



Caractérisation des effluents d'une STEP utilisée pour l'irrigation dans un périmètre maraîcher : cas du périmètre maraîcher de Sebka dans la ville de Nouakchott

Abdoulaye Demba N'DIAYE ^{1*}, Mohamed Ould Sid'Ahmed Ould KANKOU ²,
Baidy LO ¹ et Khalid IBNO NAMR ³

¹ Laboratoire de Chimie de l'Eau, Institut National de Recherches en Santé Publique de Nouakchott, BP 690, Tél. (222) 525 31 75, Mauritanie.

² Laboratoire de Chimie de l'Eau et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Nouakchott- BP 5026, Tél. (222) 525 13 82, Mauritanie.

³ Laboratoire des Sciences du Sol et Environnement, Département de Géologie, Faculté des Sciences BP. 20 - El Jadida 24 000, Tél : 212 (0) 523 342 325 / 343 003, Maroc.

*Auteur correspondant, E-mail: abdouldemba@yahoo.fr

RESUME

Le but de cette étude est de caractériser la pollution azotée et phosphatée des effluents de la ville de Nouakchott utilisés en irrigation dans le périmètre maraîcher de Sebka. En plus des paramètres indicateurs de pollution azotée (nitrates, nitrites, ammonium) et phosphatée (orthophosphates), nous avons suivi l'évolution des paramètres physicochimiques (Température, pH, conductivité électrique et les ions chlorures) et bactériologiques (coliformes fécaux et streptocoques fécaux). L'azote ammoniacal est plus abondant que la forme oxydée avec des teneurs maximales de 292,05 mg/L d'ammonium, 0,035 mg/L de nitrites et 3,62 mg/L de nitrates. La concentration en orthophosphates varie entre 22,78 mg/L et 39,15 mg/L. La charge en coliformes fécaux oscille entre $7,1 \cdot 10^4/100$ mL et $9,30 \cdot 10^4/100$ mL, et pour les streptocoques fécaux, elle varie entre $8 \cdot 10^4/100$ mL et $9,6 \cdot 10^4/100$ mL. Les ions ammonium et orthophosphates ont une corrélation positive hautement significative avec les coliformes et streptocoques fécaux. Les charges en ammonium et en orthophosphates proviendraient des rejets d'origine domestique.

© 2011 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: caractérisation physicochimique, microbiologique, effluents, STEP, Sebka.

INTRODUCTION

Le périmètre maraîcher de Sebka de la ville de Nouakchott a fait l'objet de plusieurs études : des analyses microbiologiques des eaux et des sols, les études hydrogéologiques en saison sèche et en saison des pluies pour évaluer les potentialités hydriques, des études sur des techniques

agricoles et des pratiques culturales et des études de réseau d'irrigation (Schneider et Gagneux, 1997 ; Azandosessi et al., 1999 ; Gagneux et al., 1999 ; Cissé et Tanner, 2000).

Notre objectif est d'élucider la caractérisation des composés azotés (nitrates, nitrites et ammonium) et phosphatés (orthophosphates) contenus dans les effluents

© 2011 International Formulae Group. All rights reserved.

de la STEP (Station de Traitement des Eaux Polluées).

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

Nouakchott est une ville côtière située vers 18° 07 de latitude nord et 16° 01 de longitude ouest. La ville de Nouakchott, géographiquement, est ouverte sur la façade atlantique (Mint El Bezeid, 2006). Le débit actuellement traité par la station est de 458 m³/jour. Quelques unités industrielles sont connectées aussi à la STEP (une Société de mise en bouteille et une Société de pêche). Le réseau fonctionnel est d'une longueur de 38 km environ, desservant le centre ville et la Moughataa de Tevragh Zeina (AMEXTIPE, 2000).

Méthodes d'analyses

Les paramètres physicochimiques et bactériologiques sont déterminés à partir de prélèvements hebdomadaires effectués au niveau de la STEP au cours de mars et d'avril 2009. Les paramètres physicochimiques et bactériologiques étudiés sont: la température, le pH, la conductivité électrique, nitrates, nitrites, ammonium, orthophosphates, chlorures, coliformes fécaux et streptocoques fécaux. Le pH et la température ont été déterminés par un pH-mètre de type Hanna muni d'une sonde mesurant la température. La conductivité électrique a été mesurée par un conductimètre de type Hanna. Les ions nitrates, nitrites, ammonium et orthophosphates sont analysés par des méthodes colorimétriques à l'aide d'un spectrophotomètre UV Visible de type 722 S Beijing. Les ions nitrites par la diazotation de l'acide sulfanilique et sa complexation avec α -naphtylamine. Les ions ammonium par le réactif Nessler. Les ions nitrates sont dosés par la méthode de salicylate. Pour le dosage des orthophosphates, on utilise un réactif molybdique. Les chlorures sont mesurés par méthode de Mohr en présence du nitrate

