

Évaluation des risques de pollution en métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Co, Ni, Zn) des eaux et des sédiments de l'estuaire du fleuve Konkouré (Rep. de Guinée)

Gbago ONIVOGUI^{1,3,*}, Saidouba BALDE², Kande BANGOURA³ et Mamadou Kabirou BARRY⁴

¹Laboratory Bioactive Lipids and Health, Jiangnan University, Food Science & Technology Jiangsu Province
P.R. China Wuxi, Lihu road 1800, PB : 214122, P.R. China

²Laboratoire Chimie Organique, Faculté des sciences, Université de Conakry (UGAN), Guinée

³Laboratoire hydrochimie du Centre de Recherche Scientifique Conakry Rogbané (CERESCOR), Guinée

⁴Laboratoire de Centre d'Etude de Recherche et de l'Environnement (CERE), Université de Conakry, Guinée

* Correspondance, courriel : onivoguigbago@gmail.com

Résumé

Au cours de cette étude nous avons mesuré les paramètres physicochimiques (T°C, pH, Salinité, oxygène dissous, turbidité) in situ par un appareil multi paramètre portable HI 9828 Hanna et les teneurs en métaux lourds (cadmium, plomb, zinc, cobalt, nickel et mercure) ont été données par spectrométrie d'absorption atomique dans les eaux et les sédiments prélevés au mois d'avril.

A la base des résultats obtenus au niveau des paramètres physico-chimiques et chimiques mesurés dans l'eau et dans les sédiments, nous avons constaté une légère diminution de la salinité en avril, le pH est proche de la neutralité avec une faible mobilité des métaux et une élévation de la teneur de l'oxygène dissous et de la turbidité au niveau des stations K15 et K16 soumises aux influences directes des eaux marines oxygénées et des rejets des eaux usées du village de l'île Bokhinènè.

Les teneurs des métaux lourds à l'exception du mercure et du cadmium qui ont des concentrations plus faibles dans les eaux et dans les sédiments sont élevées au niveau des stations de l'embouchure (K15 et K16); dans l'eau suivant l'ordre [Plomb (630µg/L) > Cobalt (604µg/L) > Nickel (472µg/L) > Zinc (189µg/L)] et dans les sédiments suivant l'ordre [Plomb (0,712µg/g) > Cobalt (0,665µg/g) > Nickel (0,616µg/g) > Zinc (0,230µg/g)], ce qui montre l'impact direct des déchets déversés au niveau de l'île de Bokhinènè, sur la qualité physico-chimique et métallique des eaux et des sédiments de l'estuaire.

Mots-clés : *pollution, eaux, métaux lourds, estuaire, Konkouré, Guinée.*

Abstract

Risk assessment of heavy metal pollution (Hg, Cd, Pb, Co, Ni, Zn) in water and sediments of the river estuary (Rep. of GUINEA)

During this study we measured physicochemical parameters (T ° C, pH, salinity, dissolved oxygen, turbidity) in situ by a multi parameter portable HI 9828 Hanna and concentrations of heavy metals (cadmium, lead, zinc, cobalt, nickel and mercury) were given by atomic absorption spectrometry in water and sediment collected in April.

On the basis of results obtained at the physico-chemical and chemical measured in water and sediments, we found a slight decrease in salinity, pH is near neutrality with a low mobility of metals and elevated levels of dissolved oxygen and turbidity at stations K15 and K16 subject to the direct influence of oxygenated marine waters and discharges of wastewater from the village of the island Bokhinènè.

The contents of heavy metals except mercury and cadmium concentrations were lower in the water and sediment are high at the mouth stations (K15 and K16) in water according to the order [Lead (630 μ g / L)] > Cobalt (604 μ g / L) > Nickel (472 μ g / L) > Zinc (189 μ g / L)] and sediments in the order [Lead (0.712 mg / g) > Cobalt (0.665 mg / g) > Nickel (0.616 mg / g) > Zinc (0.230 mg / g)] which leads us to believe the direct impact of the waste dumped at the island Bokhinènè on physic-chemical quality metal and water and sediment of the estuary.

