

Détermination de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux des rivières Kwilu et Ngongo en République Démocratique du Congo

Constantine Manzenza MAFUTA^{1*}, Léon Ekuke WOTO¹, Doudou Lukuama NGESEVUA², Victor Matuta SILULUNDI¹, Jean Jacques Nitumfuidi SILUAKIBANZA¹, André Binzunga - DI - NSEKA¹, Bruno Mbukula MUNZEMBA¹ et Innocent Ndongala KUNSI³

¹ Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), Centre de Recherche de Mvuazi, Kongo-Central, BP 2037, RD Congo

² Institut Supérieur Pédagogique de Mbanza-Ngungu, Département de Chimie, Kongo - Central, BP 29, RD Congo

³ Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Mvuazi, Kongo-Central, RD Congo

* Correspondance, courriel : mconstantinemaze@gmail.com

Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux de rivière Kwilu et Ngongo. Les paramètres physico-chimiques concernés sont : le pH, la conductivité, le chlore libre, le titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH) et la matière organique (MO) ainsi que les paramètres microbiologiques. Après le prélèvement des échantillons, il s'en est suivi les analyses des échantillons récoltés dans le laboratoire. Ces paramètres ont été déterminés par les méthodes usuelles. Les résultats montrent que les valeurs moyennes de pH sont de l'ordre de 7,62 pour la rivière Kwilu et 7,12 pour la rivière Ngongo. Les conductivités moyennes des eaux des rivières Kwilu et Ngongo sont respectivement 303,1 et 326,0 μ /cm. Les concentrations en chlore libre moyennes des eaux des rivières Kwilu et Ngongo sont respectivement 124,5 et 71,0 mg/L. Le titre alcalimétrique moyen est de (0,3 mg/L) pour les eaux de la rivière Kwilu et de (0 mg/L) pour la rivière Ngongo. Les titres alcalimétriques complets moyens des eaux des rivières Kwilu et Ngongo sont respectivement 14,3 et 15,4 mg/L. Les titres hydrométriques moyens sont de l'ordre 18,4^of pour les eaux de la rivière Kwilu et de 21,3^of pour les eaux de la rivière Ngongo. Les valeurs moyennes de matières organiques sont de l'ordre de 2,06mg/L pour les eaux de la rivière Kwilu et de 5,72mg/L pour les eaux de la rivière Ngongo. De même l'analyse microbiologique alarme sur la présence de coliformes totaux, présence excessive des coliformes fécaux, des *Serratia morscens* et des *Proteüs mirabilis* dans les eaux de la rivière Kwilu. La présence de coliformes totaux, présence excessive des coliformes fécaux, de *Citrobacter freundii* et des *Serratia morscens* dans les eaux de la rivière Ngongo.

Mots-clés : eau, chimique, microbiologique, pollution, potabilité, rivière, Kwilu, Ngongo.

Abstract

Determination of some physico-chemical and microbiological parameters of the Kwilu and Ngongo river waters in the RD Congo

The objective of this study is to determine some physicochemical and microbiological parameters of the Kwilu and Ngongo river waters. The physicochemical parameters concerned are : pH, conductivity, free chlorine,

alkalimetric titer (TA), total alkalimetric titer (TAC), hydrotimetric titer (TH) and organic matter (OM), as well as the parameters microbiological. After the samples were taken, analyzes of the samples collected in the laboratory were followed. These parameters have been determined by the usual methods. The results show that the average pH values are of the order of 7.62 for the Kwilu River and 7.12 for the Ngongo River. The average conductivities of the Kwilu and Ngongo rivers are respectively 303.1 and 326.0 μ / cm. The average free chlorine concentrations of the waters of the Kwilu and Ngongo rivers are 124, 5 and 71,0 mg / L, respectively. The mean alkalimetric titer is (0.3 mg / L) for the waters of the Kwilu River and (0 mg / L) for the Ngongo River. The mean total alkalimetric titer of the waters of the Kwilu and Ngongo rivers are 14.3 and 15.4 mg / L, respectively. The average hydrometric titles are of the order of 18.4 ° f for the waters of the Kwilu River and 21.3 ° f for the waters of the Ngongo River. The average values of organic matter are of the order of 2.06mg / L for the waters of the Kwilu River and 5.72mg / L for the waters of the Ngongo River. In the same way, the microbiological analysis alarms on the presence of total coliforms, excessive presence of fecal coliforms, *Serratia morscens* and *Proteüs mirabilis* in the waters of the Kwilu river. The presence of total coliforms, excessive presence of faecal coliforms, *Citrobacter freundü* and *Serratia morscens* in the waters of the Ngongo River.

