

Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Kalamu de Boma, R.D. Congo

Wanga B. M.¹, Musibono D. E.², Mpiana P. T.^{2*}, Mafuana L³, Kiza N.J¹, Diana⁴

Abstract

Assessment of physico-chemical quality of river Kalamu's water at Boma, D.R. Congo

Physico-chemical parameters of the water of Kalamu River in Boma have been studied on four levy sites and their mean values have been calculated. This concerns : color (93,83 Pt Co/l), temperature (29,95°C), pH (7,34), conductivity (72,42µs/l), turbidity (48,33 NTU), matter in suspension (45,5mg/l), dissolved oxygen (6,47mg/l), saturation in O₂ (84,58mg/l), NH₄ (0,16mg/l), Ca²⁺ (214mg/l), Mg²⁺(106,11mg/l), Pb²⁺ (70,41mg/l), Cd²⁺ (20,49 mg/l, Cl⁻ (58,9mg/l), Al³⁺(3,03mg/l), DBO₃ (18,5mg d'O₂/l), DCO (61,04mg/l), PO₄³⁻(76,28mg/l), NO₃⁻ (111,44mg/l) and SO₄²⁻ (7,61mg/l). All these parameters show that the water of Kalamu River of Boma is polluted with organic and mineral compounds.

Published online:
27 March, 2015

Keywords:

Kalamu River, quality of waters, pollution, and trash can in the open

¹ Laboratoire Centre de Recherche en Sciences Naturelles/Lwiro, Sud Kivu, RD Congo

² Faculté des Sciences B.P. 190, Université de Kinshasa, Kinshasa XI, D R Congo

³ Centre de santé RVM/BOMA, R D Congo

⁴ Médecins Sans Frontières /Antenne de Boende, Boende, R.D. Congo d'Ecologie Végétale, Département de Biologie, Université de Kinshasa

* To whom correspondence should be address: E-mail address: ptmpiana@yahoo.fr

INTRODUCTION

Dans la nature, les eaux douces ne constituent que 2,5% de toute l'eau présente sur la surface de la Terre, dont la quasi-totalité se trouve sous terre et dans les glaciers. Les cours d'eau et les lacs, principales sources d'eau douce, ne représentent que 0,007%. La République Démocratique du Congo (RDC) est l'un des pays qui possèdent le potentiel hydrique le plus abondant au monde. Cependant, cette quantité d'eau disponible est continuellement réduite à la suite d'une mauvaise gestion des eaux usées, résiduaires et de pluies [Nanituma, 2011; Mwanamoki et al., 2014a,b,c; Tshibanda et al., 2014; Mubedi et al., 2013].

La ville de Boma, comme la majorité de villes de la RDC est dépourvue d'un programme d'assainissement adapté au développement industriel et à l'accroissement démographique. La rivière Kalamu, principal cours d'eau de cette ville, est devenue un lieu de rejet de divers déchets municipaux [Coopération française, 1988]. En effet, cette rivière reçoit non seulement les eaux d'autres rivières telles que Nlembo nlembo, Nzau, Manua-ngombe, Banga-lusanga, Nsafu, Mbangu et Kabondo mais aussi toutes les eaux usées de la ville ainsi que les eaux de ruissellement provenant des cultures maraichères qu'elle achemine vers le fleuve Congo.

En plus, une bonne partie des déchets solides de la ville se retrouve d'une manière ou d'une autre dans cette

rivière par manque d'un système de gestion des déchets [Mambambu, 2001; Musibono, 2006]. Une étude antérieure réalisée par notre équipe de recherche sur l'état microbiologique de cette même rivière a montré que l'eau de la rivière Kalamu de Boma est contaminée par les coliformes totaux et fécaux ainsi que par *Escherichia coli*. Cette contamination augmente au fur et à mesure que la rivière traverse les zones habitées, ce qui indique que la pollution serait due à la mauvaise gestion des déchets. Cette pollution contribuerait à la forte prévalence des maladies des mains sales dans la ville, d'autant plus que la population de Boma utilise les eaux de la rivière Kalamu pour la baignade et pour les travaux ménagers [Wanga et al, 2014].

