



## Utilisation du sable noir comme massif filtrant dans le procédé d'infiltration percolation pour le traitement des eaux usées (Use of black sand as gravel in the process of infiltration percolation for wastewater treatment)

**R. El haouti, R. Aba-aaki, K. Agga, S. Et-taleb, M. Abbaz, M. Ez-zahery,  
S. Lhanafi et N. El alem**

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

Received 09 September, Revised 10 October 2014, Accepted 22 October 2014

\*Corresponding Author. E-mail: [n.elalem@uiz.ac.ma](mailto:n.elalem@uiz.ac.ma) Tel: (00212661916179)

### Résumé

La pollution des eaux naturelles est liée aux rejets industriels et domestiques, à l'emploi dans l'agriculture des pesticides et des engrais. Le but des différents traitements est d'éliminer ou diminuer la quantité des substances polluantes contenues dans les eaux usées. Cette épuration apporte une solution à la pénurie d'eau notamment dans le domaine de l'agriculture. Parmi les procédés appliqués dans ce domaine, nous citons : le traitement biologique traditionnel, l'adsorption, l'électrodialyse et l'infiltration percolation. Le procédé choisi pour le traitement des eaux usées utilisé dans notre travail est l'infiltration percolation. L'efficacité de cette technique porte sur l'étude d'un certain nombre de paramètres physico-chimiques des eaux usées et sur la caractérisation du massif filtrant. Les différents massifs filtrants utilisés dans ce procédé sont le sable titanifère brute et la sable titanifère tamisé appelé aussi sable noir. Les caractéristiques minéralogiques et granulométriques (courbe granulométrique, paramètres pondéraux, valeurs déduites,...) des différents types de sable montrent une différence entre les deux massifs. Pour les eaux usées, les résultats pour les différents paramètres avant et après infiltration sur les deux colonnes (les ions majeurs, DBO<sub>5</sub>, DCO, matières en suspension,...) montrent une meilleure performance pour le sable titanifère tamisé.

*Mots clés:* Eaux usées, sable titanifère (sable noir), infiltration-percolation, Massif filtrant.

### Abstract

The pollution of natural waters is related to industrial and domestic waste, employment in agriculture pesticides and fertilizers. The purpose of the various treatments is to eliminate or reduce the quantity of pollutants in wastewater. This purification provides a solution to the insufficiency of water especially in the field of agriculture. Among the methods applied in this field, we mention: Traditional biological treatment, adsorption, electro dialysis and infiltration percolation. The process chosen for the wastewater used in our work is infiltration percolation. The effectiveness of this technique focuses on the study of a number of physicochemical parameters of wastewater and characterization of filtering mass. Different filtering mass used in this process are the raw titaniferous sand and sifted sand titaniferous also called black sand. Mineralogical and particle characteristics (size distribution curve, weight parameters, values deduced ...) of different type sand show a difference between the two massifs. For wastewater, the results for the different parameters before and after infiltration on both columns (major ions, BOD<sub>5</sub>, COD, suspended solids, ...) show a better performance for the titaniferous sifted sand.

*Keywords:* Wastewater, titaniferous sand (black sand), infiltration percolation, filtering Massif

### Introduction

L'impact des rejets industriels sur la qualité de l'eau est fonction de leur affinité avec l'oxygène et de leur teneur en substance organique et inorganique. En plus des matières organiques, Azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques et des métaux lourds dangereux pour la santé en cas de dépassement des seuils admis [1]. L'agriculture génère de nombreux polluants organiques et inorganiques dans

les eaux de surface et souterraines, ces contaminants comportent à la fois des composés phosphorés ou azoté, des déchets animaux, des engrais commerciaux, des herbicides et des pesticides.

