



Available online at <http://www.ifg-dg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(2): 875-883, April 2016

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal  
of Biological and  
Chemical Sciences

**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## **Corrélation entre les résultats physico-chimiques et microbiologiques des lixiviats du lieu d'enfouissement sanitaire (LES) de Ouèssè/Ouidah et ceux des eaux souterraines et superficielles du milieu**

Roger Gérard JOSSE<sup>1\*</sup>, Rock Modéran TOKLO<sup>1</sup>, Pierre DOSSOU-YOVO<sup>2</sup>,  
Jacques K. FATOMBÍ<sup>3</sup>, Serge Freddy SENOU<sup>1</sup> et Nikita TOPANOU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Analyse Physico-Chimique des Milieux Aquatiques LAPMIA/FAST/CHIMIE/UAC) BP 526  
Cotonou, Bénin.

<sup>2</sup>Laboratoire de Recherche en Traitement et Conservation des Produits Halieutiques (FAST/ CHIMIE /UAC)  
BP 526 Cotonou, Bénin.

<sup>3</sup>Laboratoire d'Expertise et de Recherche en Chimie de l'Eau et de l'Environnement (LERCEE / FAST/  
CHIMIE/ UAC) BP 526 Cotonou, Bénin.

\* Auteur correspondant ; E-mail: [josserogergerard@yahoo.fr](mailto:josserogergerard@yahoo.fr)

### **RÉSUMÉ**

Dans le but d'établir la corrélation entre les résultats des lixiviats du LES et ceux des eaux souterraines (puits et piézoz) et de surface (lac), des analyses en composantes principales et factorielles ont été réalisées. Ces analyses permettent d'avoir une vue mathématique exacte de la répartition des points correspondants aux prélèvements dans l'espace défini par les facteurs qui sont les éléments analysés. L'analyse en composante principale des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des deux premiers axes de la corrélation explique à 68,19% la variabilité du niveau des paramètres physico-chimiques et à 75,88% celle liée à la concentration en microorganismes dans les eaux de tous les points échantillonnés autour des lixiviats. La relation entre les paramètres étudiés des différents points échantillonnés avec les lixiviats, par rapport à la qualité de l'eau, a été aussi examinée à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances simples. Les résultats obtenus montrent que les deux premiers axes de la corrélation expliquent à 95,67% toute la variabilité des paramètres de qualité de l'eau au niveau des stations.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés** : Lixiviats, paramètres de qualité, analyse composante principale et factorielle, corrélation, logiciel R 3.0.3.

### **Correlation between the physico-chemical and microbiological results of the leachates of sanitary burying place of Ouesse / Ouidah and those of the surface ground waters of the area**

### **ABSTRACT**

With the aim of establishing the correlation between the results of the leachates of sanitary burying place and those of the under ground waters (well and piézoz) and of surface water, analyses in main and

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

2589-IJBACS

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.34>

factorial components were investigated. These analyses showed an exact mathematical view of the distribution of the points corresponding to the samplings in the space defined by the factors which are the analyzed elements. The analysis in main component of the physico-chemical and microbiological parameters of the first two axes of the correlation explains at 68,19% the variability of the level of the physico-chemical parameters and at 75,88% that bound to the concentration in microorganisms in the waters of all the points sampled around leachates. The relation between the parameters studied by the various points sampled with leachates with regard to the quality of the water was also examined by means of a factorial analysis of the simple correspondences. The obtained results show that the first two axes of the correlation explain at 95, 67% all the variability of the quality parameters of the water from the stations.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Leachates, quality parameters, analyses in main and factorial components, correlation, software R 3.0.3.

---

## INTRODUCTION.

L'eau est indissociable de l'activité humaine. La raréfaction des ressources en eau et la dégradation de leur qualité constituent un défi majeur. En effet, l'un des facteurs qui gouverne le développement des sociétés humaines est la préoccupation d'obtenir et de maintenir une provision adéquate en eau (Trabelsi, 2012).

La pollution des eaux de surface par les lixiviats est due au débordement ou à l'écoulement progressif des liquides dans le réseau hydrographique, alors que la pollution des eaux souterraines est le résultat d'une infiltration et d'une diffusion des lixiviats en sous sol perméable ou fissuré (El Kharmouz et al. 2013).