Keywords : *pollution, heavy metals, water, sediments, estuary, Konkouré, Guinea.*

1. Introduction

Les estuaires sont des sites aux enjeux touristiques et économiques importants. De nombreuses études sur les problèmes d'hydrologie et de sédimentation ont été déjà réalisées dans le but de mieux comprendre, de préserver et d'aménager ces espaces. La pollution est également devenue un problème majeur ; en effet, une partie importante des polluants est introduite dans la colonne d'eau des fleuves et des océans avant d'être finalement accumulée au sein des sédiments estuariens [1, 2].

Ces sédiments deviennent des puits momentanés ou définitifs pour des éléments toxiques comme les métaux lourds [3, 4]. Les métaux lourds sont parmi les toxiques les plus étudiés pour essentiellement deux raisons :

1. Leur élimination du milieu aquatique n'est pas habituellement réalisée par des processus naturels comme les polluants organiques ;
2. Les substances organiques et minérales les maintiennent facilement, d'où la possibilité de leur accumulation dans les sédiments. [2]

L'estuaire du Konkouré se situe par 10 degrés de latitude Nord et 13 degrés de longitude ouest dans la baie de Sangaréah du côté nord de Conakry et ne comporte aucun aménagement. Toutes les rives y sont sauvages, bordées par une épaisse mangrove; seuls des villages de pêcheurs y sont disséminés. Cette zone connaît aujourd'hui une croissance démographique, urbaine et devient de plus en plus un pôle d'attraction des industries. En plus, sa situation sur le plan environnemental lui confère une place de zone humide, véritable lieu de nidification, de reproduction et de développement des animaux aquatiques [5].

L'estuaire du Konkouré tout comme les autres estuaires est un milieu privilégié d'échange entre continents et océans. Il est le siège d'une activité humaine intense conduisant à des déversements de divers types de polluants qui perturbent le fonctionnement naturel de ces écosystèmes. De nombreux polluants organiques et divers oligo-éléments métalliques introduits dans ce milieu aquatique sont susceptibles de se concentrer chez les organismes vivants à des niveaux parfois supérieurs à leurs taux dans le biotope (eau et sédiment) et peuvent donc entraîner des problèmes d'ordre écologique, sanitaire et économique [6].

Les principales sources de pollution du fleuve Konkouré et des eaux marines (l'estuaire du fleuve) sont diverses et variées :

- ✓ les eaux usées d'origine urbaine et industrielle (y compris les eaux usées domestiques) ;

- ✓ les rejets d'origine agro-chimique, incluant les pesticides, herbicides et autres substances organochlorées et organophosphorées (polluants organiques persistants) notamment autour des grandes zones d'agriculture intensive, en plus de l'excès des charges nutritives;
- ✓ les modifications physiques du littoral en particulier l'érosion côtière, la salinisation, la surexploitation des mangroves, la sédimentation ;
- ✓ les métaux lourds souvent à l'état de traces (les huiles et les hydrocarbures provenant des rejets et effluents industriels urbains et des sites portuaires) [5].

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

Le fleuve Konkouré, long de 360 km, prend sa source dans le massif du Fouta-Djalon, en Moyenne Guinée, et se jette dans l'océan Atlantique. L'estuaire du Konkouré se situe dans la baie de Sangaréah du côté nord de Conakry et ne comporte aucun aménagement. Toutes les rives y sont sauvages, bordées par une épaisse mangrove; seuls des villages de pêcheurs y sont disséminés. Le seul aménagement important ayant de possibles répercussions sur la dynamique sédimentaire de l'estuaire se trouve à 130 kilomètres en amont (le barrage hydroélectrique GARAFIRI). Son estuaire se situe par 10 degrés de latitude Nord et 13 degrés de longitude ouest.

