



TURBIDITE ET MATIERES EN SUSPENSION DANS L'EAU : APPLICATION A L'EVALUATION DES METAUX CONTENUS DANS L'EAU DE LA RIVE DROITE DU FLEUVE SENEGAL

**ABDOULAYE DEMBA N'DIAYE^{1,4}, OUSMANE THIAM², MOHAMED
OULD SID'AHMED OULD KANKOU³, KHALID IBNO NAMR⁴**

¹ Laboratoire de Chimie de l'Eau, Service de Toxicologie et Contrôle Qualité, Institut National de Recherches en Santé Publique, BP 695, Nouakchott, Mauritanie.

² Laboratoire de Contrôle Qualité de l'Eau, Unité de Production de Béni Nadji, Société Nationale de l'Eau, BP 796, Nouakchott, Mauritanie.

³ Laboratoire de Chimie de l'Eau et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie, Université de Nouakchott- BP 5026, Mauritanie.

⁴ Unité Sciences du Sol & Environnement (LGMSS - URAC45) Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali, BP. 20 - El Jadida 24 000, Maroc.

abdouldemba@yahoo.fr

RESUME

L'objectif principal de la présente étude est l'application de l'Analyse en Composantes Principales couplée avec la turbidité et les matières en suspension pour l'évaluation des métaux (Fe, Pb, Cu, Mn, Zn) contenus dans l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. Pour cela, des prélèvements d'échantillons d'eau ont été effectués au niveau de la rive droite du fleuve Sénégal plus précisément au niveau du captage de la Station de prétraitement de Béni Nadji.

Les résultats de cette étude ont montré l'existence d'une très forte turbidité dont la valeur maximale atteinte est de 980 NTU. Les teneurs moyennes, en métaux, ont été enregistrées : Fe (246,25 µg/L), le Pb (2,76 µg/L), le Cu (300 µg/L), le Mn (2,88 µg/L) et le Zn (50 µg/L). Les résultats de l'analyse Statistique appliquée sur les données obtenues nous montrent que la turbidité présente des corrélations positives et significatives avec le Mn (0,884), le Cu (0,752), le Fe (0,669), le Zn (0,545) et le Pb (0,458). De même, les matières en suspension

présentent des corrélations positives et significatives avec le Mn (0,895), le Cu (0,759), le Fe (0,715), le Zn (0,648) et le Pb (0,498). Nous pouvons dire probablement que tout procédé visant à éliminer la turbidité et les matières en suspension dans l'eau impliquerait une diminution considérable des métaux.

Mots clés : turbidité, Matières en suspension, fleuve Sénégal, Mauritanie.

ABSTRACT

The main objective of this study is the application of Principal Component Analysis coupled with turbidity and suspended matters measurement of the metals (Fe, Pb, Cu, Mn, Zn) in the water of the right bank of the Senegal River. For this purpose, samples of water samples were carried out at the right bank of the Senegal River specifically at the catchment's Station pretreatment Beni Nadji.

The results of this study showed the existence of very high turbidity whose maximum value is 980 NTU. Average grades, metals, were recorded: Fe (246.25 µg/L), Pb (2.76 µg/L), Cu (300 µg/L), Mn (2.88 µg/L) and Zn (50 µg/L). The results of the analysis Statistics applied to the data obtained shows that the turbidity has positive and significant correlations with Mn (0.884), Cu (0.752) Fe (0.669), Zn (0.545) and Pb (0.458). the suspended matters has positive and significant correlations with Mn (0.895), Cu (0.759) Fe (0.715), Zn (0.648) and Pb (0.498). We can say, probably that any process to eliminate turbidity and suspended matters in water implies a considerable reduction of metals.

Keywords: turbidity, suspended matters, Senegal River, Mauritania.

INTRODUCTION

Dans le domaine du contrôle de la 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, 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 colloïdales, 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 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, microorganismes, etc.). L'unité de mesure est NTU (unités de turbidité néphéométriques) (Maréchal et al., 2001; Santé Canada, 2003).