Le but des différents traitements est d'éliminer ou diminuer la quantité des substances polluantes contenues dans les eaux usées. Cette épuration apporte une solution à la pénurie d'eau notamment dans le domaine de l'agriculture. Parmi les procédés appliqués dans ce domaine, nous citons : le traitement biologique traditionnel [2,3], l'adsorption et l'électrodialyse [4,5,6]. La plupart des techniques d'épuration à base de ce procédé nécessitent un investissement technologique et financier qui dépasse les capacités des pays pauvres ou émergent comme le Maroc. La recherche, donc, de nouveaux procédés, accessibles à ces pays sur le plan technologique et financier et dont les performances seraient acceptables, est devenue une nécessité.

Le système d'épuration des eaux usées, par le sable, utilisé dans notre travail est l'infiltration percolation [7,8]. Cette approche a été appliquée à la base de modèle semi-pilote, constitué par deux colonnes en PVC de 20 cm de diamètre extérieur est remplis de 2m de sable. Ces colonnes sont installées à la faculté des sciences d'Agadir.

Les différentes analyses chimiques qui ont été effectuées, portent sur les performances épuratoires des eaux usées par les différents types de sables durant une période de suivi de deux mois de fonctionnement.

## 2. Matériels et méthodes

Le système d'épuration est de type infiltration percolation sur des colonnes remplies de sable titanifère (sable noir) de deux types (sable titanifère brute (STB) et sable titanifère tamisé (STT)). Le sable titanifère tamisé est obtenu en le passant sur un tamis de 80 $\mu$ m pour éliminer les particules du sable quartzueux.

Pour STB on a 75% de sable titanifère + 25% de sable quartzueux et pour STT on a 95% de sable titanifère + 5% de sable quartzueux. L'épuration est assurée par le passage des eaux usées, après décantation, à travers les massifs des sables. Les différentes analyses effectuées portent sur les caractéristiques de sable d'une part et d'autre part sur les performances épuratoires des différents paramètres des eaux usées.

Le dispositif expérimental (figure 1) est constitué de deux colonnes qui sont équipées d'un système de drainage à la base inférieure installé au dessus d'un film en plastique, pour assurer une étanchéité total du système.

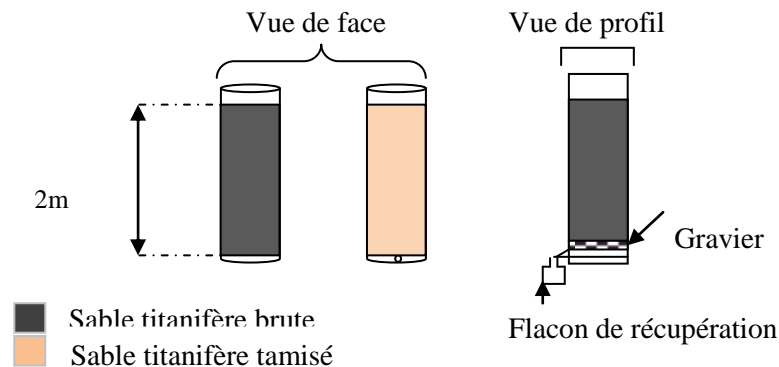


Figure 1: Schéma du dispositif utilisé

Les méthodes d'analyses chimiques et physiques utilisées sont celles recommandées par Afnor en 1983 : dosage volumétrique, potentiométrie, complexométrie, gravimétrie, spectrométrie UV/visible.

