10	6	4	53,6
15/03/2015	12 :00	16	7,33	0,4	6	5,827	10	5	5	48
15/03/2015	14 :00	19,4	7,29	0,4	6	4,764	5	4	1	38,4
16/03/2015	09 :00	18	7,25	0,2	3	3,346	5	4	1	28,9
16/03/2015	12 :00	18,8	7,28	0,1	2	1,219	5	3	2	28,8
16/03/2015	14 :00	17	7,2	0,1	2	1,219	5	3	2	28,8

-Q d'alimentation = 25 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0.444 l/min

-I_m = 112.30 ml/g → La boue est bien décanté

Annexe A

Tableau A 04 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 40 cm de garnissage en pouzzolane

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)
17/03/2015	09 :00	16,2	7,32	2,5	30	13,979	20	12	8	86,4
17/03/2015	12 :00	20	7,38	2,1	26	11,144	20	15	5	76,8
17/03/2015	14 :00	21,2	7,25	1,8	22	10,789	20	16	4	67,2
18/03/2015	09 :00	18,2	7,28	1,7	21	8,308	10	9	1	48
18/03/2015	12 :00	18	7,12	1,3	16	3,346	10	6	4	38,4
18/03/2015	14 :00	17,2	7,1	0,9	11	2,637	5	4	1	48
22/03/2015	09 :00	17	7,08	0,7	9	1,574	5	2	3	38,4
22/03/2015	12 :00	17	7,02	0,7	9	0,511	0	0	0	28,8
22/03/2015	14 :00	16,2	7,02	0,3	5	0,156	0	0	0	28,8

-Q d'alimentation = 16 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0.307 l/min

-I_m = 91.836 ml/g \longrightarrow 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 pouzzolane

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)
23/03/2015	09 :00	21	7,7	2,1	26	17,524	25	13	12	96
23/03/2015	12 :00	21	7,52	1,9	24	14,334	20	11	9	86,4
23/03/2015	14 :00	19.2	7,48	1,4	18	13,625	20	14	6	76,8
24/03/2015	09 :00	20,1	7,33	1,2	15	11,144	15	9	6	67,2
24/03/2015	12 :00	19	7,3	1	13	8,663	10	7	3	48
24/03/2015	14 :00	18,2	7,28	0,9	11	6,891	10	8	2	48
25/03/2015	09 :00	18	7,2	0,8	10	5,827	5	4	1	38,4
25/03/2015	12 :00	18	7,2	0,8	10	2,992	5	3	2	19,2
25/03/2015	14 :00	19	7,25	0,7	9	1,219	5	5	0	9,6
26/03/2015	09 :00	18	7,3	0,4	6	0,865	5	5	0	9,6
26/03/2015	12 :00	18	7,3	0,4	6	0,511	5	4	1	9,6

-Q d'alimentation = 16 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0.307 l/min

-I_m = 88.541 ml/g \longrightarrow La boue est bien décanté

Annexe B

Tableau B 02 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 80 cm de garnissage en pouzzolane

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)
29/03/2015	09 :00	17	7,6	2,2	27	8,308	20	14	6	76,8
29/03/2015	12 :00	17	7,52	2,8	33	7,599	20	13	7	57,6
29/03/2015	14 :00	19	7,43	3,4	42	5,827	15	9	6	67,2
30/03/2015	09 :00	18,2	7,42	3,4	42	4,764	10	7	3	57,6
30/03/2015	12 :00	19	7,33	2,8	33	4,055	10	8	2	52,8
30/03/2015	14 :00	19,2	7,4	1,3	16	2,637	10	6	4	48
31/03/2015	09 :00	18	7,46	1,2	15	2,283	5	4	1	38,4
31/03/2015	12 :00	18	7,41	0,9	11	1,219	5	5	0	28,8
31/03/2015	14 :00	18,4	7,3	0,9	11	0,865	5	4	1	19,2
01/04/2015	09 :00	18	7,29	0,4	6	0,865	5	3	2	19,1
01/04/2015	12 :00	17	7,2	0,2	3	0,511	0	0	0	9,6
01/04/2015	14 :00	17,2	7,2	0,2	3	0,156	0	0	0	9,6

-Q d'alimentation = 20 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0.346 l/min

