



Traitement de la pollution organique des eaux usées domestiques par le procédé d'infiltration-percolation sur deux types de sables titanifères : brut et tamisé

Treatment of organic pollution of domestic wastewater by infiltration-percolation process on two types of titaniferous sands: Gross and sieved

**R. El haouti, Y. Azougarh, S. Et-taleb, R. Aba-aaki, M. Abbaz,
S. Lhanafi, M. Ez-zahery, N. El alem**

Laboratoire Matériaux et Environnement (LME), Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Département de chimie, cité DAKHLA B.P 8106, Agadir, Maroc

*Corresponding Author. E-mail: r.elhaouti@gmail.com; Tel: (00212636394765)

Résumé

Les problèmes environnementaux liés à la pollution chimique et biologique des eaux usées domestiques demandent des traitements préalables pour éviter toutes difficultés de santé et de salubrités. Les eaux usées traitées peuvent constituer un apport en eau pour l'irrigation des parcs publics, des terrains de golf et la recharge des nappes phréatiques. Plusieurs techniques sont utilisées pour l'épuration des eaux usées domestiques, notre travail est basé sur la technique d'infiltration-percolation, qui est un procédé d'épuration biologique à culture fixée sur supports fins. Il consiste à faire percoler l'eau à traiter sur le massif filtrant (Sable Titanifère) jusqu'à rejoindre un système de drainage. Cette étude permet d'évaluer le pouvoir épuratoire de deux types de sable titanifère (brut (STB) et tamisé (STT)) de la région d'Agadir. L'efficacité de cette technique d'épuration porte sur l'étude d'un certain nombre de paramètres physico-chimiques des eaux usées avant et après le traitement (DCO, DBO₅, etc...). Les résultats montrent la même performance pour la DBO₅ (Demande Biochimique en Oxygène) pour les deux types de sable titanifère qui peut atteindre 99% par contre pour les autres paramètres on a une meilleure performance pour le STT. En effet, pour la DCO (Demande Chimique en Oxygène) on a 90% avec STB et 94% avec STT, pour la turbidité on a 91% avec STB et 96% avec STT.

Mots Clés : eaux usées, sable titanifère, infiltration-percolation, paramètres physico-chimiques.

Abstract

Environmental problems related to chemical and biological pollution of domestic wastewater require pretreatments to avoid any health problems. The treated wastewater may constitute a water supply for irrigation of public parks, golf courses and groundwater recharge. Several techniques are used for the purification of domestic wastewater, our work is based on the infiltration-percolation technique, which is a biological treatment process with a culture fixed on thin media. It consists of percolating water to be treated on the gravel pack (titaniferous sand) until reaching a drainage system. This study evaluates the purifying power of two types of titaniferous sand (gross (GTS) and sieved (STS)) of Agadir city. The efficacy of this purification technology is the study of a number of physico-chemical parameters of wastewater before and after treatment (COD, BOD₅,...). The results show the same performance for BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand) for both types of titaniferous sand, which can reach 99% in contrast to the other parameters that had known an excellent performance for STS. Indeed, for COD (chemical oxygen demand) we have 90% with GTS and 94% with STS, and concerning the turbidity we have 91% with GTS and 96% with STS.

Keywords: wastewater, titaniferous sand, infiltration-percolation, physico-chemical parameters

Introduction

Le développement d'urbanisation conjugué à la croissance démographique engendre l'augmentation des besoins en eau qui se traduit par l'utilisation excessive des ressources en eau et par la production et le rejet d'un important volume d'eaux usées dans les milieux récepteurs [1,2]. Comme cette eau est habituellement chargée en matière organique, elle devient dès lors une source de pollution importante pour le milieu récepteur qui la reçoit [3]. Leurs traitements peuvent constituer un apport de leur réutilisation pour l'irrigation agricole sans restriction, l'irrigation des parcs publics [4], des terrains de golf [5] et la recharge des nappes phréatiques.

L'infiltration percolation des eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin [6]. Il consiste à infiltrer des effluents primaires décantés ou des effluents secondaires à travers le massif filtrant jusqu'à rejoindre un système de drainage [7, 8, 9].

La technique d'infiltration percolation sur sable est largement répandue pour épurer les effluents en raison de la faible dépense énergétique qu'elle entraîne, du peu de technicité demandée pour son entretien et de sa facilité d'intégration au site [10, 11].

La présente étude consiste d'abord à caractériser les eaux usées rejetées par le bassin anaérobie de la station d'épuration de la ville de Ben Sergao (traitement primaire), puis de mener ensuite une analyse physico-chimique par la détermination de certains paramètres majeurs et globaux, après avoir ruisseler l'eau à traiter sur le massif filtrant (Sable Titanifère) sur un système semi-pilote.

