

ESSAI D'ÉVALUATION DE LA TURBIDITÉ DES EFFLUENTS DE LA VILLE DE NOUAKCHOTT

**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 22 Mai 2010, accepté le 15 Octobre 2009)

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

RÉSUMÉ

Les campagnes d'analyses physico-chimiques réalisées au niveau des effluents de la ville de Nouakchott ont démontré l'existence d'une assez forte turbidité.

L'application de l'analyse en composante principale sur ces résultats nous montre que la turbidité est en corrélation avec la couleur, les matières en suspension, les ions ammonium et les ions orthophosphates et que l'effluent domestique est responsable en grande partie de la turbidité des effluents de la ville de Nouakchott.

La turbidité doit être un critère de choix pour évaluer l'opportunité d'un traitement.

Mots-clés : *Turbidité, Analyse en Composante Principale, Sebkh, Nouakchott, Mauritanie.*

ABSTRACT

Test for evaluating the turbidity of sewage from the city of Nouakchott

The campaigns of physical-chemical carried in the effluent from the city of Nouakchott have demonstrated the existence of a relatively high turbidity.

The application of principal component analysis on these results shows that the turbidity is correlated with color, suspended solids, ammonium ions and orthophosphate ions and the domestic effluent is largely responsible for turbidity of the effluent from the city of Nouakchott.

Turbidity must be a selection criterion for judging the appropriateness of treatment.

Keywords : *Turbidity, Principal Component Analysis, Sebkh, Nouakchott, Mauritania.*

I - INTRODUCTION

Dans le domaine de contrôle de qualité des eaux, la mesure de la turbidité s'avère un paramètre probant dans beaucoup de cas d'applications. C'est le cas dans le traitement des eaux potables et eaux usées, la fabrication des boissons et dans le secteur chimique.

La turbidité d'une eau est une mesure globale qui prend en compte toutes les matières colloïdale, insolubles, d'origine minérale ou organique. Des particules en suspension existent naturellement dans l'eau, comme le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques en particules fines, le plancton et d'autres microorganismes [1 , 2].

Le plus important effet lié à la santé qui caractérise la turbidité est probablement sa capacité de protéger les bactéries et les virus contre la désinfection [3]. L'épidémie d'hépatite infectieuse survenue à Delhi, en Inde, attribuable à la communication en masse d'une source d'eau brute alimentant une usine de traitement par des eaux usées, s'est également accompagnée d'une augmentation importante de la turbidité de l'eau brute [4].

La fiabilisation et l'optimisation du fonctionnement des systèmes d'assainissement urbain nécessitent le développement de méthodes d'évaluation de la pollution en continu : l'emploi de la turbidimétrie pour l'évaluation de la pollution des eaux se révèle positif et intéressant de par son caractère permanent et instantané [5 ; 6].

Les études effectuées sur le périmètre maraîcher de la ville de Nouakchott étaient focalisés surtout sur le plan microbiologique des eaux et des sols, des 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 [7-9].

La turbidité de l'eau est un critère important pour la réutilisation et doit être par conséquent un critère de choix pour évaluer l'opportunité d'un traitement. Il est intéressant de présenter les paramètres physico-chimiques responsables de la turbidité des effluents de la station du périmètre maraîcher de Sebkh.

(STEP). Pour mieux évaluer cette turbidité, nous avons utilisé une méthode statistique dite Analyse en Composante Principale (ACP).

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Milieu d'étude

La ville de Nouakchott est une ville côtière (superficie de 400 km²) située vers 18° 07 de latitude nord et 16° 01 de longitude ouest. Nouakchott se situe dans la partie méridionale de la sebkha de Ndrancha où se localise une nappe sub-affleurante et son niveau est en relation directe avec celui de l'océan. 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 [10].

II-2. Site d'étude

La STEP du périmètre maraîcher de Sebkhâ 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: une société de mise en bouteille et une société de pêche. La société de mise en bouteille dispose d'une canalisation liée directement au réseau urbain d'évacuation des eaux usées de la ville de Nouakchott. La production de boissons et divers usages de l'eau dans l'entreprise permettent le rejet d'une grande quantité d'eau à travers les égouts. La société de pêche est spécialisée dans la vente des céphalopodes surtout les seiches et les poulpes. Ces céphalopodes subissent des traitements avec utilisation des grandes quantités de l'eau de mer.

