

Evaluation des teneurs en coliformes fécaux par couplage avec des paramètres physicochimiques en ACP : cas des effluents de la STEP du périmètre maraîcher de Sebka, Nouakchott

Abdoulaye Demba N'DIAYE^{1*}, Mohamed Ould Sid' Ahmed Ould KANKOU² & Khalid IBNO NAMR³

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.

*Correspondance: abdouldemba@yahoo.fr

RESUME

Dans le but d'évaluer les teneurs en coliformes fécaux contenus dans les effluents de la Station de Traitement des Eaux Polluées, l'Analyse en Composantes Principales de ces teneurs couplées avec les paramètres physiques de l'eau (Température, pH, conductivité électrique et turbidité). L'analyse bactériologique des échantillons prélevés hebdomadairement au cours des mois de février, de mars et d'avril 2009 montre que les effluents de la STEP sont caractérisés par des teneurs en coliformes fécaux oscillant entre $3,9 \cdot 10^4$ UFC/100 mL et $9 \cdot 10^4$ /100 mL avec une moyenne de $6,5 \cdot 10^4$ UFC/100 mL. Ces valeurs sont largement au dessus de la norme préconisée par l'OMS pour les eaux d'irrigation et qui est de l'ordre de 10^3 UFC/100mL.

Les teneurs en coliformes fécaux présentent une corrélation positive et fortement significative avec la turbidité, une corrélation positive faiblement significative avec la température et des corrélations négatives et faiblement significatives avec le pH et la conductivité électrique. Parmi les paramètres physiques étudiés seule la turbidité s'avère être un paramètre probant dans le traitement des eaux usées afin de diminuer la charge en coliformes fécaux. Un traitement physique est nécessaire surtout la décantation suivie d'une filtration.

Mots clés : Paramètres physiques, Coliformes Fécaux, Nouakchott, Mauritanie.

ABSTRACT

In order to assess the fecal coliform contents in the effluent of the wastewater treatment plan of the Principal Component Analysis of these contents coupled with the physicochemical parameters of water (temperature, pH, electrical conductivity and turbidity) was carried out. The bacteriological analysis of samples taken weekly during the months of February, March and April 2009 shows that the effluent were characterized by fecal coliforms contents ranging from $3,9 \cdot 10^4$ CFU/ 100 mL and $9 \cdot 10^4$ CFU/ 100 mL with an average of $6,5 \cdot 10^4$ / 100 mL. These values were far above the recommended norm by WHO for irrigation water which is 10^3 /100mL.

Fecal coliforms have a positive and highly significant correlation with turbidity, a poorly significant positive correlation with temperature. Also, poorly significant and negative correlations were observed pH and conductivity were observed. Among the physicochemical parameters studied only the turbidity appeared as the parameter to be monitored during the treatment of wastewater to reduce the load of fecal coliforms. A physical treatment is necessary especially decantation followed by filtration.

Key words: Physical parameters, Fecal coliform, Nouakchott, Mauritania

INTRODUCTION

Le périmètre maraîcher de Sebka a fait l'objet de nombreux travaux [1 -4]. Sur le plan microbiologique, il a été souligné que le périmètre est soumis à une forte pollution par les effluents de la ville de Nouakchott. Ces effluents contiennent de nombreux organismes pathogènes, représentant une menace pour la santé humaine. L'estimation de la contamination

se fait par le biais des bactéries indicatrices de pollution fécale et de germes pathogènes. Ces indicateurs bactériens sont les coliformes fécaux (CF).

Dans le but d'évaluer les coliformes fécaux contenus dans les effluents de la STEP (Station de Traitement des Eaux Polluées) du périmètre maraîcher de Sebka afin de pouvoir mettre en place un modèle théorique de traitement nous

avons couplé les paramètres physiques (température, pH, conductivité électrique et la turbidité) avec une méthode statistique appelée l'ACP (Analyse en Composante Principale). 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. 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 [5 ; 6].

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude. La ville de Nouakchott est une ville côtière, située vers 18° 07 de latitude nord et 16° 01 de longitude ouest (Figure 1). Elle 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 [7].