Keywords : *water, chemical, microbiological, pollution, potability, river, Kwilu, Ngongo.*

1. Introduction

Parmi les ressources naturelles, l'eau est la plus importante. Elle peut et doit être utilisée pour promouvoir l'essor économique et social de tous les peuples de la terre, conformément aux buts et principes des Nations Unies tels que définis dans sa Charte et dans la Déclaration des Droits de l'Homme [1]. L'accès à l'eau potable constitue toujours un problème majeur dans le pays en voie de développement comme la République Démocratique du Congo et d'autres pays d'Afrique [2]. En effet, en 2010, 783 millions de personnes n'avaient pas accès à l'eau potable provenant de sources améliorées [3]. Toutefois, le rapport de Nations Unies [4], mentionne que les maladies infectieuses engendrées par ces microorganismes comme la pneumonie et la diarrhée restent encore aujourd'hui une des principales causes de mortalité à l'échelle mondiale. De plus, vers la fin de l'année 2000, la diarrhée seule tue environ cinq millions d'hommes à travers le monde [5] dont 3,3 millions sont des enfants moins de cinq ans. Cependant, la République Démocratique du Congo n'est pas à l'abri de ces problèmes. Ainsi, l'investigation sur l'analyse des eaux consommées en R.D.C, notamment dans la cité rurale de Kwilu-Ngongo, Province du Kongo central, semble cruciale afin de prévenir aux diverses formes de contaminations. Mais comme l'eau est un élément essentiel pour les êtres vivants, et en particulier pour l'Homme [6], ainsi elle doit être pure dans le sens potable : ne contiens pas d'éléments chimiques dangereux et de germes nocifs pour la santé [7]. Dans ce sens, des analyses physico-chimiques et microbiologiques sont indispensables afin de déterminer les divers paramètres physico-chimiques et les paramètres microbiologiques de l'eau en question. L'objectif de cette étude est de déterminer quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux de rivière Kwilu et Ngongo. Ainsi, ces analyses nous permettent de comparer les valeurs des eaux de rivières du site aux normes internationales pour la qualité de l'eau et de prévenir le gens locaux à la diverse forme de contaminations.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude et échantillonnage

La cité de Kwilu- Ngongo est repérée par les coordonnées géographiques suivantes : 5°29'48,39" de latitude Sud et 14° 40' 58, 21" de longitude Est, sur une altitude de 439 m dans la province du Kongo Central [8]. Elle

appartient à la zone climatique du type AW4 selon la classification de KOPPEN et la pluviométrie moyenne annuelle est de 1400 mm à 1600 mm d'eau [9]. La collecte des échantillons a été réalisée au mois d'octobre 2015 et mai 2016 dans les deux rivières de la cité rurale de Kwilu-Ngongo. La méthode de prélèvement des échantillons est une opération capitale à laquelle le plus grand soin doit être accordé afin de prétendre à de bons résultats d'analyses et à leur interprétation [10].