L'objectif de cette nouvelle étude consiste à évaluer les paramètres physico-chimiques de cette rivière pour voir s'ils confirment les résultats déjà obtenus par l'étude microbiologique.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

Située dans la province du Bas-Congo, à 490 Km de Kinshasa, la ville de Boma couvre une superficie de 4.332 Km². Elle est bornée : au Nord, par la province angolaise de

Cabinda et le territoire de Lukula; au Sud, par la République de l'Angola; à l'Est, par le territoire de Seke-Banza; à l'Ouest, par l'Océan Atlantique. La Ville regorge des torrents dans sa partie Ouest, très encaissés qui pendant les saisons de pluies, alimentent considérablement la rivière Kalamu en eau et la rend ainsi vecteur d'inondations dans la Ville [Mairie de Boma, 1997]. On peut estimer la population de Boma à 400.000 habitants.

La topographie de la ville de Boma est essentiellement dominée par les collines, aux pieds desquelles des ruisseaux serpentent en charriant les ordures vers la vallée où se trouve la rivière Kalamu. Cette rivière traverse presque toute la ville en passant par les trois communes (Kalamu, Nzadi et Kabondo) qui la composent. Elle s'écoule du Nord au sud et a sa source au village Madiadia situé à 38 km de la ville de Boma à 297 m d'altitude. De la source au fleuve Congo la rivière Kalamu parcourt environ 60 Km. Sa largeur maximale atteint 36 m tandis que sa profondeur maximale se situe entre 10 et 15 m [Coord.Urb.Env.t.de Boma, 2006].

Prélèvement et conditionnement des échantillons

Les sites de prélèvement des échantillons ont été répartis de la manière suivante : Intu-a-pompi (site1), Pont Boma II (site 2), Pont GIJZEGEM (site 3), Pont RVM/Boma (site 4) comme le montre la figure 1.

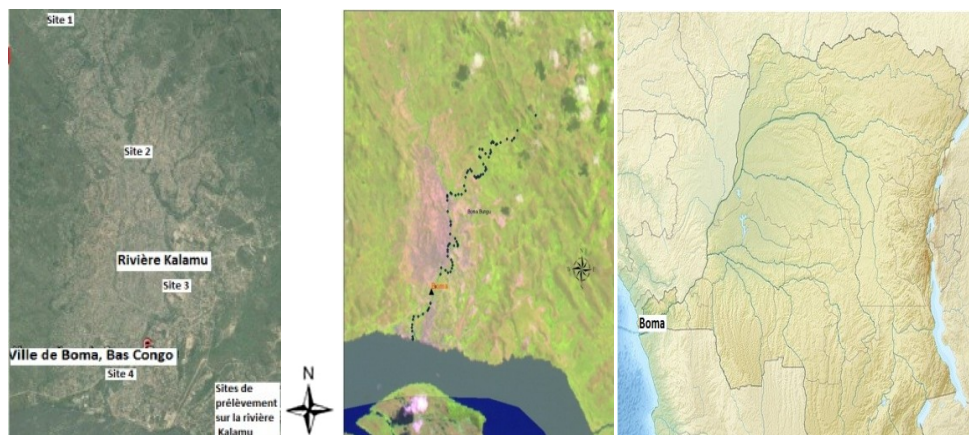


Figure 1. Carte de la ville de Boma [Wanga et al, 2014; Google maps, 2014]

Selon Rodier [1996], les échantillons prélevés ont été conditionnés dans des flacons en plastique bien nettoyés avec l'acide nitrique, ensuite avec de l'eau distillée et, enfin, avec de l'eau de la rivière d'étude. Sur chaque site trois échantillons ont été prélevés. Les observations se sont étalées du mois d'avril au mois de mai 2006.

Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage de la rivière Kalamu de Boma.

Les coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage de la rivière Kalamu de Boma du premier site au quatrième sont reprises dans le tableau 1.