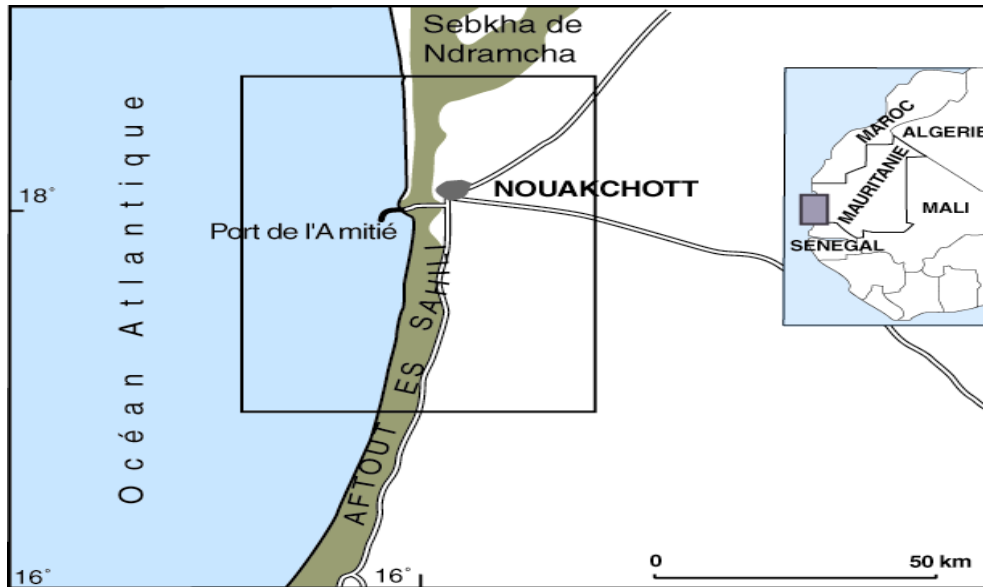


Figure 1. Carte de localisation de la ville de Nouakchott

La station d'épuration était de type lit bactérien, dont l'effluent alimentait un réseau de distribution des eaux épurées de la STEP, mis en place pour 72 parcelles. Les problèmes d'exploitation ont conduit à une dégradation continue des capacités épuratoires, jusqu'à l'arrêt complet de la station en 1979. Cet arrêt d'épuration n'a pas empêché que l'arrivée des eaux usées, non épurées, continue sur les sites de maraîchage, malgré un certain nombre d'études alertant sur les risques sanitaires [4].

Un programme de réhabilitation, lancé en 1990 avec l'aide de la Banque Africaine de Développement (BAD), a abouti en 1992 avec la mise en service d'une station d'épuration à boues activées. Les eaux usées subissent un traitement tertiaire par chloration (actuellement la chloration

ne se fait plus), avant d'être évacuées vers le réseau de distribution sur le site de maraîchage. 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). Selon les carnets d'exploitation de l'exploitant, les débits en entrée de station sont les suivants: 444 m³/j par temps sec, 458 m³/j en moyenne journalière, 1260 m³/j en débit de pointe (capacité théorique moyenne 2000 m³/j) [8].

Le réseau fonctionnel est d'une longueur de 38 km environ, desservant le centre ville et la Moughataa de Tevragh Zeina (Figure 2). Un second réseau, de 31 km, est construit en 1984

sur des bassins versants périphériques : au Nord, à l'Est et au Sud de la zone centrale desservie par le réseau en service. Le second réseau n'a pas été réceptionné et il n'y a pas de branchement effectué. Nouakchott ne bénéficie qu'à hauteur de 4% du système d'évacuation des eaux usées [9] par le biais des égouts. Le reste de la population a recours à des latrines, des fosses et puits perdus, des fosses septiques ou n'a pas de système d'évacuation du tout. On a choisi comme site du prélèvement les effluents de la STEP à fin d'obtenir une mesure

représentative sur l'ensemble des eaux usées brutes drainées par certains quartiers de la ville de Nouakchott et de quelques unités industrielles connectées aussi à la STEP (une Société de mise en bouteille et une société de pêche spécialisée dans le domaine de vente de céphalopodes poulpes et seiches). Les eaux usées brutes provenant des unités industrielles connectées à la STEP et les rejets domestiques à la STEP subissent une décantation et rejetées directement dans le périmètre maraîcher de Sebkh.