d'argent. Filtration de l'eau à analyser sur membrane filtrante puis culture sur les différents milieux sélectifs, c'est-à-dire le milieu de Slanetz et le milieu de Mac Conkey; incubation à 44 °C pour le coliformes fécaux et 37 °C pour la recherche des streptocoques fécaux et après le dénombrement. Les résultats sont exprimés par 100 ml (N/100 mL). L'étude statistique a été basée sur l'ACP (Analyse en Composante Principale). Les matrices de corrélations intermédiaires, les corrélations entre les variables et les axes et la projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2 ont été obtenus avec un Logiciel XLSTAT 2010.

RESULTATS

Aspect qualitatif des effluents de la ville de Nouakchott

Les résultats détaillés des analyses physicochimiques des eaux usées utilisées en irrigation au niveau du périmètre maraîcher de Sebkhah de Nouakchott sont illustrés par le Tableau 1 et les Figures 1, 2, 3 et 4. Le Tableau 2 donne les valeurs maximales, minimales et moyennes des Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux.

La température moyenne des effluents de la STEP est de 24,7 °C (Tableau 1). Les valeurs moyennes de pH des effluents de la STEP est de 7,4 (Tableau 1). La valeur moyenne de la conductivité électrique est de 3,6 mS/cm (Tableau 1). La teneur moyenne en chlorures enregistrée au niveau des effluents de la STEP est de 954,4 mg/L (Tableau 1). La valeur moyenne maximale atteinte en ammonium au niveau de la STEP est de 292,05 mg/L et la valeur moyenne minimale est de 119,14 mg/L (Figure 1). Les concentrations des nitrates varient entre 0,32 mg/L et 3,63 mg/L (Figure 2), alors que les concentrations des nitrites sont très faibles et elles varient entre 0,021 mg/L et 0,035 mg/L (Figure 3). Les effluents de la STEP sont caractérisés par des teneurs moyennes en orthophosphates oscillant entre 22,78 mg/L et

39,15 mg/L (Figure 4). La charge en coliformes fécaux oscille entre $7,1 \cdot 10^4/100$ mL et $9,30 \cdot 10^4/100$ mL, et pour les streptocoques fécaux, elle varie entre $8 \cdot 10^4/100$ mL et $9,6 \cdot 10^4/100$ mL (Tableau 2).

Etude statistique

Le traitement des données par l'analyse en composante principale, en utilisant comme variables la température, le pH, la conductivité, les ions chlorures, des ions

ammonium, des ions orthophosphates, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux et comme individus les 9 prélèvements effectués au niveau des effluents de la STEP au cours du mois de mars et d'avril 2009. On donne dans le Tableau 3 les coefficients de corrélations entre les variables et les deux premiers axes. Les matrices de corrélations intermédiaires sont données par le Tableau 4. La Figure 5 nous révèle la projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2.

Tableau 1: Résultats physicochimiques des eaux usées de Nouakchott.

Paramètres	Unités	Max.	Min.	Moy.
T	°C	26,3	23	24,7
pH	---	7,76	6,91	7,4
Conductivité	mS/cm	5,5	2,1	3,6
Chlorures	mg/L	1633	397,6	954,4

T : Température

Tableau 2 : Résultats bactériologiques des eaux usées de Nouakchott.

Variabiles	Unité	Min.	Max.	Moy.
CF	N/100 ml	$7,1 \cdot 10^4$	$9,3 \cdot 10^4$	$8,6 \cdot 10^4$
SF	N/100 ml	$8 \cdot 10^4$	$9,6 \cdot 10^4$	$8,9 \cdot 10^4$

CF et SF: respectivement coliformes fécaux et streptocoques fécaux.

Tableau 3 : Corrélations entre les variables et les axes principaux.

	F1	F2
T	0,737	0,660
pH	0,859	0,512
CE	0,918	0,388
Cl-	0,818	0,573
NH ₄ ⁺	-0,678	0,695
PO ₄ ³⁻	-0,637	0,725
CF	-0,514	0,787
SF	-0,488	0,849

Tableau 4 : Matrice des corrélations inter élémentaires.

