



**CONTRIBUTION A L'EVALUATION DE LA QUALITE
PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU : CAS DE LA RIVIERE
URBAINE GOMBE DE KINSHASA/REPUBLIQUE
DEMOCRATIQUE DU CONGO**

**CONTRIBUTION TO THE EVALUATION OF PHYSICO-CHEMICAL
QUALITY OF WATER: THE CASE OF THE GOMBE URBAN RIVER
OF KINSHASA-CITY IN DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO.**

AKATUMBILA L.^{1}, MABIALA M.², LUBINI A.³, PWEMA K.⁴, MUSIBONO E. A.⁵*

^{1*} Laboratoire de Biologie et Techniques Appliquées de l'Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe (ISP/Gombe), B.P. 3585, Kinshasa Gombe, RD.Congo

² Laboratoire du Département de Physique des Sols et d'Hydrologie du Centre Régional d'Etude Nucléaire de Kinshasa/Commissariat Général à l'Energie Atomique (CREN – K /CGEA) de l'Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD.Congo

³ Laboratoire de Systématique, Biodiversité et Conservation de la Nature de l'Université de Kinshasa, Département des Sciences et Génie de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD.Congo

⁴ Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD.Congo

⁵ Laboratoire d'Ecotoxicologie et Microbiologie, Faculté des Sciences et Génie de l'Environnement, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD.Congo

**augustinakatumbila@gmail.com*

RESUME

L'analyse des paramètres physico-chimiques liés à la pollution du cours d'eau Gombe de la région de Kinshasa a montré que celui-ci a un niveau de pollution élevé.

Les données d'analyse de la turbidité au Centre Régional d'Etude Nucléaire (CREN-K) de l'Université de Kinshasa, indiquent que l'eau de la rivière Gombe est toujours trouble en saison sèche et saison des pluies.

Les valeurs moyennes de la conductivité électrique de l'eau de cette rivière montrent que la Gombe est fortement minéralisée, soit 440,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 355 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en saison sèche et saison des pluies en référence aux normes. La demande biochimique en oxygène (DBO_5) est élevée, soit 40,49 mgO_2/l et 34,89 mgO_2/l respectivement en saison sèche et saison des pluies dans la Gombe. L'analyse spécifique de la DBO_5 , des nitrites, phosphates et des sels ammoniacaux, indique un niveau de pollution organique, sinon excédentaire au moins atteignant une limite inquiétante pour la population. Ce résultat est une conséquence de l'eutrophisation élevée dans la Gombe. En conséquence, on observe une prolifération excessive d'algues dont certaines produisent des toxines. L'eau de la rivière Gombe est de qualité très médiocre à très mauvaise.

Mots-clés : Gombe, paramètres physicochimiques, pollution.

ABSTRACT

The analysis of physico-chemical parameters linked to pollution of Gombe river in the region of Kinshasa showed that the river Gombe is always so polluted. Data of analysis of the turbidity in the CREN-K (Centre de recherche en Energie Nucléaire/Nuclear Energy Research of Kinshasa) of University of Kinshasa, within the Department of Soils Physics and Hydrology which indicated that Gombe river water is always troublesome, either 51,18 NTU and 44,75 NTU, especially in dry season and in rainy season in river Gombe.

For the conductivity, Gombe river is also strongly mineralized comparably to the IPO. i.e. 440,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 355 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in dry season and in rainy season in the Gombe river. The biochemical demand in oxygen (BDO_5) is higher in the Gombe river, i.e. 40,49 mgO_2/l and 34,89 mgO_2/l in dry season and rainy season in Gombe river. This result is the consequence of the high level of eutrophication in the Gombe river. Consequently, we constatate the excessive proliferation of algae which some are producers of toxins. Water of Gombe river is of very poor quality and the most.

Keywords: Gombe, physico-chemical parameters, pollution.

INTRODUCTION

Les rivières de la région de Kinshasa subissent des pollutions de plus en plus élevées. Cette région connaît actuellement une forte croissance démographique ; les industries qui s'y installent appellent la formation d'importants groupements humains, avec effets évidents sur la pollution des rivières qui la traversent (Anonyme, 1996 ; Champiat et al, 1988). La surveillance de la qualité des eaux de ces rivières s'impose.

A Kinshasa, la population se soucie peu de la qualité de l'environnement, en particulier des cours d'eau qui charrient de grandes quantités des déchets tant domestiques qu'industriels.

Ainsi, une évaluation qualitative du cours d'eau sous étude s'avère intéressante afin de suivre l'évolution de la pollution nitrique dans l'optique d'un contrôle des paramètres physico-chimiques et chimiques, qualité visant la préservation de la santé de la population contre les maladies d'origine hydrique. Ce travail représente une première étude dont le but est d'évaluer l'importance quantitative et qualitative des paramètres physico-chimiques de l'eau de ce cours d'eau. Il s'agit d'une contribution, non seulement un contrôle de qualité de l'eau des rivières de Kinshasa, mais aussi, à l'actualisation des connaissances acquises sur la qualité des eaux.

Et pour déterminer la qualité de l'eau de cette rivière et de son bassin versant et, connaître son évolution spatio-temporelle, nous avons analysé les données par la méthode indicielle (l'Indice de Pollution Organique IPO) suggérée par Leclercq et Maquet cité par Mounjidet al, 2014).

Les échantillons d'eau prélevés dans la rivière Gombeont été analysés tant in situ qu'au laboratoire selon les méthodes normalisées (Golamaet al., 1990 ; Bacchi, 2007 ; Akatumbila, 2011; Bahrounet al., 2011 ; Mounjidet al. 2014).

MILIEU D'ETUDE

L'étude s'est effectuée sur la rivière Gombe, une petite rivière mais d'une grande importance environnementale (Fig. 1 et 2), en termes du degré de pollution de ces eaux. La figure 1 situe le site d'étude ; les stations de prélèvements sont indiquées dans la figure 2.

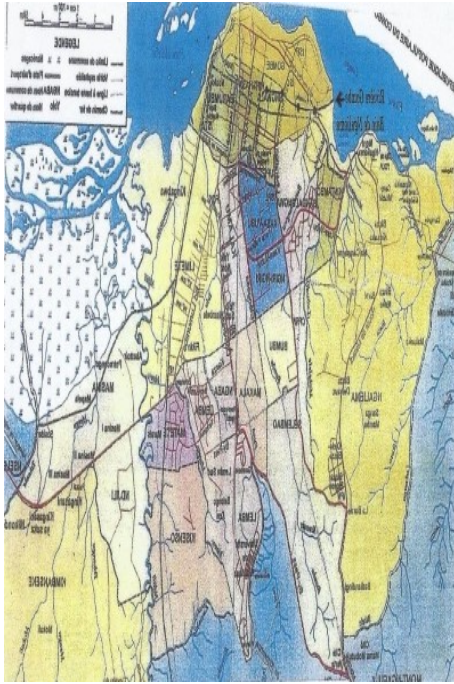


Figure 1 : Carte hydrographique de KINSHASA (Source : Léon de SAINT MOULIN, 2005)



**Légende : Les points noirs indiquent les lieux de prélèvement d'échantillons d'eau.
Source : Léon de SAINT MOULIN, 2005**

Figure 2 : Localisation de la rivière GOMBE à KINSHASA.