-I_m= 81.25 ml/g → La boue est bien décanté

Annexe B

Tableau B 03 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien (10/25) sur une hauteur de 80 cm de garnissage en pouzzolane

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)
05/04/2015	09 :00	18	7,63	2,1	26	11,853	30	17	13	115,2
05/04/2015	12 :00	19	7,43	1,1	13	10,435	25	19	6	86,4
05/04/2015	14 :00	23	7,54	1	12	9,017	20	12	8	76,8
06/04/2015	09 :00	17,8	7,33	0,9	11	7,599	20	16	4	48
06/04/2015	12 :00	18	8,32	0,9	11	4,764	10	6	4	38,4
06/04/2015	14 :00	18,2	7,4	0,8	10	4,055	10	7	3	28,8
07/04/2015	09 :00	19	7,33	0,7	9	4,409	5	5	0	19,2
07/04/2015	12 :00	19	7,22	0,7	9	2,283	5	4	1	19,2
07/04/2015	14 :00	18	7,2	0,7	9	1,219	5	5	0	19,2

-Q d'alimentation = 25 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0.444 l/min

-I_m = 69.791 ml/g  La boue est bien décanté

Annexe C

Tableau C 01 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien sur une hauteur de 40 cm de garnissage plastique

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)
12/04/2015	09 :00	19	8,3	3,2	39	21,068	60	49	11	134,4
12/04/2015	12 :00	19	8,1	3,2	39	14,688	50	27	22	115,2
12/04/2015	14 :00	20	7,97	3,1	38	13,270	50	34	16	105,6
13/04/2015	09 :00	19.2	7,9	2,8	33	10,08	45	28	17	105,6
13/04/2015	12 :00	18	7,8	2,7	34	7,599	30	19	11	96
13/04/2015	14 :00	18	7,62	2,2	27	6,891	35	22	13	96
14/04/2015	09 :00	17.5	7,74	2	25	5,827	20	14	6	86,4
14/04/2015	12 :00	17.8	7,52	1,9	23	5,827	20	11	9	86,4
14/04/2015	14 :00	20	7,37	1,9	23	5,118	30	12	18	67,2
15/04/2015	09 :00	18	7,33	1,1	13	4,764	25	15	10	76,8
15/04/2015	12 :00	18.5	7,32	0,9	11	3,701	20	13	7	67,2
15/04/2015	14 :00	19	7,33	0,8	10	3,701	15	11	4	57,6
16/04/2015	09 :00	18.8	7,38	0,7	9	3,346	15	10	5	57,6
16/04/2015	12 :00	18	7,3	0,7	9	3.346	10	7	3	57,6

-Q d'alimentation = 10 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0,181 l/min

-I_m = 120,588 ml/g → La boue est bien décanté

Annexe C

Tableau C 02: Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien sur une hauteur de 40 cm de garnissage plastique.

Date	Heure	Température (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Turbidité (A)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	MM (mg/l)	DCO (mg/l)
19/04/2015	09 :00	19	7,92	4	48	20,359	35	28	7	105,6
19/04/2015	12 :00	19.2	7,78	3,6	43	17,524	30	20	10	96
19/04/2015	14 :00	19	7,44	3,1	38	15,752	30	17	13	86,4
20/04/2015	09 :00	20	7,47	2,5	30	14,334	20	13	7	76,8
20/04/2015	12 :00	21	7,52	2,2	26	13,27	20	17	3	86,4
20/04/2015	14 :00	20.8	7,5	2,4	29	11,853	20	11	9	67,2
21/04/2015	09 :00	19	7,43	2,1	26	11,144	10	6	4	48
21/04/2015	12 :00	19.2	7,4	1,4	17	4,764	10	5	5	57,6
22/04/2015	09 :00	20	7,33	1	12	4,764	10	3	7	38,4
22/04/2015	12 :00	20	7,33	0,9	11	4,055	10	3	7	48
22/04/2015	14 :00	20.5	7,3	0,7	9	3,346	10	2	8	48

-Q d'alimentation = 20 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0,346 l/min

-I_m = 109,589 mg/l → La boue est bien décanté

Annexe C

Tableau C 03 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien sur une hauteur de 40 cm de garnissage plastique.

