

ETUDE DU PROFIL DE CONTAMINATION DES SEDIMENTS MARINS A DAKAR PAR LE CUIVRE, LE ZINC ET LE NICKEL

PROFILE STUDY OF THE MARINE SEDIMENTS CONTAMINATION IN DAKAR BY COPPER, ZINC AND NICKEL

Birame Ndiaye¹; Momar Ndiaye¹; Abdoulaye Diop^{1*}; Mahtar Thiom²

Résumé :

Dans le cadre de ce travail, nous avons établi le profil de contamination des sédiments marins des côtes de la région de Dakar, par les métaux lourds. Les analyses ont été effectuées par la spectrophotométrie UV - visible pour les éléments cuivre, nickel et zinc.

Les résultats montrent une forte concentration du nickel, avec 40,70 mg/g à Soumbédioune et 25,71 mg/g à Hann. Au niveau du port, le cuivre présente une teneur de 7,92 mg/g alors qu'elle est de 7,43 mg/g pour le plomb. Le zinc a la concentration la plus faible, avec 0,95mg/g à Hann. Les limites de détection des électrolytes varient entre 0,01 et 0,1 mg/L.

Les valeurs trouvées sont nettement supérieures aux normes établies par la législation française.

Cette étude montre la possibilité d'utiliser le sédiment comme indicateur de la pollution du fait de son pouvoir élevé d'accumulation des polluants.

Les fortes teneurs des métaux lourds trouvées dans les sédiments ont révélé le danger réel que présente cette partie du littoral dakarais, qui est constitué de zones utilisées pour la baignade, mais aussi pour le débarquement de produits halieutiques.

Mots clés:

Métaux lourds, sédiments marins, contamination, spectrophotométrie UV-visible.

Summary

In this work, we established the profile of contamination of the marine sediments of the coasts of the area of Dakar, by heavy metals. The analyses were carried out by means of visible-UV spectrophotometry for the coppers, nickel and zinc elements.

The results show a strong concentration of nickel, with 40.70 mg/g in Soumbédioune and 25.71 mg/g in Hann. At the port, copper presents a content of 7.92 mg/g whereas the content of lead is 7.43 mg/g. Zinc has the weakest concentration, with 0,95mg/g in Hann. The limits of detection of the electrolytes range from 0.01 to 0.1 mg/L.

The values which have been found are definitely higher than the standards established by the French legislation.

This study shows the possibility of using sediment as indicator of the pollution because of its high pollutants accumulation power.

The strong contents of heavy metals found in the sediments revealed the real danger presented by this part of the littoral of Dakar, which consists of swimming zones as well areas for the unloading of water products.

Key words:

Heavy metals, Marine sediments, contamination, UV-visible spectrophotometry

1* - Département de Chimie – Faculté des Sciences et Techniques - Université Cheikh Anta DIOP de DAKAR – Sénégal.

2 – Laboratoire du BRGM – Dakar – Sénégal.

Correspondant * - Adresse de correspondance: diopab56@yahoo.fr.

* - Adresse de correspondance: diopab56@yahoo.fr.

1. Introduction

L'environnement planétaire, a subi ces dernières années des dommages importants, du fait de la forte croissance des activités industrielles et humaines.

Plusieurs types de contaminants sont ainsi recensés dans l'atmosphère, les milieux terrestre et aquatique. Parmi ces polluants on peut citer: les métaux, les pesticides, les détergents, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), les polychlorobiphényles (PCB), les tributylétains (TBT), les nutriments, les divers biocides [1, 2, 3].

Au Sénégal, les métaux constituent le principal polluant des écosystèmes aquatiques (l'eau, les sédiments, les moules, les crustacées, les coquillages et les poissons). Leur étude dans différents milieux a intéressé de nombreux auteurs [4, 5, 6, 7].

Certains métaux dits essentiels sont présents dans la structure moléculaire de nombreuses coenzymes (cuivre (Cu), zinc (Zn), nickel (Ni), fer (Fe), cobalt (Co), vanadium (V), arsenic (As), sélénium (Se), molybdène (Mo), manganèse (Mn), chrome (Cr), silicium (Si), étain (Sn), sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca) et magnésium (Mg)).

Un métal est considéré comme essentiel si des symptômes pathologiques apparaissent et disparaissent en fonction de sa teneur ou de sa présence. Cependant un élément essentiel peut également être toxique au-delà d'une certaine concentration.