En effet, ce petit cours d'eau traverse des quartiers de fortes concentrations des populations et charrie à lui seul, des décharges polluantes des eaux ménagères, des eaux-vannes et d'autres déchets domestiques des Communes urbaines de Lingwala, Gombe et Ngaliema. Cette rivière est un dépotoir à ciel ouvert depuis sa source diffuse dans le camp de Police de Lufungula, jusque dans la baie de Ngaliema (Dussart, 1966 ; Dajoz, 1977 ; Anonyme, 1986 ; Ramade, 2000 ; Anonyme, 2002 ; Augier, 2008 ; Akatumbila, 2011 ; Chaoui et al., 2013 ; De Saint Moulin, 2005) (Fig. 3 et 4).

Sa position géographique a été déterminée à l'aide d'un GPS (Global Positioning System), mais aussi à l'aide de la cartographie géographique existante (De Saint Moulin, 2005) (Fig. 1 et 2). Cette rivière fait partie intégrante de la région de KINSHASA dont le climat est du type AW4 suivant la classification climatique de Köppen, climat tropical humide soudanien avec quatre mois de saison sèche (Crabbe, 1980).



Figure 3 : Station appelée «Pont Roi Ngongo Leteta» ou PR (Photo AKATUMBILA, Juin 2011)



Figure 4 : Station appelée « Petit Pont » ou PP (Photo AKATUMBILA, Juillet 2014)

MATERIEL ET METHODES

Les échantillons d'eau prélevés à contre-courant, par station, dans cette rivière, constituent l'unique matériel biologique soumis à l'analyse des caractéristiques physico-chimiques au laboratoire du CREN-K. Quatre stations de prélèvement ont été échantillonnées (Fig. 2) au cours de dix campagnes d'échantillonnage et des mesures réalisées au pas de temps, puis épisodique, au cours de l'année 2011 et entre juin 2014 et juillet 2015. Ces échantillons d'eau ont été collectés dans des flacons en polyéthylène propres, rincés plusieurs fois avec de l'eau à échantillonner, puis fermés hermétiquement avant d'être gardés au frigidaire à 4°C. Les conditions de conservation, rigoureusement respectées (Rodier, 2009).

Les quatre stations d'échantillonnage sont indiquées dans le tableau suivant avec leurs coordonnées géographiques respectives.

LUF est une station située au niveau du Camp de Police Lufungula ; **PP**, ce lieu appelé «Petit Pont», est le croisement des avenues de la Gombe et du 24 Nombre à 200 mètres de l'Institut Supérieur de Commerce de Kinshasa (ISC/Kinshasa) ; **LF**, à ce niveau est construit le Lycée Français de Kinshasa ; **PR** est le «Pont Roi Ngongo Leteta ou Pont Socimat» sur le boulevard du 30 Juin de Kinshasa (Fig. 3).

Tableau 1 : Localisation des stations étudiées au niveau de la rivière Gombe de Kinshasa

	Stations	Coordonnées géographiques		Altitude (m)	Zone
		Latitude	Longitude		
Rivière	St I =LUF	04° 18' 56,7'' S	15° 18' 01,8'' E	277	urbaine
Gombe	St II = PP	04° 23' 15,7'' S	15° 14' 37,2'' E	277	
	StIII = LF	04° 19' 04,8'' S	15° 17' 20,9'' E	273	
	StIV = PR	04° 19' 11,8'' S	15° 16' 34'' E	273	

LEGENDE : ST I = LUF OU CAMP DE POLICE LUFUNGULA ; ST II = PP OU PETIT PONT ; ST III = LF OU LYCEE FRANÇAIS ; ST IV = PR OU PONT ROI NGONGOLETETA.

Analyse physico-chimique de l'eau de la rivière Gombe.

Le pH, la température, la conductivité électrique et l'oxygène dissous ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un analyseur multiparamètre WTW 340i avec sondes spécifiques.

La turbidité a été déterminée grâce au spectrophotomètre HACH DR 2000. L'alcalinité simple et l'alcalinité totale ont été dosées par titrimétrie à l'aide d'un titrateur digital HACH 16900 équipé de cartouches contenant des solutions titrantes des éléments à doser. Le reste des paramètres (Chlorures, Calcium, Magnésium, Sulfates, Phosphates, Nitrates, Nitrites, Demande biochimique en oxygène, Demande chimique en oxygène, Ammonium, Fer et orthophosphates) a été mesuré au laboratoire par la méthode volumétrique et par l'analyse spectroscopique (absorption atomique).

Traitement des données

Le niveau de la pollution organique d'une rivière ou d'un oued (rivière d'Afrique du Nord) peut être déterminé. On se base sur l'Indice de Pollution Organique (IPO), méthode de traitement des données proposée par Leclercq et Maquet cité par Bahroun et al., (2011) et Mounjid et al., (2014). Quatre paramètres physico-chimiques ont servi de base à cette méthode : la DBO₅, l'ammonium, les nitrites et les orthophosphates. Le principe consiste à répartir les valeurs des éléments polluants en cinq classes, de déterminer à partir de ses

propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne (Tableaux 2 et 3).

Tableau 2 : Limites des classes de l'Indice de Pollution Organique (IPO), (Mounjidet al. 2014)

Paramètres	DBO ₅ mg-O ₂ /l	Ammonium mg-NH ₄ ⁺ /l	Nitrites µg-NO ₂ ⁻ /l	Phosphates µg-PO ₄ ³⁻ /l
	Classes			
5	<2	<0,1	5	15
4	2 - 5	0,1 – 0,9	6 - 10	16 – 75
3	5,1 - 10	1 – 2,4	11 - 50	76 – 250
2	10,1 - 15	2,5 - 6	51 - 150	251 - 900
1	>15	>6	>150	>900

La pollution forte, faible ou nulle est déterminée en rapport avec le chiffre des moyennes des classes obtenues, tout en nous référant aux tableaux 2 et 3. Ainsi, le niveau 1 indique que la pollution de l'eau est très forte ; l'utilisation d'une telle eau est exclue et, la cartographie est représentée par la couleur rouge. 2 correspond à une pollution complète et la couleur de la représentation cartographique est orange. 3 indique une pollution modérée avec une coloration jaune sur la cartographie. 4 exprime une pollution faible, sur la cartographie, la couleur est verte. 4,6 à 5 signifie que la qualité de l'eau est excellente pour la consommation ; la représentation est bleue. Le rapport azote/phosphore ou nitrates/phosphates permet aussi de vérifier le niveau de pollution organique ; dans ce cas, on se réfère à la valeur guide qui se situe entre 4 et 10. Quand ce rapport est inférieur à 4, l'eau est très polluée. Par exemple, en saison sèche, le rapport nitrates/phosphates à la station LUF est de 18,07 mg-NO₃/l divisés par 36,63 mg-PO₄/l qui donnent 0,49 (Tableau 4). Ce nombre est inférieur à la valeur guide qui va de 4 à 10.