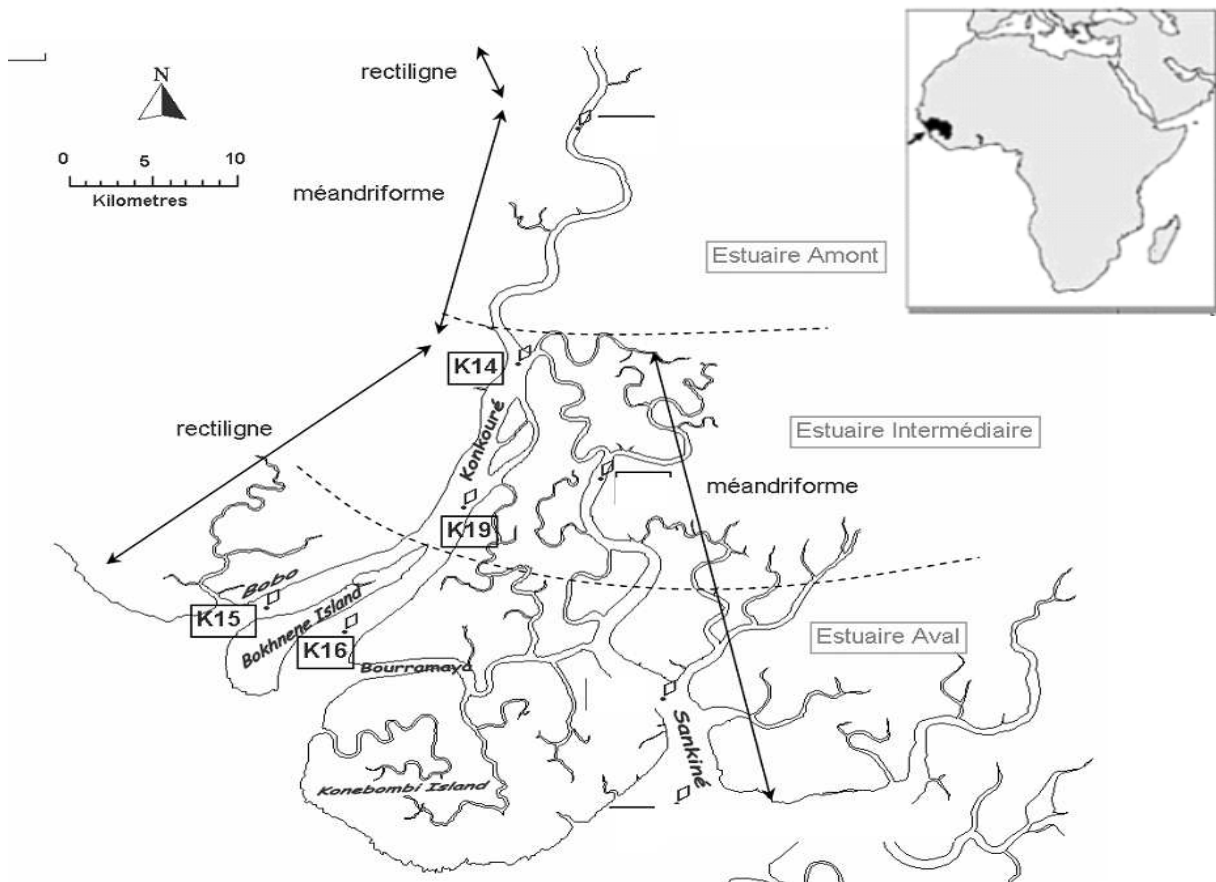


Figure 1 : Localisation des stations de mesures de l'estuaire du Konkouré

Coordonnée des stations de prélèvement

- Station K14 Kakounssou Latitude 9°55'56.93"N Longitude 13°41'13.49"W
- Station K19 Médiane Latitude 9°53'6.06"N Longitude 13°42'11.63"W
- Station K15 Île Bokhinènè Latitude 9°50'36.88"N Longitude 13°46'4.82"W
- Station K16 Île Bokhinènè Latitude 9°49'51.78"N Longitude 13°44'37.05"W

2-2. Prélèvements des échantillons

Tous les prélèvements ont été effectués en période de fin d'étiage au mois d'avril 2009 à bord d'une barque motorisée dans les intervalles de 12 heures à 19 heures suivant les stations de prélèvement entre la station K14 amont de Kakounssou et les stations K15 et K16 de l'embouchure île de Bokhinènè.