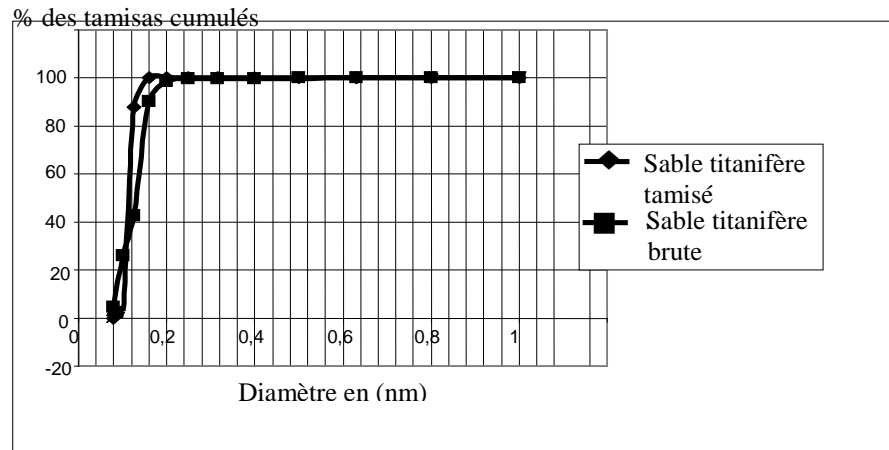
## 3. Résultats et discussions

### 3.1. Analyse du sable

#### 3.1.1. Analyse granulométrique

Les différentes analyses effectuées sur le sable titanifère brute (STB) et le sable titanifère tamisé (STT) concernent :

- L'analyse granulométrique (figure 2)
- La teneur en eau
- La densité relative
- La masse unitaire sèche



**Figure 2:** Courbe granulométrique des sables

A partir de ces courbes on peut déduire les résultats suivants :

**Tableau 1:** Résultats des paramètres granulométriques

Paramètre	STT	STB	Observation
$D_{10}^*$	0,104	0,085	Granulométrie serrée
$D_{60}^{**}$	0,124	0,133	Granulométrie serrée
$C_u = D_{60}/D_{10}^{***}$	1,192	1,564	Sable homogène

(\*)  $D_{10}$  : correspond à la grosseur des mailles du tamis qui laissent passer 10% de la masse de l'échantillon.

(\*\*)  $D_{60}$  : correspond à la grosseur des mailles du tamis qui laissent passer 60% de la masse de l'échantillon.

(\*\*\*)  $C_u = D_{60}/D_{10}$  : le coefficient d'uniformité

**Tableau 2:** Résultats des paramètres pondéraux et des valeurs déduites

Paramètre	STT	STB	observation
Teneur en eau (%W)	0,333	0,25	Sable légèrement humide
Densité relative ( $g/cm^3$ )	3,846	4,333	Sable assez dense
Masse unitaire sèche	2,555	2,689	Valeurs normales
Porosité (e)	0,335	0,379	33% à 56% du vide
Perméabilité (cm/s)	0,011	0,007	Permutabilité assez élevée

Par conséquent, les analyses de sable montrent que les deux types de sables se différencient essentiellement par leur granulométrie, densité relative et perméabilité.

### 3.1.2 Diffraction aux rayons X

L'étude aux rayons X a été réalisée sur le STT, le tableau 3 regroupe les positions 2 $\theta$  des différents pics indexés et les constituants correspondants. Cela est en bon accord avec les résultats trouvés par une étude réalisée par microsonde [9].

### 3.2. Analyses des eaux usées

Les eaux usées sont prélevées et décantées pendant 24 heures puis elles sont infiltrées sur les deux massifs filtrant. L'évolution des paramètres analysés sera indiquée pour chaque 15 jour pendant deux mois afin de déterminer les performances épuratoires des deux sables.

**Tableau 3:** Différents composés contenus dans le sable titanifère tamisé

composition	20	intensité
<b>Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	18,3 30,1 35,46 37,06 43,06 53,42 56,94	entre 3 et 4
<b>FeTiO<sub>3</sub></b>	18,86 21,1 23,78 32,5 37,86 38,3 41,46 48,7 50,74 53,02 55,5 56,18 56,74 58,94	entre 2 et 6
<b>ZrSiO<sub>4</sub></b>	20,14 27,18 40,94 56,1 53,86 47,86	entre 3 et 5
<b>SiO<sub>2</sub></b>	20,86 36,54 40,3 42,46 50,14 50,62 55,34	entre 2 et 3
<b>TiO<sub>2</sub></b>	27,98 35,7 54,66 39,98	entre 3 et 49
<b>Ca (CO)<sub>3</sub></b>	23,54 47,5 48,5 57,38	entre 2 et 4