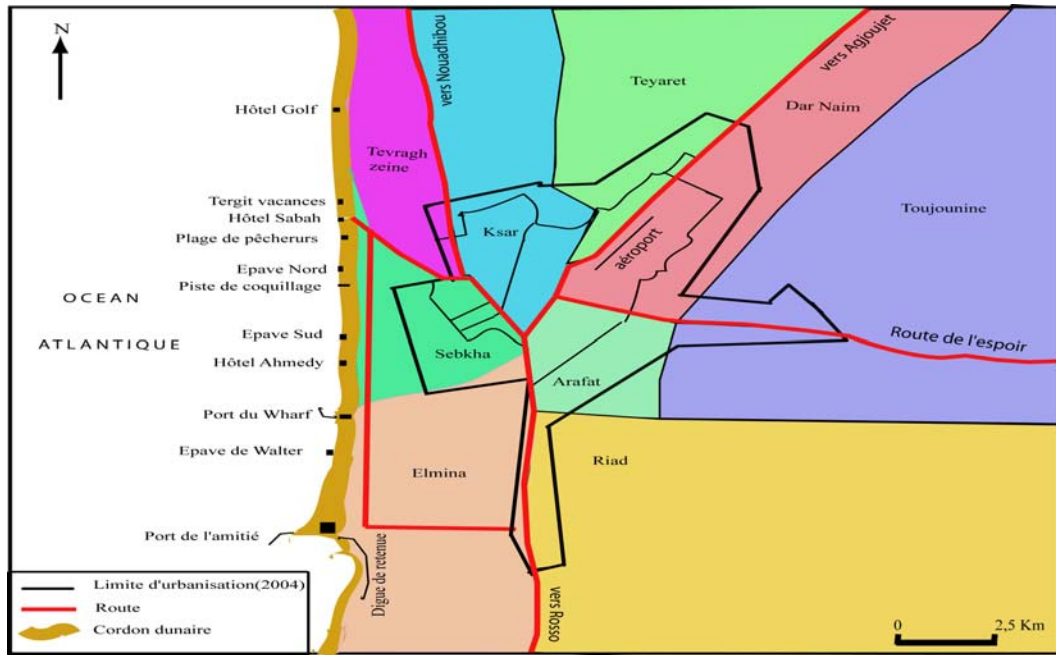


Figure 2. Les différents Moughatas de la ville de Nouakchott

Méthodes d'analyses

Les paramètres physicochimiques sont déterminés à partir de prélèvements hebdomadaires effectués au niveau de la sortie de la STEP au cours du mois de février, de mars et d'avril 2009. Les paramètres physiques étudiés sont: la température, le pH, la conductivité électrique et la turbidité. 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. La turbidité a été mesurée par un turbidimètre portable de type Wagtech. Filtration de l'eau à analyser sur membrane filtrante puis culture sur le milieu de Mac Conkey; incubation à 44 °C pour

les coliformes fécaux et après le dénombrement. Les résultats sont exprimés par Unité de Formant de Colonie par 100 mL (UFC/100 mL). L'étude statistique a été basée sur l'ACP. Les matrices de corrélations intermédiaires, les coefficients de corrélations entre les variables et les deux premiers axes et la projection des variables dans l'espace des axes F1et F2 ont été obtenues avec un Logiciel XLSTAT 2010.

RESULTATS

Aspect qualitatif des effluents de la STEP

Le Tableau 1 donne l'évolution paramètres physiques (température pH, conductivité électrique et la turbidité) et un paramètre

microbiologique (Coliformes Fécaux) étudiés au cours des trois mois (février, mars et avril 2009). La température des effluents de la STEP est comprise entre 21,2°C et 26,8°C (Tableau 1). Les valeurs minimales et maximales de pH des effluents de la STEP varient respectivement de 6,91 à 8,17 (Tableau 1). La valeur maximale de la conductivité électrique enregistrée est de 7,1 mS/cm et la valeur minimale est de 1,3 mS/cm

(Tableau 1). La turbidité au niveau des effluents de la STEP oscille entre une valeur maximale de 97,3 NTU et une valeur minimale de 19,7 NTU (Tableau 1). L'analyse bactériologique montre que les effluents de la STEP sont caractérisés par des teneurs en Coliformes Fécaux oscillant entre $3,9 \cdot 10^4$ UFC /100 mL et $9 \cdot 10^4$ UFC /100 mL avec une moyenne de $6,5 \cdot 10^4$ UFC /100 mL (Tableau 1).