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 Sebkhâ.

II-3. Méthodes d'analyse

Les prélèvements ont été effectués hebdomadairement au niveau de la STEP au cours du mois mars et mois d'avril 2009. Quelques échantillons ont été prélevés au niveau de la société de mise en bouteille et la société de pêche. Les analyses ont lieu immédiatement après prélèvement, au laboratoire de chimie de l'eau de l'Institut National de Recherches en Santé Publique de Nouakchott (INRSP).

Les paramètres physicochimiques étudiés sont: la turbidité, la température, le pH, la conductivité, la couleur, les matières en suspension, des ions ammonium, orthophosphates et le fer.

Le pH et la température ont été déterminés par un pH-mètre de type Hanna muni d'une sonde mesurant la température. La conductivité a été mesurée par un conductimètre de type Hanna. La turbidité a été mesurée par un turbidimètre portable de type Wagtech. Les matières en suspension sont déterminées par filtration d'un volume d'eau usée sur filtre cellulosique (0,45 microns mètre) selon Rodier [11]. La couleur, les ions ammonium, ortho phosphates et le fer sont analysés par des méthodes colorimétriques à l'aide d'un spectrophotomètre UV Visible de type 722 S Beijing. La couleur par le platino-cobalt. Les ions ammonium par le réactif Nessler. Pour le dosage des ortho phosphates on utilise un réactif molybdique. Le fer est dosé par la méthode à l'orthophénantroline.

Nous avons utilisé une méthode statistique dite Analyse en Composante Principale (A.C.P) et ceci en utilisant le logiciel XLSTAT 2010.

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

II-1. Évolution des paramètres physicochimiques

Turbidité

La turbidité est représentative de la transparence d'une eau. Cette transparence peut être affectée par la présence de particules en suspension et de matières colloïdales dans l'eau (limons, argiles, micro-organismes,...). L'unité de mesure est NTU (unités de turbidité néphélométriques). La turbidité au niveau de l'effluent de la ville de Nouakchott oscille entre une valeur maximale de 97,3 NTU et une valeur minimale de 19,3 NTU (*Figure 1*). Les eaux potables de la ville de Nouakchott sont caractérisées par une turbidité oscillant entre 0,11 NTU et 0,71 NTU.

Couleur

La couleur de l'eau peut être causée par la présence des minéraux naturels comme le fer et le manganèse. Les algues, les protozoaires, les produits de décomposition des végétaux, etc. La couleur apparente est la mesure de la valeur d'une eau qui contient de la matière en suspension. Elle est mesurée sur l'échantillon qui n'a subi aucune filtration ou centrifugation. Black et al. Ont démontré au moyen d'études électrophorétiques l'origine essentiellement colloïdale de la couleur de l'eau [12, 13], on a soutenu qu'environ 50 pour

cent de la couleur de l'eau est attribuable à la « fraction colloïdale » des substances humiques [14]. Par conséquent, la couleur réelle de l'eau est obtenue après élimination de la turbidité [15]. La valeur maximale de la couleur est de 192 uca et une valeur minimale est de 64 uca (*Figure 2*).