2-2. Collecte des données et analyse physicochimique de l'eau

Les échantillons d'eau prélevés à contre-courant dans ces deux rivières, constituent l'unique matériel biologique soumis à l'analyse des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques au laboratoire de la compagnie sucrière de Kwilu-ngongo et au laboratoire de l'Institut Médical Evangélique de Kimpese. 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 selon [11]. Ainsi les échantillons d'eau prélevés dans les deux rivières ont été analysés tant in situ qu'au laboratoire selon les méthodes normalisées par les Auteurs des références [12, 13]. Les mesures in situ de pH, conductivité électrique ont été réalisées respectivement grâce à un pH-mètre et un conductimètre. La Dureté total (ou titre hydrotimétrique) de l'eau est déterminée par un dosage complexométrique par l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique). Le mode opératoire est le suivant : un ajout de 10 gouttes de solution tampon TH (pH 10) et quelques gouttes de NET dans 100 mL d'eau prélevée. La solution vire en rouge. Puis, dosage de la solution obtenue par l'EDTA, il est terminé quand la solution rouge vire en bleue. La valeur de la dureté est indiquée par le volume de l'EDTA versé (en °f). L'alcalinité (Titre alcalimétrique complet ou TAC) est déterminée par un dosage volumétrique à l'aide d'une solution d'acide sulfurique en utilisant l'Hélianthine comme indicateur coloré. Le mode opératoire est le suivant : un ajout de quelques gouttes d'hélianthine dans 100 mL d'eau de rivières, puis dosage de la solution par l'acide sulfurique, le dosage est terminé quand la solution devient jaune orangé. La valeur de TAC est indiquée par le volume de l'acide sulfurique versé (en °f).

2-3. Analyses microbiologiques de l'eau

Les paramètres microbiologiques sont déterminés par la méthode de filtration sur membrane pour *Staphylococcus aureus*, coliformes totaux, coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, spores de microorganismes anaérobies sulfite-réducteurs et par la méthode présence/absence pour Salmonelles. Toutes les analyses sont effectuées auprès du laboratoire de l'hôpital de l'Institut Médical Evangélique de Kimpese dans le Kongo-Central. L'échantillon d'eau à analyser est sélectionné selon le niveau probable de contamination de chaque site. Cette dernière est déterminée à partir des observations sur terrain.

2-4. Test statistique

Un test statistique a été utilisé pour l'analyse des données : le test T de Student pour déterminer les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau [14]. Pour cette étude statistique, la matrice des données brutes utilisée comprend 7 variables physico-chimiques : le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE), le chlore libre (CL), le titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH), la matière organique (MO).

3. Résultats et discussion

3-1. Paramètres physico-chimiques

3-1-1. pH

Le pH ou potentiel d'hydrogène détermine la concentration en ions H^+ de l'eau. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. Les valeurs moyennes du pH des eaux échantillonnées est de 7,62 pour la rivière Kwilu et de 7,12 pour la rivière Ngongo. En les comparant avec la norme de l'OMS (6,5-8,5), le pH s'accorde avec cette norme. Les échantillons étudiés ne sont pas donc acides (**Tableau 1**). Les valeurs moyennes du pH de ces deux rivières dépassent celles trouvées par [15] 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).

3-1-2. Conductivité Electrique

La conductivité électrique permet de déterminer la capacité de l'eau à conduire l'électricité. 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 [16, 17] et de vérifier l'existence de pollution dans l'eau [18]. La valeur de la conductivité est aussi en relation avec la nature des couches géologiques de la nappe ou de la présence des minéraux indésirables [19]. Les valeurs de la conductivité dans les eaux de deux rivières sont de l'ordre de 303,16 $\mu S/cm$ pour la rivière Kwilu et de 326,00 $\mu S/cm$ pour la rivière Ngongo. Toutefois, toutes les valeurs observées satisfont la norme (OMS, 2008 = inférieur à 2000 $\mu S/cm$) (**Tableau 1**). Les résultats obtenus par [20] dans la rivière Lukunga de Kinshasa indiquent clairement que Lukunga est faiblement minéralisée par rapport à la rivière Kwilu et Ngongo, soit des moyennes maximales les plus élevées de chaque cours d'eau évaluées à 81,2 $\mu S/cm$ (Lukunga) contre 306,16 $\mu S/cm$ (Kwilu) et 326,00 $\mu S/cm$ (Ngongo).

3-1-3. Chlore libre

Les concentrations en chlore libre moyennes des eaux des rivières Kwilu et Ngongo sont respectivement 124,5 et 71,0 mg/L. Néanmoins, toutes les valeurs moyennes trouvées s'écartent largement de la norme acceptable par (OMS, la valeur exigée est de 250mg/L).