2. Matériel et méthodes

2.1. Dispositif expérimental

En vue d'évaluer les performances épuratrices de types de sable titanifère (brut et tamisé), une station pilote (Figure 1) est installée à la faculté des sciences d'Agadir. Cette station est constituée de deux colonnes en PVC de 20 cm de diamètre et présentant un profil de deux mètres de sable formant ainsi deux massifs filtrants : STB et STT. Chaque colonne est équipée d'un système de drainage perforé permettant la récupération de l'effluent infiltré. Les analyses des eaux usées sont effectuées avant et après infiltration sur la colonne de sable Titanifère brut. La figure 1 montre le dispositif expérimental utilisé dans cette étude.

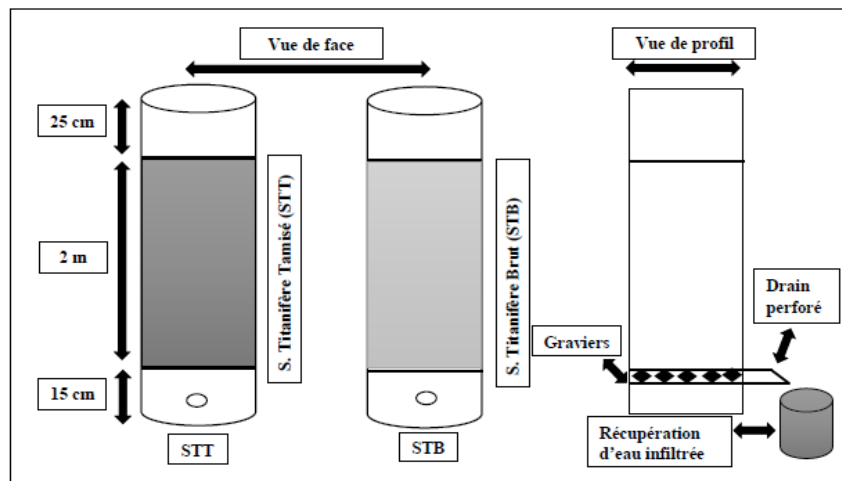


Figure 1 : Dispositif expérimental utilisé dans cette étude

2.2. Fréquence et mode d'alimentation

La charge hydraulique des colonnes sont expérimentées hebdomadairement par 06 litres par mètre carré. La colonne est alimentée dans les mêmes conditions avec l'effluent brut. Ces eaux d'une typologie domestique sont composées d'eaux usées domestiques issues de la ville de Ben Sergao.

2.3. Paramètres et méthodes d'analyses des eaux usées

Toutes les analyses et les mesures nécessaires pour quantifier la pollution organique sont normalisées suivant les normes marocaines, similaires aux normes françaises AFNOR selon les techniques préconisées par Rodier. Les paramètres mesurés sont le pH, la température, la conductivité, la turbidité, la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO).

Tous les paramètres physico-chimiques sont mesurés in situ. Les analyses des paramètres qui caractérisent la pollution organique sont effectuées dans les 12 heures qui suivent les prélèvements.

3. Résultats

3.1. Caractérisation de sable titanifère brut et tamisé

Le massif filtrant utilisé dans cette étude est le sable titanifère de la région d'Agadir (Maroc), les caractéristiques de sable titanifère brut et tamisé sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Résultats des analyses de sable Titanifère brut

Paramètre	Sable Titanifère Brut	Sable Titanifère Tamisé	Observation
D ₁₀ * (mm)	0,085	0,104	Granulométrie serrée
D ₆₀ ** (mm)	0,133	0,124	Granulométrie serrée
C _u = D ₆₀ /D ₁₀ ***	1,564	1,192	Sable homogène
Teneur en eau %W	0,25	0,333	Sable légèrement humide
Densité relative (g/cm ³)	4,333	3,846	Sable assez dense
Masse unitaire sèche	2,689	2,555	Valeurs normales
Porosité (e)	0,379	0,335	Le volume totale occupé par du vide est 37,9 % pour STB et 33,5 pour STT
Perméabilité (cm/s)	0,007	0,011	Perméabilité assez élevée

(*) D₁₀ : correspond à la grosseur des mailles du tamis qui laissent passer 10% de la masse de l'échantillon.

(**) D₆₀ : correspond à la grosseur des mailles du tamis qui laissent passer 60% de la masse de l'échantillon.

(***) Cu = D₆₀/D₁₀ : le coefficient d'uniformité.

3.2. Analyse élémentaire de sable titanifère brut et tamisé

La Figure 2 et le tableau 2 montrent l'analyse élémentaire du sable qui a été déterminée à l'aide de la technique de microscopie électronique à balayage couplée à la microanalyse Xs de caractérisation.