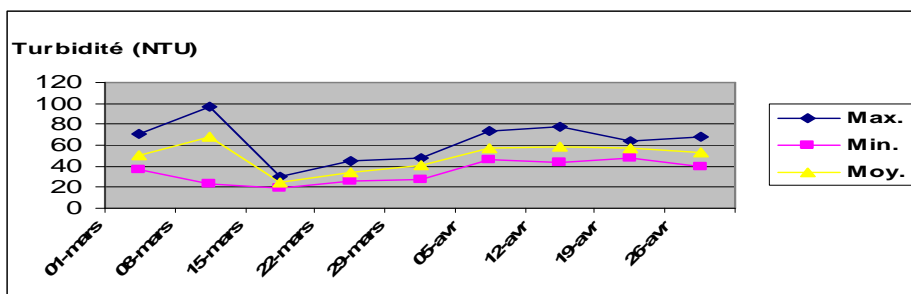


Figure 1 : Évolution de la turbidité des effluents de la ville de Nouakchott

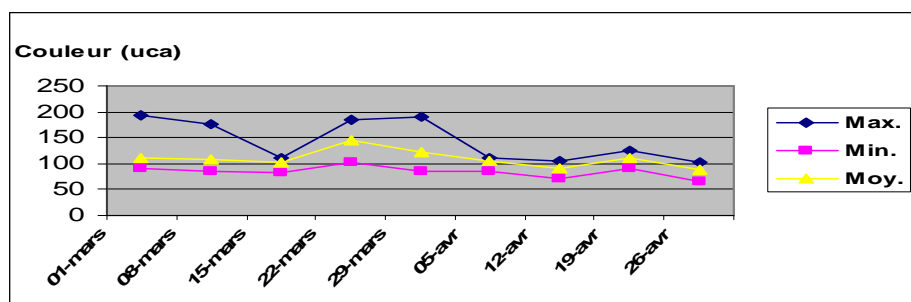


Figure 2 : Évolution de la couleur apparente des effluents de la ville de Nouakchott

Matières en suspension

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées [16]. Les effluents de la ville de Nouakchott sont caractérisés par une concentration maximale en matière en suspension de 48 mg/L et une valeur minimale de 22,77 mg/L (*Figure 3*). La norme marocaine du rejet dans le milieu récepteur en matières en suspension est de 50 mg/L [17].

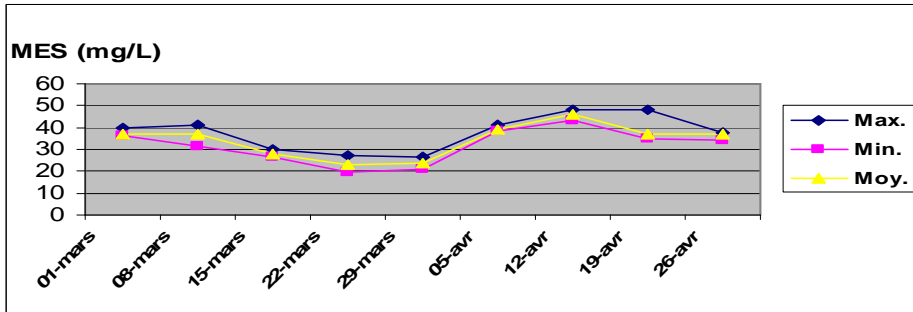


Figure 3 : Évolution de la teneur en matières en suspension des effluents de la ville de Nouakchott

Température

Les valeurs moyennes de la température enregistrée au niveau des effluents de la ville de Nouakchott oscillent entre 23 °C et 26,3 °C (**Figure 4**). Les températures enregistrées sont inférieures à 30 °C qui est la norme algérienne du rejet industriel [18] et très inférieure à 35 °C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur selon les normes marocaines [17]. L'effluent de la société de mise en bouteille est caractérisé par une température oscillant entre 32,5 °C et 35,8 °C.

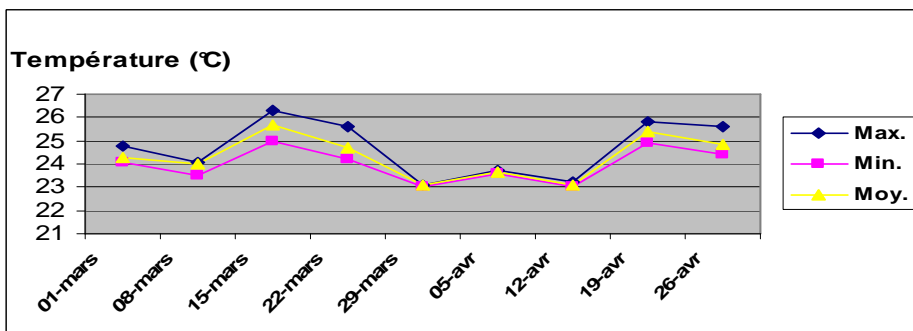


Figure 4 : Evolution de la température des effluents de la ville de Nouakchott

pH

Les valeurs moyennes de pH des effluents de la ville de Nouakchott varient de 6,91 à 7,76 (**Figure 5**). Le pH a oscillé entre des valeurs voisines de la neutralité vers des valeurs basiques. Ce résultat est similaire à ceux trouvés par El Gouamri au niveau des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kenitra, Maroc) [16]. La société de mise en bouteille utilise la soude caustique pour le nettoyage des bouteilles dont la

concentration entre 0 et 3 % selon les bains. Raison pour laquelle le pH de l'effluent de la société de mise en bouteille varie entre 12,13 et 12,24.