3-1-4. TA et TAC

Le T.A et T.A.C L'alcalinité (titre alcalimétrique TA et titre alcalimétrique complet TAC) correspond à la concentration en base libre OH^- (ion hydroxyde) ; CO_3^{2-} (ion carbonate) et HCO_3^- (ion hydrogénocarbonate ou bicarbonate). Pendant l'analyse, les valeurs de TA sont égales à 0°f, c'est-à-dire, les concentrations de OH^- et CO_3^{2-} sont très faible ou presque nulles. Ainsi, les valeurs de TAC obtenues indiquent la concentration en ion HCO_3^- . Les valeurs moyennes de TAC sont de 14,3°f pour la rivière Kwilu et 15,4°f pour la rivière Ngongo. Néanmoins, les valeurs de TAC enregistrées dans les échantillons sont supérieures à la norme française (2,5°f) (**Tableau 1**). Ces valeurs peuvent être sous l'influence des activités humaines (Élevage intensif et culture intensive) [21].

3-1-5. TH

La dureté (ou titre hydrotimétrique) de l'eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception des métaux alcalins et de l'ion hydronium. Les valeurs moyennes de la dureté se situent dans l'intervalle de 18,4°f pour la rivière Kwilu et 21,3°f pour la rivière Ngongo. Mais ces valeurs sont en dessous de la limite proposée par l'OMS (50°f) (**Tableau 1**). Ces valeurs peuvent être aussi influencées par les activités humaines (cultures intensives) et hydrogéologie du sol [22].

3-1-6. MO

Cette mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine organique ou minérale. Certaines matières organiques sont oxydées par du dichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) en milieu acide et en présence de catalyseur à l'argent. On procède ensuite au titrage de l'excès de dichromate de potassium avec une solution titrée de sulfate de fer (II) et d'ammonium. Les valeurs moyennes de la matière organique sont de l'ordre de 2,06 mg/L pour la rivière Kwilu et de 5,72 mg/L pour la rivière Ngongo. Toutefois, ces valeurs moyennes sont inférieures à la norme de l'OMS (5,0 mg/L) dans la rivière Kwilu et sont légèrement supérieures dans la rivière Ngongo (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Résultats de paramètres physico - chimiques de rivière Kwilu et Ngongo

R I V I E R E K W I L U	Echantillon	pH	Conductivité μS/cm	Chlore p.p.m	TA °f	TAC °f	TH		MO mg/L
							°f	mg/L	
	1	7,59	299	0,1244	0,000	14,1	17,9	179	2,10
	2	7,60	301	0,1245	0,000	14,2	18,1	181	2,12
	3	7,62	303	0,1246	0,000	14,3	18,4	184	2,06
	4	7,59	300	0,1247	1,000	14,4	18,0	180	2,11
	5	7,63	305	0,1247	1,000	14,4	18,5	185	2,07
	6	7,64	306	0,1248	1,000	14,6	18,7	187	2,00
	7	7,62	303	0,1245	0,000	14,2	18,4	184	2,06
	8	7,64	305	0,1244	0,000	14,1	18,6	186	2,05
	9	7,64	305	0,1246	0,000	14,4	18,6	186	2,05
	10	7,65	306	0,1247	1,000	14,5	18,7	187	1,90
	11	7,60	302	0,1245	0,000	14,2	18,2	182	2,12
	12	7,60	303	0,1246	0,000	14,4	18,2	182	2,13
	Moyenne	7,62	303,16	0,1245	0,3	14,3	18,4	184	2,06
R I V I E R E N G O N G O	Echantillon	pH	Conductivité (μS/cm)	Chlore (p.p.m)	TA (°f)	TAC (°f)	TH		MO g/L
							°f	mg/L	
	1	6,96	326	0,0713	0	15,3	21,3	213	5,76
	2	6,98	324	0,0693	0	15,0	20,8	208	5,75
	3	7,17	326	0,0714	0	15,3	21,3	213	5,78
	4	7,06	327	0,0721	0	15,6	21,5	215	5,71
	5	7,99	325	0,0696	0	15,2	21,0	210	5,67
	6	6,97	326	0,0712	0	15,3	21,3	213	5,73
	7	6,99	327	0,0719	0	15,6	21,4	214	5,75
	8	7,09	325	0,0696	0	15,2	21,0	210	5,69
	9	6,99	326	0,0713	0	15,4	21,2	212	5,71
	10	7,17	327	0,0720	0	15,6	21,6	216	5,70
	11	6,96	328	0,0728	0	15,9	21,7	217	5,69
	12	7,15	325	0,0697	0	15,1	21,0	210	5,73
	Moyenne	7,12	326	0,0710	0	15,4	21,3	213	5,72

