

CARACTÉRISATION PHYSICO - CHIMIQUE DES EAUX USÉES BRUTES DE LA VILLE DE NOUAKCHOTT (MAURITANIE)

Abdoulaye Demba N'DIAYE^{1*}, Mohamed Ould Sid'Ahmed Ould KANKOU², Aminata Diasse SARR³ et Baidy LO¹

¹*Laboratoire de Chimie de l'Eau, Institut National de Recherches en Santé Publique de Nouakchott, BP 690, Mauritanie.*

²*Laboratoire de Chimie de l'Eau et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques de l'université de Nouakchott- BP 5026, Mauritanie.*

³*Laboratoire de Chimie inorganique, Faculté des Sciences et Techniques de l'université de Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal.*

(Reçu le 19 Juin 2009, accepté le 05 Septembre 2009)

* Correspondance et tirés à part, e-mail : abdouldemba@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Le site de maraîchage de Sebkha, situé au centre ville de Nouakchott, constitue le plus important et le plus ancien périmètre maraîcher.

Le suivi de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes rejetées dans le périmètre maraîcher de Sebkha, a montré l'existence d'une pollution se traduisant par une forte salinité.

Les données recueillies au cours de notre étude ont permis de dresser un portrait de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott. L'application de l'analyse en composante principale (ACP) sur ces résultats fait apparaître, globalement, deux groupes d'eaux usées urbaines.

Mots-clés : *Caractérisation, physico-chimique, eau usée, analyse en composante principale, Nouakchott, Mauritanie*

ABSTRACT

Physicochemical characterization of raw sewage from the city of Nouakchott (Mauritania)

The site of gardening Sebkha, located in downtown Nouakchott, is the largest and oldest area.

Monitoring the physicochemical quality of raw sewage discharged into the perimeter of Sebkha gardener showed the existence of pollution resulting in high salinity.

The data collected during our study provided a picture of the physicochemical raw sewage from the city of Nouakchott. The application of principal component analysis (PCA) in these results showed, overall, two groups of urban wastewater.

Keywords : *Characterization, physicochemical, wastewater, principal component analysis, Nouakchott, Mauritania.*

I - INTRODUCTION

L'agriculture de façon générale, est une grande consommatrice d'eau. Dans les conditions arides et semi arides, les exploitants agricoles sont amenés à utiliser différentes sources d'eau pour l'arrosage de leurs cultures. Sur certains sites, ils utilisent des eaux usées non traitées, pouvant provenir aussi bien des ménages que des industries.

Nouakchott est une ville portuaire située sur la côte atlantique au niveau de la nappe de Trarza. La nappe de Trarza s'étend le long de la côte atlantique de Nouadhibou au sud du Sénégal. Nouakchott est alimenté en eau potable par le champ captant d'Idini, situé sur la route de l'espoir à environ 60 km de la ville.

Le premier site maraîcher de la ville de Nouakchott, Sebkha a été créé en 1962. Le maraîchage s'étendait sur 2000 m² en 72 parcelles. Quelques années après, 5 hectares repartis en 230 parcelles ont été distribués aux nécessiteux par le Croissant Rouge Mauritanien. Les maraîchers du site de Sebkha utilisent les eaux usées de la Station de Traitement des Eaux Polluées (STEP). La station a été dimensionnée pour un débit moyen de référence de 2000 m³/jour, alors que le débit actuellement traité par la station est de 458 m³/jour estimé à partir des mesures disponibles auprès du service d'exploitation de la Société Nationale De l'Eau (SNDE). Quelques unités industrielles sont connectées aussi à la STEP. Le traitement subi par les eaux arrivant à la STEP est un traitement par boue activée. Actuellement la STEP ne fonctionne pas et les eaux usées brutes arrivant à la station subissent une décantation et rejetées directement dans le périmètre maraîcher de Sebkha.

