

## Contribution à l'analyse physico-chimique des eaux de ruissellement urbaines

F.Benrejda, H.Haddad, H.Ghoualem

Laboratoire d'Electrochimie-Corrosion, Métallurgie et Chimie Minérale. Faculté de chimie,  
U.S.T.H.B, El Allia-Bab-Ezzouar Alger 16111.

\*Corresponding author: fazial@live.fr; Tel.: +213 21 24 79 50; Fax: +213 21 24 79 04

### ARTICLE INFO

#### Article History :

Received : 09/09/2018

Accepted : 11/11/2018

#### Key Words:

Pollution Parameter;  
physico-chemical analysis;  
PCA; Stormwater.

#### Mots clés :

Paramètres de pollution,  
analyse physico-chimique,  
ACP, eaux de ruissellement

### ABSTRACT/RESUME

**Abstract:** Stormwaters are produced by the streaming of rain water on pervious surfaces even on the impervious surfaces but saturated by a pluviometry with great width. Pollution is mobilized by rain during its fall. It comes from emissions of various sources: industry, heating and exhaust of the internal combustion engines of motor vehicles. Stormwaters are recognised as substantial source of pollutants for receiving aquatic environments. For that various samples were collected on several sites in order to evaluate the concentration in pollutants contained in this water. The increase in concentration of pollutants depends by many factors: intensity of rain, importance of streaming, nature of material surface, nature of activities on or near surface. The characterisation related to the analysis of physico-chemical parameters such as pH, conductivity, COD, BOD, TSS, toxic metals and ions orthophosphates, sulphates, nitrates, nitrites, ammonium, potassium, calcium, magnesium and sodium. The descriptive analysis of physico-chemical parameters showed that water presents very high concentrations in nitrites and metals exceed standard of potability. Statistical analysis of data allowed us to note that a significant correlation existed between certain parameters and also to identify the distribution of mineralization of stormwater. The analyses were carried out by UV-visible spectrophotometry, flame spectrophotometry and atomic adsorption.

**Résumé :** Les eaux de ruissellement sont produites par le ruissellement des eaux pluviales sur les surfaces imperméables, voire sur les surfaces non imperméables mais saturées par une pluviométrie de grande ampleur. La pollution est mobilisée par la pluie elle-même lors de sa chute. Elle provient d'émissions de diverses provenances : industrie, chauffage et échappement des moteurs à combustion interne des véhicules automobiles. Les eaux de ruissellement sont aujourd'hui reconnues comme source substantielles de polluants pour les milieux aquatiques récepteurs. Pour cela différents échantillons ont été collectés sur plusieurs sites afin d'évaluer la concentration en polluants contenus dans ces eaux. L'augmentation de la concentration en polluants dépend de facteurs multiples : intensité de la pluie, importance des ruissellements, nature du matériau de surface, nature des activités sur ou à proximité de la surface. L'analyse descriptive des paramètres physico-chimiques a montré que les eaux présentent des concentrations très élevées en ions nitrites et métalliques au-dessus de la norme de

*potabilité et l'analyse statistique des données nous a permis, de constater qu'une corrélation significative existait entre certains paramètres et aussi d'identifier la distribution de la minéralisation des eaux de ruissellement.*

## I. Introduction

L'eau est partout présente dans le milieu terrestre. Elle passe de l'atmosphère au réseau hydrographique de surface, au sous-sol, puis à la mer et de nouveau à l'atmosphère en subissant des transformations en état, quantité et qualité [1, 2]. Les eaux de pluie, récupérées après ruissellement sur les toitures, ne sont pas pures. Les apports de polluants atmosphériques se présentent sous forme de particules fines qui retombent en période de temps sec et sous forme de retombées humides qui englobent la pollution contenue dans les pluies [3].