3-2. Paramètres microbiologiques

Le **Tableau 2** donne le résultat d'analyse de deux rivières (Kwilu et Ngongo). Toutes ces analyses sont effectuées auprès du laboratoire de l'Institut Médical Evangélique de Kimpese. Les résultats de l'analyse montrent une présence de coliformes totaux, présence excessive des coliformes fécaux, des *Serratiamorscens* et des *Proteüs mirabilis* dans les eaux de la rivière Kwilu. Une présence de coliformes totaux, présence excessive des coliformes fécaux, des *Citrobacterfreundü* et des *Serratiamorscens* dans les eaux de la rivière Ngongo. Malgré cela, tous les paramètres ne satisfont pas les normes proposées par les Auteurs des références [23, 24] sauf pour *Escherichia coli*, *Yersinia entérololitica*, *Entérobacter Sip* et *Citrobacter freundü*.

Tableau 2 : Résultats de paramètres bactériologiques de rivière Kwilu et Ngongo

R i v i è r e K w i l u	Germes	Normes	Unités	Germes identifiés
	Coliformes totaux	-	Colonie par ml	+
	Coliformes fécaux	0	Colonie par ml	++
	<i>Escherichia coli</i>	0	Colonie par ml	-
	<i>Yersinia entérololitica</i>	0	-	-
	<i>EntérobacterSip</i>	0	-	-
	<i>Serratiamorscens</i>	0	Colonie par ml	++
	<i>Citrobacterfreundü</i>	0	Colonie par ml	-
	<i>Proteüs mirabilis</i>	0	Colonie par ml	++
R i v i è r e N g o n g o	Germes	Normes	Unités	Germes identifiés
	Coliformes totaux	-	Colonie par ml	+
	Coliformes fécaux	0	Colonie par ml	++
	<i>Escherichia coli</i>	0	Colonie par ml	-
	<i>Yersinia entérololitica</i>	0	-	-
	<i>EntérobacterSip</i>	0	-	-
	<i>Serratiamorscens</i>	0	Colonie par ml	++
	<i>Citrobacterfreundü</i>	0	Colonie par ml	++
	<i>Proteüs mirabilis</i>	0	Colonie par ml	-

(-): Absence des germes

(+): Présence des germes

(++): Présence excessive des germes

4. Conclusion

L'objectif de cette étude était de déterminer les paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux de deux rivières traversant la cité de Kwilu-ngongo. Les résultats des analyses physicochimiques ont montré que les paramètres physicochimiques ne varient pas de la même manière pour chaque rivière car pendant que certains paramètres augmentent, d'autres diminuent ou restent constants. En dehors de la dureté, le TAC et de la matière organique dont les quantités mesurées sont soit supérieures ou inférieures aux normes de l'OMS, la majorité des paramètres physicochimiques de ces eaux sont conformes aux normes de l'OMS, ce qui témoigne d'une assez bonne qualité physicochimique de ces eaux. Du point de vue bactériologique, les eaux étudiées présentent des taux élevés en germes indicateurs de la contamination fécale. Ceci constitue, une menace sanitaire et des risques de maladies à caractère hydrique pour les consommateurs de ces eaux. Cette étude révèle aussi, la nécessité de la sensibilisation des populations par ces risques bactériologiques.

Remerciements

Nous remercions la compagnie sucrière de Kwilu-Ngongo qui a disposé un cadre pour la réalisation de ce travail. Notre gratitude s'adresse aussi à l'Institut Evangélique de Kimpese et l'Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomiques pour leur contribution.