Tableau 3 : Classes d'IPO et cartographie (Bahrounet al., 2011)

Moyenne des classes	Niveau de pollution organique	Cartographie couleur
5,0 – 4,6	Nulle	Bleu
4,5 – 4,0	Faible	Vert
3,9 – 3,0	Modérée	Jaune
2,9 – 2,0	Forte	Orange
1,9 – 1,0	Très forte	Rouge

Pour estimer globalement, la pollution organique dans son ensemble et pour bien visualiser l'évolution spatio-temporelle de cette pollution à partir des paramètres-test (la DBO₅, ammonium, nitrites et les orthophosphates), on fait la moyenne de la somme des classes et on se réfère au tableau 3.

Analyse statistique (ACP)

La méthode d'Analyse en Composante Principale a été aussi utilisée pour interpréter nos données hydrochimiques de ce hydrosystème. Cette méthode permet de transformer les variables quantitatives initiales, toutes plus ou moins corrélées, entre elles, en nouvelles variables quantitatives non corrélées, appelées Composantes Principales (Davis cité par Mounjidet al. 2014) ; (Oubraim, 2002) ; (Belghitiet al., 2013) ;

L'ACP a été réalisée à l'aide du logiciel Past (Paleontological statistics, version 2.16). Pour cette étude statistique, la matrice des données brutes utilisée comprend 10 variables physico-chimiques : la conductivité électrique (CE), la turbidité (Turb), la température (T°), le potentiel hydrogène (pH), l'oxygène dissous (O₂), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), les composés azotés (NO₃, NO₂, NH₄), l'orthophosphate (PO₄),

RESULTATS ET DISCUSSION

Qualité physico-chimique du cours d'eau Gombe

Cette étude a été réalisée au laboratoire d'analyse du Département de Physique des Sols et d'Hydrologie du Centre de Recherche en Energie Nucléaire-Kinshasa (CREN-K) de l'Université de Kinshasa, après les prélèvements aux lieux tels que signalés dans le tableau 1 (Rodier, 2009; Musibono, 1992; Kosmala, 1988 ; Kbibch et al., 2011 ; Ramade, 2000 ; Bahroun et al., 2011). L'étude a couvert l'année 2011 et la période allant de juin 2014 à juillet 2015, période qui nous a permis de faire la comparaison des résultats avec des normes européennes et marocaines (des eaux de surface NMES). Nous avons tablé sur les moyennes en saison sèche et en saison des pluies. Compte tenu du changement climatique et de la classification climatique de Köppen dans cette zone subéquatoriale, la grande saison sèche s'étale de mi-Mai à mi-Août et, la petite saison sèche comprend le mois de Février. Les résultats de notre étude sont donnés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Résultats des différents paramètres physico-chimiques de la rivière Gombe à Kinshasa en saison sèche et en saison des pluies et par station

Stations		Saison des pluies											
		Moy	418	24,34	25,65	6,59	3,04	14,13	34,48	0,060	0,016	32,29	
Saison des pluies	PR	Max	476	27,7	27	6,8	3,11	14,37	37	0,064	0,021	34,02	
		Min	360	22,99	24,3	6,39	2,98	13,9	31,97	0,060	0,011	30,56	
		Moy	397	39,8	26,35	6,78	2,65	12,08	40,01	0,060	0,01	37,7	
	LF	Max	476	62,5	27,7	6,97	3,29	12,99	44,1	0,069	0,019	39,48	
		Min	318	17,1	25	6,6	2,01	11,17	36	0,065	0,016	35,91	
		Moy	400,5	57,82	26,5	6,38	1,93	12,35	40	0,060	0,01	36,8	
	PP	Max	476	62,5	28	6,7	2,89	13,01	44	0,067	0,017	38,29	
		Min	325	53,15	25	6,06	0,97	11,69	36	0,036	0,011	35,31	
		Moy	361,5	43,84	26,6	6,5	2,92	14,25	37,37	0,050	0,01	30,18	
	LUF	Max	376	62,5	27,4	6,7	3,6	16,01	44	0,058	0,018	32,26	
		Min	347	25,19	25,8	6,6	2,65	12,5	30,74	0,042	0,015	28,1	
		Moy	453	41,22	26,55	6,5	1,77	14,68	40,3	0,070	0,01	37,24	
	Saison sèche	PR	Max	479	58	27,1	6,51	2,89	15,46	48,59	0,083	0,021	41,26
			Min	430	24,45	26	6,49	0,65	13,9	32	0,061	0,018	33,23
			Moy	405	61,3	26,6	6,5	1,78	12,34	38	0,070	0,01	39,59
		LF	Max	469	66	27,3	6,73	2,89	13,6	44	0,083	0,019	41,27
			Min	342	55,6	25,9	6,43	0,68	11,08	32	0,061	0,016	37,91
			Moy	405	56,95	25,55	6,5	1,39	20,42	38,75	0,050	0,012	25,16
PP		Max	460	58,3	27	6,6	2,39	21,04	44,5	0,058	0,015	35,92	
		Min	350	55,6	24,1	6,4	0,4	19,8	33	0,047	0,009	14,41	
		Moy	308	56,6	29,95	6,53	1,43	18,07	38	0,050	0,01	36,63	
LUF		Max	323	58,3	25,1	6,66	2,46	21,04	44	0,061	0,017	40,3	
		Min	293	54,9	22,8	6,43	0,4	15,1	32	0,051	0,014	2,97	

Les tableaux 5 et 6 ont été établis à partir de deux valeurs : la maximale et la minimale. La valeur maximale ou minimale d'un paramètre est tirée de l'ensemble de toutes les valeurs obtenues sur toutes les stations de prélèvements, pour une saison et pour un paramètre. Ces tableaux nous permettent de constater rapidement l'état polluant de l'eau de la rivière Gombe en saison sèche et en saison des pluies.