Tableau 1 : Résultats physicochimiques et microbiologiques des effluents de la STEP

Paramètres	Maximum	Minimum	Moyenne	Ecart- types
T (°C)	26,8	21,2	24,7	1,06
pH	8,17	6,91	7,45	0,32
CE (mS/cm)	7,1	1,3	3,9	1,27
Turbidité (NTU)	97,3	19,7	54,7	18,7
CF (UFC/ 100 mL)	$9 \cdot 10^4$	$3,9 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^4$	1520

Etude statistique

Pour le traitement des données par l'analyse en composante principale, nous avons utilisé comme variables la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité et les coliformes fécaux et comme individus les 13 prélèvements effectués au niveau de la STEP.

On donne dans le Tableau 2 les coefficients de corrélations entre les variables et les deux premiers axes F1 et F2. La Figure 3 nous révèle la projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2.

Tableau 2. 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
Turbidité	-0,678	0,695
CF	-0,514	0,787

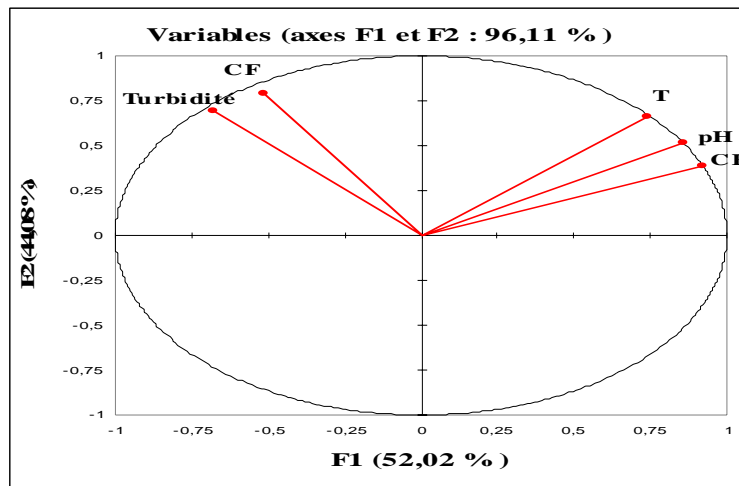


Figure 3 : Projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2

Les matrices de corrélations entre les variables étudiés sont données par le Tableau 3

Tableau 3. Matrice des corrélations inter élémentaires

Variabes	T	pH	CE	Turbidité	CF
T	1				
pH	0,971	1			
CE	0,921	0,988	1		
Turbidité	-0,007	-0,228	-0,373	1	
CF	0,093	-0,036	-0,138	0,814	1

DISCUSSION

L'analyse du plan factoriel F1 et F2 montre que plus de 96,11 % sont exprimés. L'analyse dans ce plan est donc acceptable [10]. L'axe F1 est constitué par la température, le pH et la conductivité électrique (Tableau 2 et Figure 3). L'axe F2 est constitué par les coliformes fécaux et la turbidité (Tableau 2 et Figure 3).

L'axe F1 correspond à un effluent constitué par une forte salinité (conductivité électrique très élevée) 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 [11].

Une corrélation positive et faiblement significative a été observée entre les coliformes fécaux et la température (Tableau 3). La température d'une eau joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz. Les températures enregistrées au niveau des effluents de la STEP sont inférieures à 30 °C [12] et 35 °C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur [13].

Une corrélation négative et faiblement significative a été observée entre coliformes fécaux et le pH (Tableau 3). Ces résultats confirment les travaux de Mayo [14] qui ont montré que l'augmentation du pH affecte l'abondance des coliformes fécaux c'est-à-dire les pH basiques entraînent une nette diminution de la survie des coliformes fécaux.