Analyse physico-chimique des échantillons

La qualité des eaux de la rivière Kalamu de Boma a été déterminée à partir des paramètres ci-après : couleur, température, pH, turbidité, conductivité, matières en suspension, taux des Solides Dissous (TDS), Oxygène Dissous (O.D.), pourcentage de saturation en oxygène dissous, cadmium, plomb, Demande Biologique en Oxygène (DBO), Demande Chimique en Oxygène (DCO), Chlorures, Nitrates, Fer, Phosphates, Sulfates, Magnésium, Aluminium, Ammonium, Matière organique [Rodier, 1996]. Le dosage chimique a été fait par spectrophotométrie

UV/Visible, par volumétrie et par gravimétrie selon les méthodes standards antérieurement décrites [Rodier, 1984]. La couleur, la température, la conductivité et le pH

ont été déterminés in situ. Ces études ont été réalisées au laboratoire d'écotoxicologie environnementale de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage sur la rivière Kalamu de Boma

Nom du Site	Site	Code par rapport au GP	Longitude (EO) (en degré)	Latitude (S) (en degré)	Altitude (en mètre)
Intu-à-mpopi	Site1 (S1)	1	13.08466	05.81261	93
Pont Boma II ou Pont papa Tsumbu	Site2 (S2)	50	13.06023	05.82882	8
Derrière le Tripaix ou Vodacom	Site3 (S3)	81	13.05701	05.84539	8
Pont RVM ou Pont Ngambo	Site4 (S4)	93	13.04878	05.85638	5

Tableau 2. Paramètres physiques des eaux de la rivière Kalamu de Boma

Paramètre	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Moyenne
Couleur (Pt Co/l)	27,66 ± 0,13	78,00 ± 3,48	116,66 ± 8,81	153,00 ± 3,48	93,83 ± 3,97
Température (°C)	26,40 ± 1,33	28,4 ± 1,20	33,50 ± 2,30	31,50 ± 1,90	29,95 ± 1,68
pH	7,48 ± 0,08	6,92 ± 0,04	7,68 ± 0,26	7,31 ± 1,16	7,34 ± 0,38
Conductivité (µS/l)	57,30 ± 2,02	59,00 ± 0,01	109,4 ± 0,06	64,00 ± 0,04	72,42 ± 0,53
Turbidité (NTU)	18,00 ± 3,48	53,00 ± 3,48	55,66 ± 7,31	66,66 ± 5,37	48,33 ± 4,91

Les valeurs de pH ont été mesurées à l'aide d'un pH mètre de marque ECOSAN, celles de conductivités à l'aide d'un conductimètre de marque OAKTON série CON tandis qu'un turbidimètre de marque WTW série LF 90 a été utilisé pour mesurer la turbidité des solutions. Un spectrophotomètre de marque SP-1105 a été utilisé pour tous les dosages spectrophotométriques et un oxymètre multi-analyseur de marque WTW série LF 90 pour la saturation en oxygène dissous. Tous les réactifs utilisés, Merck, ont été pure pour analyse.

Traitement statistique des données

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide du logiciel SPSS 13.0 (Statistical Package for the Social Sciences).

RESULTATS

Présentation des résultats

Cette section présente les résultats obtenus au cours de cette étude. Il s'agit de résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques comparés aux normes internationales [Rodier, 1996 ; OMS, 2000 ; EU, 2006 ; SEEE, 2007]. Il faut noter qu'un total de 22 paramètres ont été étudiés et analysés sur quatre sites de prélèvement désignés par les symboles S1, S2, S3, et S4.

Paramètres physiques des eaux de la rivière Kalamu de Boma

Le tableau 2 reprend les valeurs moyennes des paramètres physiques étudiés à savoir la couleur, la température, le pH, la conductivité, et la turbidité pour les sites S1, S2, S3, et S4.

Ce tableau indique que les valeurs de différents paramètres varient de manière générale d'un site à un autre. La coloration de l'eau augmente quand on passe du site S1 au site S4, il en est de même pour la turbidité. La conductivité présente une exception au site S3 avec une valeur supérieure à celle du site S4. La température et le pH sont également supérieurs au site S3 que partout ailleurs. Les valeurs moyennes en tenant compte des valeurs de différents sites sont regroupées dans la dernière colonne.