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)
23/04/2015	09 :00	24	7,9	2,8	33	24,613	50	33	17	115,2
23/04/2015	12 :00	23,2	7,6	1,9	23	21,777	40	27	13	105,6
26/04/2015	09 :00	23	7,62	1,4	17	21,068	40	24	16	86,4
26/04/2015	12 :00	22	7,55	1,2	15	20,359	40	20	20	76,8
26/04/2015	14 :00	22,2	7,48	1	12	18,233	30	17	13	67,2
27/04/2015	09 :00	20	7,32	1	12	13,979	25	14	11	76,8
27/04/2015	12 :00	20,8	7,53	0,9	11	10,435	20	11	9	57,6
27/04/2015	14 :00	21	7,49	0,8	10	10,080	20	9	11	38,4
28/04/2015	09 :00	20	7,3	0,6	8	7,954	20	12	8	48
28/04/2015	12 :00	22	7,25	0,4	6	6,536	20	13	7	57,6
28/04/2015	14 :00	20,2	7,33	0,4	6	5,827	20	15	5	48
29/04/2015	09 :00	20	7,4	0,3	5	5,118	20	10	10	48
29/04/2015	12 :00	19	7,44	0,3	5	5,118	20	11	9	48

-Q d'alimentation = 25 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0,444 l/min

-I_m = 119,178 ml/g → La boue est bien décanté

Annexe C

Tableau C 04 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien sur une hauteur de 40 cm de garnissage plastique.

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)
30/04/2015	09 :00	19	7,8	2,9	35	31,701	40	23	17	96
30/04/2015	12 :00	19	8,03	2,7	33	21,423	30	18	12	76,8
03/05/2015	09 :00	18,5	7,9	2,1	26	17,878	20	12	8	86,4
03/05/2015	12 :00	18	7,5	1,9	23	14,688	20	14	6	67,2
03/05/2015	14 :00	17	7,8	1,8	22	11,498	20	11	9	57,6
04/05/2015	09 :00	16	7,7	1,5	18	7,599	20	14	6	76,8
04/05/2015	12 :00	17	7,62	1,5	18	7,245	15	9	6	48
04/05/2015	14 :00	17,5	7,63	1,3	16	6,891	15	10	5	57,6
05/05/2015	09 :00	18	7,66	1,1	13	6,182	15	8	7	48
05/05/2015	12 :00	17	7,6	0,9	11	5,118	15	11	4	48
05/05/2015	14 :00	17	7,42	0,9	11	4,055	15	9	6	48

-Q d'alimentation = 16 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0,307 l/min

-I_m = 105,882 ml/g → La boue est bien décanté

Annexe D

Tableau D 01 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien sur une hauteur de 80 cm de garnissage plastique.

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)
06/05/2015	09 :00	22	7,6	3	37	13,979	50	42	8	86,4
06/05/2015	12 :00	20	7,53	2,9	35	11.144	40	27	13	76,8
06/05/2015	14 :00	19	7,23	2,5	30	10,080	40	22	18	57,6
07/05/2015	09 :00	19	7,45	2,3	1.7	9.72	35	18	17	67,2
07/05/2015	12 :00	20	7,5	2,1	26	9.372	30	11	19	57,6
10/05/2015	09 :00	22	7,53	1,9	23	8.66	25	14	11	48
10/05/2015	12 :00	19	7,3	1,7	21	7.954	20	11	9	38,4
10/05/2015	14 :00	18	7,4	1,3	16	7,954	20	13	7	48
11/05/2015	09 :00	19,8	7,32	1	12	7,245	10	8	2	57,6
11/05/2015	12 :00	20	7,33	1	12	6,536	10	6	4	38,4
12/05/2015	09 :00	21	7,3	0,9	11	5,118	10	5	5	28,8
12/05/2015	12 :00	20	7,4	0,9	11	4,409	10	1	9	28,8

-Q d'alimentation = 16 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0,307 l/min

-I_m = 95,348 ml/g \longrightarrow La boue est bien décanté

Annexe D

Tableau D 02 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien sur une hauteur de 80 cm de garnissage plastique.