Un programme de recherche sur l'utilisation des eaux usées en agriculture urbaine a été conduit à Nouakchott de 1995 à 1999. Ce programme a impliqué des institutions d'enseignement supérieur et de recherche (EIER et EPFL) des organismes multilatéraux (OMS, UNICEF), des consultants privés et des ONG. Beaucoup d'études ont été effectuées sur les périmètres

maraîchers de la ville de Nouakchott [1-6]. À la suite de ces études, des analyses microbiologiques des eaux et des sols ont été faites en collaboration avec le CNH (actuel INRSP: Institut National de Recherches en Santé Publique). Ces études ont été non seulement mises en œuvre par une équipe pluridisciplinaire, mais aussi en étroite collaboration avec les populations des maraîchers sur les sites (démarche participative), et dans le respect des principes de partenariat. Sans oublier 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 culturelles et des études de réseau d'irrigation.

Il est intéressant de présenter les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott. Pour mieux évaluer des eaux usées, nous avons utilisé une méthode statistique dite Analyse en Composante Principale (A.C.P).

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Milieu d'étude

Nouakchott est situé dans la zone sub-canarienne, représentant une zone tampon entre le climat saharien au Nord et le sahélien au Sud. Le climat y est généralement sec toute l'année avec des pluies faibles et très irrégulières durant l'été. Les températures oscillent entre 28,4 °C et 36,4 °C pour les maxima et 14,6 °C et 25,7 °C pour les minima. L'alternance des Alizés maritimes et de la mousson a des conséquences sur l'hygrométrie qui est importante en toute saison (influencée par la brise de mer). Les précipitations sont faibles (en moyenne 110 mm/an) et restent concentrées sur une période courte de deux à trois mois d'été.

II-2. Site d'étude

Pour la présente étude on a choisi comme site du prélèvement la STEP afin d'obtenir une mesure représentative sur l'ensemble des eaux usées drainées par certains quartiers de la ville de Nouakchott et de quelques unités industrielles. Des prélèvements d'eaux usées ont été effectués au niveau de la SOBOMA (Société de Boissons de Mauritanie) et de la Pro pêche (une industrie de pêche spécialisée dans le domaine des céphalopodes poulpes et seiches) qui sont deux grandes sociétés raccordés au réseau d'assainissement et rejettent leurs effluents au niveau de la STEP.

II-3. Méthodes d'analyses

Les paramètres physico-chimiques sont déterminés à partir de prélèvements mensuels effectués au niveau de la STEP entre février 2008 et juillet 2009. Les échantillons d'eau usée sont prélevés dans des flacons en polyéthylène de 1 litre. Sans oublier que la station est à 3 minutes de marche de l'INRSP. Les analyses ont lieu immédiatement après prélèvement, au laboratoire de chimie de l'eau de l'INRSP.

Les paramètres physico-chimiques suivis sont : la température, le pH, la conductivité, des ions chlorures, bicarbonates, ammonium, orthophosphates, sulfates et fer. Le pH et la température ont été déterminés par un pH-mètre portable de type Hanna muni d'une sonde mesurant la température. La conductivité a été mesurée par un conductimètre portable de type Hanna. Les chlorures sont mesurés par méthode volumétrique de Mohr en présence de nitrates d'argent selon Rodier [7]. Les bicarbonates sont analysés par dosage volumétrique avec du HCl 0,1 N. Les ions ammonium, ortho phosphates, sulfates et fer sont analysés par des méthodes colorimétriques à l'aide d'un spectrophotomètre UV Visible de type 722 S Beijing. Les ions ammonium par le réactif Nessler à une longueur d'onde de 420 nm. Pour le dosage des orthophosphates on utilise un réactif molybdique susceptible d'un dosage colorimétrique à une longueur d'onde de 700 nm. Les ions sulfates sont précipités en milieu aqueux par le baryum en présence de thymol et de gélatine à une longueur d'onde de 530 nm. Le fer est dosé par la méthode colorimétrique à l'orthophénantroline à une longueur d'onde de 510 nm.

Nous avons utilisé une méthode statistique dite Analyse en Composante Principale (A.C.P) qui permet de transformer les variables quantitatives initiales toutes plus ou moins corrélées entre elles, en nouvelles variables quantitatives, non corrélées, appelées composantes principales.

III – RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'appréciation de la qualité physico-chimique des eaux usées du périmètre maraîcher de Sebka a été suivie par le biais de l'analyse des échantillons d'eaux usées récoltées au niveau de la STEP durant la période février 2008 et juillet 2009. Les *Figures 1 à 9* rapportent les valeurs maximales, minimales et moyennes de différents paramètres physico-chimiques étudiés entre février 2008 et juillet 2009.