Paramètres chimiques des eaux de la rivière Kalamu de Boma

Les valeurs moyennes des paramètres chimiques des eaux de la rivière Kalamu de Boma sont présentées dans le tableau 3.

La matière en suspension, la matière organique et la teneur en ion ammonium augmentent régulièrement en allant du site S1 au site S4 tandis que pour le taux des solides dissous, le site S3 fait exception avec une valeur élevée par rapport au site S4. Pour l'oxygène dissous et la

saturation en oxygène les valeurs varient de manière aléatoire.

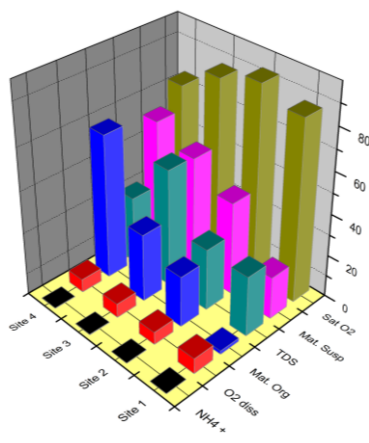


Figure II. Paramètres chimiques des eaux de la rivière Kalamu de Boma

La figure II permet de mieux cerner les variations du TDS, de la matière en suspension, de la matière organique, de l'O₂ dissous, de la saturation en O₂ et du NH₄⁺ pour les différents sites.

Concentration en ions élémentaires dans la rivière Kalamu de Boma

Les concentrations en ions sur les sites S1, S2, S3, et S4 sont données dans le tableau 4.

Il ressort de ce tableau que les valeurs moyennes des concentrations sont de 214, 14 mg/l pour le Ca²⁺; 106,11 mg/l pour le Mg²⁺; 70,41mg/l pour Pb; 20,49 mg/l pour le Cd; 58,9 mg/l pour le Cl⁻ et 3,03 mg/l pour l'Al³⁺. On constate que les valeurs des concentrations de tous les ions analysés augmentent en allant du site S1 au site S4.

Tableau 3. Paramètres chimiques des eaux de la rivière Kalamu de Bom

Paramètre	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Moyenne
TDS (mg/l)	28,40± 3,48	29,20 ±0,05	56,00 ±0,08	32,00 ±0,09	36,40±0,92
Matière en suspension (mg/l)	20,00± 3,48	44,00± 3,48	55,00± 3,48	63,00± 3,48	45,50±3,48
Matière Organique (mg/l)	1,60±0,06	24,08±0,06	32,12±0,05	68,82±0,02	31,65±0,54
Oxygène dissous (mg/l)	7,19 ± 0,04	5,91 ± 0,13	6,58 ± 0,30	6,23± 0,04	6,47±0,12
Saturation O ₂ (mg/l)	86,00± 3,48	92,00± 3,48	86,00± 3,48	74,33±5,37	84,58±3,95
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,124±0,004	0,148±0,020	0,162±0,001	0,187±0,020	0,15±0,03

Tableau 4. Concentration en ions élémentaires dans la rivière Kalamu de Boma

Paramètre	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Moyenne
Ca ²⁺ (mg/l)	94,91±1,16	198,14±0,08	276,69±2,28	286,85±3,48	214,14±1,75
Mg ²⁺ (mg/l)	46,49±2,06	78,84±2,02	126,10±1,98	173,01±2,62	106,11±2,17
Pb ²⁺ (mg/l)	14,66±2,02	36,66±2,02	82,00± 3,48	148,33±12,34	70,41±4,96
Cd ²⁺ (mg/l)	2,33±2,02	6,00± 3,48	21,00± 3,48	52,66±5,37	20,49±3,58
Cl ⁻ (mg/l)	45,16±1,80	55,84±2,02	63,17±1,89	71,45± 0,04	58,9±1,43
Al ³⁺ (mg/l)	1,64± 0,21	2,17±1,29	3,21± 0,34	5,13± 0,04	3,03±0,47

La figure III représente mieux les valeurs relatives des concentrations en ions Ca²⁺, Mg²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺, Cl⁻ et Al³⁺ pour les quatre sites étudiés.

présente la concentration la plus faible et cela dans tous les sites d'étude.