Peu d'études ont été conduites sur la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie. Les travaux d'Ould Kankou (2004) ont montré que la pollution du sol est la première responsable de la pollution des eaux et raison pour laquelle des résidus de pesticides organochlorés ont été décelés dans les sols de la rive droite du fleuve Sénégal. Les travaux de Mint Mohamed Salem et al. (2011) ont mis en évidence d'une part, la présence très élevée des germes indicateurs de la contamination fécale, qui constituent sans doute une menace pour les habitants qui tirent l'eau nécessaire à la majeure partie de leurs besoins mais aussi une source potentielle des matières en suspension. D'autre part, parmi les paramètres physiques et chimiques étudiés, les valeurs de la turbidité sont très élevées pendant les saisons des pluies, comme la littérature l'indique cette forte turbidité pourrait être un vecteur des microbes, parasites et autres tels que les résidus de pesticides et des traces de métaux lourds.

C'est dans ce contexte la présente étude est l'application de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) couplée avec la turbidité et les matières en suspension pour évaluer les métaux contenus dans l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. Dans la mesure où le fleuve Sénégal subit des contraintes qui menacent ses qualités physiques, chimiques et bactériologiques. A différents points géographiques ce cours d'eau reçoit des rejets d'eau usée domestique ou industrielle de tous les côtés (Ould Kankou, 2004).

MATERIELS ET METHODES

Présentation et Hydrographie du fleuve Sénégal

Le fleuve Sénégal joue un rôle très important comme source principale d'eau de surface pour la Mauritanie ainsi que le Sénégal et le Mali (Figure 1).

En effet, ce fleuve arrose ces trois pays en de la Guinée où il prend sa source et il draine un bassin versant de 3.240.000 km². Il est alimenté par trois affluents principaux : le Bafing, le Bakoye et la Falamé qui prennent tous leurs sources dans le massif du Fouta Djallon en Guinée et qui se regroupent pour former ce fleuve qui est d'une longueur de 1800 km et traverse les quatre pays cités pour arriver au barrage de Diama en Mauritanie (Ould Mohameddou, 2006).



Figure 1 : Quatre pays riverains du fleuve Sénégal

Le barrage de Manantali est situé dans le bassin édifié sur le cours du Bafing, principal affluent du fleuve Sénégal. Le Bafing fournit approximativement 45 % des apports du fleuve. Le barrage de Manantali a un rôle de stockage et de régulation des débits du fleuve. Avec une capacité de 12 milliards de m³, il permettra notamment: de garantir un débit régularisé de 300m³/s (navigation), la production d'énergie électrique (800 GWh) et l'irrigation de 225.000 ha.

Le barrage de Diama est situé dans le delta du fleuve à 25Km de l'embouchure. Il assure une fonction "anti-sel" en empêchant la remontée du front marin dans le lit du fleuve pendant la période d'étiage. La remontée de la langue salée arrivait jusqu'à la ville de Boghé située à 250 Km de Diama. Le barrage permet également le rehaussement du plan d'eau (irrigation gravitaire/réduction de la hauteur de pompage) dans la vallée, 1,5m IGN avec l'endiguement actuel et 2,25 m IGN avec celui envisagé. Le barrage de Diama doit permettre l'irrigation de 125.000 ha supplémentaires (Ould Mohameddou, 2006).

Prélèvement et Analyses des eaux de la Rive droite du fleuve Sénégal

Tous les travaux de terrain ont été effectués sur la zone d'étude située sur la rive droite du fleuve Sénégal. Les échantillons ont été prélevés au niveau du bord du fleuve Sénégal, plus précisément au niveau du Captage de la Station de Traitement de Béni Nadji. Les prélèvements ont été effectués journalièrement entre le 1^{er} mai et 31 Août 2012. Sachant que la ville de Nouakchott est alimentée en eau potable en grande quantité par le fleuve Sénégal (Aftout Es

Sahli). L'eau brute du fleuve Sénégal subit un prétraitement à Béni Nadji et un traitement à PK 17 de Nouakchott.