III-1. Aspect qualitatif des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott

III-1-1. Paramètres physiques

Les valeurs moyennes de la température enregistrée au niveau des eaux usées brutes arrivant à la station oscillent entre 23,1 °C et 32,2 °C (**Figure 1**). Les températures enregistrées sont inférieures et parfois légèrement supérieures à 30 °C qui est la norme algérienne du rejet industriel [8 ; 9] et 35 °C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur selon les normes marocaines [10]. Cette élévation de température est due en partie aux différents bains de lavage de bouteilles de la SOBOMA : ces bouteilles subissent plusieurs bains et rinçage (bain pré- trempage, bain de soude, bain de rinçage A, B et C) avec des valeurs de température oscillant entre 20 °C et 80 °C. Les valeurs moyennes de pH des eaux usées brutes de la station varient de 6,5 à 10,7 (**Figure 2**). Le pH a oscillé entre des valeurs voisines de la neutralité vers des valeurs très basiques. Les résultats de pH trouvés sont similaires à ceux trouvés par Hamsatou et al. [11 ; 12]. L'effluent de la SOBOMA est très alcalin. Le pH oscille en général entre 12,13 et 12,24. L'alcalinité de l'effluent de la SOBOMA est due en grande partie à l'ajout de la soude caustique dans les bains de rinçage.

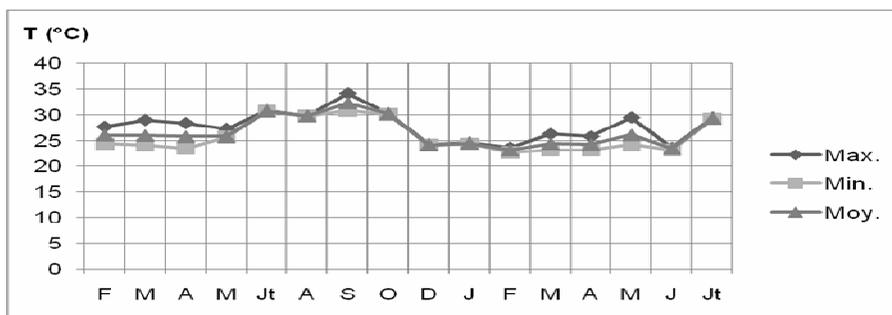


Figure 1 : Evolution des valeurs moyennes, minimales et maximales de la température

La conductivité est très variable. Les valeurs moyennes de la conductivité oscillent entre 1,23 mS/cm et 4,86 mS/cm (**Figure 3**). Les valeurs les plus basses en conductivité sont observées aux mois d'Août, Septembre et Octobre coïncidant avec les périodes de pluies. Cette diminution est donc très probablement due à l'effet de dilution. Les valeurs moyennes de la conductivité trouvées au niveau de la STEP sont supérieures à celles qui sont rencontrées dans le lac de Fouarat à Kenitra au Maroc [13], dans les eaux usées de Valencia en Espagne [14], dans les eaux usées urbaines et périurbaines de Yaoundé au Cameroun par Endamana et al. [15] et dans les

eaux usées à Jacksonville par Sonneberg et Holmes [16]. Par contre les valeurs de la conductivité enregistrées sont sensiblement proches à celles trouvées à Chabat Roba, Messdour et Wadi Z'ommor en Algérie par S. Lynda et coll. [17]. Les valeurs de la conductivité enregistrées dépassent la norme algérienne égale à 2 mS/cm [8].