Cette figure montre que l'ion calcium possède la concentration la plus élevée tandis que l'ion aluminium

Concentration ions phosphates, nitrates et sulfates dans la rivière Kalamu de Boma

Le tableau 5 présente les concentrations des anions PO_4^{-3} , NO_3^- et SO_4^{-2} dans les sites S1, S2, S3, et S4 de la rivière Kalamu de Boma.

Les valeurs moyennes, exprimées en mg/l, sont 76,28 pour les phosphates (PO_4^{-3}); 111,44 pour les nitrates (NO_3^-) et 7,63 pour les sulfates (SO_4^{-2}). Comme on peut le constater, les concentrations de ces trois anions composés augmentent depuis le site S1 se trouvant avant l'entrée de la rivière dans la ville jusqu'au site S4 situé à la sortie de la ville.

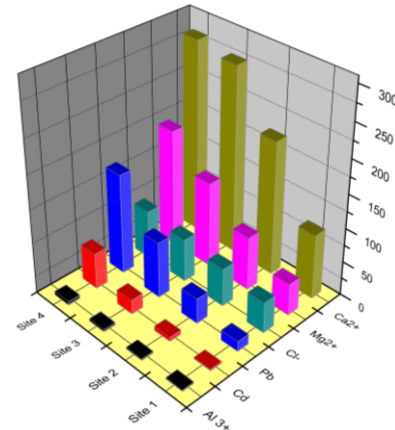


Figure III. Evolution des contractions en ions dans les eaux de la rivière Kalamu de Boma

Tableau 5. Concentrations en ions PO_4^{-3} , NO_3^- et SO_4^{-2} dans la rivière Kalamu de Boma

Paramètre	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Moyenne
(mg/l)	25,92±0,34	57,65±1,85	108,46±1,98	113,09±2,06	76,28±1,55
(mg/l)	56,88±5,29	108,99±2,15	126,10± 3,44	153,81±5,24	111,44±0,30
(mg/l)	2,26± 0,04	7,83± 0,04	9,33± 0,04	11,13± 0,01	7,63±0,03

La figure IV permet de comparer les concentrations de ces trois anions pour chaque site.

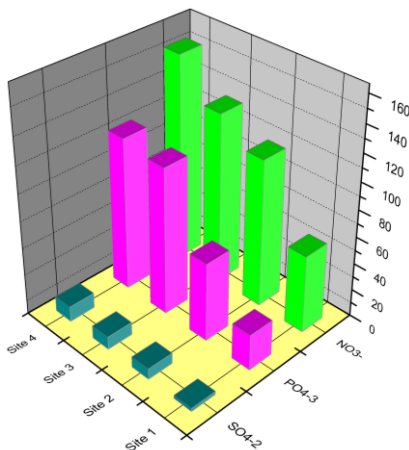


Figure IV. Concentration des anions PO_4^{-3} , NO_3^- et SO_4^{-2} dans les sites de prélèvements de la rivière Kalamu de Boma.

Comme on peut le voir sur la figure, les nitrates sont en concentration plus élevée que les deux autres anions et cela dans tous les sites.

Mesure de la DBO et de la DCO dans les eaux de la rivière Kalamu de Boma

Le tableau 6 donne la mesure de la DBO, de la DCO et du rapport DBO/DCO sur les sites S1, S2, S3, et S4 de la rivière Kalamu de Boma.

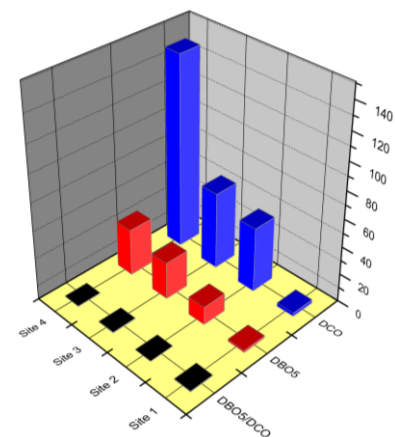


Figure V. Evolution de la DBO, de la DCO et du rapport DBO5/DCO pour les sites S1, S2, S3, et S4 de la rivière Kalamu de Boma.