Ces stations ont été sélectionnées en fonction de leur accessibilité, de la possibilité d'intrusion saline (mélange mer et eau douce) et la proximité des rejets polluants.

2-3. Prélèvement d'eau

A l'aide de bouteilles en polypropylène d'un litre de capacité, lavées et rincées préalablement à l'eau déminéralisée, le prélèvement est réalisé en plongeant la bouteille en contre courant de l'eau de mer à environ 25 cm de profondeur.

Les échantillons d'eau, prélevés dans des flacons et conservés à 4°C, sont transportés au laboratoire dans un délai ne dépassant pas 28 jours. Cependant les eaux utilisées pour le dosage des cations ont été fixées à l'acide nitrique (en ajoutant 0,5 mL d'une solution de HNO₃ 50%(v/v) par 125 mL) aussitôt prélevées jusqu'à pH 1,5.

2-4. Prélèvement des sédiments

Le prélèvement des échantillons a lieu pendant la basse mer à 2- 3 m de profondeur sur environ 1 m² de surface.

Les sédiments ont été prélevés par carottage manuel à l'aide d'un carottier de longueur 5m 50 cm et de diamètre 15 mm, enfoncé dans les sédiments jusqu'aux niveaux plus compact à 40 cm de profondeur.

2-5. Méthodes

Les paramètres physicochimiques de l'eau (pH, température, salinité, turbidité, oxygène dissous) ont été mesurés in situ par un appareil multiparamètre portatif HI 9828 HANNA du Laboratoire Hydrochimie du CERESCOR.(Centre de Recherche Scientifique Conakry Rogbagnè).

Minéralisation et dosage des métaux traces

Les teneurs des métaux lourds (Zn, Co, Ni, Cd, Pb, Hg) ont été dosées par absorption atomique à l'aide d'un Spectromètre d'absorption atomique Varian modèle SpectrAA 110 au laboratoire de CERE (Centre d'Etude de recherche et de l'Environnement).

Six échantillons de sédiment ont été prélevés au mois d'avril 2009 à marée basse au niveau de la couche superficielle à l'aide d'une benne. Ils ont été séchés à l'étuve pendant 48 heures à 80°C et tamisés dans un tamis à maille inférieure à 100 µm. Ensuite, 0,3 g de sédiments sec ont été minéralisés à 120°C pendant 4 heures en présence de 4 mL d'acide fluorhydrique et 2 mL d'un mélange acide chlorhydrique et acide nitrique conformément à la méthodologie indiquée par *Tahiri et al. (2005)*.

Le dosage des métaux a été effectué sur les minéralisats après dilution selon la procédure publiée par le Centre de Recherches Minérales du QUÉBEC [7].

3. Résultats et discussion

Tableau 1 : *Résultats des analyses physicochimiques de l'eau in situ des différentes stations de prélèvement*

	Station K14	Station K19	Station K15	Station K16
Salinité ‰	4,5	13	28,2	27,8
Oxygène dissous en ml/L	3,8	4	5,02	4,8
Température en °C	30,8	30,8	31,02	31
pH	6,49	6,65	6,98	6,92
Turbidité en g/L	0,25	1,15	1,86	1,45

L'examen des résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de l'estuaire permet les observations suivantes :

Température

Les températures de l'eau de l'estuaire oscillent entre 30,8 °C et 31°C au niveau des points de prélèvement (**Tableau 1**). Les valeurs enregistrées au cours de cette étude sont supérieures à celles enregistrées en 2000 sur le même site d'étude et à la même période de l'année [6].

Le faible volume des eaux présent dans l'estuaire à marée basse, la formation d'un bouchon sablo-vaseux à l'embouchure ont provoqué la réduction de la hauteur des eaux et donc son réchauffement par la température de l'air qui dépend des variations saisonnières.

Salinité

Les valeurs extrêmes de la salinité enregistrées au cours de cette étude sont de 27,8 à 28,2‰ à l'embouchure dans les stations K15 et K16 (aval) et de 4,5 à 12‰ dans les stations K14 et K19 (Médiane et amont.) (**Tableau 1**).