La contamination de ces eaux est fortement influencée par l'environnement du site, les conditions météorologiques, la nature de la toiture et les activités humaines et animales. De nombreux composés organiques et minéraux peuvent être retrouvés dans les eaux pluviales, souvent accompagnés de micro-organismes. Ainsi, par l'utilisation [4-7] de quantités importantes de produits phytosanitaires, il est possible de retrouver des quantités non négligeables de pesticides dans l'atmosphère et dans les eaux de ruissellement. En ce qui concerne la contamination microbiologique, les eaux de pluie récupérées après ruissellement sur toitures peuvent être contaminées par divers micro-organismes pouvant être pathogènes [8]. Afin d'évaluer la qualité des eaux pluviales [9-14] nous avons procédé à des analyses physico-chimiques des eaux pluviales récupérées sur les surfaces urbaines.

## II. Matériels et méthodes

### II.1. Prélèvement et modes d'échantillonnage

La surface de récupération est la toiture en tuile une surface qui intercepte l'eau de ruissellement et qui la concentre vers un collecteur (la gouttière puis le tuyau de descente). Une filtration est impérative pour éliminer les plus grosses particules présentes sur la surface de récupération (mousses, lichens, feuilles...). Après la collecte, les eaux sont stockées dans des cuves à l'abri de la lumière et de la chaleur.

Les échantillons sont récupérés sur 5 sites (toiture en tuile sur la région d'Alger) dans des cuves en plastique rincées initialement à l'eau distillée, puis placés dans des jerricans qui au préalable sont rincés à l'eau distillée puis à l'eau à analyser. Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire.

### II.2. Méthodes d'analyse

Les mesures du pH ont été effectuées à l'aide d'un pH mètre de marque BASIQUE 20 CRISON ; celle de la turbidité avec un turbidimètre de TERRAIN 2000 NTU, celle de la DCO avec un DCO-mètre de marque: Spectroquant TR 320 MERCK, et celle des ions:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  avec un spectrophotomètre visible de marque JASCO V-630. Ces paramètres physico-chimiques des eaux de pluie ont été analysés selon les protocoles normalisés AFNOR et ISO [15].

Les méthodes utilisées pour l'analyse des ions sont: la méthode de Nessler pour l'ion  $\text{NH}_4^+$ , de Zambelli pour l'ion  $\text{NO}_2^-$ , de Salicylate de sodium pour  $\text{NO}_3^-$  et la méthode d'acide ascorbique pour les ions  $\text{PO}_4^{3-}$ .

## III. Résultats et discussion

### III.1. Analyse

Le suivi de la qualité des eaux de pluie a été effectué en procédant à un certain nombre d'analyses des paramètres physico-chimiques tels que : DCO, pH, turbidité, conductivité, MES, les ions  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

Les résultats d'analyse des paramètres physico-chimique des eaux de pluie comparés aux normes de potabilité sont reportés dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Caractéristiques des eaux de ruissellement

Paramètres	Min	Max	Moy	Ecartype	Variance	Normes Algérienne
pH	5,56	7,02	6,58	0,53	0,35	6,5-9
Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	11,96	364,43	179,03	115,26	16605,09	1000
Turbidité (NTU)	18,5	315	90,03	113,9	16215,1	0,5
MES (mg/L)	26	220	100,17	77,37	7482,48	25
$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	0,012	9,99	2,33	3,38	18,47	0,1
$\text{NO}_3^-$ (mg/L)	0,45	9,11	4,08	3,22	12,95	50
$\text{NO}_2^-$ (mg/L)	0,91	12,95	5,34	4,65	26,97	0,05
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/L)	0,0055	0,062	0,019	0,022	0,0006	0,4
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)	8,83	90,85	30,66	30,31	1148,15	250
$\text{Cl}^-$ (mg/L)	26,98	71	42,43	15,15	286,84	250
DCO	3	79,45	28,78	28,82	1038,84	150

Au cours de sa chute, l'eau de pluie traverse l'atmosphère (des zones cultivées) et se charge de manière plus riche des pesticides (pesticides gazeux) [16,17] et en matières en suspension et organiques azotées. L'ion  $\text{NH}_4^+$  se produit alors par ammonification de cette dernière. Les MES contenant des bactéries qui sont responsables de la nitrification [18] des ions ammonium pour produire les ions nitrites [19].