D'autres métaux par contre n'ont aucun rôle biologique actuellement connu. Leur présence dans le milieu est considérée comme néfaste et entraîne des effets biologiques importants à de très faibles concentrations (mercure (Hg), argent (Ag), cadmium (Cd) et plomb (Pb)) [8].

Ces éléments sont des polluants particulièrement dangereux pour la santé humaine. Cette toxicité est renforcée par le phénomène de bioaccumulation et de bioconcentration dans l'organisme. En effet, ces éléments pénètrent dans l'organisme soit par ingestion à travers la chaîne alimentaire soit par inhalation.

Les effets toxiques ne se manifestent qu'au-delà de certaines teneurs.

La gestion de la qualité des milieux aquatiques et en particulier leur phase sédimentaire est devenue une priorité pour de nombreux pays.

A notre connaissance, aucune étude ou évaluation de la concentration des métaux lourds dans les sédiments n'a été faite au Sénégal. Il nous a semblé important de rechercher les teneurs de certains métaux présents dans les échantillons de sédiments pour prévenir une éventuelle contamination de la population.

Dans cette étude, nous nous proposons d'évaluer le niveau de contamination des sédiments de surface des côtes de la ville de Dakar par le cuivre, le zinc et le nickel. Il s'inscrit dans le cadre de la recherche des sources de pollution de l'écosystème côtier et des solutions appropriées permettant d'améliorer sa qualité.

2. Matériel et Méthode

2.1. Appareillage

Les métaux ont été dosés par spectromètre UV-visible de marque HACH 4000 U. Une benne à main a permis de prélever les sédiments qui sont ensuite mis dans des sachets en plastique. Le broyeur utilisé est de marque Biometa S 100. L'appareil est employé partout où il est nécessaire d'obtenir de grandes finesses allant jusqu'au domaine du sous-micron en un minimum de temps. Le diamètre des tamis varie de 63 μm à 2 mm.

2.2 Produits chimiques

Les réactifs utilisés sont de qualité analytique. Ils sont constitués d'acide (fluorhydrique, perchlorique, chlorhydrique) mais également de solutions standard de nickel, cuivre et zinc. Comme produits complexants, nous avons travaillé avec la dithizone, le diquinolyl et la furil α -dioxime.

2.3. Sites d'échantillonnage

Les sites ont été choisis pour les activités qui s'y déroulent (fig. 1).

les pipelines qui alimentent les différentes sociétés d'hydrocarbures de la capitale.

2.4. Prélèvement, conservation et traitement des échantillons

L'échantillonnage des sédiments de surface a été réalisé par une benne à des profondeurs de 5 mètres [9]. Les sédiments prélevés sont conservés dans des flacons en polyéthylène, puis placés à l'obscurité dans une glacière (4°C).

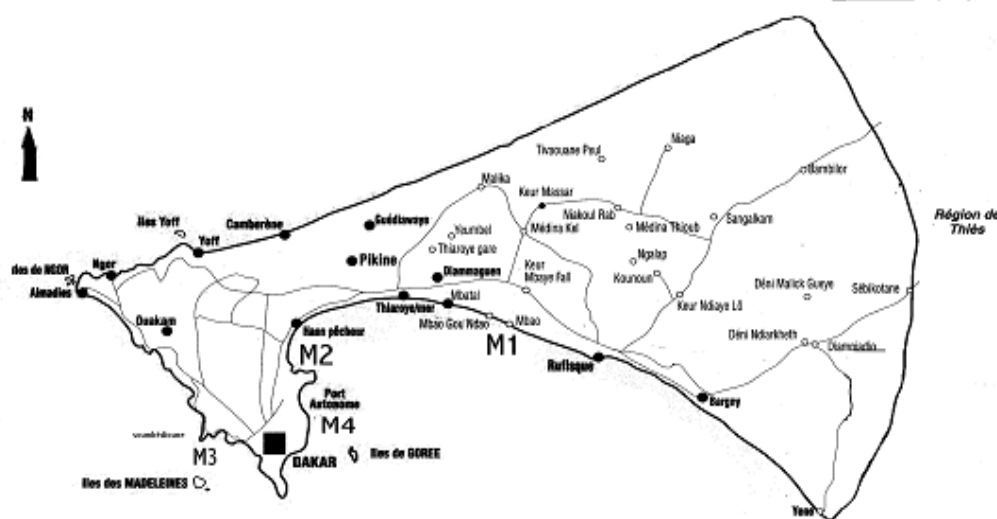


Figure 1: Sites de prélèvement des sédiments: Mbao (M1), Hann (M2), Soumbédioune (M3) et Alentours du Port de Dakar (M4)

La localité de Mbao (M1) se trouve à coté de la Société Africaine de Raffinage du pétrole (SAR) et de la centrale électrique (Cap des Biches).