Exemples (Tableau 4) :

La conductivité électrique (CE) :

En saison sèche : La valeur maximale (max) par rapport à toutes les stations, s’observe à la station **PR** (479 mg/l) ; la valeur minimale (min), à la station **LUF** (293 mg/l) et leur moyenne (386mg/l).

En saison des pluies : La valeur maximale est à la station **PP** (476mg/l) ; et la minimale se situe à **LF** (318 mg/l) et leur moyenne (397 mg/l).

La Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅)

En saison sèche : La valeur maximale, observée à la station **PR** (48,59mgO₂/l) ; la valeur minimale, à **LF** et **PR** (32 mgO₂/l) et leur moyenne (40,30 mgO₂/l). **En saison des pluies :** La valeur maximale, située à **LF** (44,1 mgO₂/l), la minimale, à **LUF** (30,74 mgO₂/l) et leur moyenne (37,42 mgO₂/l).

Le tableau 5 indique que, quelle que soit la saison, l’état de pollution organique de cette rivière est toujours élevé.

Tableau 5 : Comparaison des paramètres physico-chimiques de la rivière Gombe de Kinshasa

Rivière	Gombe			Gombe		
	Saison sèche			Saison de pluies		
Périodes	max	min	moy	max	min	moy
Paramètres						
CE(µS/cm)	479	293	386	476	318	397
Turb(NTU)	61,3	24	42,65	62,5	17,1	39,8
T°(°C)	27,3	22,8	25,05	28	24,3	26,15
pH	6,73	6,4	6,55	6,97	6,06	6,51
O₂diss(mgO₂/l)	2,89	0,4	1,64	3,6	0,97	2,38
NO₃⁻(mg/INO₃⁻)	21,04	11,08	16,06	16,01	11,17	16,59
DBO₅(mgO₂/l)	48,59	32	40,30	44,1	30,74	37,42
NH₄³⁺(mg/INH₄³⁺)	0,083	0,047	0,13	0,069	0,42	0,055
NO₂⁻(mg/INO₂⁻)	0,021	0,009	0,015	0,021	0,011	0,016
PO₄³⁻(mg/IPO₄³⁻)	41,27	14,41	27,84	39,48	28,1	33,79
	Σ× = 546,235			Σ×=522,293		

En effet, en saison sèche, en valeurs calculées des données du tableau 5, la somme des moyennes est de 546,235 mg/l ; de telle sorte que les valeurs qui structurent positivement le plan factoriel F1 sont la CE (386/546,235 = 70,6 %), la turbidité (62,5/546,235 = 7,8 %), la DBO₅ (40,30/346,235 = 7,3 %), les PO₄ (27,84/346,235 = 5,1 %).

En saison des pluies, la somme des moyennes est 522,293 mg/l ; l'allure en % donne pour la CE (397/522,293 = 76 %), la turbidité (7,6 %), la DBO₅ (7,1 %), les PO₄ (6,4 %).

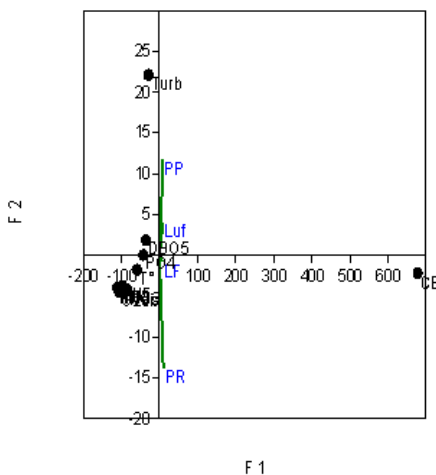
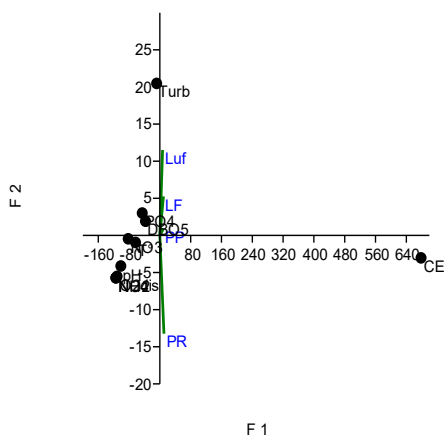


Figure 5 : Représentation des variables sur le plan factoriel F1 et F2, avec le numéro de valeur propre en saison sèche

Figure 6 : Représentation des variables sur le plan factoriel F1 et F2, avec le numéro de valeur propre en saison des pluies

Toutes ces valeurs élevées, même en %, structurent positivement le plan factoriel F1 et F2. Les autres valeurs du tableau 5 (le pH, l'O₂ dissous, les NO₃, l'ammonium) sont faibles et structurent négativement le plan factoriel F1 et F2. Ces données sont traduites en valeurs propres par le logiciel pour illustrer l'ampleur de la contribution des paramètres étudiés à la pollution de l'eau. Les figures 5 et 6 montrent le panorama de la nouvelle matrice de corrélation respectivement en saison sèche et en saison des pluies.

Le tableau qui suit (Tableau 6) compare la pollution organique de l'eau de la rivière Gombe en saison sèche et en saison des pluies ; on pourra ainsi se faire l'idée de la période qui a le plus d'impact sur la pollution.

Tableau 6 : Niveau de l'indice de pollution organique (IPO) comparé de la rivière Gombe de Kinshasa : saison sèche/saison des pluies.

Rivière	Saison sèche				Saison de pluies			
	Val moy	classe corresp	niveau IPO	cartogr/coul	Val. moy	classe corresp	Niveau IPO	cartogr/coul
DBO₅ (mgO ₂ /l)	40,30	1	Très forte	Rouge	37	1	Très forte	Rouge
NH₄³⁺ (mg/NH ₄ ³⁺)	0,13	4	Faible	Verte	0,1	5	Nulle	Bleue
NO₂⁻ (µg/INO ₂)	15	3	Modérée	Jaune	16	3	Moderée	Jaune
PO₄³⁻ (µg/IPO ₄ ³⁻)	27840	1	Très forte	Rouge	33790	1	Très forte	Rouge
Moy des classes		2,25	Forte	Orange		2,05	Forte	Orange

Dans ce tableau 6, la valeur moyenne de la DBO₅ en saison sèche est de 40,30 mgO₂/l, supérieure à 15 et correspond à la classe 1, expression d'une pollution très forte. De même pour la saison des pluies, la valeur de la DBO₅ est de 37,42 mgO₂/l, c'est-à-dire, supérieure à 15 ; la pollution est également très forte. Le même raisonnement s'applique à tous les autres paramètres. La moyenne de la somme des classes, dans ce cas, est de 2,25 en saison sèche, et de 2,05 en saison des pluies.