Il ressort de cette étude une diminution de la Salinité en avril 2009 à l'embouchure par rapport à celle enregistrée le 18 avril 1986 et à celle enregistrée à la même période en 2000 après la construction du Barrage Garafiri.

Ce qui peut se traduire par des apports importants de l'eau douce en avril 2009 à l'estuaire du Konkouré par rapport aux autres années précédentes. A marée basse s'observe un gradient décroissant très accentué aval-amont qui s'explique par l'arrivée des masses d'eau douce amont, abaissant la salinité aux stations K15 et K16.

pH

Le pH de l'eau de l'estuaire est proche de la neutralité. Il varie entre 6,49 à Kakounsou K14 et 6,98 à l'île Bokhinènè (K16) (**Tableau 1**). Ces résultats montrent à suffisance l'absence de certains métaux dans l'estuaire, car, la disponibilité des métaux est très importante quand le milieu est alcalin. Le pH mesuré à l'estuaire n'a pas un effet négatif de la vie des poissons du milieu, en général les valeurs de pH inférieures à 4,5 et supérieures à 10 sont toxiques pour les poissons. Bien que la zone étant riche en bauxite, nous

n'avons pas déterminé la teneur d'Aluminium compte tenu de la solubilité minimale de l'aluminium au pH proche de la neutralité. Cette solubilité croît rapidement avec la diminution du pH, en particulier lorsque ce dernier est inférieur à 4.5. C'est pour cette raison dans cette étude nous les avons mesuré avant de faire le dosage des métaux [8].

Oxygène dissous

L'oxygène dissous des eaux superficielles varie entre 4 mg/L aux stations K14 et K19 et 5 mg/L à l'île Bokhinènè (K16) (**Tableau 1**). Les valeurs enregistrées sont inférieures à la limite de concentration de pollution admissible (10 mg/L) par l'OMS. Ces concentrations relativement élevées ne reflètent pas le taux de la charge organique existante réellement dans la phase dissoute de l'eau. Ceci pourrait s'expliquer par les mouvements de la marée, qui engendrent un brassage continu de la masse d'eau et par conséquent un enrichissement de la phase dissoute. Les valeurs les plus élevées de l'oxygène dissous ont été enregistrées au niveau de l'embouchure, soumise aux influences directes des eaux marines oxygénées.

Turbidité

La turbidité des eaux de l'estuaire de Konkouré oscillent entre 0,25g/L et 1,86g/L. Les plus grandes valeurs sont enregistrées aux stations de l'embouchure (K15 et K16) (**Tableau 1**). Cette variation de la turbidité est due à un apport en matière organique, matière inorganique (sels minéraux insolubles) attribuables aux activités humaines rencontrées aux abords de l'île Bokhinènè. Sur le plan environnemental, les valeurs enregistrées sont de très bonne qualité, elles confèrent à l'eau une potentialité à héberger un grand nombre de taxons polluo-sensibles, avec une diversité satisfaisante.

- **Contamination métallique des eaux**

Tableau 2 : Teneur en métaux lourds des échantillons d'eau prélevés

	Zn µg/L	Co µg/L	Ni µg/L	Cd µg/L	Pb µg/L	Hg µg/L
Amont k14	0,1	48	21	0,1	1	1
Médiane K19	44,4	183	137	10	60	1
Embouchure K15	189	604	472	0,1	630	1
Embouchure K16	175	591	469	1	610	1

L'examen du **Tableau 2** permet de faire les observations suivantes :

Les concentrations les plus élevées sont celles Zinc (189µg/L), Cobalt (604µg/L), Nickel (472µg/L), Plomb (630µg/L).