La commune de Hann (M2) abrite une usine de textile, des usines de transformation des produits de la mer et le canal Est qui draine les eaux usées.

La plage de Soumbédioune (M3) est un lieu de débarquement des produits halieutiques. Elle reçoit aussi les eaux de rejets urbaines par le biais du canal Ouest ou canal IV.

Le port de Dakar (M4) est actuellement en plein essor avec de fréquentes opérations de transbordement du pétrole. De là partent

Au laboratoire, les sédiments ont été placés dans un congélateur (-20°C). Après séchage à l'étuve (40°C) pendant 24 heures, l'échantillon a subi un prètamisage sur 2 mm afin d'éliminer les morceaux de coquilles, de branches et de feuilles avant d'être broyé et tamisé [10]. Les fractions fines dont la taille est inférieure à 63 μ m ont été conservées dans des flacons en plastique, avec un ruban autour du dispositif de fermeture afin de les protéger de l'humidité. Elles sont ensuite stockées dans une armoire, à l'obscurité, avant les traitements chimiques [11].

Les sédiments ont été digérés par décomposition totale [12-13]. Des échantillons de sédiments secs homogénéisés de $2,00 \pm 0,01$ g sont placés dans des tubes en téflon et subissent une

minéralisation à froid, à l'aide de 25 mL d'acide fluorhydrique HF à 40% et 20 mL d'acide perchlorique HClO₄ à 70%. Le chauffage s'est fait au bain de sable jusqu'à évaporation à sec. Après refroidissement à l'air ambiant, les résidus sont repris par 20 mL d'acide chlorhydrique HCl à 10%. Le volume final a été ramené à 100 mL avec de l'eau distillée et laissé au repos pendant toute une nuit.

Les échantillons sont colorés par réaction de complexation en utilisant la dithizone pour la détermination du zinc (Zn), le diquinolyl pour l'étude du cuivre (Cu) et la furil α -dioxime pour celle du nickel (Ni).

2.5. Méthode d'analyse des échantillons

La spectrophotométrie UV est une méthode d'analyse quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance d'un soluté, contenu dans l'échantillon, à une longueur d'onde donnée, ce qui permet d'en déduire la concentration [14].

Nous avons utilisé la méthode de la courbe d'étalonnage pour déterminer la teneur des métaux. Pour cela nous avons tracé le graphe de l'absorbance en fonction de la concentration, à partir de plusieurs solutions étalon dont les teneurs sont connues. Ensuite on déduit par interpolation celles des métaux à analyser.

Le spectromètre permet de sélectionner une longueur d'onde spécifique et d'y soumettre un échantillon coloré. Les longueurs d'onde ont été fixées à 545 nm pour le cuivre, 530 nm pour le zinc et 460 nm pour le nickel.

La validité de la méthode analytique est vérifiée par contrôle externe à l'aide des solutions étalon.

3. Résultats et Discussions

Les analyses de la fraction de sédiment inférieure à 63 μ m de diamètre, des échantillons prélevés, révèlent la présence de concentrations variables de métaux

lourds, au niveau des différents sites. Le tableau I montre les teneurs moyennes (en milligramme par gramme de poids sec) obtenues pour une série de quatre mesures et leur écart-type (σ).

Tableau I: Teneurs moyennes des métaux et leur écart-type dans les différents sites.

Sites étudiés	[Cu] \pm (σ) (mg/g)	[Ni] \pm (σ) (mg/g)	[Zn] \pm (σ) (mg/g)
Port	7,92 \pm 0,49	14,97 \pm 0,29	0,31 \pm 0,02
Soumbé -dioune	4,28 \pm 0,39	40,70 \pm 0,97	0,52 \pm 0,04
Hann	1,52 \pm 0,21	25,71 \pm 0,19	0,95 \pm 0,04
Mbao	2,19 \pm 0,44	6,56 \pm 0,42	0,44 \pm 0,05

Le nickel présente en moyenne les concentrations les plus élevées avec 40,70 mg/g à Soumbédioune et 25,71 mg/g à Hann. En ce qui concerne le cuivre, la valeur obtenue est de 7,92 mg/g au niveau du Port. Le zinc a la concentration la plus faible avec 0,95 mg/g à Hann.