Variables	T	pH	CE	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	CF	SF
T	1							
pH	0,971	1						
CE	0,921	0,988	1					
Cl ⁻	0,988	0,996	0,970	1				
NH ₄ ⁺	-0,007	-0,228	-0,373	-0,147	1			
PO ₄ ³⁻	0,046	-0,178	-0,326	-0,095	0,998	1		
CF	0,093	-0,036	-0,138	0,016	0,814	0,809	1	
SF	0,173	0,017	-0,101	0,079	0,873	0,873	0,988	1

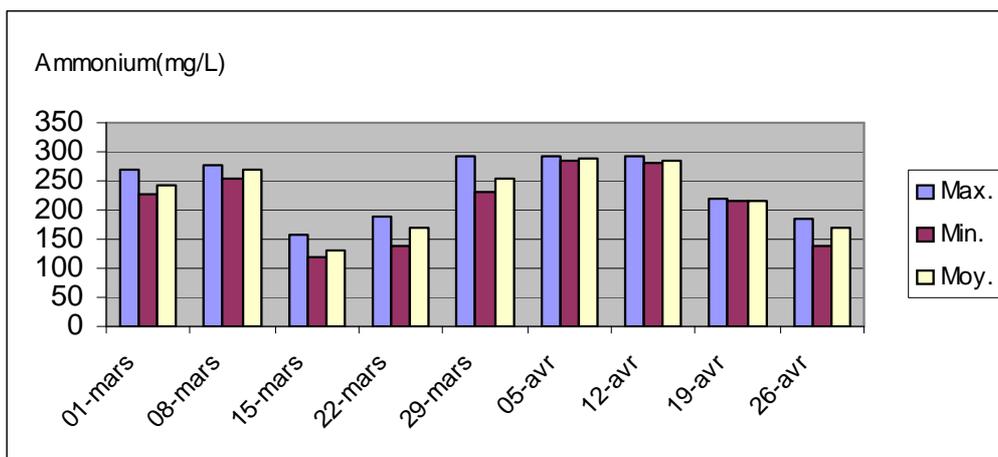


Figure 1 : Évolution de la teneur en ions ammonium.

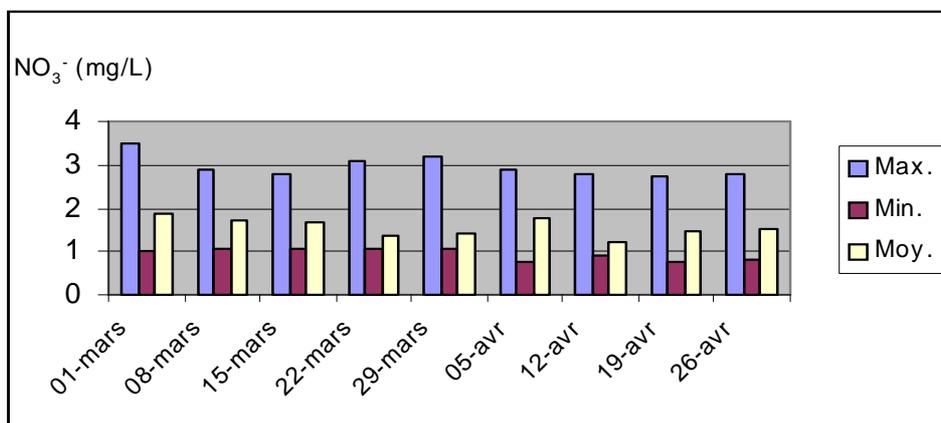


Figure 2 : Évolution des teneurs en nitrates.

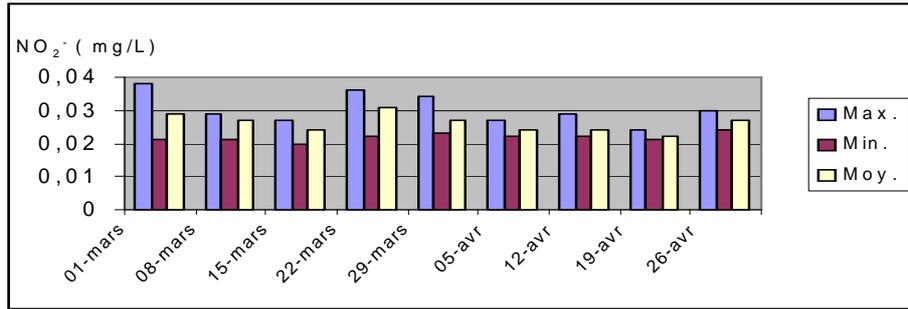


Figure 3 : Évolution des teneurs en nitrites.