La turbidité est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, grains de silice et des matières organiques transportées par les eaux de pluie.

La poussière mobilisée par la pluie lors de sa chute est le polluant représentatif des matières en suspension [20].

La pluie recueille des impuretés de l'atmosphère, c'est surtout lors du ruissellement au sol qu'elle entraîne la majeure partie des polluants accumulés sur les surfaces. L'action des précipitations commence par le mouillage en surface correspondant à environ 0,5 millimètre de pluie qui ne donne pas lieu à un écoulement. Dans cette phase, il y a début de dissolution des éléments solubles en dépôt sur le sol qui vient s'ajouter aux apports atmosphériques. Dès que la quantité de pluie tombée dépasse le seuil de mouillage, le ruissellement commence. L'entraînement et le transport des particules déposées associés à ce ruissellement sont essentiellement fonction des facteurs caractéristiques de la pluie. Même si l'eau de pluie peut être légèrement polluée lors de son passage dans l'atmosphère, le ruissellement va entraîner la concentration d'une pollution accumulée sur diverses surfaces.

### III.2. Classification chimique

Afin de déterminer le faciès chimique de eaux de ruissellement, nous avons placé les concentrations en éléments majeurs des ces eaux sur le diagramme de Piper (figure 1). Il est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celles des cations, respectivement, et d'un losange représentant la répartition synthétique des ions majeurs. Dans ce losange, le pôle haut correspond à 100 % de sulfates et chlorures et 100 % de calcium et magnésium, le pôle bas représentent 100% de carbonat et bicarbonate et 100% de sodium et potassium. Ainsi, dans ce diagramme, une eau bicarbonatée calcique serait située au pôle gauche du losange alors qu'une eau chlorurée sodique serait située au pôle droit, les points représentatifs des eaux de pluie sur le diagramme losangique se regroupent dans un seul nuage de points. Cette disposition de points montre 3 familles des faciès chimique:

- Sulfaté calcique et magnésien (site 2)

- Chloruré calcique et magnésien (site 1, 3,4)
- Chloruré sodique (site 5)

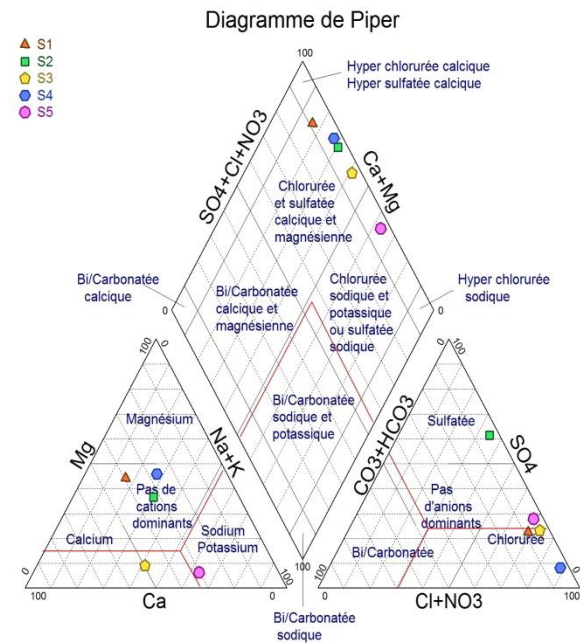


Figure 1 : Diagramme de Piper

Pour mettre en évidence la variabilité de la composition chimique des eaux de ruissellement, nous avons représenté les différents éléments chimiques sur le diagramme de Stabler. Ce diagramme est très utile pour l'étude des équilibres carbonatés. Il permet de représenter très rapidement l'alcalinité, l'alcalinité résiduelle calcite et les alcalinités résiduelles généralisées. On classe séparément les anions et les cations par ordre décroissant (Fig. 2).