Les prélèvements ont été effectués dans des flacons en polyéthylène d'une capacité de 1litre. Les échantillons ont été conservés dans un thermostat bien réfrigérés jusqu'au Laboratoire. Les paramètres physicochimiques étudiés sont la turbidité (Turb), le fer (Fe), le Manganèse (Mn), le Zinc (Zn), le Cuivre (Cu), le Plomb (Pb) et les Matières en Suspension (MES).

La turbidité a été mesurée par un turbidimètre de type Hach Range 2100 P. Les MES ont été mesurées à l'aide d'un photomètre DR 890 de type Hach Range. Le fer, le Manganèse, le zinc, le cuivre et le plomb ont été dosé par un Spectrophotomètre d'Absorption Atomique à Flamme et à Four graphite de type PG 990 Instruments piloté par un logiciel. Le fer, le manganèse et le cuivre par la flamme avec utilisation de l'air-acétylène. Par contre le plomb nous avons utilisé le four graphite avec utilisation de l'Argon.

L'étude statistique a été basée sur l'ACP. Les matrices de corrélations intermédiaires ont été obtenues avec un Logiciel XLSTAT 2012.

RESULTATS ET DISCUSSION

La turbidité est un paramètre physique très important pour le contrôle de qualité des eaux. On trouve des valeurs très élevées au niveau du captage de la Station de Traitement de Béni Nadji au bord du fleuve Sénégal oscillant entre 3,15 NTU et 980 NTU (Figure 2). Ces teneurs de turbidité enregistrées dépassent largement la valeur limite acceptable pour les eaux destinées à la consommation humaine qui est de 5 NTU (OMS, 1996).

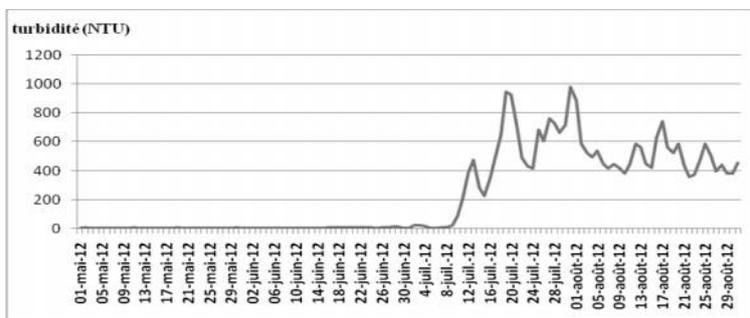


Figure 2 : Évolution de la turbidité au niveau du captage de Béni Nadji

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 (Thayer et al., 2007). 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 (Hudson, 1962). Pendant la saison des pluies, avec le phénomène de ruissellement, les eaux de pluies apportent avec elles des boues, des débris de végétaux, de cadavres d'animaux, etc. rendant ainsi l'eau du fleuve très boueuse et contient des matières en suspension. Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Ould Mohameddou, 2006).

La mesure des teneurs en MES au niveau des échantillons prélevés au niveau du captage de la Station de Béni Nagi montre des teneurs maximales égales à 674 mg/L (Figure 3). Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (Hébert et Légre, 2000).

La teneur en matières en suspension des eaux est fonction de la nature du terrain traversé. Les valeurs des matières en suspension en période de crue (hiver) sont élevées par rapport à celles de la période d'étiage. Ceci est dû à des pluies abondantes qui entraînent une très forte érosion des terrains au voisinage du fleuve Sénégal (lessivage des sols). Cette remarque est en accord avec plusieurs études effectuées ailleurs (Azzaoui, 1999 ; Makhoukh et al, 2011).