En nous référant au tableau 3 de ce travail, nous constatons que la moyenne des classes de la pollution des eaux de la rivière Gombe (2,25 et 2,05) varie dans les limites de 2,0 à 2,9. Cette rivière est de la classe 2. La pollution organique est forte. L'eau est de qualité mauvaise.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) indique clairement que sur les dix variables prises en compte pour cette étude, la CE exprime mieux, l'état polluant de l'eau de la rivière Gombe.

Appréciation de la qualité chimique des eaux de la rivière Gombe par l'Indice de Pollution Organique (IPO)

Les valeurs indiciaires des quatre stations d'étude donnent un profil homogène de l'amont à l'aval. En effet, l'analyse des eaux depuis la source jusqu'à l'exutoire avec le fleuve Congo donne des valeurs de 2,5 (qualité mauvaise) comme le témoigne la valeur de la variance (3,66 %) et, une petite fluctuation de la variance (3,89 %) à la station **PP** (Tableau 7).

Tableau 7 : Résultats de l'Indice de Pollution Organique de la rivière Gombe à Kinshasa.

Stations	LUF	PP	LF	PP
Max	2,5	2,5	2,5	2,5
Min	2,5	2,6	2,5	2,5
IPO moy	2,5	2,55	2,5	2,5
Cartographie	orange	orange	orange	orange
Ecart-type	1,77	1,80	1,77	1,77
Variance (%)	3,66	3,89	3,66	3,66

En nous référant au tableau 4, nous relevons ce qui suit en saison sèche et en saison des pluies : pour la DBO₅, chaque valeur (maximale et minimale) à chaque station, est supérieure à 15 (Tableau 2), et, représente la classe moyenne d'IPO égale à 1 ; les valeurs de NH₄⁺ à toutes les stations du tableau 4 sont inférieures à 0,1, et la moyenne d'IPO correspondant est égale à 5 ; les valeurs (maximales et minimales) des NO₂ donnent la moyenne 3 de l'Indice de Pollution Organique exprimant ainsi une pollution modérée ; tandis que les PO₄ représentent la moyenne d'IPO égale à 1. La valeur moyenne d'IPO du tableau 7 représente la somme des moyennes d'IPO (max et min) par station. Les résultats du tableau 7 rejoignent ceux du tableau 6 et, indiquent qu'en saison sèche et en saison des pluies, la pollution de la rivière Gombe est toujours forte. En cartographie, la représentation est orange.

DISCUSSION

Les résultats de cette étude sont présentés de façon brute dans le tableau 4. Ce dernier nous sert de soubassement dans cette partie de la discussion.

Température

La température constitue un facteur important dans l'environnement aquatique (Chapman et al., 1996 ; Derwich et al., 2010). Elle conditionne la vie des organismes animaux et végétaux aquatiques comme les algues (Akatumbila, 2011).

Dans le cours d'eau sous étude (rivière Gombe), cette température est légèrement supérieure en saison des pluies qu'en saison sèche ; les variations de la température entre les deux saisons demeurent moins significatives, les moyennes les plus élevées se situent pour la saison sèche, à la station **LF** avec

26,6 °C; et pour la saison des pluies, à la station **LUF**, soit 26,6 °C (Tableau 4). La faible variation de la température de l'eau serait due à la lenteur d'écoulement dont la vitesse d'écoulement est de 2,4 cm/s (Akatumbila, 2011).

Ces résultats corroborent ceux, obtenus par Derwich et al. (2010) dans les eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Sebou, soit une moyenne de 17,6 °C, et, d'autres résultats obtenus par Mounjid et al. (2014), soit des moyennes de 21,15 °C et 22,92 °C dans les stations à oueds Merzeg et Sierni, par Belghiti et al. (2013), soit 20 °C (minimum) et 21,04 °C (maximum) dans la région marocaine de Meknès. Enfin, les écarts significatifs de température entre les oueds maghrébins et la rivière Gombe se justifient par le fait que cette dernière se situe dans la zone subéquatoriale au climat généralement chaud.

Conductivité électrique

Ce paramètre représente une donnée qui permet d'évaluer de façon approximative, la minéralisation globale du milieu aquatique et d'en faire le suivi de l'évolution (Abboudi Akil et al. 2014; Derwich et al. 2010).

En saison sèche, les valeurs moyennes de la conductivité électrique les plus élevées sont observées dans le tableau 4, à **PR**, soit 453 $\mu\text{S/cm}$, et, les plus basses sont observées à **LUF**, soit 308 $\mu\text{S/cm}$. En saison des pluies, Les variations de la CE ne sont pas importantes entre les deux saisons ; cependant, on constate que l'importance quantitative de la conductivité électrique connaît un gradient croissant de l'amont à l'aval. Cela serait dû probablement au fait que la rivière Gombe, à faible débit, subit un impact d'activités anthropiques intenses sur tout son parcours jusqu'au Fleuve Congo. En effet, cette petite rivière draine toutes les décharges des concentrations urbaines des communes de Lingwala, Gombe, Ngaliema et, tous les déchets d'une grande partie du boulevard du 30 Juin et de la source diffuse dans le camp de police Lufungula.

Les résultats obtenus par Kamb (2013) dans la rivière Lukunga de Kinshasa indiquent clairement que Lukunga est faiblement minéralisée par rapport à la rivière Gombe, soit des moyennes maximales les plus élevées de chaque cours d'eau évaluées à 81,2 $\mu\text{S/cm}$ (Lukunga) contre 453 $\mu\text{S/cm}$ (Gombe).

Les résultats de notre étude corroborent ceux de Abboudi Akil et al. (2014) qui confirment des valeurs élevées obtenues dans l'analyse des eaux du bassin de Guigou (Maroc), valeurs comprises entre 230 $\mu\text{S/cm}$ et 552 $\mu\text{S/cm}$, mais considérées par l'auteur comme faibles dans leurs conditions locales.

Derwich et al. (2010) confirment des valeurs de la CE toujours supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à partir des eaux de la nappe alluviale de Sebou. Il attribuerait cette forte minéralisation de Sebou aux apports issus du drainage, par cet oued, des déchets de la zone et de la nappe alluviale.

pH

Le pH exprime l'état d'acidité ou d'alcalinité de l'eau par rapport à l'échelle logarithmique de 0 à 14. Les normes européennes et marocaines (NMES) arrêtent les valeurs acceptables entre 6,5 et 8,5 (Chapman et al. 1996 ; Mounjid et al., 2014).

Les valeurs observées, au niveau de chacune des 4 stations (**LUF**, **PP**, **LF**, **PR**) dans la rivière Gombe, sont très voisines, les unes des autres ; les différences sont non significatives.