Les résultats obtenus permettent de distinguer quatre faciès chimiques:

- Sulfaté calcique et magnésien (site 2)
- Chloruré calcique et magnésien (site 1 et 4)
- Chloruré calcique (site 3)

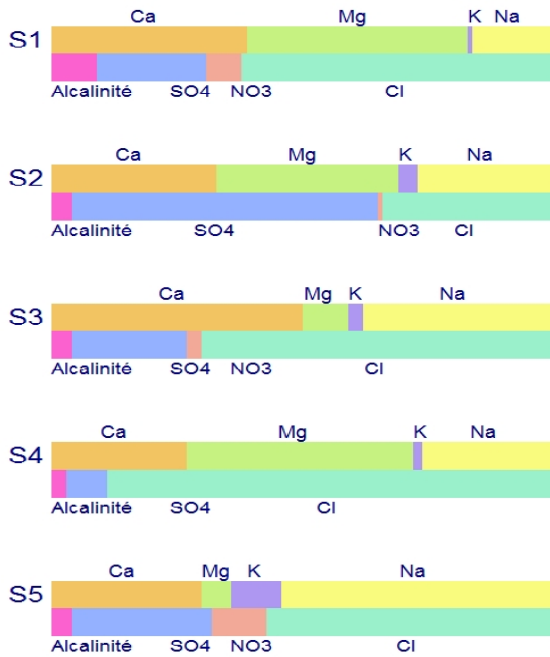


Tableau 2 : Matrice de corrélation

	pH	MES	CE	Tur	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Cl <sup>-</sup>	DCO
pH	1										
MES	0,60	1									
CE	0,65	0,57	1								
Tur	0,23	0,36	0,79	1							
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,15	0,44	0,75	0,98	1						
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,37	0,51	-0,29	-0,38	-0,34	1					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,23	0,38	0,83	0,99	0,98	-0,43	1				
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,61	0,27	-0,05	-0,06	-0,14	0,76	-0,15	1			
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,20	0,56	0,76	0,95	0,99	-0,24	0,96	-0,11	1		
Cl <sup>-</sup>	-0,20	-0,61	0,03	-0,20	-0,27	-0,77	-0,14	-0,64	-0,34	1	
DCO	0,31	0,12	0,85	0,90	0,82	-0,63	0,91	-0,19	0,76	0,21	1

III.3. Analyse statistique des données

L'analyse statistique des données physico-chimiques sur 11 variables et 5 individus a été réalisée par l'ACP. La matrice des corrélations nous donne une première idée des associations existant entre les différentes variables telles que pH, la conductivité électrique, la turbidité, les MES, la DCO et les ions NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Ces paramètres sont relativement bien corrélés entre eux. Les valeurs propres de la matrice des corrélations permettent de mesurer le pourcentage de la variance expliquée par chaque facteuriel. Nous apporterons une attention importante aux variables ayant une forte contribution positive ou négative à l'axe facteuriel, ce qui facilitera la compréhension de la source de variabilité expliquée par cet axe.

III.3.1. Analyse de corrélation

Plusieurs corrélations significatives ont permis de montrer la bonne corrélation entre certains paramètres physico-chimiques. La liaison existante entre toutes les variables prises deux à deux et les coefficients de corrélation entre ces différentes variables sont donnés par la matrice de corrélation (Tableau 2) On note de nombreuses corrélations faibles et fortes et positives entre certaines variables. Ainsi, la CE présente de fortes corrélations avec NH<sub>4</sub><sup>+</sup>(0,83), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (0,76), DCO (0,85), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (0,75), Tur (0,79) et le pH (0,65). Il existe de fortes corrélations entre PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et MES (0,56), CE (0,76), Tur (0,95), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (0,99), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0,96). Les corrélations sont également importantes entre NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (0,76) entre DCO et CE (0,85), Tur (0,90), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (0,82), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0,91); et faible entre NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et MES (0,51); PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et MES (0,56); MES et CE (0,57).