Ce tableau montre que la DBO5 et la DCO augmentent également en allant du site S1 au site S4. Le rapport DBO/DCO quant à lui diminue de S1 à S4 mais avec une valeur anormalement élevée à S3.

La figure V montre mieux l'évolution de la DCO, de la DBO5 et du rapport DBO5/DCO pour les différents sites de prélèvement sur la rivière Kalamu de Boma.

Cette figure montre que la DCO est supérieure à la DBO5 pour tous les sites d'études.

Tableau 6. DBO et DCO dans les eaux de la rivière Kalamu de Boma

Paramètre	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Moyenne
DBO ₅ (mgd'O ₂ /l)	1,36± 0,39	12,90± 0,17	26,48± 0,13	33,50± 0,08	18,56±0,19
DCO (mgd'O ₂ /l)	2,45±1,55	46,37±2,88	55,49±2,36	139,87±2,36	61,04±2,28
DBO/DCO	0,55±0,05	0,27±0,05	0,47±0,05	0,24±0,03	1,53±0,08

DISCUSSION

Les résultats repris dans le tableau 2 combiné des figures II à VI indiquent que la rivière Kalamu présente : une coloration jaunâtre et un peu sombre à certains endroits. Elle est influencée non seulement par les teneurs croissantes en matières en suspensions provenant des activités humaines d'Intu-a-mpopi au Pont Ngambo. Elle oscille autour de 27,66 à 153 Pt Co/l et ces valeurs sont supérieures aux normes [EU, 2006 ; Atibu et al, 2013 ; OMS, 2000].

Sur ce, plus on tend vers le Pont Ngambo, plus la coloration change. La température indique une moyenne de 26,4 °C au premier site, et le déséquilibre commence à se faire sentir au Pont papa Tsumbu (28,4°C) ; les autres valeurs sont élevées (31,5 - 33,5°C). Selon Mwanamoki et al., (2014a,b) la température de l'eau du Lac de Ma vallée varie entre 23,7 et 25,4. Il convient de savoir que la température de l'eau dépend essentiellement du milieu mais elle influence la teneur en oxygène dissous et la multiplication des organismes aquatiques.

Le pH de la rivière Kalamu varie entre 6,9 et 7,7 alors que celle de rivière N'djili varie entre 6,3 et 6,8 [Tshibanda et al., 2014] mais ces valeurs restent dans les normes pour les eaux superficielles soit entre 6,5 et 8,0 [Nanituma, 2011]

Les valeurs de turbidité montrent que seul la valeur du site S1 indique que l'eau est légèrement trouble (valeur entre 5 et 30 NTU), toutes les autres valeurs indiquent que cette eau est trouble (valeur >50 NTU) [EU, 2006 ; SEEE, 2007 ; Nanituma, 2011]. Il faut noter qu'une importante turbidité de l'eau a pour conséquence la diminution du rayonnement solaire utile pour la vie aquatique. La même situation est observée pour la matière organique, les matières en suspension.

La conductivité électrique est très élevée comparée par exemple à celle de l'eau du Lac de Ma Vallée qui est autour de 12,8 [Mwanamoki et al., 2014a]. La conductivité élevée indique le degré de minéralisation de l'eau qui est fonction

de la solubilité des composés dissous et dissociés ce qui prédit une teneur élevée en ions [Kambole, 2003 ; Atibu et al., 2013, Mubedi et al., 2013 ; Tshibanda et al. ; 2014]. C'est ce qui est traduit par les concentrations élevées en différents ions (Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Cl⁻, ...). La teneur en ces ions évolue de la même manière que la conductivité c'est-à-dire en allant du site S1 (Intu-a-mpopi) avant l'entrée de la ville au site S4 (Pont papa Ngambo) situé à la sortie de la ville.