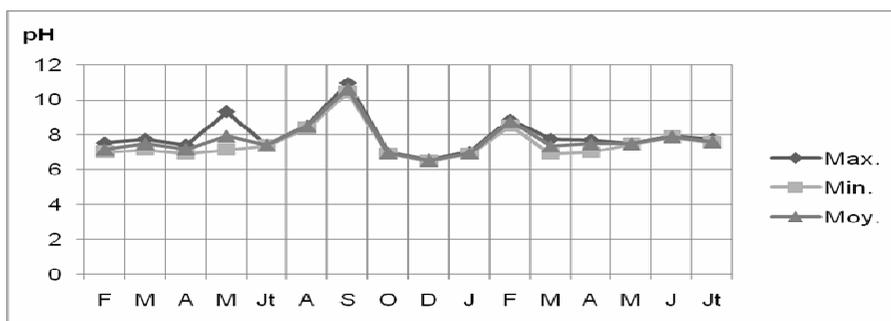


Figure 2 : Evolution des valeurs moyennes, minimales et maximales du pH

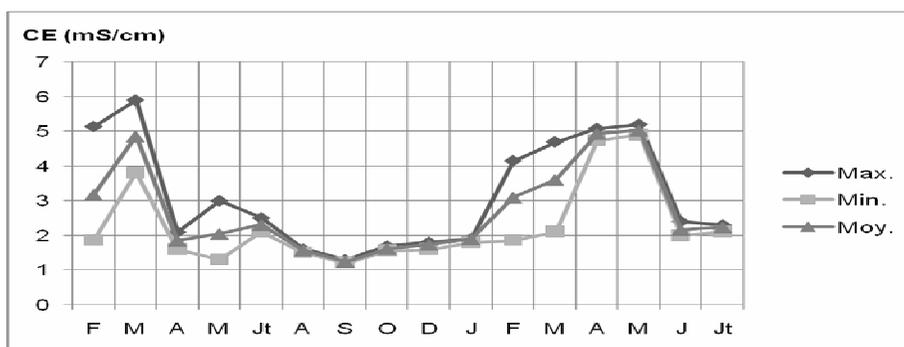


Figure 3 : Evolution des valeurs moyennes, minimales et maximales de la conductivité

III-1-2. Paramètres chimiques

Les concentrations moyennes en chlorures dans les eaux usées de la ville de Nouakchott sont de 228,87 mg/litre et 758,16 mg/litre. La valeur maximale atteinte est de 1739,5 mg /litre (**Figure 4**).

Les eaux potables dans les différents quartiers de la ville de Nouakchott sont caractérisées par des teneurs en chlorures oscillant entre 106,5 mg/litre et 127,8 mg/litre. Les concentrations en chlorures au niveau des effluents de la Pro pêche oscillent entre 4437,5 mg/litre à 5325 mg/litre. On note une forte pollution par les chlorures apportée en grande partie par l'eau de mer utilisée dans les traitements des céphalopodes.

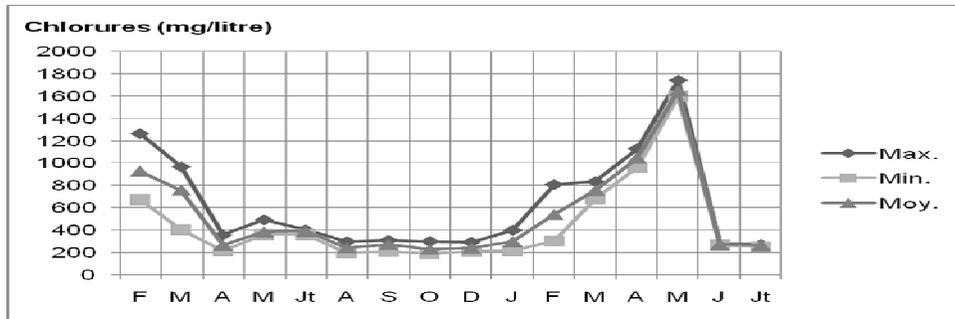


Figure 4 : Evolution des valeurs moyennes, minimales et maximales des ions chlorures

La variation des ions bicarbonates des eaux usées est rapprochée de celle du degré de minéralisation (conductivité électrique, pH). Les eaux usées de la ville de Nouakchott sont caractérisées par des teneurs moyennes en bicarbonates oscillant 242,5 mg/litre et 1852,71 mg/litre (**Figure 5**).