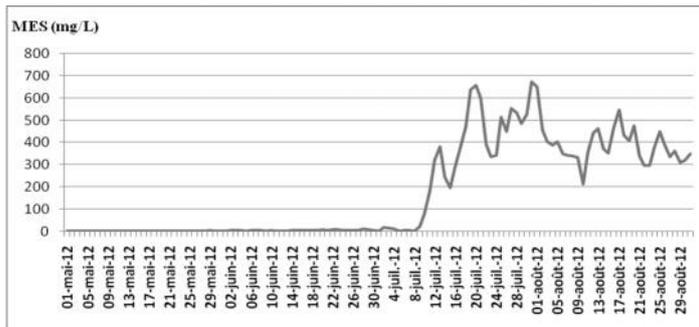


Figure 3 : Évolution temporelle des MES au niveau du Captage de Béni Nadji

La représentation graphique des valeurs de la turbidité enregistrées au niveau du captage du fleuve Sénégal en fonction des valeurs en matières en suspension nous donne un coefficient de corrélation de $R^2=0,992$ (Figure 4).

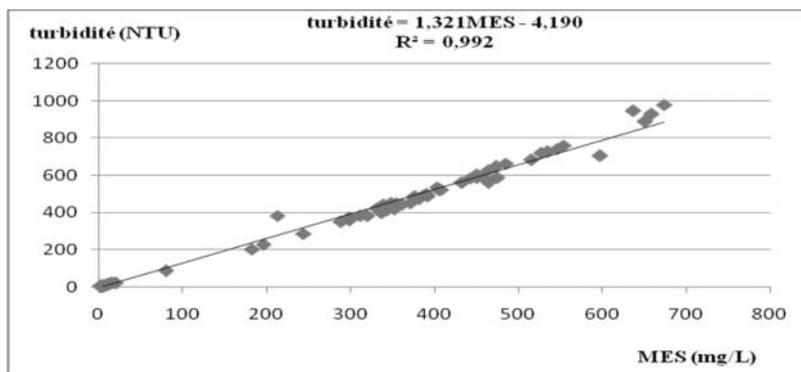


Figure 4 : Évolution de la turbidité en fonction des MES

Les teneurs maximales, en métaux, ont été enregistrées au niveau du captage de Béni Nagi au bord du fleuve Sénégal: le Cu (740 µg/L), Fe (320 µg/L), le Zn (100 µg/L), le Mn (6 µg/L) et le Pb (9,20 µg/L) (Tableau 1). Les normes de l'OMS en matière de l'eau destinée à la consommation humaine, pour les métaux tels que le Cu, le Fe, le Zn, le Mn et le Pb sont respectivement de 1000 µg/L, 400 µg/L, 1000 µg/L, 400 µg/L et 10 µg/L (OMS, 1996). Nous constatons que cette eau ne présente pas une pollution métallique, dans la mesure où les concentrations en métaux enregistrés sont au-dessous du seuil fixé par l'OMS (1996).

Tableau 1 : Métaux contenus dans l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Cu (µg/L)	0	740	300	290
Zn (µg/L)	20	100	50	30
Pb (µg/L)	0	9,20	2,76	4,23
Mn (µg/L)	0	6	2,88	2,42
Fe (µg/L)	170	320	246,25	56,05

Les métaux sont utilisés par l'homme comme matériaux mais également comme réactifs dans l'industrie (traitement de surface, intermédiaire réactionnel...) et l'agriculture (phytosanitaires). Les activités industrielles, ainsi que le trafic automobile émettent de fines particules métalliques dans l'atmosphère, principalement dans les zones urbaines (Azimi et al., 2005).

Les métaux déposés sur les sols peuvent cependant atteindre les cours d'eau par ruissellement au cours des événements pluviaux. Les métaux contenus dans les eaux de ruissellement proviennent des dépôts atmosphériques mais également de la corrosion des surfaces de ruissellement (ex : toitures, gouttières) (Gromaire et al., 2001). En effet, la plupart des métaux dans les eaux de ruissellement sont majoritairement associés aux matières en suspension ou aux colloïdes (Makepeace et al., 1995). Les métaux ainsi disséminés se déposent dans les divers compartiments environnementaux tels que les plans d'eau et les sols.