En considérant les 4 stations de façon synoptique, en saison sèche, la valeur maximale du pH la plus élevée est observée à **LF** (pH = 6,73) et la minimale la plus basse à **PP** (pH = 6,4). En saison des pluies, l'acidité de l'eau diminue très légèrement ; car, la valeur maximale la plus élevée du pH, est observée à **LF** (pH = 6,97), c'est-à-dire, très proche de la neutralité; et la minimale la plus basse à **PP** (pH = 6,06). Les valeurs du pH, dans l'ensemble des 2 saisons, oscillent donc entre 6,97 (valeur la plus élevée pour les deux saisons) et 6,06 (valeur la plus basse de l'ensemble des saisons).

Ces résultats corroborent ceux, obtenus par Pwema (2014) au niveau du Pool Malebo ; le Pool Malebo est la partie dilatée du Fleuve Congo sur les rives de laquelle sont bâties face à face les deux capitales (Congo- Kinshasa et Congo Brazzaville) (Fig. 1).

Notons que toutes les valeurs maximales du pH tendent vers la neutralité pour les eaux du Fleuve Congo, et vers l'acidité pour la rivière Gombe. L'acidité de l'eau de la Gombe serait certainement due aux déversements des produits de ménage et industriels du fait que cette rivière traverse d'importantes concentrations urbaines.

Dans l'oued Merzeg et son affluent Sierni du Grand Casablanca au Maroc, les valeurs moyennes du pH à toutes les stations (**M₁**, **M₂**, **M₃**, **M₄** et **AS,RJ,SO**) montrent l'alcalinité très prononcée (la plus élevée, pH = 8,28 (**M₂**) et la plus faible, pH = 7,76 (**RJ**). Mounjid et al. (2014) attribuent l'alcalinité de ces eaux aux activités photosynthétiques importantes et à la nature lithologique des terrains que ces eaux traversent (Dussart, 1966).

Les valeurs du pH obtenues par Derwich et al. (2010). par l'analyse des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou corroborent celles obtenues par Mounjid (2014) et confirment la différence entre les eaux des oueds et les eaux des rivières de la région subéquatoriale en occurrence la rivière Gombe.

Oxygène dissous

L'oxygène dissous est compté parmi les plus importants indicateurs du degré de pollution des eaux. Il mesure la concentration de l'oxygène dissous dans l'eau et participe aux différents processus chimiques et biologiques dans le milieu aquatique. La teneur moyenne dans les eaux de surface non polluées est de $8\text{mgO}_2/\text{l}$ et ne dépasse pas $10\text{mgO}_2/\text{l}$ (Derwich et al. 2010 ; Abboudi Akil et al., 2014).

Dans ce tableau 4 de notre étude, la valeur moyenne la plus élevée est de $1,78\text{mgO}_2/\text{l}$ à la station **LF** en saison sèche ; en saison des pluies, cette valeur moyenne de O_2 dissous la plus élevée équivaut à $3,04\text{mgO}_2/\text{l}$ à **PR**. Les concentrations obtenues ne présentent pas de variations importantes. Au contraire, de la station **LUF** jusqu'à la dernière station **PR**, les valeurs des concentrations en O_2 dissous restent assez voisines et, largement inférieures à la valeur guide qui s'élève à $8\text{mgO}_2/\text{l}$. L'eau de la rivière Gombe étant très pauvre en oxygène dissous, peut être qualifiée de médiocre à très mauvaise. C'est un signal de l'existence d'état d'eutrophisation avancée.

Les résultats de notre étude sur l'oxygène dissous restent inférieurs à ceux obtenus par Mounjid et al. (2014) dans les eaux à oued Merzeg parce que, dans Merzeg, les valeurs des concentrations en O_2 dissous sont élevées en général et atteignent même les valeurs guide ; à l'exception des stations (**M₂**) située à Khyayta où la teneur en O_2 dissous baisse jusqu'à $0,96\text{mgO}_2/\text{l}$ (qualité très mauvaise) et **RJ** ($2,27\text{mgO}_2/\text{l}$).

Par rapport à nos résultats, ceux réalisés par Derwich et al. (2010) sur les eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou se révèlent relativement élevées au niveau de toutes les stations de **S₁** à **S₁₀** avec deux pics aux eaux bien oxygénées à **S₃** et **S₁₀** ; résultats que l'auteur attribue à l'éloignement des deux sites, de l'eau de Sebou.

Abboudi Akil et al. (2014) ont obtenu des valeurs allant de $3,5\text{mgO}_2/\text{l}$ à $8\text{mgO}_2/\text{l}$ dans les eaux du Guigou (au Maroc), sur presque toutes les stations étudiées ; preuve que l'eau de l'oued Guigou est d'une excellente qualité dans son ensemble.

Demande biochimique en Oxygène (DBO₅)

La DBO₅ indique la quantité d'oxygène moléculaire utilisée par les microorganismes pendant 5 jours d'incubation et à 20 °C pour décomposer la matière organique dissoute ou en suspension, contenue dans 1 litre d'eau (Chapman et al. 1996 ; Derwich et al. 2010).

Les normes européennes et marocaines (NMES) de potabilité retiennent les valeurs guide de 6 à 10 mgO₂/l.

Les valeurs obtenues tout le long du cours d'eau Gombe et à toutes les stations permettent de qualifier cette eau, une fois de plus, de très médiocre à très mauvaise. Les moyennes observées aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies, demeurent presque équivalentes, et, supérieures à la valeur guide.

De petites variations aléatoires s'observent dans une saison. Par exemple, en saison sèche, un gradient croissant se rencontre à **LUF** (38 mgO₂/l) à **PR** (40,25 mgO₂/l) ; et en saison des pluies, un gradient décroissant de l'amont **LUF** (37,37 mgO₂/l) (qualité très mauvaise), à l'aval **PR** (34,48 mgO₂/l) (qualité mauvaise) ; ce qui témoigne d'un début de l'effet auto-épuratoire de la rivière.

Les stations **LUF**, **PP** et **LF**, par contre, présentent des teneurs moyennes équivalentes en DBO₅, soit 38 mgO₂/l, (qualité très mauvaise), mais la dernière station **PR** en aval a une teneur élevée, soit 40 mgO₂/l, (qualité extrêmement mauvaise). Cela peut s'expliquer par le fait qu'au fur et à mesure de l'écoulement, le cours d'eau reçoit les eaux venant des activités anthropiques et des rigoles internes chargées des matières organiques (qualité très mauvaise à extrêmement mauvaise).

Nos résultats corroborent ceux obtenus par Mounjid et al (2014). au niveau de l'oued maghrébin Merzeg où à **M₁**, la valeur moyenne de la DBO₅ s'élève à 50,46 mgO₂/l (qualité de l'eau très mauvaise) pour passer à 8,27 mgO₂/l (qualité moyenne) en **M₄**, après l'épuration par la STEP de Berrech (SEEF, 2007) ; à la station **AS** de l'affluent de Merzeg, par contre, la teneur en DBO₅ atteint 8 mgO₂/l (qualité excellente) et après les rejets industriels de Had Soualem à la station **RJ**, la teneur s'élève à 156 mgO₂/l (qualité extrêmement mauvaise).