Les lixiviats du LES non traités et éjectés dans la nature ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique et microbiologique (Toklo et al., 2015a), de même que les eaux souterraines et superficielles du milieu (Toklo et al., 2015b).

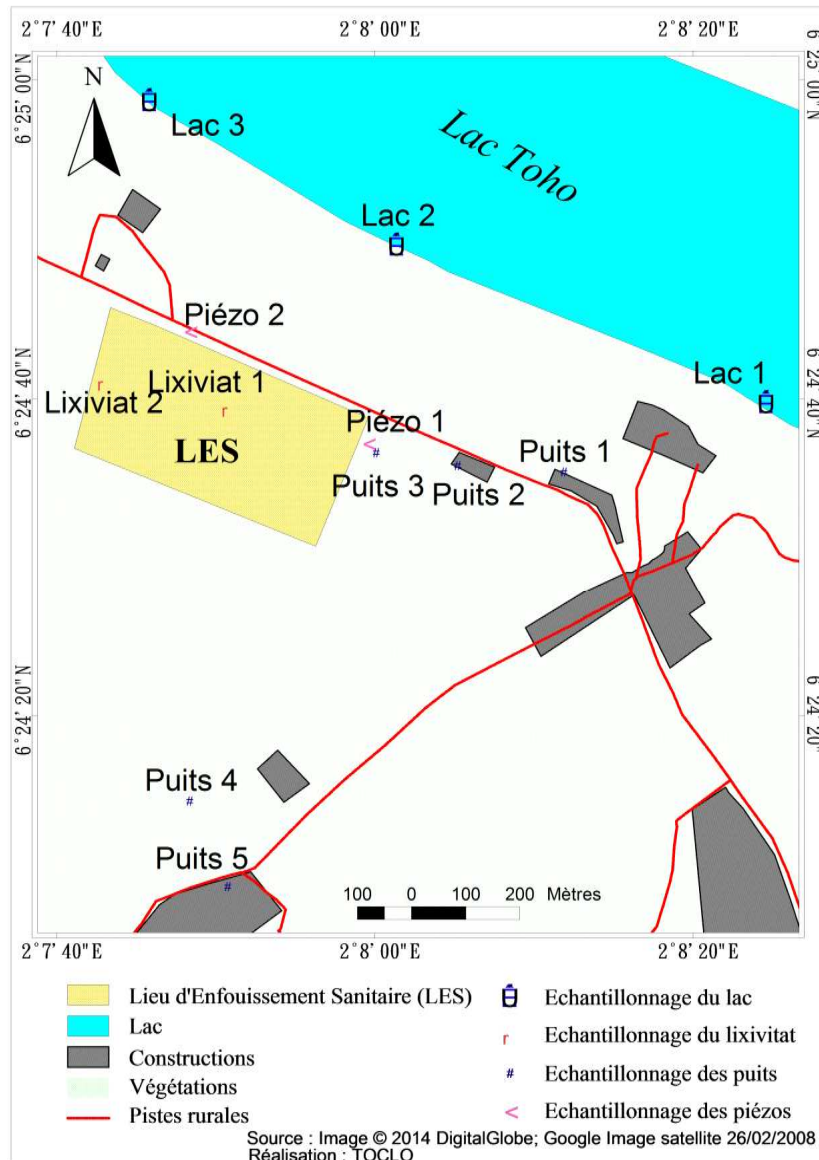
L'objectif de cette étude est d'établir une corrélation entre les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des lixiviats du LES et ceux des eaux d'autres stations du milieu d'enfouissement sanitaire (lac, piézomètre et puits).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les paramètres physico-chimiques, les teneurs en métaux lourds et en microorganismes ont été collectés au niveau de 2 points des lixiviats, de 3 points des piézomètres, de 3 points des lacs et de 6 puits (Figure 1). Une analyse en composante principale a été effectuée sur une matrice de données, regroupant les valeurs moyennes des différents paramètres physico-chimiques, pour les stations (puits, lacs et piézo), afin d'apprécier la qualité de l'eau au niveau des points échantillonnés autour des lixiviats.