### 3.2.1. Le pH

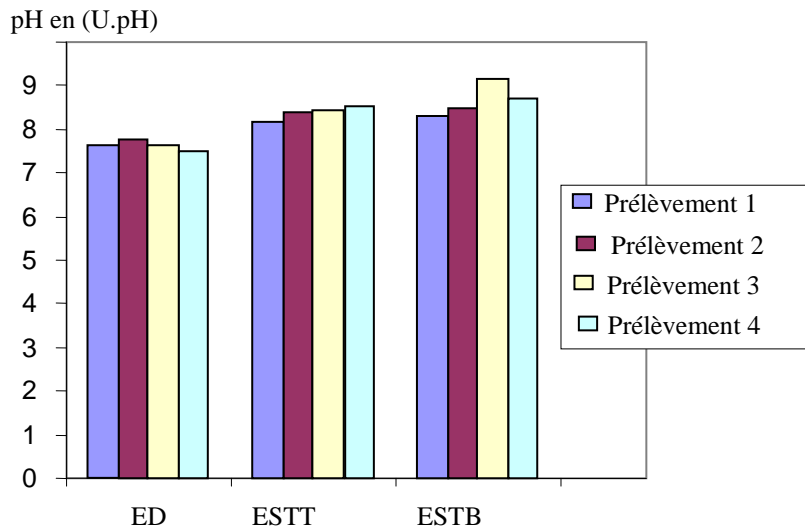
Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de plusieurs facteurs en relation avec l'eau.

La valeur du pH augmente lors de la percolation sur les deux massifs filtrants. Cette augmentation est due aux réactions probables entre les ions  $H_3O^+$  et les constituants de sable telles que les carbonates (Figure 3).

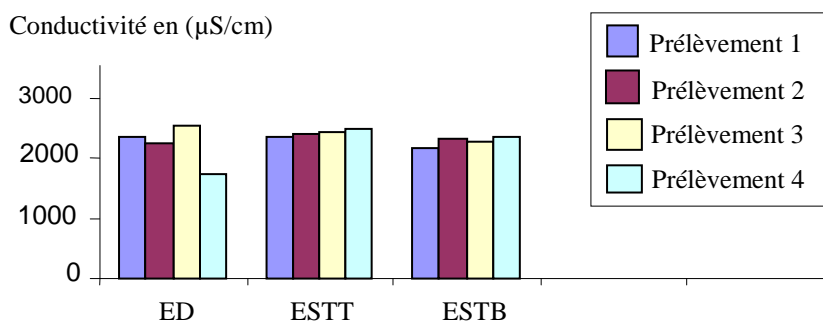
### 3.2.2. La conductivité

Le suivi de la conductivité électrique montre des variations importantes pour les eaux décantées (ED). En effet, les valeurs varient entre 1740 à 2550  $\mu S/cm$  (la valeur moyenne est de 2220  $\mu S/cm$ ).

Les eaux usées épurées ont des valeurs faibles (en moyenne), ceci s'explique par l'existence de réaction entre les ions présents dans l'eau usée et les constituants du massif filtrant. (Figure 4).



**Figure 3:** Evolution des valeurs de pH des eaux usées décantées (E.D) et épurées (ESTT et ESTB)



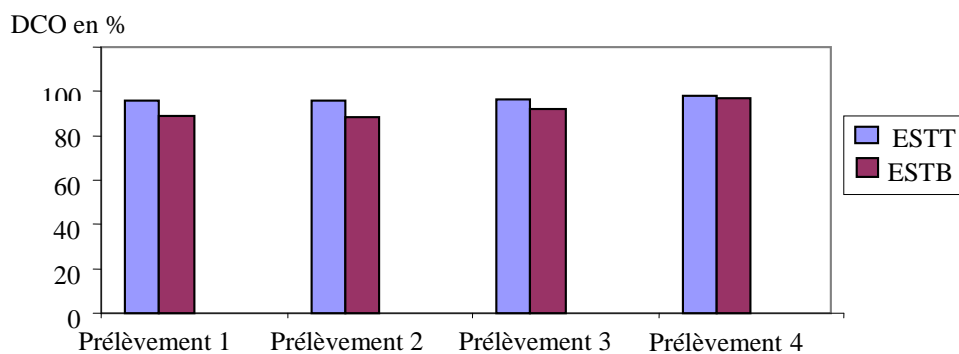
**Figure 4:** Evolution des valeurs de la conductivité des eaux usées décantées (E.D) et épurées (ESTT et ESTB)

### 3.2.3. La Demande chimique en oxygène (DCO)

Les rejets décantés ont une valeur de 875 mgO<sub>2</sub>/l en moyenne.