Ces valeurs sont cependant supérieures aux normes établies par la législation française (tableau II) pour déterminer la qualité non seulement des boues portuaires mais également des sédiments estuariens et côtiers [15]. Elles sont utilisées dans la prévention de la pollution marine notamment lors des opérations d'immersion de boues de dragage [16].

Tableau II: Valeurs de références du niveau de contamination des sédiments proposées par le Groupement d'Etude et d'Observation des activités de Dragage sur l'Environnement GEODE [16].

Concentration (μ g/g de poids sec)							
	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Bruit de fond	0,5	45	35	0,2	20	47	115
Médiane	0,6	45	22,5	0,2	18,5	50	138
Niveau 1	1,2	90	45	0,4	37	100	276
Niveau 2	2,4	180	90	0,8	74	200	552

Le bruit de fond correspond au bruit de fond géologique. La médiane a été définie à partir

des teneurs présentes dans divers ports français. Le niveau 1 correspond à deux fois la valeur de la médiane. C'est le seuil plafond pour une autorisation d'immersion sans étude complémentaire. Le niveau 2 atteint quatre fois la médiane. L'immersion peut être interdite au-delà de ce niveau.

Les résultats de nos analyses dépassent nettement le niveau 2 à l'exception du zinc. Ceci montre l'état de contamination alarmant de nos côtes.

3.1. Étude de la variation de la teneur des métaux dans chaque site

Les figures (2, 3, 4 et 5) montrent que le nickel présente la teneur la plus élevée dans les quatre sites. Les concentrations en cuivre sont appréciables dans les zones du port.

Les teneurs moyennes en cuivre sont variables d'un site à l'autre. La valeur maximale est enregistrée au niveau du Port (figure 2).

Cette teneur pourrait être due probablement aux déversements des effluents bruts d'eaux usées riches en cuivre, venant des rejets d'hydrocarbures.

La forte teneur du nickel est obtenue au niveau de la plage de Soumbédioune (figure 3).

Cette valeur provient probablement du déversement des eaux de rejet riches en nickel provenant du canal IV qui traverse une partie de la région de Dakar. Les teneurs moyennes en zinc sont variables d'un site à l'autre. Les fortes teneurs ont été enregistrées au niveau de la plage de Hann (figure 4).

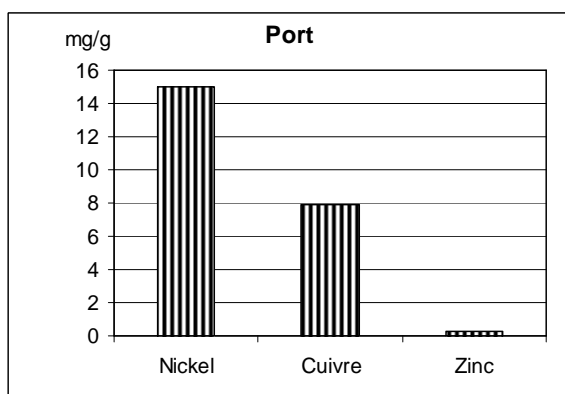


Figure 2: Teneurs moyennes en métaux des sédiments du Port.

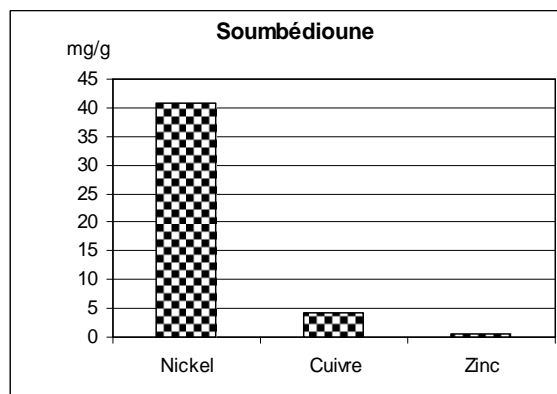


Figure 3: Teneurs moyennes en métaux des sédiments de Soumbédioune.