En effet, le zinc forme de 44 à 47% des piles et accumulateurs, 12 à 13% des produits ferreux protégés par zinc contre la corrosion, 11 à 13% des caoutchoucs, 8 à 9% des papiers cartons, etc. (Rousseaux et al., 1991). D'autre part, les sols cultivés peuvent contribuer dans l'apport en Zn. En effet, les fertilisants utilisés sont responsables de cet apport. Les travaux de Mermut et al., (1996) ont montré que les fertilisants à base azotée phosphatée peuvent contenir jusqu'à 83,3 mg de Zn/Kg de fertilisants. L'usage de l'essence plombée (Tétraéthyle de Plomb) n'est pas sans conséquence sur les ressources d'eau superficielle. Suite à son oxydation le Pb est rejeté dans l'atmosphère sous forme d'oxydes qui finissent dans les eaux de surface ou les sols. En effet on notait une pollution importante par Pb des sols de certains quartiers de la ville de Nouakchott. Il attribuait cette pollution aux gaz d'échappement des voitures car l'essence plombée est encore d'usage en Mauritanie (Pb 0,72 g/L), alors que les normes européennes limitent cette concentration à 0,15 g/L (Ould Mohamed, 2001).

Dans le but d'établir une relation entre la turbidité et les éléments métalliques d'une part et les matières en suspension et les éléments de traces métalliques et pour mieux évaluer les effets des saisons et des activités anthropiques sur la qualité de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal, un traitement statistique ACP a été appliqué à l'ensemble des paramètres en saison des pluies aux différents sites choisis le long de la rive droite du fleuve Sénégal. Cette méthode est largement utilisée pour interpréter les données hydrochimiques (Bennasser, 1997; El Mohrit et al., 2008; Makhoukh et al., 2011).

Pour le traitement des données par l'analyse en composante principale, nous avons utilisé 6 variables : la turbidité, le Fe, le Cu, le Zn, le Mn et le Pb et comme les 4 prélèvements (4 facteurs) effectués entre Mai et Août 2012. Ce traitement statistique nous donne comme résultats une matrice de corrélations intermédiaires entre les variables (Tableau 2).

Tableau 2 : Matrice de corrélations intermédiaires entre les variables

Variab les	Turb	Cu	Zn	Pb	Mn	Fe
Turb	1					
Cu	0,752	1				
Zn	0,545	0,118	1			
Pb	0,458	0,137	0,763	1		
Mn	0,884	0,768	0,234	0,112	1	
Fe	0,669	0,830	-0,082	-0,141	0,682	1

Pour le traitement des données par l'analyse en composante principale, nous avons utilisé 6 variables : les MES, le Fe, le Cu, le Zn, le Mn et le Pb et comme les 4 prélèvements (4 facteurs) effectués entre Mai et Août 2012. Ce traitement statistique nous donne comme résultats une matrice de corrélations intermédiaires entre les variables (Tableau 3).

Tableau 3 : Matrice de corrélations intermédiaires entre les variables

Variab les	MES	Cu	Zn	Pb	Mn	Fe
MES	1					
Cu	0,759	1				
Zn	0,648	0,178	1			
Pb	0,498	0,142	0,769	1		
Mn	0,895	0,778	0,234	0,124	1	
Fe	0,715	0,830	-0,082	-0,146	0,692	1

Les résultats de l'analyse statistique nous montrent que la turbidité présente des corrélations positives et significatives avec les paramètres physicochimiques que sont le Mn (0,895), le Cu (0,759), le Fe (0,715), le Zn (0,648) et le Pb (0,669) (Tableau 2). De même, les résultats de l'analyse Statistique nous montrent que les MES présente des corrélations positives et significatives avec

les paramètres physicochimiques que sont le Mn (0,884), le Cu (0,752), le Fe (0,669), le Zn (0,545) et le Pb (0,498) (Tableau 3).

Les pluies peuvent être un vecteur important pour le transport des déchets domestiques, urines, excréments d'animaux vers le fleuve par le phénomène de lessivage. Les rejets urbains par temps de pluie sont susceptibles de modifier considérablement les conditions hydro biologiques du milieu récepteur selon deux mécanismes: impact volumique dû aux apports importants en milieu urbain et à la rapidité de ces apports et impact qualitatif par pollution massive et subite du milieu récepteur : apport d'une charge importante, dégradation bactériologique du milieu et introduction de micro polluants (fraction pluviale) (Baudu, 1995).