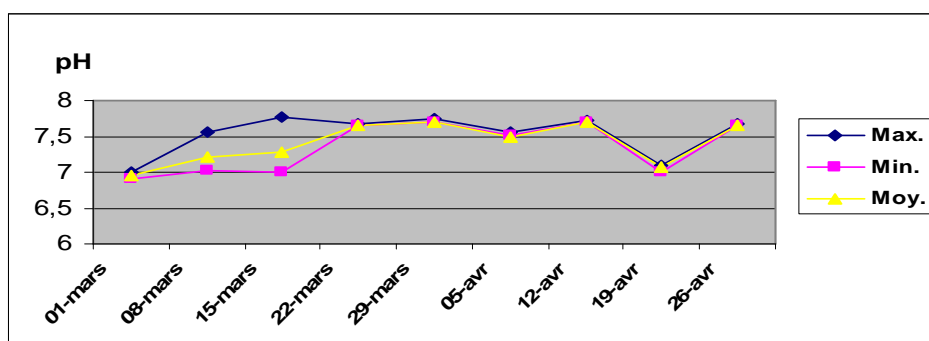


Figure 5 : Évolution du pH des effluents de la ville de Nouakchott

Conductivité

La conductivité traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité. Nous observons que la valeur moyenne maximale de la conductivité est de 5,5 mS/cm et la valeur moyenne minimale est de 2,1 mS/cm (**Figure 6**). Les effluents de la société de mise en bouteille et de la société de pêche sont caractérisés par des valeurs de la conductivité oscillant respectivement de 4,4 mS/cm à 5 mS/cm et de 29,7 mS/cm à 30,2 mS/cm. Les valeurs de la conductivité enregistrées dépassent la norme algérienne égale à 2 mS/cm [18].

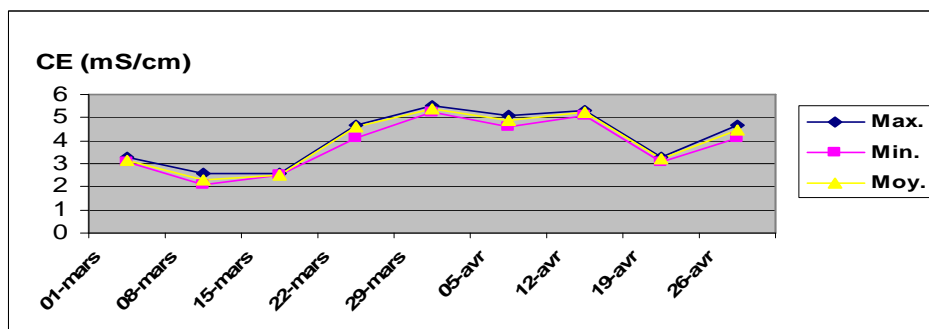


Figure 6 : Évolution de la conductivité des effluents de la ville de Nouakchott

Ammonium

Provient de la dégradation des protéines animales (cycle de l'azote), des effluents domestiques (urée), des ruissellements urbains [19, 20]. La valeur

maximale atteinte au niveau de la STEP est de 292,05 mg/L et la valeur moyenne minimale est de 119,14 mg/L (**Figure 7**).