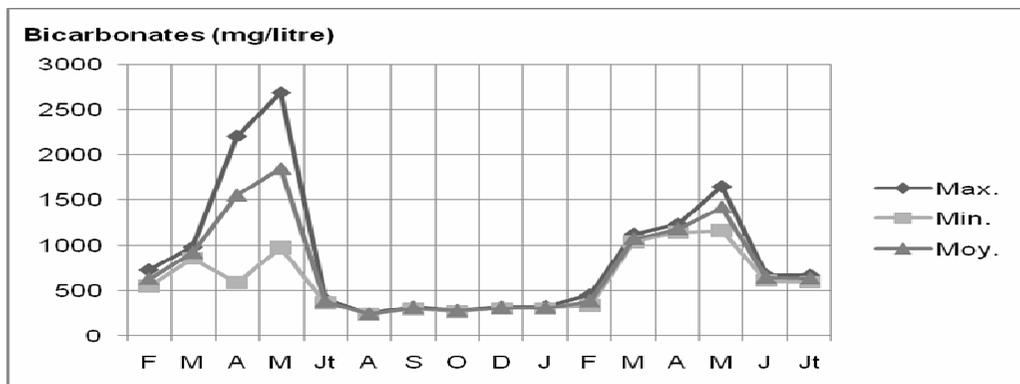
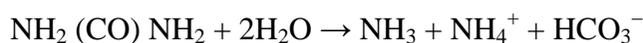


Figure 5 : Evolution des valeurs moyennes, minimales et maximales en bicarbonates

La concentration moyenne en sulfates varie entre 48,36 mg/litre et 94,05 mg/litre. La valeur maximale est de 147,73 mg/litre et la valeur minimale est 46,09 mg/litre (**Figure 6**).

Les ions ammonium sont très variables. La valeur moyenne maximale atteint 227,15 mg/litre et la valeur moyenne minimale est 2,96 mg/litre (**Figure 7**). L'urine est la principale source d'ammonium dans les eaux usées domestiques. L'urée est facilement hydrolysé selon la réaction qui suit [18, 19] :



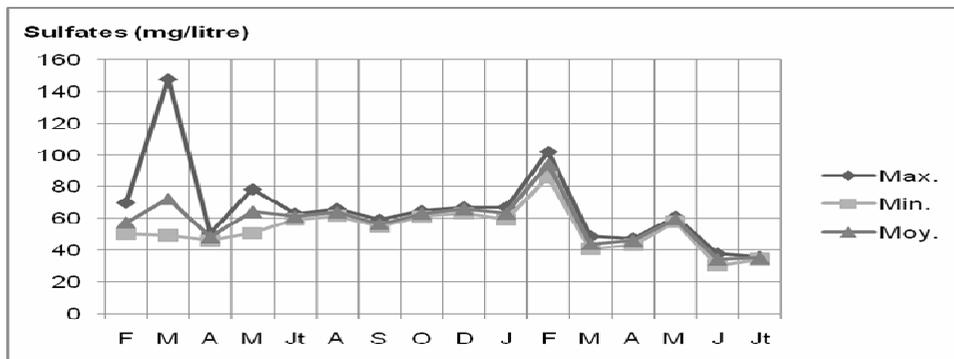


Figure 6 : Evolution des valeurs moyennes, minimales et maximales en sulfates

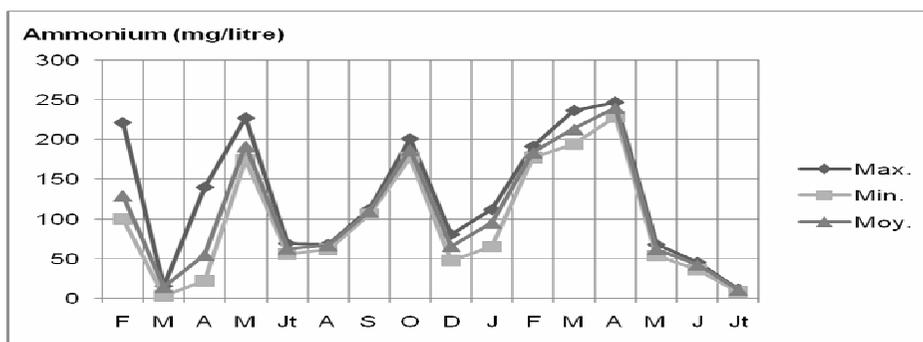


Figure 7. : Evolution des valeurs moyennes, minimales et maximales des ions ammonium

Les valeurs maximales et minimales des orthophosphates oscillent respectivement entre 2,41mg /litre et 36,92 mg/litre (**Figure 8**).