L'important apport en métaux dans l'eau du fleuve Sénégal est le résultat du déversement des eaux usées de la ville de Rosso notamment le lessivage des ordures ménagères incontrôlées au bord du fleuve. Les déchets continuent à être rejetés dans la nature sans aucun traitement. Pour mieux comprendre les dangers, on prend la ville de Rosso comme exemple de constat. Les déchets sont disposés de part et d'autre de la ville et en période de crue du fleuve ou de pluie une grande partie se trouve immergés dans l'eau qui coule vers le fleuve. Les vêtements sont directement lavés dans le fleuve ou même s'ils n'y sont pas lavés, les eaux de lavage le rejoignent par les canaux de la ville. Il est important de remarquer ici que les Mauritaniens ont l'habitude de porter les habits de couleur et la teinture est faite localement en grande partie le plus souvent de base de produits asiatiques méconnue de tous (Ould Kankou, 2004).

La ville de Nouakchott est alimentée en eau potable par l'eau provenant du fleuve Sénégal. Cette eau brute du fleuve Sénégal subit du prétraitement à Béni Nadjî (décantation-filtration-traitement avec hypochlorite de calcium. L'analyse de quelques échantillons prélevés au niveau des différents compartiments de la Station de Béni Nadjî nous montre qu'il y'a une très considérable diminution des teneurs en traces métalliques au niveau des différents stades de traitement en fonction de la turbidité. L'eau brute ayant une turbidité de 127 NTU, après une décantation devient 2,14 NTU (Tableau 4). En même temps on observe des diminutions très considérables en éléments traces métalliques : Fe (210 µg/L à 1 µg/L), Zn (71 µg/L à 5 µg/L), Cu (174 µg/L à 8 µg/L), Mn (5 µg/L à 1 µg/L) et Pb (2 µg/L à 0 µg/L) (Tableau 4).

Tableau 4. Résultats des étapes de traitement au niveau de Béni Nadji

	Eau brute	Eau décantée	Eau prétraitée	Eau potable
Turbidité (NTU)	127	2,14	1,75	1,35
Fe (µg/L)	210	20	2	1
Zn (µg/L)	71	5	1	1
Cu (µg/L)	174	8	0	0
Mn (µg/L)	5	1	0	0
Pb (µg/L)	2	0	0	0

Les fortes corrélations observées entre la turbidité, les matières en suspension et les éléments de traces métalliques d'une part (Tableau 2 et Tableau 3) et la diminution des teneurs en éléments de traces métalliques au cours du procédé de décantation (Tableau 4), nous indique le comportement particulière de ces métaux. Les teneurs en métaux dans l'eau potable, sont presque négligeables ou nulles, indiquant la faible teneur dissoute de ces métaux dans l'eau. Les corrélations observées entre les métaux et les Matières en suspension sont légèrement plus importantes que les corrélations entre les métaux et la turbidité. Cela indiquerait que les métaux contenus dans l'eau du fleuve Sénégal ont un comportement particulière.

CONCLUSION

Il y'a donc deux facteurs essentiels dans cette étude : le facteur saison dans la mesure où pendant la saison des pluies par le phénomène de ruissellement et le lessivage du sol on assiste à une forte turbidité de l'eau du fleuve Sénégal rendant ainsi très difficile à et facteur anthropique par les déchets ménagers, l'agriculture, la lessive, le transport fluvial, etc.

L'eau du fleuve Sénégal a montré l'existence d'une très forte turbidité dont la valeur maximale atteinte est de 980 NTU. L'analyse statistique nous montre que la turbidité présente des corrélations positives et significatives avec les métaux que sont le Manganèse (0,884), le Cuivre (0,752), le Fer (0,669), le Zinc (0,545) et le Plomb (0,458). Tout procédé visant à éliminer la turbidité et les matières en suspension dans l'eau impliquerait une diminution considérable des métaux. La fiabilisation et l'optimisation du fonctionnement des systèmes d'assainissement 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.