L'influence de massif sur ce paramètre permet d'avoir des rendements de la DCO de 95,8% à 98,16% pour le sable titanifère tamisé, de 88,46% à 97,23% pour le sable titanifère brute.

On constate aussi que le rendement avec STT est meilleur par rapport au rendement avec STB (Figure 5)



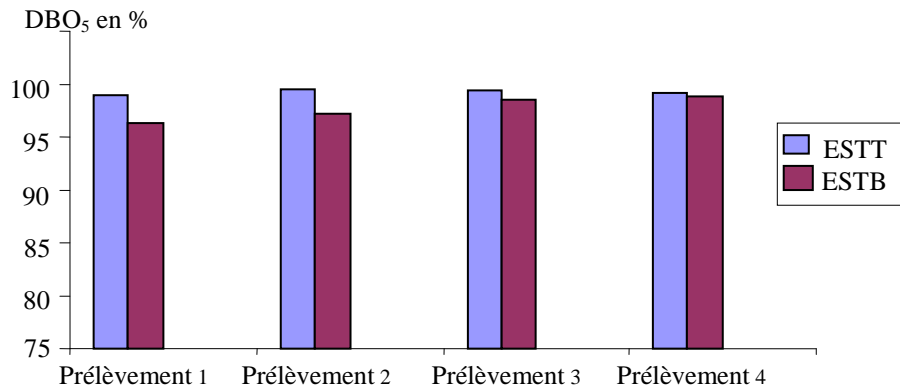
**Figure 5:** Evolution des valeurs de DCO des eaux usées décantées (E.D) et épurées (ESTT et ESTB)

### 3.2.4. La Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Les rejets décantés ont une valeur de 455,47 mgO<sub>2</sub>/l en moyenne.

L'influence de massif sur ce paramètre permet d'avoir des rendements de la DBO<sub>5</sub> de 98,97% à 99,49% pour STT et de 96,32% à 98,8% pour STB.

On constate aussi que le sable titanifère tamisé présente les meilleurs rendements (Figure 6).



**Figure 6:** Evolution des valeurs de DBO5 des eaux usées décantées (E.D) et épurées (ESTT et ESTB)

## Conclusion

Les analyses du sable et le suivi des performances épuratoires du massif titanifère à travers un profil de 2m, durant une période de deux mois, permet de tirer les conclusions suivantes : les performances épuratoires sont assez élevées, on a un abattement de 95,8 à 98,16 de la DCO, une diminution de 98,47 à 99,16 de la DBO<sub>5</sub> et une légère réduction de la conductivité.

## Références

1. A. Jemali, Doctorat de l'Université Caddi Ayad, Marrakech, Maroc, 1995.
2. S. J. Ergas, D.K Rheinheimer, *Water Res*, 38 (14-15) (2004) 3225.
3. N. Oztiirk, T.E. Bektac, *J. Hazardous Mater. BI* 12 (2004) 155.
4. M. A. M. Sahli, M. Tahaikt, I. Achary, M. Taky, F. Elhanouni , M. Hafsi, M. Elmghari, A. Elmidaouia, *Desalination* 167(15) (2004) 359.
5. K. Salem, J. Sandeaux, J. Molénat, R. Sandaux, C. Gavach, *Desalination* 101 (2) (1995) 123.
6. P. Schaetzel, D. Aman, Q.T. Nguyen, *Desalination* 164(3) (2004) 261
7. M. Bali, M. Gueddari, R. Boukchina, *Desalination*, 258 (2010) 1-4.

(2014) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>