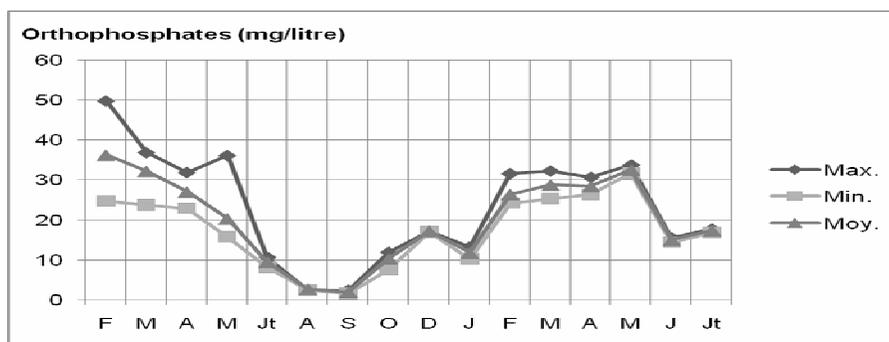


Figure 8 : Evolution des valeurs moyennes, minimales et maximales des ions orthophosphates

Les eaux usées sont caractérisées par une concentration moyenne en fer de 203,4 $\mu\text{g/litre}$. La teneur maximale en fer est de 542 $\mu\text{g/litre}$ et la teneur minimale est de 108 $\mu\text{g/litre}$ (**Figure 9**).

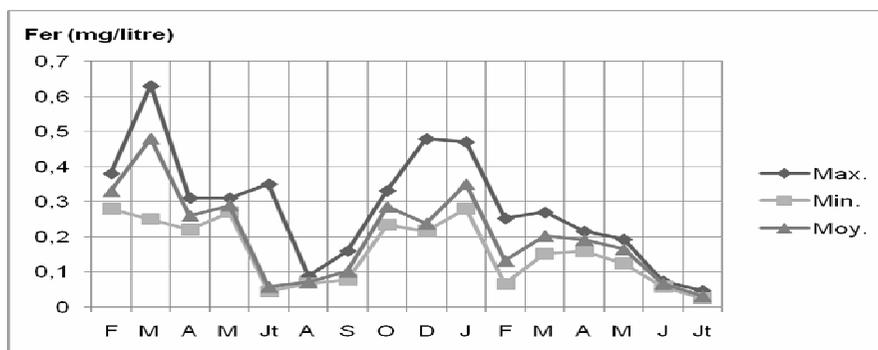


Figure 9 : Evolution des valeurs moyennes, minimales et maximales du fer

III-2. Analyse en composante principale des eaux brutes de la ville de Nouakchott

Pour mieux interpréter les résultats obtenus relatifs aux paramètres physico-chimiques une étude statistique a été faite à travers d'une méthode d'analyses multi variables: l'analyse en composante principale (ACP) et ceci en utilisant le logiciel XLSTAT 2009.

L'ACP a pour objectif de présenter, sous une forme graphique le maximum de l'information contenue dans une table de données, basées sur le principe de double projection sur les axes factoriels [20 ; 21]. Le traitement des données par l'analyse en composante principale, en utilisant comme variables la température, le pH, la conductivité, les ions chlorures, bicarbonates, ammonium, orthophosphates, sulfates et le fer et comme individus les 16 mois de prélèvements.

L'axe F1 la température et le pH dans le sens positif de l'axe et la conductivité, les ions chlorures et bicarbonates dans le sens négatif. L'axe F2 les ions ammonium, orthophosphates et sulfates dans le sens négatif et le fer dans le sens positif (**Figure 10 et Tableau 1 et 2**).

Les effluents de la SOBOMA sont caractérisés par un pH et une température élevée, et les effluents de la Pro pêche sont caractérisés par une forte salinité due à l'eau salée utilisée par le traitement des céphalopodes. L'ensemble de ces effluents est comparable au groupe des paramètres de l'axe F1. Les eaux usées domestiques sont caractérisées par des détergents tels que les orthophosphates des sulfates et des teneurs en ammonium dues à des

concentrations très élevées en urée provenant des eaux usées domestiques correspondant au groupe des paramètres de l'axe F2 (**Figure 10**).