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)
13/05/2015	09 :00	18	8,1	3,2	39	16,804	30	18	12	67,2
13/05/2015	12 :00	19	8	2,9	35	15,422	30	13	17	57,6
13/05/2015	14 :00	19	7,96	2,1	26	13,349	25	17	8	86,4
14/05/2015	09 :00	17	7,7	1,9	23	12,658	20	15	5	67,2
14/05/2015	12 :00	16	7,62	1,5	18	9,895	20	13	7	76,8
17/05/2015	14 :00	17	7,42	1,2	15	9,204	10	7	3	57,6
17/05/2015	09 :00	17,2	7,6	0,9	11	6,536	10	8	2	38,4
17/05/2015	12 :00	18	7,5	0,9	11	6,536	10	6	4	48
18/05/2015	14 :00	18	7,49	0,7	9	5,473	10	5	5	38,4
18/05/2015	09 :00	19	7,52	0,5	7	5,118	5	3	2	19,2
18/05/2015	12 :00	19,2	7,5	0,5	7	4,713	5	2	3	19,2

-Q d'alimentation = 20 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0,346 l/min

-I_m = 91,167 ml/g \longrightarrow La boue est bien décanté

Annexe D

Tableau D 03 : Résultats d'analyse du prélèvement après le lit bactérien sur une hauteur de 80 cm de garnissage plastique.

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)
19/05/2015	09 :00	23	7,96	4,1	49	20,359	22	17	5	124,8
19/05/2015	12 :00	22	7,7	3,6	43	15,752	20	13	7	105,6
19/05/2015	14 :00	22,2	7,83	2,8	33	13,625	20	10	10	86,4
20/05/2015	09 :00	20	7,5	2,6	31	16,106	20	16	4	67,2
20/05/2015	12 :00	19	7,6	2,1	26	15,043	20	12	8	76,8
21/05/2015	09 :00	18	7,65	2,1	26	11,498	15	9	6	57,6
21/05/2015	12 :00	20	7,78	1,7	21	6,891	15	10	5	38,4
24/05/2015	09 :00	19	7,6	1,7	21	4,764	15	8	7	48
24/05/2015	12 :00	20	7,43	1,1	13	4,055	10	7	3	57,6
25/05/2015	09 :00	20	7,49	0,9	11	3,346	5	3	2	28,8
25/05/2015	12 :00	18	7,35	0,8	9	2,992	5	2	3	28,8
25/05/2015	14 :00	19	7,4	0,8	10	2,283	5	0	5	28,8