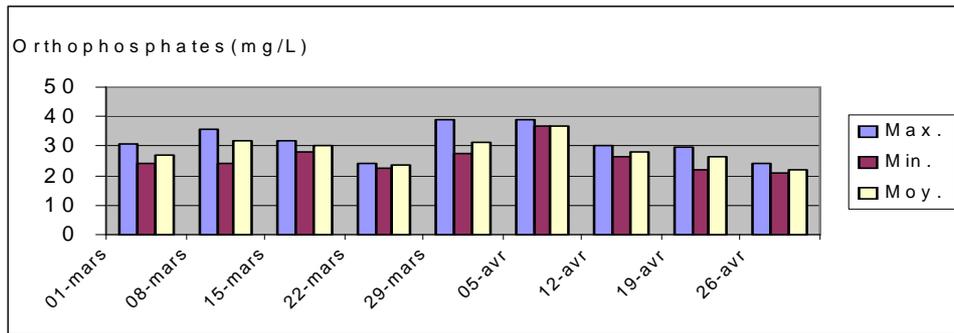


Figure 4 : Évolution des teneurs en orthophosphates.

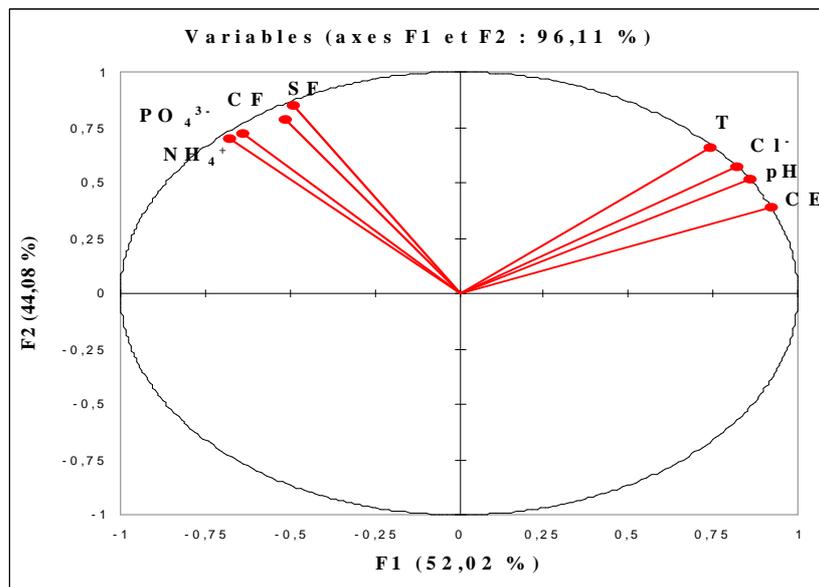


Figure 5 : Projection des variables dans l'espace des axes F1et F2.

DISCUSSION

Les ions ammonium proviendraient de la dégradation des protéines animales (cycle de l'azote), des effluents domestiques (urée) et des ruissellements urbains (Erickson et al., 2002 ; Udert, 2003; Bonté et al., 2008). La valeur moyenne maximale atteinte en ammonium au niveau des effluents de la STEP est de 292,05 mg/L et la valeur moyenne minimale est de 119,14 mg/L (Figure 1). La société de mise en bouteille est caractérisée par un effluent contenant des teneurs en ammonium variant entre 0,016 mg/L et 1,06 mg/L. La société de pêche est caractérisée par des teneurs en ammonium oscillant entre 21,96 mg/L et 22,80 mg/L. Les concentrations des nitrates au niveau des effluents de la STEP varient entre 0,32 mg/L et 3,63 mg/L (Figure 2), alors que les concentrations des nitrites sont très faibles et elles varient entre 0,021 mg/L et 0,035 mg/L (Figure 3). En ce qui concerne les nitrates, la comparaison des concentrations enregistrées au niveau des effluents de la STEP avec la norme de qualité des eaux destinées à l'irrigation montre que ces concentrations sont très inférieures à 50 mg/L, ce qui permet de déduire que ces effluents sont acceptables pour l'irrigation des cultures (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002). Les faibles concentrations en Nitrites rencontrées au niveau des eaux usées de l'effluent étudié, pourraient être expliquées par le fait que l'ion Nitrite (NO_2^-) est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium (Du Chaufour, 1997). La présence de phosphates dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition des matières organiques et à l'utilisation des détergents. La grande partie du phosphore organique provient également des déchets du métabolisme des protéines et de son élimination sous forme de phosphates dans les