Une corrélation négative et faiblement significative a été observée entre coliformes fécaux et la conductivité électrique (Tableau 3). La conductivité électrique est probablement l'une des

plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité. Ces résultats confirment les travaux de Chedad et al. [15] qui ont montré que 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.

Une corrélation positive fortement significative a été observée entre les coliformes fécaux et la turbidité (Tableau 3). 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 [16 ; 17]. 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 [18]. La charge microbienne en coliformes fécaux est très importante au niveau des effluents de la STEP. Cette charge bactérienne dépasse celle préconisée par l'OMS pour les eaux d'irrigation et qui est de l'ordre de 10^3 CFU /100 mL [19].

CONCLUSION

L'analyse bactériologique montre que les effluents de la STEP sont caractérisés par des teneurs en coliformes fécaux oscillant entre $3,9 \cdot 10^4$ /100 mL et $9 \cdot 10^4$ /100 mL. Les résultats statistiques montrent que les coliformes fécaux présentent une corrélation positive et faiblement significative avec la température, des corrélations négatives et faiblement significatives avec le pH et la conductivité électrique et une corrélation positive et fortement significative avec la turbidité.

Parmi les paramètres physiques étudiés seule la turbidité s'avère un paramètre probant dans le traitement des eaux usées afin de diminuer la charge en coliformes fécaux. Dans le domaine de contrôle de qualité des eaux, la mesure de la turbidité s'avère un paramètre probant dans le traitement des eaux usées. 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. 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.

REMERCIEMENTS

Nos vifs remerciements à la Direction de l'Assainissement du Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement et au Laboratoire de Chimie et de Bactériologie de l'Eau de l'INRSP de Nouakchott.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Schneider C et 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
2. Azandosessi A, Ould Selmane ML, Ould Baba L, Benzeroug EH, Cissé G et Tanner M. 1999. Projet de préservation de l'unique espace vert de Nouakchott : le site de Sebkh « Nouakchott El Khadra ». Document de projet. OMS, Nouakchott
3. Gagneux S, Schneider C, Matt PO, Cissé G, Ould Selmane ML, Ould Cheikh D, Touré A et Tanner M. 1999. La diarrhée chez les agriculteurs urbains de Nouakchott en Mauritanie. *Médecine Tropicale*, 53, 253-258
4. Cissé G et Tanner M. 2000. Analyse de la situation de l'agriculture à Nouakchott (Mauritanie) et à Ouagadougou (Burkina Faso), Conférence électronique RUAF
5. Lagarde J. 1995. Initiation à l'analyse des données. Ed. Dunod. Paris, p.157
6. Maliki AM. 2000. Etude hydrologique hydro chimique et isotopique de la nappe profonde de Sfax (Tunisie). Thèse de Doctorat Fac. Sci. Sfax, p.301
7. 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
8. 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
9. STUDI 2000. L'assainissement de la ville de Nouakchott : étude d'impacts, p.44
10. M. Athamena.2006. Etude des ressources thermales de l'ensemble allochtone su Sétifien, Thèse de Magister, Option : mobilisation des ressources hydriques, Département de l'hydraulique, Faculté des Sciences de l'ingénieur, Université de Batna, p.131
11. N'diaye A.D, Ould Kankou MS, Sarr A.D et Baidy L.2009. Caractérisation physicochimique des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott, *Rev. Iv. Sc. et Technol.*, 14, 97-109
12. Journal Officiel de la République Algérienne. 1993. Normes de rejets dans le milieu récepteur, 46, 7-12
13. Ministère de L'Environnement du Maroc .2002. « Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc », N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat
14. Mayo AW.1995. Modelling coliform mortality in waste stabilization ponds. *J. Environ. Engineer*, 121, 2, 140-152
15. Chedad K et 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, N° 29-79
16. Santé Canada.2003. 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, p.36
17. Schnitzer M et Kahn SH.1972. Humic substances in the environnement, Marcel Dekker, New York, N.Y, p. 204
18. Hudson H.E.1962. High- quality water production and viral disease. *J. Am. Water Works Assoc.*, 54: 1265
19. OMS.1986. Directives de la qualité de l'eau de boisson : critères d'hygiène et documentation à l'appui Genève. 2 Edition