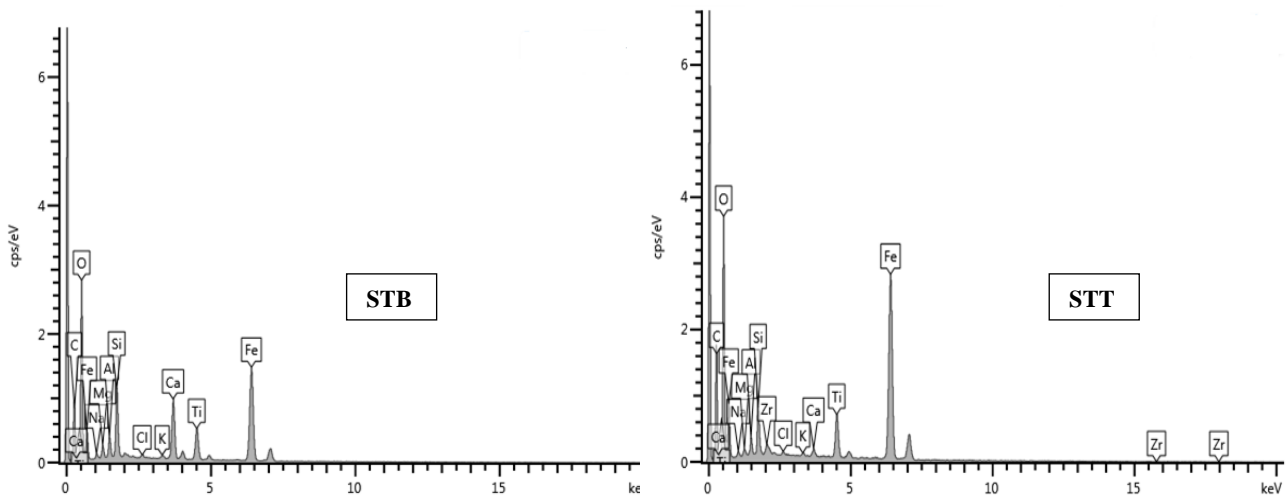


Figure 2 : Spectre d'analyse élémentaire de sable Titanifère brut et tamisé

Cette microanalyse chimique a permis de mettre en évidence la présence du fer, du titane, du silicium et du calcium. Ces éléments sont regroupés dans les constituants principaux du sable titanifère brut : Fe₃O₄, FeTiO₃, ZrSiO₄, SiO₂ et TiO₂ [12].

Les photos de la figure 3, montre l'aspect général de la morphologie de la surface du sable titanifère (brut et tamisé) à 500 µm, on constate que c'est un sable propre et très poreux.

3.3. Température

D'après les résultats trouvés, on constate que la température de l'eau utilisée décantée est toujours élevée 22,8°C (en moyenne) par rapport à celle des eaux épurées 21,7°C (en moyenne) (Figure 4).

Tableau 2 : Pourcentages massique et atomiques des éléments contenus dans le sable titanifère brut et tamisé

Élément	STB		STT	
	% Masse	% atomique	% Masse	% atomique
Na	1,61	3,05	1,45	3,12
Mg	2,82	5,04	1,11	2,26
Al	3,74	6,03	2,35	4,31
Si	11,40	17,66	5,74	10,10
Cl	0,51	0,63	0,40	0,56
K	0,61	0,68	0,41	0,51
Ca	12,64	13,72	1,03	1,28
Ti	9,82	8,92	8,77	9,05
Fe	56,83	44,26	76,09	67,37
Zr	-	-	2,65	1,44
Total:	100,00	100,00	100,00	100,00