urines par l'homme. Le phosphore n'est pas toxique intrinsèquement pour la faune et la flore terrestres et aquatiques. Par contre, l'« eutrophisation », conséquence directe majeure d'un excès de phosphore dans le milieu, a des effets très préoccupants à de nombreux niveaux (Du Chaufour, 1997). Les effluents de la ville de Nouakchott sont caractérisés par des teneurs moyennes en orthophosphates oscillant entre 2,41 mg/L et 36,92 mg/L (Figure 4). La société de mise en bouteille est caractérisée par un effluent contenant des teneurs en orthophosphates variant entre 2,75 mg/litre et 3,88 mg/litre. La société de pêche est caractérisée par des teneurs en orthophosphates oscillant entre 3,60 mg/L et 4,10 mg/L. La concentration de 10 mg/L en orthophosphates est une valeur limite acceptable d'un rejet direct dans le milieu récepteur (Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002).

L'ACP est un outil d'analyse de données qui permet d'expliquer la structure des corrélations ou des covariances en utilisant des combinaisons linéaires des données originelles. Son utilisation permet de réduire et d'interpréter les données sur un espace réduit (Lagarde, 1995 ; Maliki, 2000). L'analyse du plan factoriel F1 et F2 montre que plus de 96,11% sont exprimés. L'analyse dans ce plan est donc acceptable (Athamena, 2006). L'axe F1 possède une variance de 52,02% et l'axe F2 a une variance de 44,08%. L'axe F1 est exprimé par la température, le pH, la conductivité électrique et les ions chlorures dans le pôle positif. L'axe F2 est constitué par les ions ammonium, les ions orthophosphates, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux dans le pôle positif. Des corrélations positives hautement significatives ont été observées entre les ions ammonium et les ions orthophosphates, les ions ammonium et les coliformes fécaux, les ions ammonium et les streptocoques. Des corrélations positives hautement significatives ont été observées entre les ions orthophosphates et les

coliformes fécaux, les ions orthophosphates et les streptocoques fécaux (Tableau 4).

Les rejets industriels sont constitués par une forte salinité (conductivité électrique et chlorures très élevés) due à l'utilisation de l'eau de mer pour le traitement des céphalopodes en ce qui concerne la Société de pêche et une forte alcalinité (pH variant entre 10,6 et 11,2) due à l'utilisation de la soude caustique pour le rinçage des bouteilles et les températures des bains de rinçage des bouteilles se situent dans un intervalle de 20 °C à 80 °C dans le cas de la Société de mise en bouteilles (N'diaye et al., 2009). Les pH basiques entraînent une nette diminution de la survie des coliformes fécaux (Mayo, 1995), raison pour laquelle la charge fécale est très faible au niveau de la Société de mise en bouteilles. En plus, la salinité est un facteur de stress très important que subissent les bactéries de pollution fécale dans le milieu salé, où la bactérie doit établir l'équilibre osmotique entre le milieu extérieur et son cytoplasme (Chedad et Assobhi, 2007), raison pour laquelle la charge fécale est très faible aussi au niveau de la Société de pêche. Ces rejets industriels sont caractéristiques de l'axe F1. Les eaux usées domestiques sont caractérisées par des détergents tels que les orthophosphates et des teneurs en ammonium dues à des concentrations très élevées en urée provenant des eaux usées domestiques. Les rejets domestiques proviennent des différents usages domestiques de l'eau et se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées, phosphatés et de germes fécaux. Ces rejets domestiques sont caractéristiques de l'axe F2.

Conclusion

Les résultats de ces analyses montrent que la forme ammoniacale est la plus abondante que la forme oxydée avec des

teneurs maximales en ammonium égal à 292,05 mg/L et des teneurs maximales en nitrites et nitrates respectives de 0,035 mg/L et 3,62 mg/L. la concentration en orthophosphates varie entre 22,78 mg/L et 39,15 mg/L. La charge en coliformes fécaux oscille entre $7,1.10^4/100$ mL et $9,30.10^4/100$ mL et pour les streptocoques fécaux varient entre $8.10^4/100$ mL et $9,6.10^4/100$ mL. L'analyse statistique montre que les ions ammonium et orthophosphates sont en corrélation positives hautement significatives avec les coliformes et streptocoques fécaux. L'analyse en composante principale nous renseigne que les charges en orthophosphates et ammonium proviendraient des rejets domestiques.