Les teneurs en nitrates supérieures à 50 mg/l et phosphates supérieures à 5mg /l indiquent une eau de rivière de très mauvaise qualité [SEEE, 2007 ; EU, 2006]. Les valeurs contenues dans le tableau 5 montrent que par rapport à ces ions, l'eau de la rivière Kalamu est classée comme une eau de rivière de très mauvaise qualité dans tous les sites de prélèvement depuis le site Intu-a-mpopi au Pont papa Ngambo. Ceci serait dû à l'utilisation des engrais chimiques dans les activités maraîchères qui se pratiquent le long de la rivière.

En ce qui concerne les valeurs de DBO₅ et DCO, les valeurs contenues dans le tableau 6 montrent que l'eau de la rivière Kalamu, par rapport aux normes des eaux de rivières est classée comme bonne au site S1 (valeur < 3mg d'O₂/l pour la DBO₅ et <20 mg d'O₂/l pour la DCO), mauvaise au site S2 (valeur entre 10 et 20 mg d'O₂/l pour la DBO₅ et >40 mg d'O₂/l pour la DCO) est très mauvaise pour les restes des sites [EU, 2006 ; SEEE, 2007]. En effet, les valeurs élevées en Demande Biologique en Oxygène et Demande Chimique en Oxygène constituent une indication de l'importance des matières polluantes biodégradables ou non biodégradables dans la rivière. Ce qui handicape un développement harmonieux de la vie aquatique.

Par contre les valeurs de l'oxygène dissous (5,9 - 7,21) et le pourcentage de saturation (74,3 - 92) restent dans les normes malgré les teneurs élevées en matières organiques [EU, 2006 ; Mwanamoki et al., 2014c].

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'étudier la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Kalamu de Boma. Les résultats montrent que les valeurs obtenues pour la plupart des paramètres sont supérieures aux normes pour les eaux de surface, ce qui indique que la rivière Kalamu est polluée. Cette pollution augmente au fur et à mesure que la rivière traverse les zones habitées de la ville de Boma ce qui indique un effet anthropique. Ces résultats confirment ceux déjà obtenus par l'étude microbiologique de la même rivière. Les autorités de la ville de Boma devait donc penser à une bonne politique de gestion des déchets afin de protéger les eaux de cette rivière et épargner ainsi la population des risques sanitaires liés à l'utilisation de cette eau polluée.

RESUME

Les paramètres physicochimiques des eaux de la rivière Kalamu de Boma ont été mesurés sur quatre sites de prélèvement et leurs valeurs moyennes ont été calculées. Il s'agit de la couleur (93,83 Pt Co/l), la température (29,95°C), le pH (7,34), la conductivité (72,42µs/l), la turbidité (48,33 NTU), le TDS (46,4 mg/l), les matières en suspension (45,5mg/l), l'oxygène dissous (6,47mg/l), la saturation en O₂ (84,58mg/l), le NH₄⁺ (0,16mg/l), le Ca²⁺ (214mg/l), le Mg²⁺ (106,11mg/l), le Pb²⁺ (70,41mg/l), le Cd²⁺ (20,49 mg/l), le Cl⁻ (58,9mg/l), le Al³⁺ (3,03mg/l), la DBO₅ (18,5mg d'O₂/l), la DCO (61,04mg/l), le PO₄³⁻ (76,28mg/l), le NO₃⁻ (111,44mg/l) et le SO₄²⁻ (7,61mg/l). Tous ces paramètres indiquent que les eaux de la rivière Kalamu de Boma sont polluées par une forte charge organique et minérale.

Mots clés : *rivière Kalamu, qualité des eaux, pollution, poubelle à ciel ouvert*