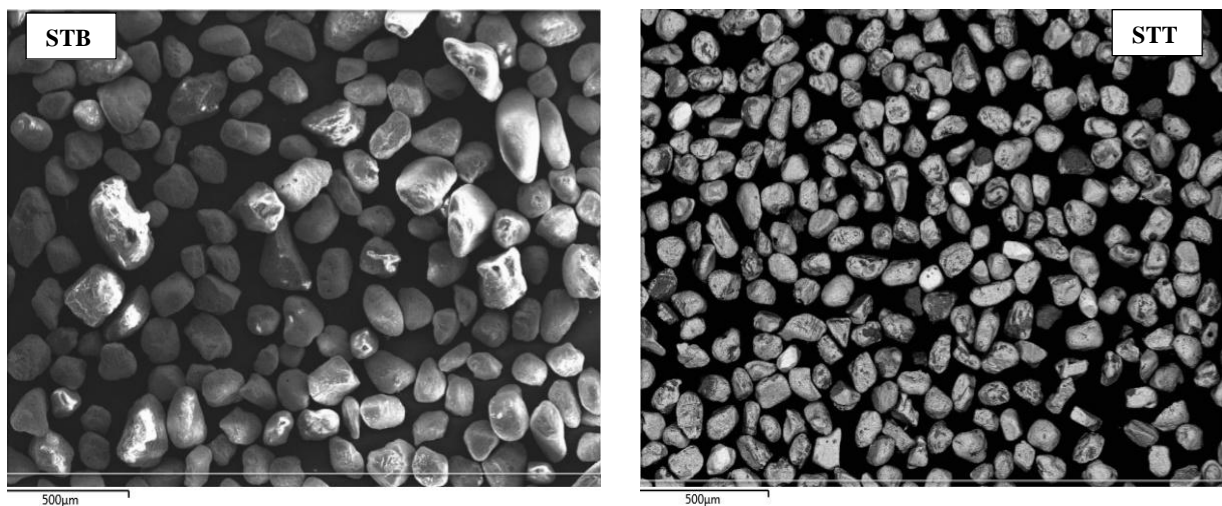


Figure 3 : Image électronique de la morphologie à 500 µm de la surface du sable titanifère brut (STB) et tamisé (STT)

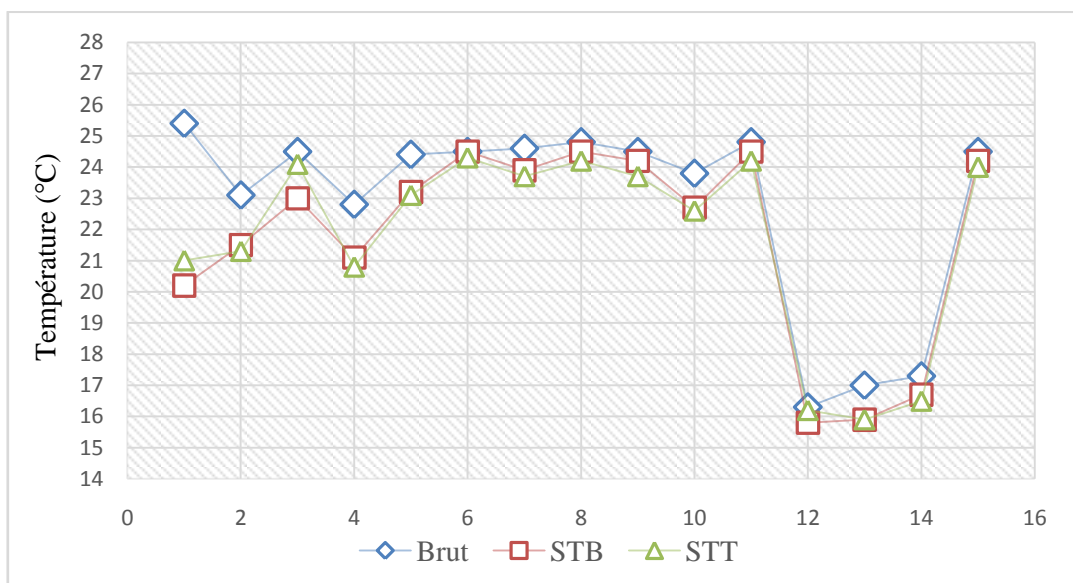


Figure 4 : Etude de l'évolution de la température

3.4. Potentiel hydrogène de l'eau

Le pH des eaux usées décantées (E.D) à l'entrée de la colonne varie entre 7,74 et 8,19 avec une valeur moyenne de 7,93. Le pH des eaux épurées avec le sable Titanifère brut (STB) varie entre 8,57 et 8,72 avec une valeur moyenne de 8,64 et varie entre 8,47 et 8,77 pour le sable titanifère tamisé (STT) avec une valeur moyenne de 8,62 (figure 5).