Ensuite, une analyse factorielle des correspondances simples a été exécutée sur les paramètres physico-chimiques de tous les points échantillonnés, y compris les lixiviats, afin de décrire, essentiellement, les liens entre les lixiviats et les autres points d'échantillonnage, quant à leur concentration pour les paramètres physico-chimiques étudiés. Aussi, la relation entre la qualité de l'eau et le niveau de la concentration des stations en microorganismes a été examinée à travers une analyse en composante principale.

Enfin, la concentration en métal lourd, le fer (unique métal lourd retrouvé dans toutes les stations), a été soumise à une analyse de variance suivie du test de Student Newman and Keuls afin de pouvoir dégager les milieux les plus pollués. Toutes les analyses ont été faites dans le logiciel R 3.0.3.



**Figure 1 :** Localisation des différents Points d'échantillonnage sur la carte du site d'étude.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Evaluation du niveau de la qualité de l'eau au niveau des différentes stations échantillonnées autour des lixiviats

Le Tableau 1 présente les résultats de la corrélation des paramètres physico-chimiques avec les axes factoriels.

Les résultats de l'analyse en composante principale sur les paramètres physico-chimiques mesurés révèlent que les

deux premiers axes expliquent à 68,19% toute la variabilité du niveau des paramètres physico-chimiques dans les points d'eau échantillonnée autour des lixiviats, ce qui est suffisant pour une interprétation non biaisée des résultats. On retiendra donc ces deux premiers axes pour la suite des interprétations (Hakkou et al., 2000 ; Dèdjiho et al., 2014).

L'analyse de la corrélation des paramètres physico-chimiques avec les axes

factoriels (Tableau 1 et Figure 2) montre que les paramètres tels que la température, la conductivité, le TDS, les matières en suspension (MES), la couleur, le carbone organique total (COT), le carbone inorganique (CI), le carbone total (CT), la DCO, l'ion  $K^+$ , l'ion  $Mg^{2+}$  et l'ion  $Ca^{2+}$  sont bien représentés sur la première composante principale et contrastent le pH et l'oxygène dissous. Autrement dit, les stations les plus riches en oxygène dissous présentent aussi un pH relativement élevé et de très faibles valeurs de température, de conductivité, de TDS, de matières en suspension (MES), de couleur, de carbone organique total (COT), de carbone inorganique (CI), de carbone total (CT), de DCO, d'ion  $K^+$ , d'ion  $Mg^{2+}$ , d'ion  $Ca^{2+}$  et vis-versa. Sur la seconde composante principale, le pH, l'oxygène dissous, la conductivité, le TDS, le  $Na^+$ , le  $Mg^{2+}$  et le  $Ca^{2+}$  sont bien représentés et contrastent la DCO, la couleur et la turbidité. En d'autres termes, les milieux les plus troubles sont caractérisés par de faibles valeurs de pH, d'oxygène dissous, de conductivité, de TDS, de couleur, de  $Na^+$ , de  $Mg^{2+}$  et de  $Ca^{2+}$  et vis-versa.

La projection des points échantillonnés (stations) dans le plan d'axe factoriel formé par les deux composantes principales (Figure 3) montre que sur la première composante principale le Lac 3 et le Puits 5 sont pauvres en oxygène dissous et présentent de faibles pH et de très fortes valeurs de température, de conductivité, de TDS, de matières en suspension (MES), de couleur, de carbone organique total (COT), de carbone inorganique (CI), de carbone total (CT), de DCO, d'ion  $K^+$ , d'ion  $Mg^{2+}$ , d'ion  $Ca^{2+}$  par rapport aux Puits 1; 2; 3; 4 et au Piézo 3 qui sont riches en oxygène dissous et en pH. Sur la seconde composante principale, le puits 5 et le Piézo 2 sont riches en pH, en oxygène dissous, en conductivité, en TDS, en couleur, en  $Na^+$ , en  $Mg^{2+}$  et en  $Ca^{2+}$  par opposition aux Puits 2; 3; 4 et aux Lac 1, Lac 2 et Lac 3 qui sont troubles.

### **Relation entre le niveau de la qualité de l'eau des lixiviats et celui des autres points échantillonnés**

Le Tableau 2 présente les résultats de la représentativité des points échantillonnés dans le plan d'axe factoriel formé par les deux premiers axes.