-Q d'alimentation = 25 l/h

-Q recyclée de l'eau claire = 0,444 l/min

-I_m = 87,209 ml/g → La boue est bien décanté

Annexe I

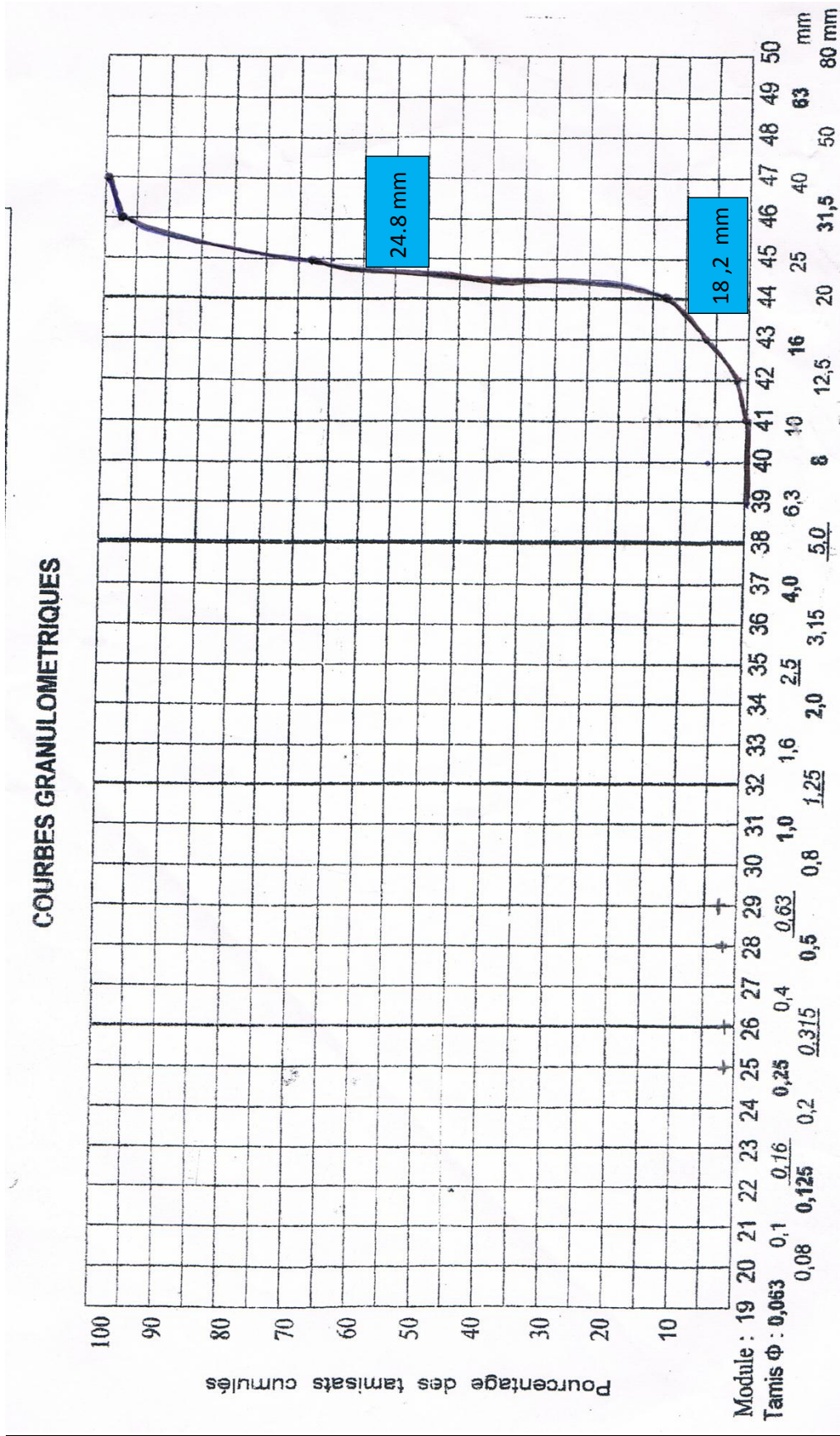


Figure 1 : courbe granulométriques de la pouzzolane.

Annexe II

✓ VERRERIE USUELLE



B-Pipette



A-Burette



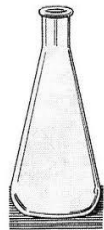
C-Éprouvette



E-Becher



D-Fiole jaugée



F-Erlenmeyer

Annexe III

PRÉPARATION DES RÉACTIFS NÉCESSAIRES POUR LA DÉTERMINATION DE LA DCO

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

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

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

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

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

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

4- Solution d'indicateur coloré (Ferroïne) :

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

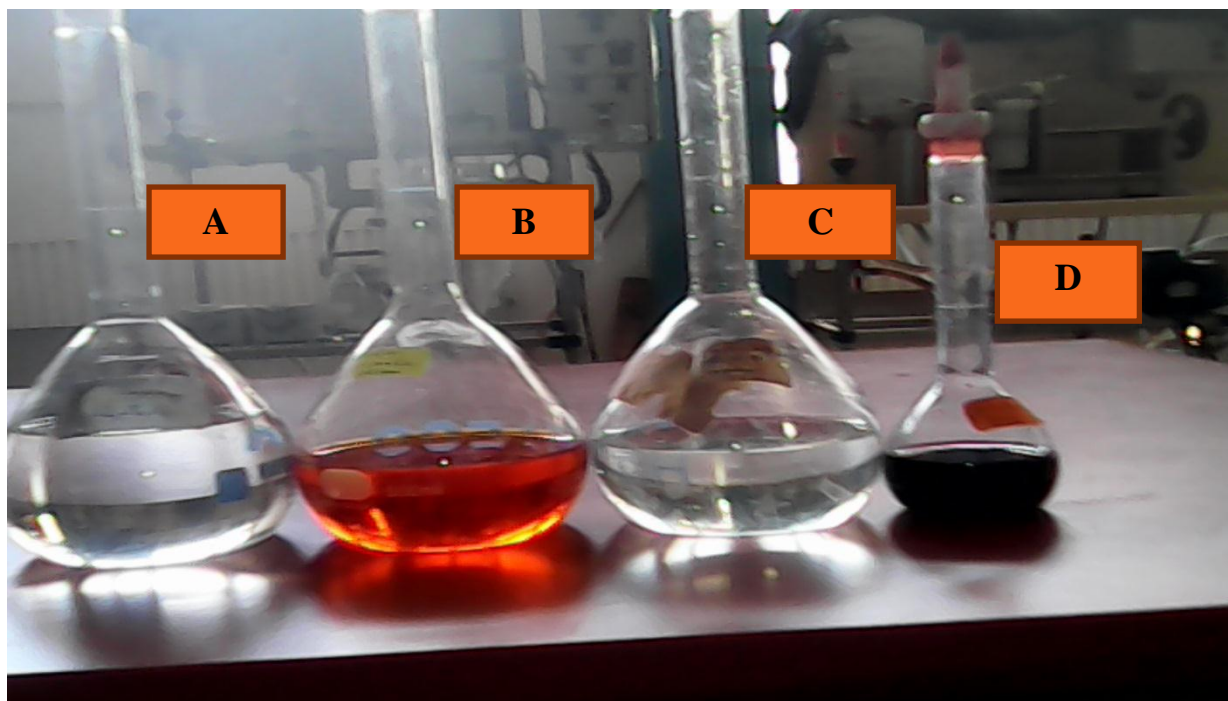
5- Solution d'hydrogénophthalate de potassium ($KC_8H_5O_4$) à 2,0824 mmol/l :