III.3.2. Analyse de l'espace des variables du plan facteuriel F1xF2

Les données sont représentées dans l'espace réduit des deux premières composantes principales sur la figure 3.

L'analyse du plan facteuriel F1 et F2 montre que 83,31% de variance sont exprimées. L'axe 1 est exprimé à 55,03% et représenté principalement par la DCO, la CE, la turbidité et les ions NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. L'axe 2 est exprimé à 28,28% et représenté principalement par les ions Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

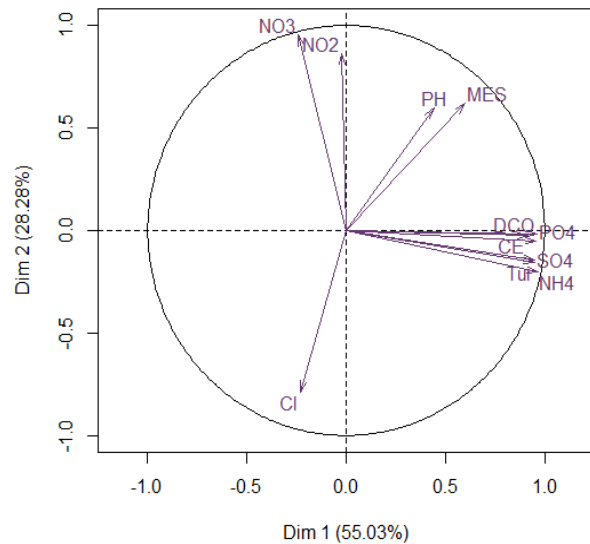


Figure 3 : Cercle des corrélations

#### IV. Conclusion

Les résultats obtenus nous ont permis d'arriver aux conclusions suivantes :

Les résultats obtenus montrent que les eaux de pluie sont faiblement minéralisées, pauvres en matières organiques, mais aussi présente des concentrations importantes en azote ammoniacal ainsi que en ions nitrites.

L'analyse des paramètres de pollution a montré que certains d'entre eux dépassaient les normes de potabilité admissibles.

L'approche hydrochimique (diagramme de piper) classe les eaux dans 3 faciès chimique : sulfate calcique et magnésien, Chloruré calcique et magnésien et chloruré sodique et montre que les eaux de ruissellement ont une excellente qualité pour l'irrigation des espaces verts.