La relation entre les paramètres des différents points échantillonnés avec les lixiviats par rapport à la qualité de l'eau a été examinée à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances simples. Les résultats obtenus montrent que les deux premiers axes expliquent à 95, 67% (Figure 4) toute la variabilité des paramètres de la qualité de l'eau au niveau des stations. L'analyse de la représentativité des stations avec les axes factoriels montre que tous les points échantillonnés sont bien représentés uniquement sur l'axe 1 (Tableau 2). Les résultats obtenus ont montré que les lixiviats sont essentiellement les milieux caractérisés par une grande turbidité, une teneur élevée de matière en suspension, de CT, de DCO, de CI, de COT et de TDS suivis des différents points inventoriés des lacs (Figure 4). Les puits et les piézos sont des milieux transparents avec de fortes teneurs en oxygène dissous, des pH relativement élevés et de fortes températures (Figure 4).

### **Relation entre la qualité de l'eau et le niveau de concentration en microorganismes des différents points échantillonnés**

Le Tableau 3 présente les résultats de la corrélation des paramètres de l'eau et du niveau de concentration en microorganismes avec les axes factoriels.

La relation entre la qualité de l'eau et le niveau de concentration en microorganismes des points échantillonnés a été examinée à travers une analyse en composante principale. Les résultats indiquent que les deux premières composantes principales expliquent à 75,88% toute la variabilité liée à la concentration en microorganismes et la qualité de l'eau des points échantillonnés, ce qui garantit une bonne interprétation des résultats obtenus

similaires à ceux de la littérature (Hakkou et al., 2001 ; Hounssinou et al., 2015). La température, le TDS, les matières en suspension, la turbidité, le nombre de *coliformes totaux*, le nombre de *coliformes fécaux* et le nombre de *Escherichia coli* sont bien représentés sur la composante 1 et contrastent le pH et l'oxygène dissous (Tableau 3 et Figure 5). Autrement dit, les milieux de forte température sont troubles, renferment beaucoup de matières organiques, de MES et de TDS et produisent beaucoup de *coliformes totaux*, de *coliformes fécaux* et de *Escherichia coli* par rapport aux milieux riches en oxygène dissous et pH. Sur la deuxième composante principale, le pH, la température, le nombre de *coliformes totaux*, le nombre de *coliformes fécaux* et le nombre de *Escherichia coli* sont bien représentés. En d'autres termes, les milieux de fortes températures avec un pH élevé renferment beaucoup de *coliformes totaux*, de *coliformes fécaux* et de *flore totale* (Lapworth et al., 2012).

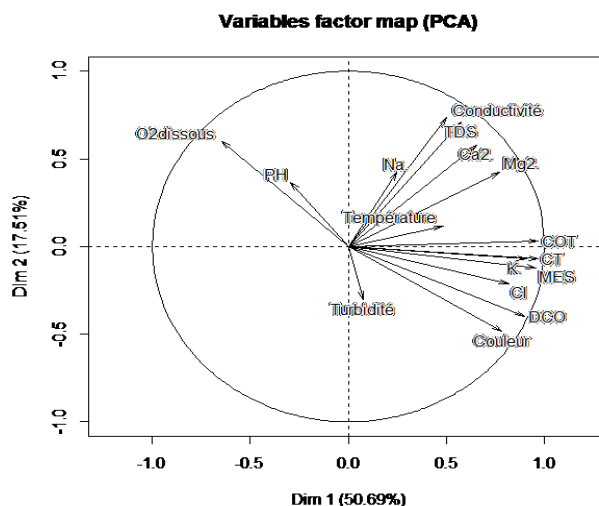
La projection des stations dans le plan d'axe factoriel (Figure 6) montre que les lixiviats sont des milieux très troubles où se développent beaucoup de *coliformes totaux*,

de *coliformes fécaux* et de *Escherichia coli* par opposition aux Puits 1; 2 et 4 et aux Piézo 2 qui sont très oxygénés, avec des pH faibles et renferment de faibles quantités de microorganismes. Le Puits 5; le Piézo 1, le Lac 1 et le Lixiviat 1 ont des pH faibles avec de fortes températures où se développent beaucoup de *coliformes totaux*, de *coliformes fécaux* et de *flore totale*. Les Lacs 2 et 3 et le Puits 3 concentrent de très faibles valeurs de toutes ses caractéristiques.