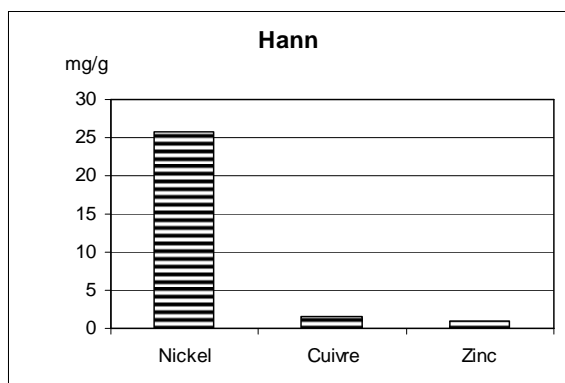


Figure 4: Teneurs moyennes en métaux des sédiments de Hann.

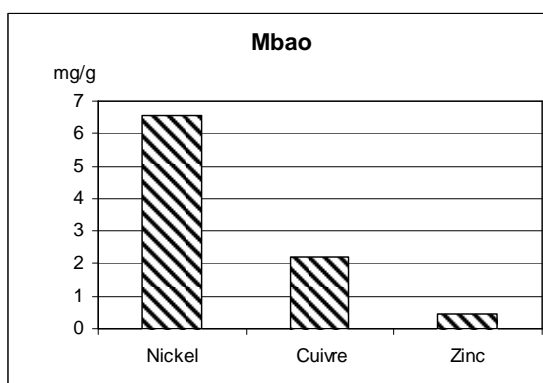


Figure 5: Teneurs moyennes en métaux des sédiments de Mbao.

La présence de ces teneurs peut s'expliquer probablement par le déversement des eaux de rejet provenant du canal Est.

Le port présente des valeurs maximales pour le cuivre alors que Soumbédioune et Hann enregistrent des pics pour le nickel et le zinc respectivement.

3.2. Etude de la variation des teneurs moyennes des métaux suivant les sites géographiques

Les teneurs moyennes en cuivre, nickel et zinc, en fonction des sites, sont présentées dans les figures 6, 7 et 8.

Les faibles teneurs enregistrées au niveau de Mbao peuvent être engendrées par le phénomène des marées. En effet, cette zone de turbulence perturbe le piégeage des métaux avec une remobilisation constante de

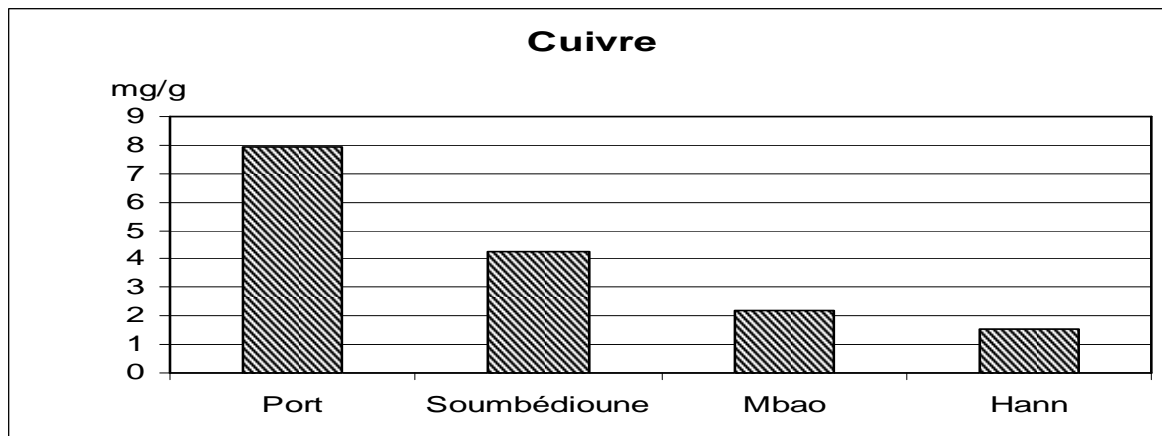


Figure 6: Teneurs moyennes en cuivre des sédiments dans les sites.