Les stations K15 et K16 montrent les taux les plus élevés en éléments métalliques, notamment dans le cas du Cobalt, Nickel, Plomb et du Zinc en comparaison avec les stations K14 et K19, localisées plus loin de l'île Bokhinènè suivant l'ordre : Pb > Co > Ni > Zn. Cet enrichissement en éléments métalliques est à mettre en relation avec les apports d'eaux usées du village de l'île Bokhinènè qui se déversent dans la station K16. En effet, Ni, Pb, Zn sont des éléments métalliques caractéristiques d'une pollution de type urbain [9, 10]. La distribution quantitative des teneurs en métaux dans les eaux de l'estuaire est de l'ordre suivant : Pb > Co > Ni > Zn > Cd > Hg.

Les concentrations des métaux Pb, Zn, Ni augmentent dans l'estuaire avec la variation du pH de l'eau. Cependant l'augmentation de la salinité entraîne une augmentation du Pb, Ni, Co, Zn et une diminution du Cd et du Hg. La comparaison des concentrations des métaux lourds obtenues montre que les concentrations de la plupart des métaux lourds étudiés dans l'eau de l'estuaire à l'exception du mercure ($< 1,0 \mu\text{g/L}$) et du cadmium ($0,1-10 \mu\text{g/L}$), sont relativement plus élevées que celles à l'amont et l'aval de la ville de Fria [11]. Les teneurs en Co, Zn, Pb et Ni des eaux étudiées dans les stations de l'embouchure de l'estuaire enregistrées dépassent les limites maximales fixées par la Communauté Européenne (CE) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [12].

- **Contamination métallique des sédiments**

Tableau 3 : *Teneur des métaux lourds dans les sédiments de l'estuaire*

	Zn $\mu\text{g/g}$	Co $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$
Amont k14	0,0012	0,13	0,102	0,003	0,004	0,0001
Médiane K19	0,0747	0,273	0,231	0,004	0,103	0,0001
Embouchure K15	0,23	0,665	0,616	0,002	0,712	0,0001
Embouchure K16	0,21	0,646	0,548	0,003	0,698	0,0001

L'examen de ces résultats des analyses chimiques des sédiments de l'estuaire (*Tableau 3*) permet les observations suivantes :

Les concentrations les plus élevées sont celles Zinc ($0,230\mu\text{g/g}$), le Cobalt ($0,665\mu\text{g/g}$), le Nickel ($0,616\mu\text{g/g}$), Plomb ($0,712\mu\text{g/g}$) au niveau des stations de l'embouchure. Les stations K15 et K16 montrent les taux les plus élevés en éléments métalliques, notamment dans le cas du Cobalt, du Nickel, du Plomb et du Zinc en comparaison avec les stations K14 et K19, localisées plus loin de l'île Bokhinènè suit l'ordre suivant : $\text{Pb} > \text{Co} > \text{Ni} > \text{Zn}$. La distribution quantitative des teneurs en métaux dans les sédiments de l'estuaire est dans l'ordre $\text{Pb} > \text{Co} > \text{Ni} > \text{Zn} > \text{Cd} > \text{Hg}$.

La comparaison des concentrations des métaux lourds obtenues montre que les concentrations de la plupart des métaux lourds étudiés dans les sédiments de l'estuaire à l'exception du mercure et du cadmium sont relativement plus élevées que celles à l'amont et l'aval de la ville de Fria [13]. Les résultats au niveau des stations K15 et K16 font apparaître un enrichissement en métaux lourds qui est en grande partie d'origine anthropogène (cobalt, zinc, Plomb et nickel), et mettent en cause le déversement par ruissellement d'effluents urbains et industriels dans les lagunes côtières.

Les teneurs en cobalt, zinc, Plomb et nickel des sédiments étudiés dans les stations de l'embouchure de l'estuaire enregistrées dépassent les concentrations des macroéléments dans certaines eaux des estuaires africains [14] mais elles sont inférieures aux Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments. [15].

4. Conclusion

Au terme de nos travaux de recherche, une étude physicochimique de l'estuaire du Fleuve Konkouré portant sur les paramètres : température, salinité, pH, oxygène dissous et la turbidité a été effectuée aux différentes stations de prélèvements des échantillons d'eau et sédiment, dans lesquels nous avons dosé six métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Co, Ni et Zn).

