

# Contribution à l'Evaluation de la Qualité Physico-Chimique d'Eau de la Source Funu à Bukavu

## *[Contribution to the Evaluation of the Physicochemical Quality of Water from the Funu Source in Bukavu]*

Roger BANTODISA K. M.<sup>1a-b</sup>, Bienvenu WANGA B. M<sup>2</sup>., Victorine MBADU Z<sup>3</sup>., Jean Isaac WALANGULULU M<sup>4</sup>.

<sup>1a</sup>Institut Supérieur d'agroforesterie et de gestion de l'environnement de Kahuzi-Biega /Bulambika /Sud Kivu-RDCongo

<sup>1b</sup>Institut Supérieur de Management, Département de Gestion de l'environnement/Bukavu-Sud Kivu/RDCongo

<sup>2</sup>Département des Sciences de l'Environnement, Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro/Bukavu-RDCongo

<sup>3</sup>Institut Supérieur de Techniques Médicales, Kinshasa/RDCongo

<sup>4</sup>Université Catholique de Bukavu, Faculté des Sciences agronomiques/RDCongo



**Résumé** – Les paramètres physicochimiques d'eau de la source Funu a été mesuré sur deux prélèvements (sorties) et leurs valeurs moyennes ont été calculées. Il s'agit de la couleur (17 Pt Co/L), la température (22,5°C), le pH (6,67), la conductivité (214,5µs/L), la turbidité (1,5 NTU), le TDS (46,4 mg/L), l'oxygène dissous (5,57mg/L), la saturation en O<sub>2</sub> (84,58mg/L), le Ca<sup>2+</sup>(24,37mg/L), le Mg<sup>2+</sup>(21,01mg/L), le Cl<sup>-</sup> (0,06mg/L), le Al<sup>3+</sup>(0,215mg/L), la DBO<sub>3</sub> (3,12mg d'O<sub>2</sub>/L), la DCO (18,72mg/L), le PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>(3,36mg/L), le NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (0,74mg/L) et le SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (76,52mg/L). Tous ces paramètres indiquent que l'eau de la source Funu est polluée par une forte charge organique et minérale. Mais, cette eau présente un risque de pollution justifié par l'absence d'application de règles environnementales sur le site.

**Mots clés** – Source Funu, évaluation, qualité des eaux, pollution et Bukavu.

**Abstract** – Physico-chemical parameters of the water of Funu source in Bukavu have been studied on two samples (outflows) and their mean values have been calculated. This concerns: color (17Pt Co/L), temperature (22,5°C), pH (6,67), conductivity (214,5µs/L), turbidity (1,5 NTU), dissolved oxygen (5,57mg/L), saturation in O<sub>2</sub> (84,58mg/L), Ca<sup>2+</sup> (24,37mg/L), Mg<sup>2+</sup>(21,01mg/L), Cl<sup>-</sup> (0,06mg/L), Al<sup>3+</sup>(0,215mg/L), DBO<sub>3</sub> (3,12mg d'O<sub>2</sub>/L), DCO (18,72mg/L), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>(3,36mg/L), NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (0,74mg/L) and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (76,52mg/L). All these parameters show that the water of Funu source in Bukavu isn't polluted with organic and mineral compounds. However, this water presents a risk of pollution justified by the absence of application of environmental rules on the site.

**Keywords** – Funu source, evaluation, quality of waters, pollution and Bukavu.

## I. INTRODUCTION

La terre, notre planète, à l'instar des êtres vivants qui y vivent est aussi occupée en grande partie par l'eau. Les eaux occupent plus de 75% de sa superficie (Kanyonyo, 2002). 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 potable, ne représentent que 0,007% (Nanituma, 2011; Verstraete et al., 1999). L'eau est nécessaire à la vie, il faut en avoir, même si sa qualité n'est pas entièrement satisfaisante. Elle occupe de 70 à 90% de toute matière de l'organisme vivant (Dupriez & Leener, 1990). Les techniques alternatives ou de gestion des eaux pluviales se multiplient depuis plusieurs décennies sur le territoire du Grand Lyon en France (Cossais et al., 2016). L'adaptation et l'amélioration du réseau d'évacuation doivent tenir compte des eaux pluviales, que le ruissellement de surface est une force structurelle, et c'est pourquoi on doit optimiser l'organisation spatiale de la ville dans l'interaction entre la topographie, les trajets de flux de surface et souterrains, ainsi mettre en place des programmes d'utilisation de l'espace adaptés à ces flux (Hoppe et al. 2016). L'eau est un fluide le plus important de la biosphère car la vie serait impossible en son absence (Baluku, 1999). L'expérience a également montré que les interventions visant à améliorer l'accès à une eau saine, qu'elles aient pour cadre des zones rurales ou urbaines, bénéficient particulièrement aux plus démunis et peuvent constituer une composante efficace des stratégies de réduction de la pauvreté (OMS, 2017).

La RDC est l'un des pays qui possèdent le potentiel hydrique le plus abondant du monde. Cependant, cette quantité d'eau disponible est continuellement réduite à la suite d'une mauvaise gestion des eaux usées, résiduelles et de pluies (Mwanamoki et al., 2014 ; Tshibanda et al., 2014 ; Mubedi et al., 2013 ; cité par Wanga et al., 2015). Par ailleurs, la majorité de sa population Congolaise n'a pas accès à l'eau potable. En 1999, l'UNICEF estimait que dans tout le pays, il n'y avait que 45% de la population urbaine et moins de 26% de la population rurale qui avait accès à l'eau potable. Aujourd'hui, on confirme que ces pourcentages sont considérablement revus à la baisse (Vikanzu, 2016).