Tableau 1 : Matrice des corrélations inter élémentaires

Variables	T	pH	Cond.	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Fer
T	1								
pH	0,427	1							
Cond.	-	-	1						
Cl ⁻	0,310	0,152	0,877	1					
HCO ₃ ⁻	0,361	0,178	0,442	0,453	1				
NH ₄ ⁺	0,251	0,041	0,109	0,184	0,186	1			
SO ₄ ²⁻	0,049	0,132	0,051	0,030	-0,241	0,167	1		
PO ₄ ³⁻	0,507	-	0,409	0,245	0,321	0,424	0,283	1	
Fer	0,038	0,040	0,357	0,495	0,247	0,404	0,335	0,558	1

Corrélations significatives ($p < 0,05$) en gras.

Tableau 2 : Corrélations entre les variables et les facteurs

	F1	F2
T	-0,708	0,183
pH	-0,451	0,023
Cond.	0,856	0,225
Cl ⁻	0,798	0,340
HCO ₃ ⁻	0,667	0,189
NH ₄ ⁺	0,344	-0,577
SO ₄ ²⁻	0,025	-0,538
PO ₄ ³⁻	0,630	-0,669
Fer	0,199	0,925

Cond. : Conductivité électrique.

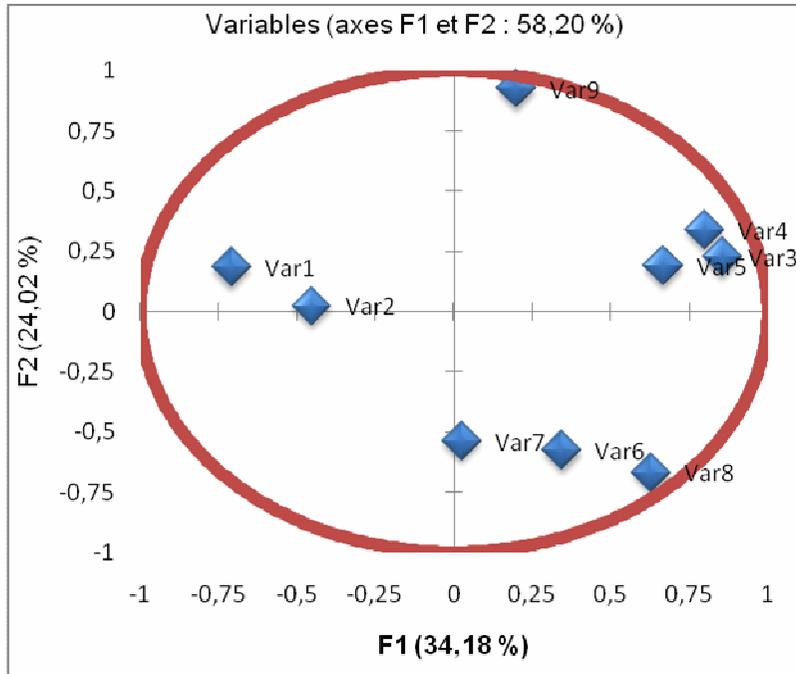


Figure 10 : *Projection des variables dans l'espace des axes*
 Var1: température; Var2: pH; Var3 : conductivité; Var4 : chlorures; Var5: bicarbonates; Var6: ammonium; Var7: sulfates ; Var8: orthophosphates et Var9: Fer.

IV- CONCLUSION

La qualité et la quantité des eaux usées urbaines dépendent essentiellement de la quantité d'eau consommée (dotation journalière par habitant), du pourcentage de cette quantité qui se trouve à l'égout et qui dépend des conditions climatiques, du niveau de vie de la population raccordée au réseau d'assainissement, des habitudes sociales et du type d'habitat.

Dans l'ensemble, le suivi de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes rejetées dans le périmètre maraîcher de Sebkha, a montré l'existence d'une pollution se traduisant par une forte salinité.

Les données recueillies au cours de notre étude ont permis de dresser un portrait de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott. L'application de l'analyse en composante principale (ACP) sur ces résultats fait apparaître, globalement, deux groupes d'eaux usées urbaines.

Remerciements

Nos vifs remerciements à la direction de l'assainissement et au laboratoire de chimie de l'eau de l'Institut National de Recherches en Santé Publique de Nouakchott.