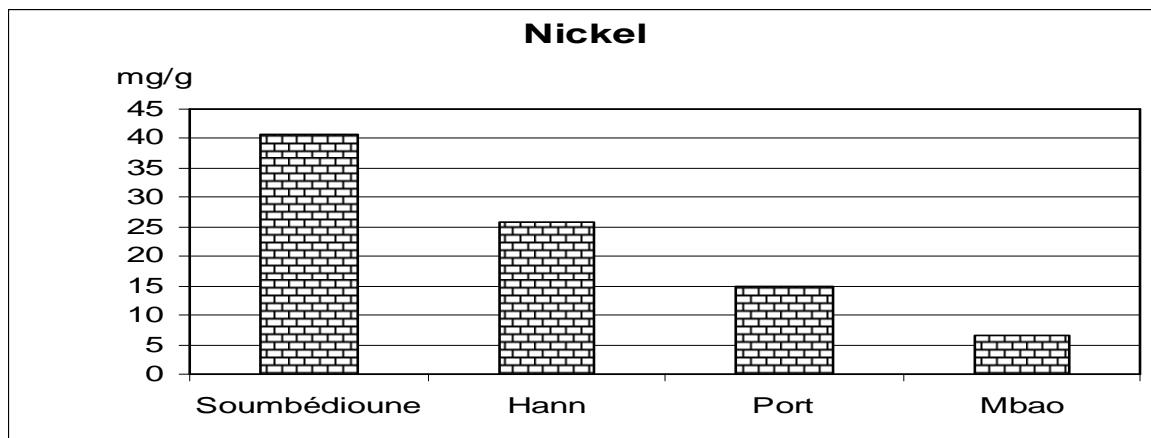


Figure 7: Teneurs moyennes en nickel des sédiments dans les sites.

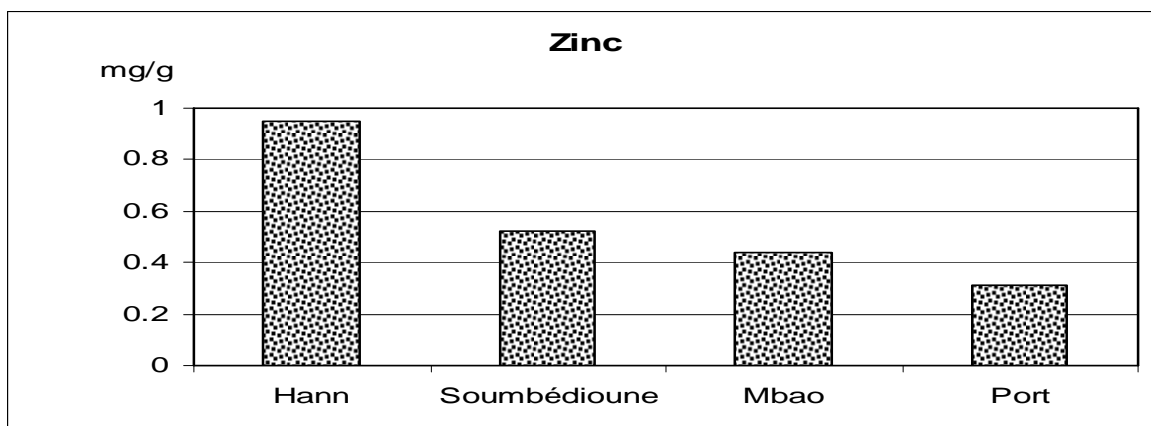


Figure 8: Teneurs moyennes en zinc des sédiments dans les sites.

la matrice. Il faut noter également que le sédiment de cette zone essentiellement formé de coquillage ne favorise pas une forte accumulation des métaux.

Les concentrations les plus élevées enregistrées au niveau de M2, M3 et M4 sont le résultat d'une activité industrielle très diversifiée dans la région. Les rejets industriels et urbains sont très chargés en matière organique qui constitue un support privilégié pour les métaux. Ceci engendre la formation de complexes organométalliques plus ou moins stable.

Il est à signaler que la majorité des unités industrielles cessent leurs activités pendant la session des pluies. Cependant le faible débit des eaux déversées ne semble pas diluer les effluents industriels au niveau des côtes. Par ailleurs, le stockage des métaux au niveau des sédiments n'est pas forcément définitif. Les risques de remobilisation, de biodisponibilité et donc de toxicité sont à craindre et constituent ainsi un danger permanent pour toute la chaîne trophique.