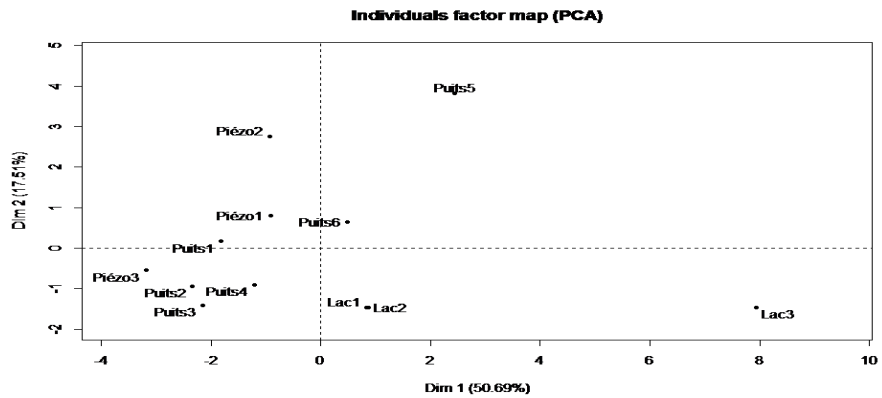
### Comparaison du niveau de pollution en Fer de stations échantillonnées

Le Tableau 4 présente les résultats de la comparaison des teneurs en fer au niveau des différentes stations.

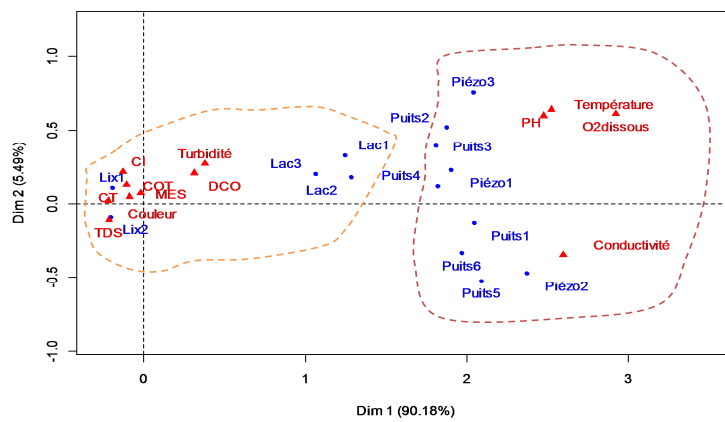
Le fer est le seul métal lourd présent dans toutes les stations étudiées. Les résultats d'analyse de variance ont montré qu'il existe une différence significative entre les teneurs en fer des différentes stations ( $P < 0,01$ ). Le résultat du test de Student Newman and Keuls a révélé que les lixiviats renferment d'importantes quantités de fer suivis des lacs et que les teneur en fer dans les puits et les piézos ne sont pas si différentes mais ont les plus faibles valeurs.



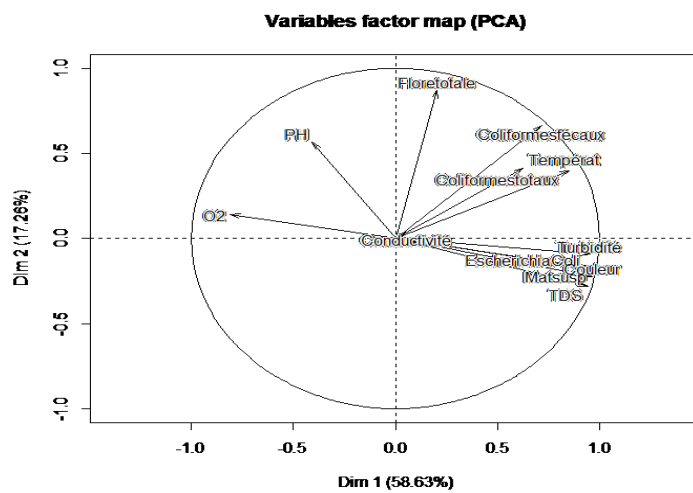
**Figure 2 :** Corrélation des paramètres physico-chimiques avec les axes factoriels. Na. = Na<sup>+</sup>; K. = K<sup>+</sup>; Mg2. = Mg<sup>2+</sup>; Ca2. = Ca<sup>2+</sup>; O2dissous = O<sub>2</sub> dissous.