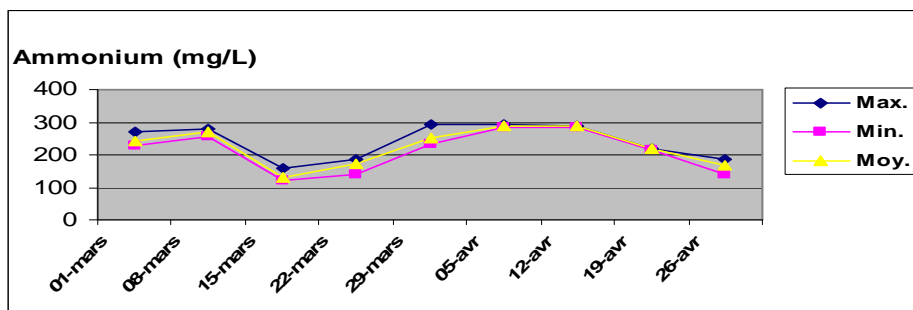


Figure7 : Évolution des ions ammonium des effluents de la ville de Nouakchott

Orthophosphates

La grande partie du phosphore organique provient des déchets du métabolisme des protéines et de son élimination sous forme de phosphates dans les urines par l'homme et des détergents [21]. Les concentrations en orthophosphates au niveau de la STEP oscillent entre 20,78 mg /L et 39,15 mg / L (**Figure 8**). La norme marocaine du rejet dans le milieu récepteur en orthophosphates est de 10 mg/L [17].

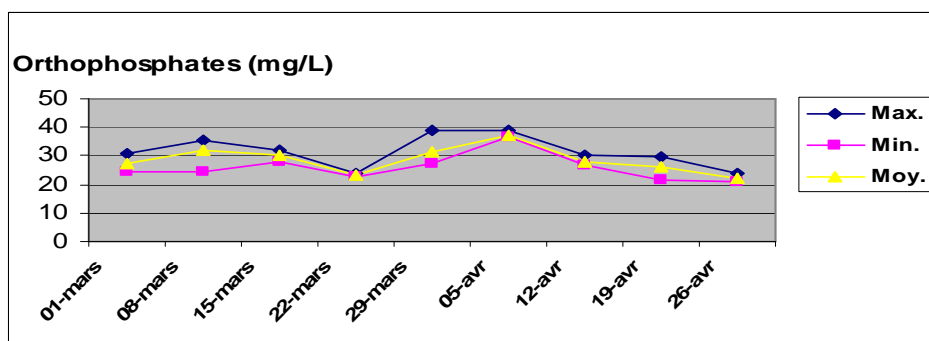


Figure 8 : Évolution des ions orthophosphates des effluents de la ville de Nouakchott

Fer

La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations. Les

sels ferreux participent à la coloration de l'eau [22]. Les eaux usées de la ville de Nouakchott sont caractérisées par une teneur maximale en fer de 542 $\mu\text{g/L}$ et une teneur minimale de 72 $\mu\text{g/L}$ (*Figure 9*).

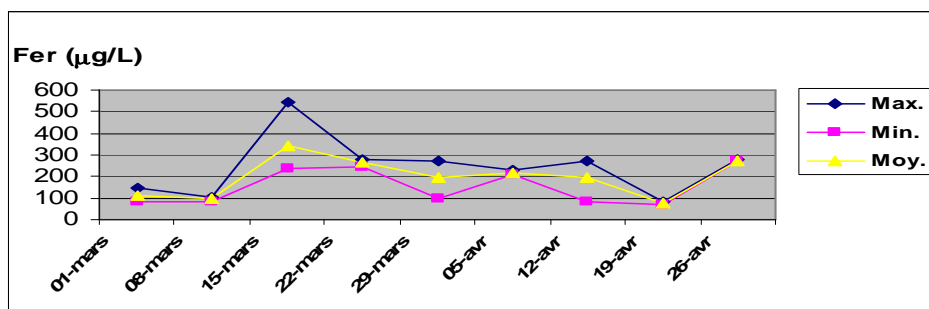


Figure 9 : Évolution de la teneur en fer des effluents de la STEP

II-2. Étude statistique

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 [23]. 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 [24].

Le traitement des données par l'analyse en composante principale, en utilisant comme variables la turbidité, la couleur, la température, le pH, la conductivité, les matières en suspension, des ions ammonium, orthophosphates et fer et comme individus les 9 prélèvements effectués entre mars et avril 2009.

La turbidité est en corrélation moyenne positive avec les matières en suspension, les ions ammonium, les ions orthophosphates et la couleur et une corrélation faible positive avec le pH. La turbidité est en corrélation moyenne négative avec le fer et la température et une corrélation faible négative avec la conductivité (*Tableau 1*).