REMERCIEMENTS

Nos vifs remerciements aux techniciens du Service de Toxicologie et de Contrôle Qualité de l'INRSP et aux techniciens du Laboratoire de Contrôle Qualité de l'eau à Béni Nadji.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AZIMI S., ROCHER V., MULLER M., MOILLERON R., THEVENOT D.R. (2005). Sources, distribution and variability of hydrocarbons and metals in atmospheric deposition in an urban area (Paris, France). *Science of the Total Environment* 337(1-3), 223-239.
- BAUDU M. (1995). Pollution urbaine par temps de pluie: qualité et traitement des rejets, Recueil des interventions, Université d'été- ENSIL- Limoges, 20, 1-20
- BENNASER L. (1997). Diagnose de l'état de l'environnement dans la plaine du Gharb: suivi de la macro pollution et ses incidences sur la qualité hydrochimique et biologique du bas Sebou. Thèse de doctorat d'état Es Science. Univ. Ibn Tofail; Kenitra, Maroc, 157p.
- EL MOHRIT M., FEKHAOUI M., SERGHINI A., EL BLIDI S., EL ABIDI A., BENNAKAM R., YAHYAOU I., JBILOU M. (2008). Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre*, n°30, 39-47.
- GROMAIRE M.C., GARNAUD S., SAAD M., CHEBBO G. (2001). Contribution of different sources to the pollution of wet weather flows in combined sewers. *Water Research* 35(2), 521-533.
- HEBERT S., LEGRE S. (2005). Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.
- HUDSON HE. (1962). High- quality water production and viral disease. *J. Am. Water Works Assoc.*, 54, 1265.
- MAKEPEACE D.K., SMITH D.W., STANLEY S.J. (1995). Urban Stormwater quality: summary of contaminant data. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 25(2), 93-139
- MAKHOUKH M., SBAA M., BERRAHOU A., VAN CLOOSTER M. (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental), 9, 149-169

- MARECHAL A., AUMOND M, RUBAN G. (2001). Mise en oeuvre de la turbidimétrie pour évaluer la pollution des eaux résiduaires. *Houil. Blanc*, 5, 81-86.
- MERMUT A.R, JAIN J.C., SONG L., KERRICH R., KOZAK L., JANA S. (1996). «Trace element concentrations of select soils and fertilizers in Saskatchewan », *Canada. Environ. Qual.* 25, 845-853
- MINT MOHAMED SALEM K., N'DIAYE AD, KANKOU M.O.S.A.O., TINE A. (2011). Evaluation de la qualité de l'Eau de la Rive droite du fleuve Sénégal. *Science Lib*, 3, 111002, 12
- OMS (1996). Rapport sur la santé dans le monde, résumé d'orientation. <URL: <http://www.oms.ch/whr/1998/exum98f.htm>
- OULD MOHAMED EL MOUSTAPHA M A. (2001). Etude de la pollution automobile due aux gaz d'échappement à Nouakchott détermination de la teneur en plomb par complexométrie- Mémoire de DEA, Université de Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, pp 39.
- OULD MOHAMEDDOU E. (2006). Evaluation de la qualité physicochimique et métallique des eaux du fleuve Sénégal: cas du Delta Mauritanien localisé dans la ville de Rosso. Mémoire DESA Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail Maroc,
- OULD KANKOU M.O.S.A. (2004). Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie. Thèse de Doctorat, l'université de limoges, option Chimie et Microbiologie de l'Eau, France
- ROUSSEAU A. R., NAVARO A., VERMANDE P. (1991). « Distribution des sept principaux métaux lourds dans les constituants des ordures ménagères », Etudes et mémoires, Tribune de l'eau, 17-25
- SANTE 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, 36 p
- THAYER BB., RIAHI K., BOUDHARA H. (2007). « 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, 355-365.