#### V. Références

1. Pourchet, A.; Sibeud, E.E. (2013) Aménagement et Eaux Pluviales Traitement de la Pollution des Eaux Pluviales et Protection des Milieux Aquatiques Sur le Territoire du Grand Lyon, Communauté Urbaine de Lyon – Direction de l'Eau.
2. Gromaire-Mertz, M.-C.; Chebbo, G.; Saad, M.; Mouche, J.-M. Le Bassin Versant Expérimental Urbain du Marais à Paris : Origine et Caractéristiques de la Pollution des Eaux Pluviales Urbaines en Réseau d'Assainissement Unitaire, LA Houille Blanch fj N° 7. (1997)
3. Tassin, B & Chebbo, G. Qualité des rejets urbains de temps de pluie. *Environmental Protection Agency (EPA)* (2000)
4. Garrec, J-P & Kerfourn, C. Effets des Pluies Acides et de l'Ozone sur la Perméabilité à l'Eau et aux Ions de Cuticules Isolées. Implication dans le Phénomène de Dépérissement des Forêts. *Environmental and Experimental Botany*, 29 (1988) 215-228.
5. Li, Z.; Boyle, F.; Reynolds, A. Rainwater Harvesting and Greywater Treatment Systems for Domestic Application in Ireland. *Desalination* 260 (2010) 1-8.
6. Jessop, A & Turner, A. Leaching of Cu and Zn From Discarded Boat Paint Particles into Tap Water and Rain water. *Chemosphere* (2011) 1575-1580.
7. Santos, P.S.M.; Otero, M.; Santos, E.B.H.; Duarte, A. C. Chemical Composition of Rainwater at a Coastal Town on the Southwest of Europe: What changes in 20 years?, *Science of the Total Environment* 409 (2011) 3548-3553.
8. Blangis, D et Legube, B. Traitement des Eaux de Pluie par Photocatalyse Solaire, NOVATECH. (2007).
9. Göbel, P.; Dierkes C.; Coldewey, W.G. Storm Water Runoff Concentration Matrix for Urban Areas. *Journal of Contaminant Hydrology* 91 (1/2) (2007) 26-42.
10. Baun, A.; Eriksson, E.; Ledin, A.; Mikkelsen P.S. A Methodology of Ranking and Hazard Identification of Xenobiotic Organic Compounds In Urban Stormwater. *Science of Total Environment* 370 (1) (2006) 29-38.
11. Li, F.; Yuasa, A.; Muraki Y.; Matsmi Y. Impact of Heavy Storm of Rain Upon Dissolved and Particulate Organic C, N and Pin The Main River of a Vegetation Rich Basin Area In Japan. *Science of Total Environment* 345(1/3) (2005) 99-113.
12. Patrícia S.M. Santos, Marta Otero, Eduarda B.H. Santos, Armando C. Duarte. Chemical Composition of Rainwater at a Coastal Town on the Southwest of Europe: What Changes In 20 Years. *Environment* 411(2011) 3548-3553.
13. Parent-Raoult, Ch et Boisson J.-C. Impacts des Rejets Urbains de Temps de Pluie (RUTP) Sur les Milieux Aquatiques: Etat des Connaissances, Revue des Sciences de l'Eau. *Journal of Water Science* 20 (2007) 229-239.
14. Durrieu, C.; Guedri, H.; Gaillard, I.; M. Hammada, M.; Chouteau, C. Impact of Road Runoff on The Metabolism of Unicellular Algae, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées, *Novatech*. (2010)
15. Jean Rodier. L'analyse des Eaux, 7<sup>e</sup> Edition, Dunod, Paris. (1996).
16. Mucig, C. Au Vue des Risques Sanitaires, Quels Usage des Eaux De Pluie en France et aux Etats Unies, EHESP. (2010).
17. Casellas, M.; Dagot, C.; Baudou, M. Stratégies d'Elimination de l'Azote d'Effluent Urbain Dans Un Réacteur Discontinue Séquentiel, *Revue des Sciences de l'eau*. (2002) 749-765.
18. Peltre, M.C.; Dutartre, A.; barbe, J.; Haury, J.; Muller, S.; Ollivier, M. Les Proliférations Végétales Aquatiques en France :Caractères Biologiques et Ecologiques des Principales Espèces et Milieux Propices, Impact sur les Ecosystèmes et Intérêt Pour le Contrôle des Croliférations, Bull. fr. Pêche Piscic 365/366 (2002) 259-280.
19. Lee, C.C and Dar Lin, S. Handbook of Environmental Engineering Calculations, 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill Companies (2007).
20. Kouakou, J. Développement d'une Zone Humide Simulée Plantée avec Amaranthacea et Capri: Aridacea pour le Traitement des Eaux Usées Domestiques. Kenya Published by the African Technology Policy Studies Network, P.O. Box 10081, 00100, 2008.

#### Please cite this Article as:

Benrejda F., Haddad H., Ghoualem H., Contribution à l'analyse physico-chimique des eaux de ruissellement urbaines, *Algerian J. Env. Sc. Technology*, 4:3 (2018) 833-837