La couleur est en corrélation positive avec les ions ammonium et orthophosphates ; les matières en suspension sont en corrélation positive avec les ions ammonium et orthophosphates (*Tableau 1*).

Nous pouvons dire que la turbidité, est en relation de loin ou de près avec la couleur, les matières en suspension, les ions ammonium et les ions orthophosphates. Donc chacun de ces paramètres contribuent à sa part à la turbidité des eaux usées de la ville de Nouakchott.

Tableau 1 : Matrice des corrélations inter élémentaires

Variables	Turbidité	T	pH	CE	Couleur	MES	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Fer
Turbidité	1								
T	-0,393	1							
pH	0,020	-	1						
CE	-0,043	-	0,775	1					
Couleur	0,287	-	-	-	1				
MES	0,795	-	0,185	0,015	-0,195	1			
NH₄⁺	0,732	-	0,836	0,301	0,344	0,215	1		
PO₄³⁻	0,193	-	0,441	0,044	0,045	0,191	0,147	1	
Fer	-0,771	0,254	0,344	0,175	-0,461	0,400	0,632	0,164	1

On donne dans le *Tableau 2* les corrélations entre les variables et les deux premiers axes.

Tableau 2 : Corrélations entre les variables et les axes principaux

	F1	F2
Turbidité	0,870	-0,196
T	-0,652	-0,508
pH	0,222	0,917
CE	0,171	0,886
Couleur	0,121	-0,670
MES	0,771	0,049
NH₄⁺	0,937	0,104
PO₄³⁻	0,562	-0,174
Fer	-0,667	0,443

Ces axes montrent une bonne répartition et représentation des variables étudiés. L'axe F1 est exprimé par son pôle positif par la turbidité, la couleur, les matières en suspension, les ions ammonium et les ions orthophosphates et dans le sens négatif la température. L'axe F2 est constitué par le pH, la

conductivité et le fer dans le sens positif. La **Figure 10** représente les paramètres étudiés dans le plan F1 et F2.

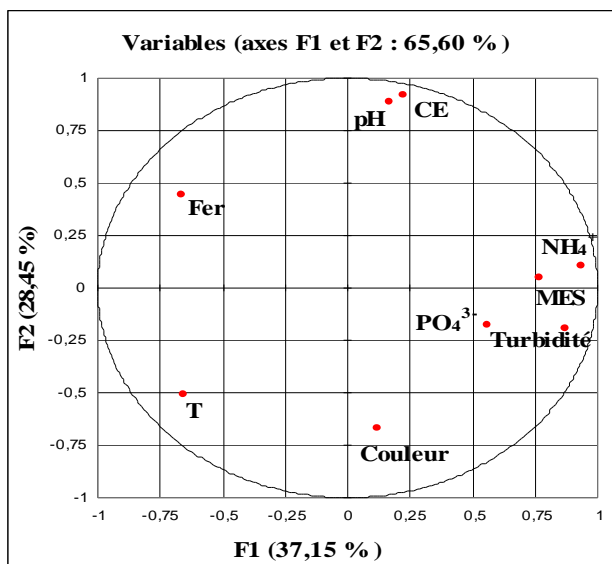


Figure 10 : Projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2.

L'axe F1 est constitué par les matières en suspension, les ions ammonium, les ions orthophosphates et la couleur. L'axe F1 est caractéristique d'un effluent domestique. Nous pouvons dire que la turbidité est apportée par un effluent coloré, riche en matières en suspension, en ammonium et en orthophosphates. Autrement dit qu'au niveau des effluents de la ville de Nouakchott, la turbidité est apportée en grande partie par l'effluent domestique. Par contre l'axe F2 est constitué par un pH et une conductivité élevés. L'axe F2 est caractéristique de l'effluent industriel.

IV - CONCLUSION

Les campagnes d'analyses physico-chimiques réalisées, ont démontré l'existence d'une assez forte turbidité.

L'application de l'analyse en composante principale nous renseigne que la turbidité est apportée par un effluent domestique coloré, azoté, phosphaté et contenant des matières en suspension. L'effluent domestique est responsable en grande partie de la turbidité des effluents de la ville de Nouakchott.