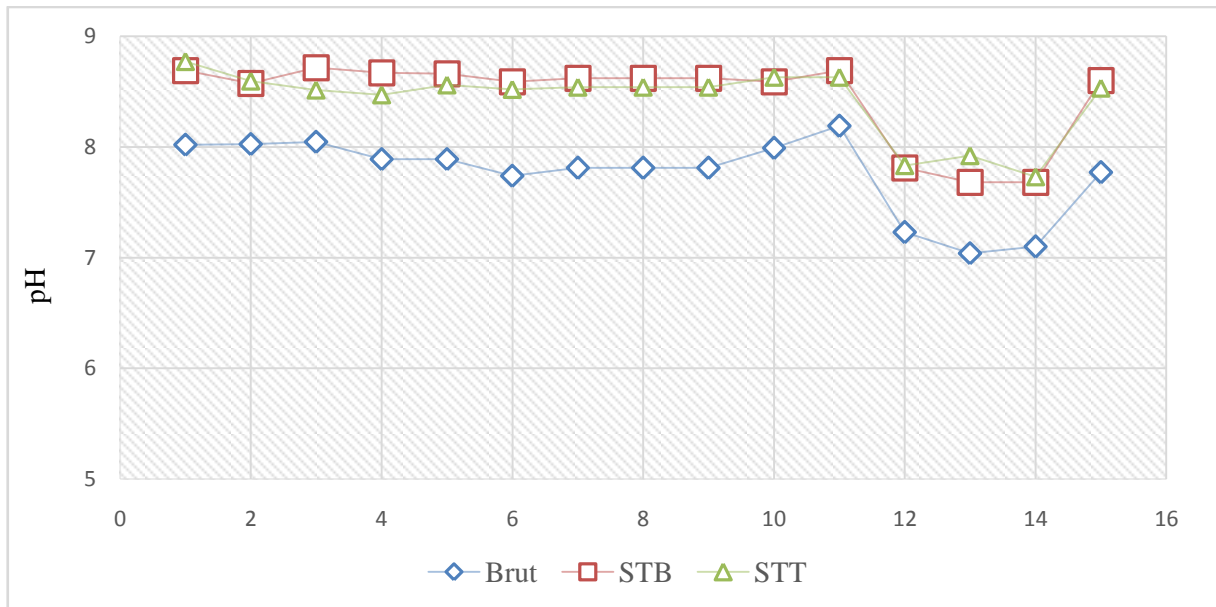


Figure 5 : Etude de l'évolution du pH

3.5. Turbidité

La turbidité moyenne des eaux usées pré décanter est de 115 UNT à l'entrée du massif filtrant, 9 UNT pour les eaux usées traité par le sable titanifère brut et 3 UNT pour les eaux usées traité par le sable titanifère tamisé (Figure 6).

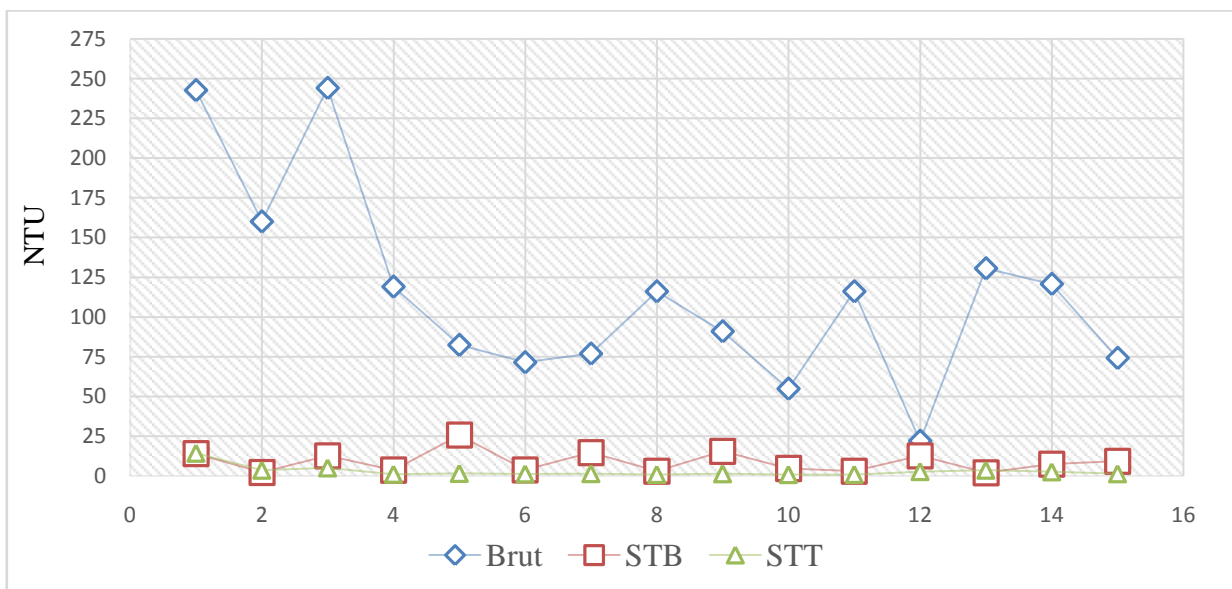


Figure 6 : Etude de l'évolution de la turbidité

3.6. Conductivité

La mesure de ce paramètre montre que la valeur moyenne enregistrée à l'entrée du massif filtrant est de 1760 μ S/cm, 2396 μ S/cm pour les eaux usées traité par le sable titanifère brut et 1485 μ S/cm pour les eaux usées traité par le sable titanifère tamisé (Figure 7)