4. Conclusion

Dans ce travail, nous avons établi le profil de contamination des côtes de la ville de Dakar par le dosage des métaux lourds dans les sédiments. Les analyses ont été effectuées par la spectrophotométrie UV-visible pour doser les éléments cuivre, nickel et zinc.

Cette étude montre la présence de contaminants métalliques. Les résultats obtenus indiquent que les sédiments de Soumbédioune et de Hann sont les plus contaminés, notamment en Nickel et en Zinc.

Il est donc nécessaire d'implanter des stations d'épuration des eaux usées dans les zones d'étude pour évaluer la qualité des eaux de rejet d'une part et améliorer l'état de l'environnement côtier de la ville de Dakar d'autre part. La mise en place

d'un réseau de bio surveillance des impacts de la pollution le long de la côte peut être envisagée.

Toutefois, nous nous proposons dans un travail ultérieur d'étudier la teneur d'autres métaux potentiellement dangereux pour la santé humaine comme le mercure, le plomb, l'arsenic, le cadmium ainsi que l'évolution de leur concentration en fonction du temps.

5. Références Bibliographiques

- [1] **Marchand M., Martin J. L.** Détermination de la pollution chimique (hydrocarbures, organochlorés, métaux) dans la lagune d'Abidjan (Côte d'Ivoire) par l'étude des sédiments. *Océanogr. trop.* 20 (1): 25-39, 1985.
- [2] **Pardos M., Houriet J. P., Dominik J.** Micropolluants dans les sédiments. N° 353. Office Fédéral de l'Environnement des Forêts et du Paysage (OFEFP). Berne, 2003, 58p.
- [3] **Gourlay C.** Biodisponibilité des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans les écosystèmes aquatiques: influence de la matière organique naturelle et anthropique. Thèse Paris, 2004. p 17.
- [4] **Corvi C., Khim-Heang S.** Métaux et micropolluants organiques dans les poissons et les moules du Léman. *Rapp. Comm. Int. prot. eaux Léman contre pollut.* Genève 1998, Campagne 1997, 103-116.
- [5] **Brugneaux S., Pierret L., Mazataud Y.** Les agressions d'origine anthropique sur le milieu marin côtier et leurs effets sur les écosystèmes coralliens et associés de la Martinique. *Les cahiers de l'observateur*, N° 1, Edition 2004, 104p.
- [6] **Gilbin R.** Caractérisation de l'exposition des écosystèmes

- aquatiques à des produits phytosanitaires. Thèse Genève 2001, N^o 3315, 216 p.
- [7] **Bloundi M. K., Duplay J., Quaranta G.** Heavy metal contamination of coastal lagoon sediments by anthropogenic activities: the case of Nador (East Morocco). *Environ. Geol.*, 2009, **56** (5) : 833-843
- [8] **Geffard O.** Toxicité potentielle des sédiments marins et estuariens contaminés : évaluation chimique et biologique, biodisponibilité des contaminants sédimentaires. Thèse de Doctorat. Université du Sud Toulon Var 2001, N^o 2437. 376p.
- [9] **United Nations Environnements Programme.** Manuel d'échantillonnage et d'analyse des sédiments. UNEP. 2007.26p.
- [10] **Ben Bouih H., Nassali H., Leblans M., Sherri A.** Contamination en métaux traces des sédiments du lac Fouarat (Maroc). *Afrique science*, 2005, (1), 109-125.
- [11] **European Journal of Scientific Research.** ISSN 1450 – 216 X vol. 34 N0 2 (2009), pp.280 – 289.
- [12] **Loring D. H., Rantala R. T. T.** Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Science Reviews*, 1992, **32**, 235-283.
- [13] **Kaimoussi A., Mouzdahir A., Bakkas S., Chafik A.** Contribution à l'étude de la pollution métallique de l'estuaire d'Oum Er Rbia Azemmour (Maroc). *Bull. Inst. Sci., Rabat*, 1997, n^o 21, pp. 95-102.
- [14] **Johnson W-M., Maxwell J-A.** Rock and mineral analysis. 2nd édition. Chapitre 6.1: Iron. 1981, pp. 183-198.
- [15] Journal Officiel du 10 août 2000, Arrêté du 14 juin 2000.
- [16] **Lamy Environnement.** Eaux marines – Pollutions par immersion, Section II : Dispositions prises sur le plan national, Sous Section II : Normes de rejets. – 53062 – L'eau - © *Lamy S.A.* – Décembre 1996.