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

6- Granules :

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

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



A. Solution d'acide sulfurique et sulfate d'argent.

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

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

D. Solution d'indicateur coloré (Ferroïne).

Annexe IV

L'arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 Janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées utilisées à des fins d'irrigation :

MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU

Arrêté interministériel du 23 Chaâbane 1432 correspondant au 25 juillet 2011 portant déclaration d'utilité publique l'opération d'expropriation relative au renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa, wilaya de Mila.

Le ministre de l'intérieur et des collectivités locales,
Le ministre des finances,
Le ministre des ressources en eau,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 93-186 du 27 juillet 1993, complété, déterminant les modalités d'application de la loi n° 91-11 du 27 avril 1991, complétée, fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique notamment son article 10 ;

Vu l'arrêté n° 1130 du 5 août 2007 du wali de la wilaya de Mila portant ouverture de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique ;

Vu l'arrête n° 1566 du 24 septembre 2007 du wali de la wilaya de Constantine portant ouverture de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique ;

Vu l'avis favorable de la commission d'enquête préalable de la wilaya de Mila ;

Vu l'avis favorable de la commission d'enquête préalable de la wilaya de Constantine ;

Arrêtent :

Article 1er. — Est déclarée d'utilité publique l'opération d'expropriation relative à la réalisation du projet de renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa, wilaya de Mila.

Art. 2. — La superficie globale des biens à exproprier devant servir d'assiette à la réalisation de ce projet est de 28 266 m² répartis comme suit :

- commune de Ain Etine (wilaya de Mila) : 2681 m²,
- commune de Sidi Khelifa (wilaya de Mila) : 6244 m²,
- commune de Ibn Ziade (Wilaya de Constantine) : 19341 m².

Art. 3. — Le montant global de l'opération d'expropriation est évalué à trois millions de dinars (3.000.000,00 DA).

Art. 4. — Au titre de la consistance des travaux, la réalisation du projet de renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa comporte les ouvrages suivants :

- réalisation de deux (2) stations de pompage,
- pose de conduites sur un linéaire de 5 250 ml.

Art. 5. — Le délai maximal imparti pour l'expropriation est fixé à quatre (4) années.

Art. 6. — Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 23 Chaâbane 1432 correspondant au 25 juillet 2011.

Le ministre de l'intérieur
et des collectivités locales
Daho OULD KABLIA

Le ministre
des ressources en eau
Abdelmalek SELLAL

Pour le ministre des finances

Le secrétaire général

Miloud BOUTEBBA



Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.

Le ministre des ressources en eau,

Le ministre de l'agriculture et du développement rural,

Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;

Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;

Arrêtent :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation conformément à l'annexe jointe.

Art. 2. — le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.

Le ministre
des ressources en eau

Le ministre de l'agriculture
et du développement rural

Abdelmalek SELLAL

Rachid BENAÏSSA

Le ministre de la santé, de la population
et de la réforme hospitalière

Djamel OULD ABBES

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE		0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12	ds/m	0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.