Orthophosphates

Dans l'ensemble des deux saisons, la valeur moyenne la plus élevée d'orthophosphates a été enregistrée à la station **LF** de ce tableau 4, soit 39,59 mg/l PO_4^{3-} et la valeur moyenne la plus faible, à la station **LUF**, soit 30,18 mg/l PO_4^{3-} .

Les valeurs moyennes des résultats obtenus dans le présent travail demeurent de loin supérieures à celles de la valeur guide des orthophosphates, et partant, l'eau de la Gombe est de qualité médiocre à très mauvaise.

Ces résultats corroborent ceux obtenus par Kamb (2013), soit 0,6 mg/l PO_4^{3-} sur 5 stations de prélèvement des eaux de la rivière Lukunga de Kinshasa, par Mounjid et al. (2014), soit 3,98 mg/l PO_4^{3-} (eau de qualité moyenne au niveau de la station **RJ** sur oued Merzeg, Maroc). Ces concentrations supérieures des orthophosphates favorisent certainement l'eutrophisation de la rivière Gombe.

Nitrates

Les nitrates constituent, avec les phosphates, des nutriments dont l'accumulation au fond des lacs, des étangs ou des rivières, forme le dépôt organique qui conduit à la dégradation de la qualité de l'eau (Akatumbila, 2011).

Les nitrates proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification (Abboudi Akil et al., 2014). De ce fait, les nitrates représentent également la forme azotée la plus abondante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraines.

Sur toute la longueur de la rivière Gombe et dans l'ensemble des deux saisons, la valeur moyenne la plus élevée a été enregistrée à la station **PP** dans le tableau 4, soit, 20,42 mg/l NO_3^- , et la valeur la plus faible, à **LF**, soit 12,08 mg/l NO_3^- .

Toutes ces valeurs restent largement inférieures à la valeur guide qui s'élève à 50 mg/l NO_3^- . Les écarts entre les stations ne sont pas très grands. Ces nitrates avec les phosphates forment des dépôts au fond de l'eau et favorisent la prolifération extraordinaire d'algues surtout des cyanophycées, origine d'odeurs nauséabondes ressenties aux abords de cette rivière Gombe. Nos résultats montrent que les nitrates constituent une des causes de la pollution de la rivière Gombe.

Ces résultats corroborent ceux de Mounjid et al. (2014) enregistrés à la station **AS**, soit une moyenne de 15,05 mg/l NO_3^- ; à la station **M₄**, soit 12,57 mg/l NO_3^- .

Par contre, les résultats obtenus par Kamb (2013) sur les 5 stations étudiées de la rivière Lukunga de Kinshasa, soit une moyenne de 2,66 mg/l NO_3^- en saison sèche ; et 2,46 mg/l NO_3^- en saison des pluies, demeurent largement inférieurs à ceux de notre étude et de la valeur admissible par les normes marocaines (NMES = 45 à 50 mg/l). De ce fait, les eaux de la Lukunga correspondent à une qualité moyenne et ne s'apprêtent pas à un risque de pollution par les nitrates en comparaison avec les eaux de la Gombe.

Pwema (2014) présente des résultats encore moindres, soit une moyenne de 0,0325 mg/l NO_3^- sur l'ensemble des huit stations étudiées sur le fleuve Congo au niveau du Pool Malebo de Kinshasa, résultats qui ne présentent aucun risque de pollution par les nitrates. Dans la région de Meknès (Maroc), les résultats obtenus par Belghitiet al. (2013) sur les eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire, ont montré que ces eaux ne sont pas sujettes à un risque de pollution par les nitrates ; les teneurs oscillent entre 1,05mg/l (puits **P₇**) et 6,75mg/l (puits **P₄**).

Nitrites

La présence des nitrites en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine (Belghiti et al., 2013). Ces nitrites demeurent instables et se transforment facilement en nitrates. Dans le tableau 4 de notre étude, compte tenu des deux saisons, les valeurs moyennes de la teneur en nitrites oscillent entre 0,01 mg/l NO_2^- (**LUF**) et 0,016 mg/l NO_2^- (station **PR**). La valeur guide en nitrites est de 0,1 mg/l NO_2^- selon l'OMS.

Nos résultats corroborent ceux de Belghitiet al. (2013) dont les leurs varient entre 0,012mg/l NO_2^- (puits **P₁₄**) à 0,080 mg/l NO_2^- (puits **P₂**). Le risque de pollution de l'eau par les nitrites reste tout à fait moindre ou nul, les teneurs ne dépassant pas les normes de l'OMS. Par contre, les études menées par Mounjid et al. (2014) dans l'oued Merzeg et son affluent Sierni montrent l'état très chargés en nitrites de ces cours d'eau qui, et partant, sont exposés au risque de pollution par les nitrites entre autres : pour l'oued Merzeg, les valeurs moyennes oscillent entre 13,85 mg/l NO_2^- (station **M₁**) et 1,68 mg/l NO_2^- (station **M₄**) ; pour l'affluent Sierni, ces valeurs varient entre 7,93 mg/l NO_2^- (station **RJ**) et 0,18 mg/l NO_2^- (station **AS**). Les eaux à oued Merzeg et son affluent Sierni

traversent une zone aux activités industrielles intenses comme la zone industrielle de Had Soualem.

Ammonium

Les teneurs en ammonium dépassent légèrement la valeur guide de 0,05mg/l NH_4^+ (OMS). La pollution de la rivière Gombe ne peut être attribuée à ce paramètre chimique seulement. Dans l'ensemble des deux saisons, la valeur moyenne de la concentration en ammonium la plus élevée se rencontre à **LF** et **PR** (0,07 mg/l NH_4^+) (saison sèche) et la plus faible se situe à LUF et **PP** (0,05 mg/l NH_4^+) (saison sèche), et à **LUF** (0,05 mg/l NH_4^+) (saison des pluies) dans le tableau 4.

En effet, l'ammonium existe en faible proportion inférieure à 0,1 mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles (Derwich et al., 2010). Les résultats de notre étude corroborent ceux obtenus par Derwich et al. (2010).

La figure 10 de l'histogramme que Derwich et al. Présentent, indique des teneurs aux variations très faibles à nulles. Au niveau de toutes les stations étudiées dans l'oued Guigou (Maroc), Abboudi Akil et al. (2014) ont obtenu des concentrations, toutes, inférieures à 0,1 mg/l NH_4^+ . Ce qui laisse prédire que l'ammonium, tout en étant un bon indicateur de la pollution, ne constitue pas un risque de pollution pour l'eau de la rivière Gombe étudiée.