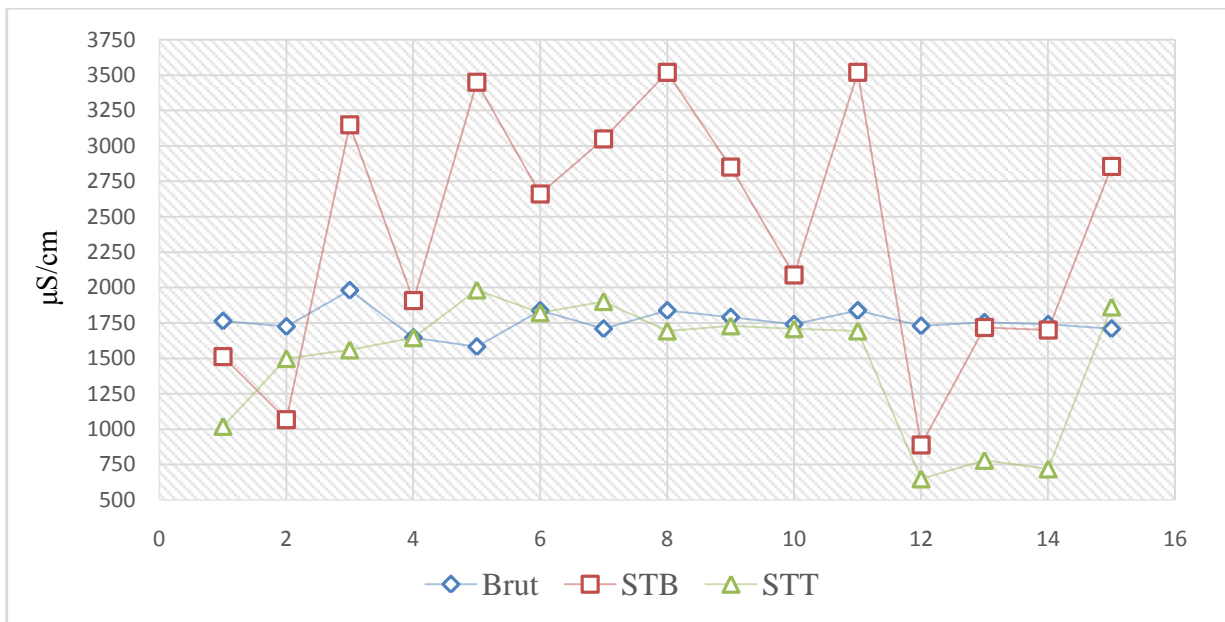


Figure 7 : Etude de l'évolution de la conductivité

3.7. Demande chimique en oxygène

La figure 8, montre que la concentration en DCO pour les eaux usées à l'entrée du système pilote fluctue entre 202 mgO₂/l et 644 mg O₂/l avec une valeur moyenne de 384 mg O₂/l.

Les concentrations en DCO relevées à la sortie de sable titanifère brut varient de 18 mg/l à 50 mg/l avec une concentration moyenne de 33 mgO₂/l et varient de 8 mgO₂/l à 33 mgO₂/l avec une concentration moyenne de 17 mgO₂/l à la sortie de sable titanifère tamisé. Le pourcentage de réduction de la DCO fluctue entre 84 % et 95 % avec un abattement moyen de 91% pour le sable titanifère brut et de 93 % et 98 % avec un abattement moyen de 95 % pour le sable titanifère tamisé.