Références

- [1] - B. MBOLOKALA, J. MATUNGILA, N. SHIMA, KONGOTA, Etude de la qualité des eaux des sources dans la commune de Mont-Ngafula : Cas des quartiers Matadi-Mayo, Maman Mobutu et Mitendi, (2016)
- [2] - S. C. HERIARIVONY, B. RAZANAMPARANY, J. E. RAKOTOMALALA, Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation de la commune rurale d'antanifotsy, région vakinankaratra, Madagascar, (2015)
- [3] - WATERAID, Partout et pour tous. Une vision pour l'accès à l'eau potable, à l'hygiène et à l'assainissement après 2015. WaterAid, Londres, Royaume-Uni, (2013)
- [4] - NATIONS UNIES, Objectifs du Millénaire pour le développement 2012, (2012)
- [5] - W. HOEK, F. KONRADSEN & W. A. JEHANGIR, Domestic Use of Irrigation Water : Health Hazard or Opportunity? *Water Resources Development*, 15 (1999) 1 - 2
- [6] - R. HAJJI HOUR, J. ANISSI and M. EL HASSOUNI, Rapid assessment of bacteria and Escherichia coli in different water's sources. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 16, No. 4 (Jun. 2016) 697 - 703 p.
- [7] - C. KASSIM, Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du District de Bamako. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Bamako, (2005)
- [8] - COMPAGNIE SUCRIERE, Rapport annuel des activités, (2015)
- [9] - DAVID KUPESA B. MFUTI, M. HERITIER BATANGU, EMMANUEL N. BAMBALA, L. HERMANE KUAVINGIDI, TOUSSAINT B. KUPESA et ALBERT KI-MUNSEKI LEMA, *Afrique SCIENCE*, 12 (6) (2016) 383 - 390
- [10] - S. DUBEY, Analysis of Physico-Chemical Parameters of Kshipra river Water at Ujjain, India, *Int. Res. J. Environ. Sci.*, 2 (7) (2013) 1 - 4
- [11] - L. AKATUMBILA, M. MABIALA, A. LUBINI, K. PWEMA, E. A. MUSIBONO, *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, N°26 (Juin 2016) 7 - 29 p.
- [12] - S. BAHROUN, B. KHERICI, H. BOUSNOUBRA. 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 2011) 171 - 178
- [13] - J. MOUNJID, N. COHEN, S. FADLAOUI, A. BELHOUARI, S. OUBRAIM, Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique du cours d'eau Merzeg (périurbain de Casablanca, Maroc). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, N° 18, (2014) 31 - 51
- [14] - P. DAGNELIE, Principes d'expérimentation, planification des expériences et analyses de leurs résultats, Edition Les presses agronomiques de Gembloux, (2003)
- [15] - K. PWEMA, 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, (2014)
- [16] - A. ABOUDI, H. TABYAOUI, F. EL HAMICHI, L. BENAABIDATE, A. LAHRACH, Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. *European Scientific Journal*, Edition, Vol. 10, N° 23, (August 2014) ISSN 1857 - 7881 (Print) e - IISSN 1857-7431, 84 - 94
- [17] - E. DERWICH, L. BENAABIDATE, A. ZIAN, O. SADKI, D. BELGHITI, 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 (2010)
- [18] - D. GHAZALI & A. ZAID, Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès, Maroc). *Larhyss Journal*, (12) (2013) 25 - 36
- [19] - S. GUERGAZI, S. ACHOUR, Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration, *Larhyss Journal*, 4 : (2005) 119 - 127

- [20] - T. KAMB', Etude de la structure et de la dynamique des peuplements des Macro invertébrés 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, (2013) 59 p.
- [21] - M. L. BELGHITI, A. CHAHLAOUI & D. BENGOUNI & R. EL MOUSTAINE, Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*, 14 (2013) 21 - 36
- [22] - A. ABBOUDI, H. TABYAOUI, F. EL HAMICHI, L. BENAABIDATE & A. LAHRACH, Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. *European Scientific Journal*, 10 (23) (2014) 85 - 94
- [23] - OMS, Directive de qualité pour l'eau de boisson Genève, (2008)
- [24] - WHO, Chemical hazards in drinking-water, Water Sanitation and Health, DrinkingWaterQuality.[http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/index.html], (Avril 2018)