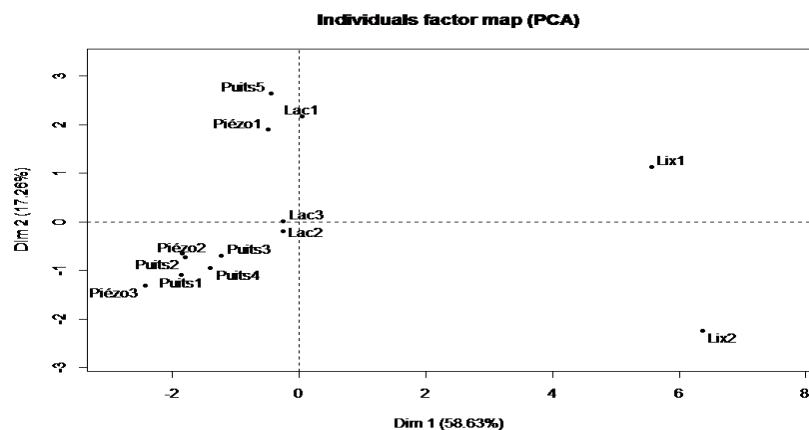
**Figure 3 :** Projection des différents points d'échantillonnage dans le plan d'axe factoriel.



**Figure 4 :** Projection des variables des stations dans le plan d'axe factoriel formé par les deux premiers axes.



**Figure 5 :** Corrélation des paramètres de l'eau et du niveau de concentration en microorganismes avec les axes factoriels.



**Figure 6 :** Projection des stations d'échantillonnage dans le plan d'axe factoriel.

**Tableau 1 :** Corrélation des paramètres physico-chimiques avec les axes factoriels.

Paramètres	Composante 1	Composante 2
pH	-0,30	0,37
Température	0,48	0,12
O <sub>2</sub> dissous	-0,65	0,60
Conductivité	0,50	0,73
TDS	0,57	0,71
MES	0,95	-0,12
Turbidité	0,08	-0,30
Couleur	0,78	-0,48
COT	0,97	0,03
CI	0,82	-0,21
CT	0,97	-0,07
DCO	0,90	-0,40
Na <sup>+</sup>	0,25	0,42
K <sup>+</sup>	0,91	-0,07
Mg <sup>2+</sup>	0,77	0,42
Ca <sup>2+</sup>	0,65	0,58

**Tableau 2 :** Représentativité des points échantillonnés dans le plan d'axe factoriel formé par les deux premiers axes.

Station	Axe 1	Axe 2
Piézo1	0,97	0,03
Piézo2	0,97	0,03
Piézo3	0,77	0,14
Lac1	0,91	0,06
Lac2	0,95	0,01
Lac3	0,94	0,00
Puits1	1,00	0,00
Puits2	0,88	0,09
Puits3	0,92	0,07

Puits4	0,98	0,01
Puits5	0,94	0,06
Puits6	0,97	0,03
Lix1	0,77	0,12
Lix2	0,86	0,07

Lix : Lixiviat

**Tableau 3 :** Corrélation des paramètres de l'eau et du niveau de concentration en microorganismes avec les axes factoriels.

Variable	Composante 1	Composante 2
pH	-0,41	0,57
Température	0,62	0,41
O <sub>2</sub> dissous	-0,81	0,14
Conductivité	0,05	0,04
TDS	0,94	-0,28
MES	0,97	-0,18
Turbidité	0,95	-0,09
Couleur	0,96	-0,22
Coliformes totaux	0,85	0,40
Coliformes fécaux	0,71	0,66
Flore totale	0,20	0,87
<i>Escherichia Coli</i>	0,95	-0,17

**Tableau 4 :** Comparaison de la teneur en fer au niveau de différentes stations: résultats d'analyse de variance suivie du test de Student Newman and Keuls.