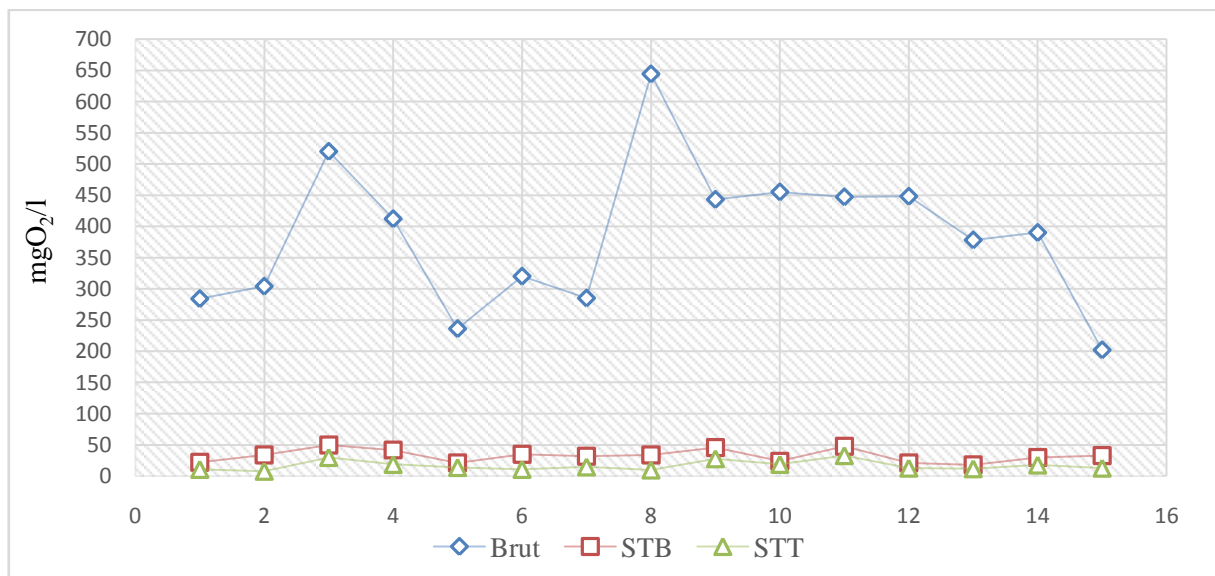


Figure 8 : Etude de l'évolution de la DCO

3.8. Demande biochimique en oxygène

La concentration en DBO₅ pour les eaux usées décantées utilisées à l'entrée du système pilote fluctue entre 123 mgO₂/l et 221 mgO₂/l avec une valeur moyenne de 175,5 mgO₂/l (figure 9).

Les concentrations en DBO₅ relevées à la sortie de sable titanifère brut varient de 4 mgO₂/l à 34 mgO₂/l avec une concentration moyenne de 17 mgO₂/l et varient de 2 mgO₂/l à 26 mgO₂/l avec une concentration moyenne

de 10 mgO₂/l à la sortie de sable titanifère tamisé. Ce qui explique que 99% en moyenne de la matière biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées est éliminée par les deux types de sable titanifère (figure 9).

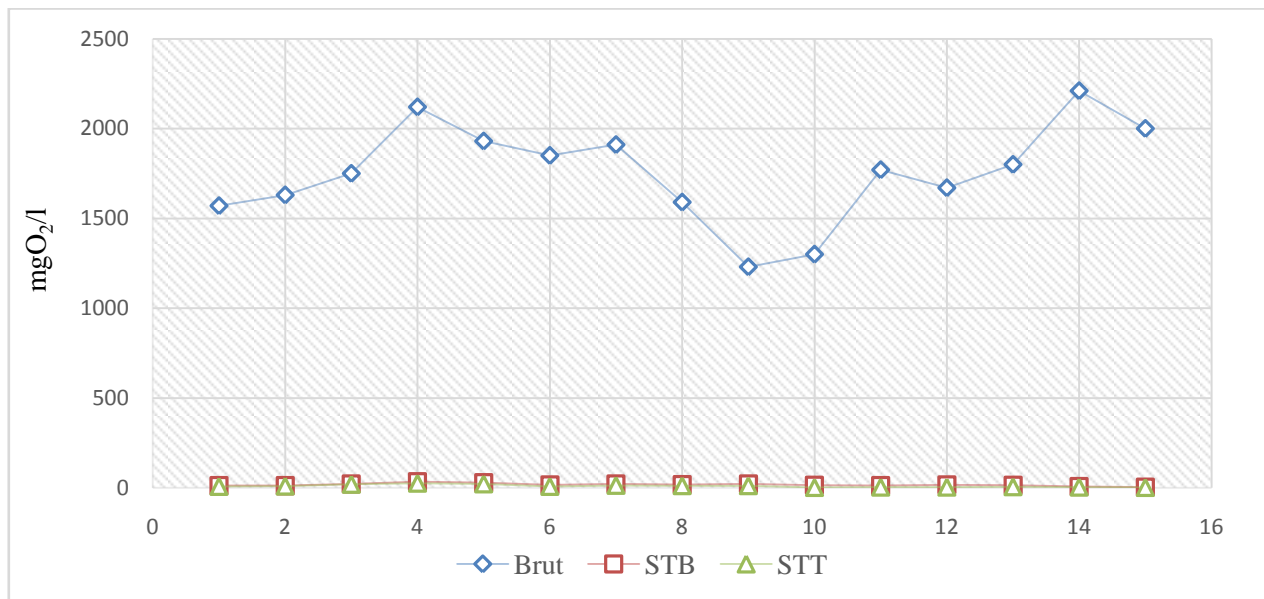


Figure 9 : Etude de l'évolution de la DBO₅

4. Discussion

La température enregistrée au niveau des eaux traitées ne dépasse pas 30°C, considérée comme la valeur limite de rejets directs dans le milieu récepteur selon le Comité Normes et Standards du Ministère de l'Environnement du Maroc (1994) [13].