CONCLUSION

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière Gombe à Kinshasa ont fait l'objet d'évaluation environnementale, par l'analyse des paramètres-qualités physico-chimiques : température, conductivité, DBO_5 , oxygène dissous, ammonium, nitrates, nitrites, phosphates.

Les résultats obtenus de l'indice de pollution organique varient largement selon les paramètres et les saisons. En effet, les mesures de la DBO_5 ont révélé des valeurs élevées faisant appel à un peu plus d'oxygène. Le rapport nitrate/phosphate donne toujours une valeur inférieure à la valeur guide qui varie de 4 à 10. De plus, les teneurs en phosphates demeurent assez élevées comme on peut le remarquer aux stations **LUF**, **LF** et **PR** en saison sèche, et, à toutes les stations en saison des pluies.

Comparés aux normes européennes et marocaines, ces résultats révèlent l'état très pollué de la rivière Gombe. Cette dernière est polysaprobe.

Les causes de la pollution de cette rivière résultent des activités et comportement des communautés qui habitent les Communes que le cours d'eau traverse ainsi que des activités industrielles installées et que les effluents charrient quotidiennement.

Enfin, l'autoépuration ne peut se réaliser facilement du fait que cette rivière reçoit des décharges polluantes depuis la source jusqu'à l'exutoire avec le fleuve Congo.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABBOUDI A., TABYAOUI H., EL HAMICHI F., BENAABIDATE L., LAHRACH A. (2014). Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. *European Scientific Journal*, August 2014, Edition vol. 10 n° 23, ISSN 1857 – 7881 (Print) e – IISSN 1857-7431, 84 – 94
- AKATUMBILA L. (2011). Caractérisation biologique de la qualité de l'eau par l'étude de la flore algale des rivières Nsele et Gombe à Kinshasa. Mém. de Diplôme d'Etudes
- Approfondies en Sciences, Dpt Sc. et Génie de l'Environnement, Fac. Sciences, Université de Kinshasa, Rép. Dém. Du Congo, 146 p.
- ANONYME. (1986). Directive de qualité pour l'eau de boisson, vol. 3, contrôle de la qualité de l'eau destinée à l'approvisionnement des petites collectivités. OMS, Genève, 105 p.
- ANONYME. (2002). Normes marocaines. Bulletin Officiel du Maroc, n° 5062 du 30 ramadan 1423.
- AUGIER H. (2008). Le livre noir de l'environnement : état des lieux planétaire sur les pollutions, Editions Alphée, Jean-Paul Bertrand, 601 p.
- BAHROUN S., KHERICI B., BOUSNOUBRA H. (2011). Evaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles. Cas de la région d'El Tarf (Nord-Est algérien). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre, 171-178.
- BACCHI M. (2007). Techniques des prélèvements, Indice Biologique Global Normalisé (IBGN), atelier d'hydrologie, Paris, inédit.
- BELGHITI M.-L., CHAHLAOUI A., BENGLOUMI D., EL MOUSTAINE R. (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 14, Juin, 21-36.
- CHAMPIAT D., LARPENT J.-P. (1988). Biologie des eaux, Méthodes et Techniques, Masson Ed., Paris, Milan, Barcelone, Mexico, 374 p.

- CHAOUIW., BOUSNOUBRA W., CHAOUI K. (2013). Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux superficielles et souterraines de la région de Bouhegouf (Nord-Est algérien), Revue «Nature Technologie». C- Science de l'Environnement, n° 08.
- CHAPMAN D., KIMSTACH V. (1996). Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon.
- CRABBE M. (1980). Le climat de Kinshasa d'après les observations centrées sur la période 1931 -1970, Bruxelles, 120 p.
- DAJOZ R. (1977). La pollution II. L'éventail des pollutions, encyclopédie de l'écologie, éd. Larousse, 148 – 230.
- DERWICH E., BENAABIDATE L., ZIAN A., SADKI O., BELGHITI D. (2010).Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08.
- DE SAINT MOULIN L.(2005). Atlas de l'organisation administrative de la République Démocratique du Congo, CEPAS, Kinshasa, 234 p.
- DUSSART B. (1966). Limnologie. L'étude des eaux continentales, Maison Gauthier-Villars, Paris, 672 p.
- GOLAMA S-K., J-J. (1990). Caractéristiques physico-chimiques de quelques cours d'eau de Kisangani (Haut-Zaïre), Bull. Séanc. Acad. Roy. Sc. Outre-Mer, Nouv. Série 35 : (1989-2) 145 – 157.
- KAMB' T. (2013). Etude de la structure et de la dynamique des peuplements des Macroinvertébrés benthiques d'un système lotique : Cas de la rivière Lukunga à Kinshasa/R.D.Congo, mém. D.E.A. Fac. Sc. Dpt. Biologie, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa/BINZA, 59 p.
- KBIBCH A., BELGHITI D., ELKHARIM K., ELKHOKH K. (2011).Analyse de la pollution de l'oued Mda par les eaux usées domestiques de la ville de soukElarba du Gharb. Maroc.Science Lib Editions Mersenne : Volume 3, N° 110203, ISSN 2111-4706.
- KOSMALA A. (1998). Evaluation Ecotoxicologique de l'impact des effluents de station d'épuration sur les cours d'eau : intérêt d'une approche intégrée. Thèse de doctorat. Univ de METZ, 189 p.
- MOUNJID J., COHEN N., FADLAOUI S., BELHOUARI A., OUBRAIM S. (2014). Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique du cours d'eau Merzegg (périurbain de Cassablanca, Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 18, Juin, 31-51.
- MUSIBONO D. (1992). Qualité de l'eau et aquaculture, une approche d'éco-développement, Edition MTD Engineering, Kinshasa, 160 p.

- OUBRAIM S. (2002). Qualité physico-chimique et biologique des cours d'eau du réseau hydrographique de la Meseta Occidentale Marocaine : Cas de l'Oued Mellah. Thèse de doctorat d'Etat. Faculté des Sciences Ben M'Sik.
- PWEMA K. (2014). Ecologie alimentaire, reproduction et modes d'adaptation de cinq espèces de Labeo Cuvier, 1817 dans les milieux lenticules et des rapides au Pool Malebo dans le fleuve Congo, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Dpt. Biologie, Université de Kinshasa.
- RAMADE F. (2000). Dictionnaire encyclopédique de pollution, éd. Sciences internationales, Paris, 18-25.
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., et coll. (2009). L'analyse de l'eau, 9ème édition entièrement mise à jour, DUNOD, 1526 p.
- SEEF (2007). Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE 2007) : normes marocaines définissant la grille de qualité des eaux de surface.