REFERENCES ET NOTES

- Atibu EK**, Devarajan N, Thevenon F, Mwanamoki PM, Tshibanda JB, Mpiana PT, Prabakar K, Mubedi JI, Walter Wildi, Poté J (2013). Concentration of metals in surface water and sediment of Luilu and Musonoie Rivers, Kolwezi-Katanga, Democratic Republic of Congo. *Appl. Geochem.* 39 : 26–32.
- Coopération française** (1988). Plan de développement Urbain de Boma, éd. Boma
- Coordination Urbaine de Boma du Ministère de l'environnement** (2006). Rapports annuels de 1986-2006 sur la conservation de la nature dans l'entité du Bas-Congo
- EU**, European Directive 2006/7/CE of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006L0007_12/09/2014
- Kambole MS** (2003). Managing the water quality of the Kafue River. *Phys. Chem. Earth* 28 : 1105–1109.
- Mairie de Boma (1997). Rapport annuel, ministère de l'intérieur et des affaires coutumières, Ville Urbaine de Boma
- Mambambu A** (2001). La gestion des Ordures dans la vallée de la rivière Kalamu, Travail de fin de cycle, ISP-Boma, inédit
- Mubedi JI**, Devarajan N, Faucheur SL, Kayembe JM, Atibu EK, Periyasamy S, Kandasamy P, Mpiana PT, Wildi W, Poté J (2013). Effects of untreated hospital effluents on the accumulation of toxic metals in sediments of receiving system under tropical conditions: case of South India and Democratic Republic of Congo. *Chemosphere* 93: 1070–1076.
- Musibono D** (2006). Du marasme d'un Etat-squelette aux défis du développement durable, éd. Chaire Unesco, Unikin
- Mwanamoki PM**, Devarajan N, Niane B, Ngelinkoto P, Thevenon F, Nlandu JW, Mpiana PT, Prabakar K, Mubedi JI, Kabele CG, Wildi W, Poté J (2014). Trace metal distributions in the sediments from river-reservoir systems: case of the Congo River and Lake Ma Vallée, Kinshasa (Democratic Republic of Congo) *Environ Sci Pollut Res*
DOI 10.1007/s11356-014-3381-y
- Mwanamoki PM**, Devarajan N, Thevenon F, Atibu EK, Tshibanda JB, Ngelinkoto P, Mpiana PT, Prabakar K, Mubedi JI, Kabele CG, Wildi W, Poté J (2014). Assessment of pathogenic bacteria in water and sediment from a water reservoir under tropical conditions (Lake Ma Vallée), Kinshasa Democratic Republic of Congo *Environ Monit Assess*
DOI 10.1007/s10661-014-3891-6
- Mwanamoki PM**, Devarajan N, Thevenon F, Niane B, Luiz FA, Grandjean D, Mpiana PT, Prabakar K, Mubedi JI, Kabele CG, Wildi W, Poté J (2014) Trace metals and persistent organic pollutants in sediments from river-reservoir systems in Democratic Republic of Congo (DRC): Spatial distribution and potential ecotoxicological effects *Chemosphere* 111 (2014) 485–492
- Nanituma M** (2011). Contribution à l'effort de production et de distribution de l'eau potable en R.D.C. " cas de la ville de Kinshasa". Thèse de doctorat en Sciences chimiques, Université de Kinshasa (R.D.C).
- OMS** (2000). Directives des qualités pour l'eau de boisson, Volume II-critères d'hygiène et documentation à l'appui. 2ième édition, www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables_13/07/2013
- Rodier J** et al. (1996). L'Analyse de l'eau. 8ème édition, Dunod, Paris.
- S.E.E.E** (2007). Normes de Qualité : Eaux de surfaces, Grille de qualité
http://www.eau-tensift.net/fileadmin/user_files/pdf/publications/1_Grille_de_qualite.pdf 12/10/2014.
- Tshibanda JB**, Devarajan N, Niane B, Mwanamoki PM, Atibu EK, Mpiana PT, Prabakar K, Mubedi JI, Kabele CG, Wildi W, Poté J (2014). Microbiological and physicochemical characterization of water and sediment of an urban river: N'Djili River, Kinshasa, Democratic Republic of

the Congo. Sustainability of Water Quality and Ecology.
DOI:10.1016/j.swaqe.2014.07.001

Wanga BM, Musibono DE, Mpiana PT, Mafuana L, Kiza NJ et
Diana (2014). Etat microbiologique des eaux de la
Rivière Kalamu de Boma et son influence sur la santé de
la population : Congo Sciences Volume
2/Numero1/March 2014/www.congosciences.org