RÉFÉRENCES

- [1] - A. AZANDOSSESSI, M. L. OULD SELMANE, L. OULD BABA, E. H. BENZEROUG, G. CISSE et M. TANNER, Projet de préservation de l'unique espace vert de Nouakchott : le site de Sebkhah « Nouakchott El Khadra ». Document de projet. OMS, Nouakchott (1999).
- [2] - A. AZANDOSSESSI et B. GUISET, Cartographie sociale et environnementale des sites maraichers de Tel Zaatar (Moughataa de Dar Naim) et de la Sebkhah. Rapport de recherche, Nouakchott (1997).
- [3] - S. GAGNEUX, C. SCHNEIDER, P.O. MATT, G. CISSE, OULD M. L. SELMANE, D. OULD CHEKH, A. TOURE, M. TANNER, La diarrhée chez les agriculteurs urbains de Nouakchott en Mauritanie. *Médecine Tropicale* 53 (1999) 253-258.
- [4] - L. OULD BABA, Projet de préservation de l'unique espace vert de Nouakchott : le site de Sebkhah « Nouakchott El Khadra ». Rapport, Bureau OMS Nouakchott (1998).
- [5] - M. L. OULD SELMANE et A. AZANDOSSESSI, Méthode accélérée de planification participative. Etude de cas : sites maraichers de Tar El Zatar (Moughataa de Dar Naim) et de Sebkhah. Rapport de recherche. Projet de recherche «Epidémio REU », OMS, Nouakchott (1997).
- [6] - C. SCHNEIDER, et S. GAGNEUX, Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux usées et polluées en agriculture urbaine: Cas du maraichage à Nouakchott, République Islamique de Mauritanie. Travail de Diplôme, Institut Tropical Suisse, Université de Bâle (1997).
- [7] - J. RODIER, l'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition, Denod, Paris, (1996)1383 p.
- [8] - JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, N°46, Juillet, (1993).
- [9] - S. HAZOURLI, L. BOUDINADE, M. ZIATI, Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle et d'El- Hadjar, Annaba, *Larhyss Journal* N°6 (2007)45-55.
- [10] - COMITE NORMES et STANDARDS, Ministère de l'environnement du Maroc, Rabat (1994).

- [11] - M.M.D. HAMSATOU, thèse de pharmacie : « les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physicochimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines » Bamako (2005).
- [12] - C.R.LOEZ et A. SALIBIAN, Premières données sur le phytoplancton et les caractéristiques physicochimiques du Rio Reconquista (Buenos Aires, Argentine), *Rev Hydrobiol.Trop.* 23(4) (1990) 283-296.
- [13] - Y. El GOUMARI et D. BELGHYTI, Etude de la qualité physicochimique des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kenitra, Maroc) *Journal Africain des Sciences de l'environnement*, 1 (2006) 53-60.
- [14] - A. BES-PIA, J. A. MENDOZA-ROCA , M. I. ALCAINO-MIRANDA, A. IBORRA- CLAR and M.I. IBORRA-CLAR, Reuse of Wastewater of the textile industry after its treatment with a combination of physico-chemical treatment and membrane technologies , *Desalination* 149 (2002) 169-174.
- [15] - D. ENDAMANA, I. M. KENGE, J. GOCKOWSKI and J. NYA, International Symposium on water, Poverty and productive uses of water at the household level, mulders drift South Africa 21-23 (January 2003).
- [16] - L. B. SONNENBERG et J.C. HOLMES, Proceedings 1998 TAPPI International Environmental Conference Vancouver, BC, April (1998).
- [17] - S. LYNDA, R. RACHID, B. HOURIA and D. MOHAMMED-REDA, Survey of the physico-chemical quality of the wastewaters of Biskra city rejected in Chabat Roba, Messdour and Wadi Z'ommor (Algérie), *African Journal of Environmental Science and Technology*, Vol .2 (8) (2008) 231-238.
- [18] - K. M. UDERT, T. A. LARSEN, M. BIEBOW and W. GUJER, *Water Res.*, 37 (2003) 2571" 2582.
- [19] - S. L. BONTE, M. PONS, O. POTIER et P. ROCKLIN, *Journal of Water Science*, vol. 21, n° 4 (2008) 429-438.
- [20] - A. M. MALIKI, Etude hydrogéologique, hydrochimique et isotopique de la nappe profonde de Sfax (Tunisie). Thèse de Doct.Fac. Sci. Sfax (2000)301.
- [21] - J. LAGARDE, Initiation à l'analyse des données. Ed. DUNOD. Paris (1995)157.