L'augmentation du pH des eaux épurées à la sortie du procédé, peut être expliquée à la fois par la diminution de la décomposition aérobie de la matière organique le long du massif filtrant et par le caractère alcalin du sable [14].

L'unité de mesure de la turbidité est l'unité néphélométrie (NTU). La majorité des matières turbides sont éliminées après le ruissellement des eaux usées brutes sur le massif filtrant par le système d'infiltration-percolation [15]. Cela est dû principalement à des processus physiques (filtration et sédimentation) et au tamisage au niveau du massif filtrant [16].

Une légère diminution de la conductivité électrique des eaux épurées par (STT), par contre la conductivité des eaux épurées par (STB) augmente après infiltration. Qui ne dépassant pas les normes marocaines des eaux de surface (2700 µs/cm) (N.M, 2002) [15]. Indiquant que les deux types de sables ayant des caractéristiques différentes au niveau d'éléments minéraux.

Le taux d'élimination de la demande chimique en oxygène par ce système montre une rétention importante des matières oxydables. Ceci est vraisemblablement dû à la rétention physique de la matière organique de l'eau usée dans le massif filtrant et l'oxydation de celle-ci par des processus biologiques associés à la flore bactérienne [17].

Le taux élevé d'abattement de la demande biochimique en oxygène relevée à la sortie du massif est lié à une meilleure oxygénation du massif filtrant permettant aux bactéries aérobies de profiler et d'assurer en conséquence une meilleure minéralisation et oxydation de la matière organique [18].

Conclusion

Au vu des résultats obtenus, il paraît que le procédé d'épuration des eaux usées par infiltration-percolation sur deux types de sable titanifère (brut et tamisé) est une technique simple à mettre en œuvre, permettant de réduire efficacement la pollution organique avec le moindre coût.

Références

1. Fouad S., Hajjami K., Cohen N., Chlaida M., *Afr. Sc.* 10 (1) (2014) 91-102.
2. Aba-aaki R., Agga K., Raji M., Et-taleb S., Ez-zahery M., El Alem N., *Phys. Chem. News* 58 (2011) 12-16.
3. Belghyti D., El Guamri Y., Ztit G., Ouahidi M. L., Joti M. B., Harchrass A., Amghar H., Bouchouata O., El kharrim K., Bounouira H., *Afr. Sc.* 05(2) (2009)199-216.
4. Aboutayeb H., Kabbachi B., Ezaidi A., *Journal of Environmental Protection*, 5 (2014) 819-825.
5. Mouhanni H., Bendou A., Er-Raki S., *Water*, 3 (2011) 1128-1138.
6. Boutin C., Lienard A., Billote N., Naberac JP., *Ingénieries*, 34 (2003) 35-46.
7. Ez-zahery M., Et-Taleb S., Aba aaki R., El haouti R., Abbaz M., Lhanafi S., El Alem N., *Mor. J. Chem.*, 2 (2014) 486-489
8. Kone M., Bonou L., Koulidiati J., Joly P., Sodreet S., Bouvet Y., *Rev. Sci. Eau.* 25 (2012) 139-151.
9. Aba aaki R., Ez-zahery M., Et-Taleb S., El haouti R., Bousskri A., Abbaz M., Lhanafi S., El Alem N., *Mor. J. Chem.* 2 (2014) 494-501
10. Et-taleb S., Ez-zahery M., Aba-aaki R., El haouti R., Abbaz M., Lhanafi S., El alem N., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S2) (2014) 2409-2412.
11. Bali M., Gueddari M., Boukchina R. *Desalination*, 258 (2010) 1-4.
12. Abbaz M., Aba aaki R., El haouti R., Et-taleb S., Ez-zahery M., Lhanafi S., El Alem N., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S2) (2014) 2418-2425.
13. Boutayeb M., Bouzidi A., Fekhaoui M., *Bull. Inst. Sci., Rabat, section Sciences de la Vie*, 34 (2) (2012) 145-150.
14. El haouti R., Et-taleb S., Abbaz M., Lhanafi S., Azougarh Y., Ez-zahery M., Aba-aaki R., El Alem N., *Ar. J. Chem. Environ. Res.*, 2 N°2 (2015) 58-71.
15. El morhit M., Fekhaoui M., Serghini A., El baldi S., El abidi A., Bennaakam R., Yahyaoui A. Jbilou M., *Bull. Inst. Sci. Rabat*, 30 (2008) 39-47.
16. Achak M., Ouazzani N.Mandi L., *Rev. Sci. Eau.* 24 (2011) 35-51.
17. Abissy M., Mandi L., *Rev. Sci. Eau*, 12 (1999) 285-315.
18. Polprasert C., Dan N.P., Thayalahumaran N., *Water Sci., Technol.*, 34 (1996) 165-171.

(2016) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>