En effet, le pH, la salinité, l'oxygène dissous, la turbidité de l'eau sont acceptables pour la vie d'organismes vivants. La comparaison de la contamination métallique de l'estuaire du fleuve Konkouré avec d'autres estuaires africains montre que celle-ci reste dans les limites tolérables à cause de la faiblesse des teneurs du Hg, Cd, Ni, et Pb dans l'ensemble de l'estuaire. Ce qui nous permet de dire que la qualité chimique des eaux et sédiments ne présente pas de risque pour les ressources aquatiques de l'estuaire même si en certains endroits les normes sont dépassées.

A cause du manque de données dans la littérature sur le comportement des éléments métalliques dans les zones de mélange (estuaires), une analyse rigoureuse des phénomènes de spéciation, de solubilité et de mobilité devient encore difficile.

Remerciements

Nous exprimons nos sincères remerciements au Centre de Recherche Scientifique Conakry Rogbané (CERESCOR) et au Laboratoire du Centre d'Etude de Recherche et de l'Environnement (CERE) de l'Université de Conakry (Laboratoire Canadien).

RÉFÉRENCES

- [1] - Ph. Negrel, Ph. (1997). Multi-element chemistry of Loire estuary sediments: anthropogenic vs. natural sources. *Estuary., Coastal Shelf Sci.*, 44 (1997): 395-410.
- [2] - Yassir B et al 2001. Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire de Oued Oum Er Rbia (côte atlantique, Maroc). *Bull. Inst. Sci. Rabat n° 23*, 71-76
- [3] - Berthois, L., 1963. Contribution à l'étude de la sédimentation dans l'estuaire du fleuve Konkouré en période d'étiage. *Cahiers Océanographiques XV° année-n°1*. p. 16-52.
- [4] - FAO Rapp. Pêches, 16—20 juin 1986. Rapport de la première session du Groupe de travail sur la pollution et les pêches, Accra, Ghana, (369):32.
- [5] - Sylvain CAPO 14 Juin 2006 : THESE Doctorat. Hydrodynamique et dynamique sédimentaire en milieu tropical de mangrove, Observations et modélisation de l'estuaire du Konkouré, Rep Guinée.
- [6] - CAMARA. S, BANGOURA K. Magassouba M. Condé. N. Bah H. oct.1998 : Bulletin du CERESCOR, N°12 Conakry laboratoire hydrochimie.
- [7] - Centre de Recherches Minérales du Québec, (1990) Méthodes d'analyse de diverses substances minérales, tome 2 : analyse par spectrométrie d'absorption atomique.
- [8] - Yassir B et al 2001 . Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire de Oued Oum Er Rbia (côte atlantique, Maroc). *Bull. Inst. Sci. Rabat n° 23*, 71-76.
- [9] - Bennasser L.M., Fekhaoui M. & Mameli O. 2000. Assessment of the metallic contamination of the low Sebou sediments. *Ann. Chimica*, 90, 637-644.
- [10] - Lauenstein G.G. & Dolvin S.S. 1992. Mollusk monitoring of united state coastal and estuary environments. *Analysis*, 20, 06, pagesM23-M26.
- [11] - BARRY.A.O. 2003 : Evaluation de la concentration des métaux lourds dans l' eau et les sédiments marins du littoral de Conakry Mémoire de D.E.A Technologie et Qualité des Produits Alimentaires .

- [12] - Organisation Mondiale de la Santé, (1993) Guidelines for drinking water quality Vol. I, EFP/82.39(1984) et Guidelines values for chemicals in drinking water.
- [13] - Camara H. et Diallo A. S. : 2007 Evaluation de la concentration des métaux lourds dans l' eau et les sédiments du fleuve Konkouré à Fria Mémoire de maîtrise.
- [14] - Okoye, B.C.O., 1989. Heavy metals in the Lagos lagoon. Ph.D. Thesis. Ile-Ife, Nigeria, Awolowo University, Department of Chemistry.
- [15] - El Abidi A., Idrissi L., Taleb H., Azizi A., Mameli O. & Melis P. 2000. The impact of lead pollution on the environment of Rabat-Salé (Morocco). *Ann. Chimica*, 90, 695-702.