Station	Moyenne ( $\mu\text{g/L}$ )	Erreur standard
Lix	1964,32 <sup>a</sup>	135,17
Lac	1005,73 <sup>b</sup>	106,966
Piézo	141,49 <sup>c</sup>	16,243
Puits	296,92 <sup>c</sup>	90,164
Probabilité	0,000	-

Les teneurs ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

### Conclusion

Les analyses physico-chimiques des eaux de surface et des eaux souterraines à proximité du LES montrent d'une manière générale que, les eaux sont de mauvaise qualité. Les points échantillonnés sont troubles, en l'occurrence le Lac 3 suivis des Puits 2; 3 et 4. Le Puits 5 et le Piézo 2 sont transparents, riches en oxygène dissous, en ion Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, en conductivité et en TDS. Le Puits 1 et le Piézo 3 sont particulièrement riches en oxygène dissous et

pH. Les Puits 1 et 6 et le Piézo 1 renferment des valeurs relativement faibles des différents paramètres.

L'analyse factorielle des correspondances simples a montré que les lixiviats sont essentiellement les milieux caractérisés par une grande turbidité, un grand dépôt de matières en suspension, de CT, de DCO, de CI, de COT et de TDS suivis des différents points inventoriés du lac.

La projection des stations dans le plan d'axe factoriel montre que les lixiviats sont les



milieux très troubles où se développent beaucoup de *coliformes totaux*, de *coliformes fécaux* et de *Escherichia coli* par opposition aux Puits 1; 2 et 4 et aux Piézo 2 qui sont très oxygénés, avec des pH faibles et renferment de faibles quantités de microorganismes.

#### CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

#### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

RMT est l'investigateur principal ; RGJ a conçu le protocole expérimental ; PD-Y et SFS ont participé aux analyses physico-chimiques, biologiques et statistiques. JKF et NT ont participé à la rédaction et à la correction du manuscrit.

#### RÉFÉRENCES

- Hakkou R, Wahbi M, Pineau JL. 2000. Analyse de la décharge des déchets urbains de Marrakech relativement à l'évolution de la réglementation marocaine en matière d'environnement. *Déchets Sciences et Techniques*, **20**: 12-18.
- Hakkou R, Wahbi M, Bachnou A, Elamari K., Hanich L, Hibti M. 2001. Impact de la décharge publique de Marrakech (Maroc) sur les ressources en eau. *Bulletin of Engineering Geology and Environment*, **60**: 325 – 336.
- EL Kharmouz M, Sbaa M, Chafi A, Saadi S. 2013. L'étude de l'impact des lixiviats de l'ancienne décharge publique de la ville d'Oujda (Maroc oriental) sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines et superficielles. *Larhyss Journal*, **16** : 105-119.
- Toklo RM, Josse RG, Topanou N, TOGBE AFC, Dossou-Yovo P, Coulomb B. 2015a. Caractérisation physico-chimique des lixiviats d'une décharge : cas du lieu d'enfouissement sanitaire de Ouèssè-Ouidah (sud Bénin). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **13**(4): 921-928.
- Toklo RM, Josse RG, Dossou-Yovo P, Topanou N, Yehouenou B, Akogbeto P. 2015b. Assessment of the Degree of Surface and Ground water pollution in the Landfill area of Ouèssè-Ouidah South of Benin. *Research Journal of Chemical Sciences*, **5**(9): 34-41.
- Dèdjiho CA, Akpo BA, Noumon CJ, Agbahoungbata YM, Hounsinou P, Mama D, Boukari M, Sohounhloué CKD. 2014. Evaluation of the state of pollution of Aheme Lake - Lagoon Ouidah complex by trace metals elements Zn, Cu, Cd, Pb and Cu speciation in sediments. *Research Journal of Chemical Sciences*, **4**(8): 33-41.
- Trabelsi S, Oturan N, Bellakhal N, Oturan MA. 2012. Application of the photo-Fenton process to the mineralization of phthalic anhydride in aqueous medium. *Desalination and Water Treatment*, **25**: 210-215.
- Lapworth DJ, Baran N, Stuart ME, Ward RS. 2012: Emerging organic contaminants in groundwater: A review of sources, fate and occurrence. *Environmental Pollution*, **163**: 287-303.
- Hounsinou P, Mama D, Dovoanou F, Dèdjiho A, Sohounhloué D. 2015. Organic Pollution Indication as Tracer for the pollution of Well Water: The example of the District of Abomey-Calavi (Benin). *Research Journal of Chemical Sciences*, **5**(1): 49-54.