Employer les eaux usées à des fins agricoles réduit également les pressions sur l'environnement, mais il y a des facteurs qui doivent être considérés ; y compris la présence de microbes pathogènes, la salinité ainsi que les impacts sur la structure de sol malgré le fait que ces eaux constituent un potentiel en matières fertilisantes (matières azotées et phosphatées). L'épuration des eaux usées brutes est indispensable pour limiter les impacts potentiels d'une telle activité sur l'environnement et la santé des producteurs et consommateurs.

REFERENCES

- AMEXTIPE. 2000. Etude sur la Stratégie de Développement des villes de Nouakchott, Nouadhibou et Kaédi (Volet: Evaluation Environnementale et Sociale Stratégique), Rapport préliminaire A 2003, République Islamique de Mauritanie.
- Athamena M. 2006. Etude des ressources thermales de l'ensemble allochtone su Sétifien, Thèse de mémoire de Magister, Option: mobilisation des ressources hydriques, Département de l'hydraulique, Faculté des Sciences de l'ingénieur, Université de Batna, 131 p.

- Azandosessi A, Ould Selmane ML, Ould Baba L, Benzeroug EH, Cissé G, Tanner M. 1999. Projet de préservation de l'unique espace vert de Nouakchott : le site de Sebkha « Nouakchott El Khadra ». Document de projet. OMS, Nouakchott.
- Bonté SL, Pons M, Potier O, Rocklin P. 2008. Relation between Conductivity and Ion Content in Urban Wastewater. *Journal of Water Science*, **21**(4): 429- 438.
- Chedad K, Assobhi O. 2007. Etude de la survie des bactéries de contamination fécale (coliformes fécaux) dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune d'Oualidia (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, (29) : 79.
- Cissé G, Tanner M. 2000. Analyse de la situation de l'agriculture à Nouakchott (Mauritanie) et à Ouagadougou (Burkina Faso), Conférence électronique RUAF.
- Du Chauffour P. 1997. *Abrégé de Pédologie: Sol, Végétation et Environnement* (5^e édition). Masson.
- Ericksson E, Auffarth K, Henze M, Ledin A. 2002. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, **4**: 85- 104.
- Gagneux S, Schneider C, Matt PO, Cissé G, Ould Selmane ML, Ould Cheikh D, Touré A, Tanner M. 1999. La diarrhée chez les agriculteurs urbains de Nouakchott en Mauritanie. *Médecine Tropicale*, **53** : 253-258.
- Lagarde J. 1995. *Initiation à l'Analyse des Données*. Ed. Dunod : Paris, 157.
- Maliki AM. 2000. Etude hydrologique hydro chimique et isotopique de la nappe profonde de Sfax (Tunisie). Thèse de Doctorat Fac. Sci. Sfax, 301.
- Mayo AW. 1995. Modeling coliform mortality in waste stabilization ponds. *J. Environ. Engineer*, **121**(2): 140-152.
- Ministère de L'Environnement du Maroc. 2002. « Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc », N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat.
- Mint El Bezeid F. 2007. Evaluation de risques Environnement qui menacent la zone côtière de Nouakchott et les solutions possibles (Mauritanie). Mémoire DESA, Faculté des Sciences, EL Jadida Université, Chouaib Doukkali, Maroc.
- N'diaye AD, Ould Kankou MS, Sarr A.D, Baidy L. 2009. Caractérisation physicochimique des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott, *Rev. Iv. Sc. Technol.*, **14** : 97-109.
- Rodier J. 1996. *L'analyse de l'Eau Naturelle, Eaux Résiduaires, Eau de Mer* (8^{ème} éd.). Denod : Paris, 1 ; 1383.
- Schneider C, Gagneux S. 1997. Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux usées et polluées en agriculture urbaine: Cas du maraîchage à Nouakchott, République Islamique de Mauritanie. Travail de Diplôme, Institut Tropical Suisse, Université de Bâle.
- Udert KM, Larsen T, Biébow AM, Gujer W. 2003. Urea hydrolysis and precipitation dynamics in a urine-collecting system. *Water Res.*, **37**: 2571- 2582