RÉFÉRENCES

- [1]- SANTE CANADA, Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : la turbidité. Documentation à l'appui. Préparé par Le Comité fédéral provincial territorial sur l'eau potable, Ottawa, Ontario, (2003) 36 p.
- [2]- [2] M. SCHNITZER, S.H. KAHN, Humic substances in the environment, Marcel Dekker, New York, N.Y, (1972) p. 204.
- [3]- H.E. HUDSON, High- quality water production and viral disease. *J. Am. Water Works Assoc.*, (1962) 54: 1265.
- [4] - J.M DENNIS, 1955-56 infections hepatitis epidemic in Delhi, *India. J. Am. Water Works Assoc.*, 51: 1288 (1959).
- [5] - MARECHAL A., M. AUMOND et G. RUBAN, Mise en oeuvre de la turbidimétrie pour évaluer la pollution des eaux résiduaires. *Houil. Blanc.*, 5, (2001).81-86.
- [6]- B. B THAYER, K. RIAHI et H. BOUDHARA, « Élimination de la turbidité par oxygénation et filtration successives des eaux de la station de Sfax (Sud de la Tunisie) » *Revue des sciences de l'eau*, vol. 20, n° 4, (2007) p. 355-365.
- [7] - 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);
- [8] - S. GAGNEUX, C. SCHNEIDER, P. MATT, G. CISSE, M. L. OULD SELMANE, D. OULD CHEIKH, A. TOURE et M. TANNER, La diarrhée chez les agriculteurs urbains de Nouakchott en Mauritanie. *Médecine Tropicale* 53 : (1999) 253-258;
- [9] - C.SCHNEIDER et S. GAGNEUX, 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 (1997);
- [10]- F. MINT EL BEZEID, 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 (2007);
- [11]- [11] J. RODIER, L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} éd. Denod, Paris, (1996)1383 p;
- [12]- A.P BLACK et D.G WILLEMS, Electrophoresis studies of coagulation for removal of organic colour, *J. Am. Water Works Assoc.*, 53: 589 (1961)
- [13]- A.P.BLACK et R.F. CHRISTIMAN, Characteristics of colored surface water, *J. Am. Water. Works. Assoc.*, 53: 753 (1963).
- [14]- V. PEMNANEN, Humus fractions and their distribution in some lakes in Finland. Dans: Humic substances, their structure and function in the biosphere. D. Povedo et H.L. Goltzman (éd.). Pudoc, Wageningen, Pays- Bas, p. 207 (1975)

- [15]- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION/ American Water Works Association /Water Pollution Control Federation. Standards methods for the examination of water and wastewater. 14^e édition, Washington, DC, p. 64(1976).
- [16]- Y. EL GOUAMRI et D. BELGHYTI, Etude de la qualité physicochimique des eaux usées brutes rejetées dans le lac Fouarat, *Journal Africain des Sciences de l'environnement*, 1 (2006) 53-60;
- [17]- COMITE NORMES et STANDARDS. Ministère de l'environnement du Maroc. Rabat (1994);
- [18]- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, Normes de rejets dans le milieu récepteur46 (1993), 7-12;
- [19]- K. M. UDERT, T. A. LARSEN, M. BIEBOW and W. GUJER, Urea hydrolysis and precipitation dynamics in a urine-collecting system. *Water Res.*, 37, (2003) 2571" 2582
- [20]- S. L. BONTE, M. PONS, O. POTIER et P. ROCKLIN, "Relation Between Conductivity and Ion Content in Urban Wastewater" *Journal of Water Science*, vol. 21, n° 4, (2008) 429- 438;
- [21]- P. DU CHAUFOUR, Abrégé de pédologie: sol, végétation et environnement. 5^e édition, Masson (1997);
- [22]- T.J. TULLY, «Waste acid neutralisation », *Sew. Ind. Waste*, 30, (1958), 385;
- [23]- A. M. MALIKI, Etude hydrologique hydrochimique et isotopique de la nappe profonde de Sfax (Tunisie). Thèse de Doctorat Fac. Sci. Sfax, (2000) 301 p;
- [24]- J. LAGARDE, Initiation à l'analyse des données. Ed. Dunod. Paris (1995)157 p