En effet, le problème de manque d'eau potable continue à persister dans certains quartiers de la ville de Bukavu (Hôtel de ville de Bukavu, 2019). Malgré l'entretien, l'installation et le renouvellement du réseau par la Société Nationale de Distribution d'eau de quelques conduites

d'eau, cela en collaboration avec certains partenaires du secteur de l'eau potable (REGIDESO, 2018), il s'observe que la population de quelques quartiers, éprouve encore d'énormes difficultés de se procurer de l'eau pour multiples usages. Par conséquent, (Rodier, 1996) cette dernière va jusqu'à faire recours aux points d'eau qui ne garantissent pas les normes de potabilité. Ainsi, elle ne se préoccupe plus de la qualité d'une eau à consommer, et/ou du danger d'une eau souillée (Rodier, 1984).

C'est ainsi que la source de Funu dans la Commune de Kadutu ville de Bukavu est chaque fois envahie par des attroupements pendant la journée même la nuit. Il s'observe que la situation devient dégradante au moment de la saison sèche. Eu égard à ce qui précède, nous nous sentons consterné par la façon dont cette eau est consommée. Elle présente un risque de pollution par des agents tant chimiques, physiques que bactériologiques, pouvant provoquer des conséquences sur la santé de l'homme. La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une vaste sensibilisation de la population consommatrice d'une part, et de l'entretien du site où se trouve cette source.

Cet article se fixe comme objectif de déterminer le niveau et le type de pollution pour cette source à travers les analyses de quelques paramètres physico-chimiques et bactériologiques en les confrontant avec certaines normes de l'OMS sur la potabilité de l'eau de boisson.

La question est de savoir : quel est l'état de potabilité de la source Funu qui sert de ravitaillement en eau de boisson pour cette population vulnérable?

## II. MILIEU D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Milieu d'étude

La commune de Kadutu est un écosystème humanisé qui regorge les trois sources d'eau. Elle est l'une de trois communes de la ville de Bukavu dans la province du Sud-Kivu. Ses limites sont les suivantes (Rapport Communal, 2015) et (Hôtel de ville de Bukavu, 2019):

- Au Nord par la Rivière Wesha qui la sépare de la Commune de Bagira ;
- A l'Est et au Sud par la Rivière Kawa qui la sépare de la Commune d'Ibanda et celle de Bagira ;
- A l'Ouest par la Commune de Bagira/Kasha ;
- Au Nord par le Lac Kivu .

Cette source est située dans le quartier Mosala, sur la route qui quitte le rond-point Carrefour/Kadutu vers

Cimpunda, très près du terrain de football de Funu. Ses limites sont :

- Au Nord par l'avenue Funu A (quartier Mosala) ;
- Au Sud par l'avenue Funu 1<sup>er</sup>/Breski ;
- A l'Est par l'avenue Buholo 1<sup>er</sup> ;
- A l'Ouest par le terrain de Funu et les avenues Nyamulagira et Elila du quartier Cimpunda.

*Photo 1. Source de Funu : Borne Fontaine de Funu à Kadutu*



*Source : Roger Bantodisa K.M., janvier 2020*

#### *\*Coordonnées géographiques*

- ✓ Latitude : - 2.519878°
- ✓ Longitude : 28.845690°
- ✓ Altitude : 1694,78 m

La précision est de 1,4 mètre et Bearing 346,02°

#### **2.2. Matériels**

Les matériels utilisés ont été réparties en deux, ceux ayant permis la récolte des données ou soit des échantillons et ceux que nous avons utilisés au laboratoire pour les analyses.

Nous avons utilisé un pH mètre de marque ECOSAN, un conductimètre de marque OAKTON série CON, un turbidimètre de marque WTW série LF 90, un spectrophotomètre de marque SP-1105, un oxymètre multi-analyseur de marque WTW série LF 90 et un thermomètre ordinaire. Quelques réactifs organiques et inorganiques ont également été utilisés : EDTA (0,1M), gélules pour différentes analyses, chloroformes, éthanol, endo-agar, fushine, KCl, eau distillée, NaOH 25%, KCN sulfate de mercure cristallisé, comprimé tampon, solution de sulfate de fer.

Pour effectuer les prélèvements des coordonnées géographiques, nous avons utilisé quelques équipements, nomment :

- du GPS (de marque Garmin etrex 12 channel), qui nous a permis de prélever les coordonnées géographiques;
- d'un appareil photo numérique (de marque sony) pour prendre quelques images du site et ses environs; etc.

#### **2.3. Méthodes et techniques**

L'évaluation de la qualité d'eau de la source de Funu a été déterminée à partir de quelques paramètres ci-après : couleur, température, potentiel d'hydrogène, turbidité, conductivité, matières en suspension, Taux des Solides Dissous (TDS), Oxygène Dissous (O.D.), pourcentage de saturation en oxygène dissous, Demande Biologique en Oxygène (DBO), Demande Chimique en Oxygène (DCO), Chlorures, Nitrates, Fer, Phosphates, Sulfates, Magnésium, Aluminium, Matière organique, etc. (Rodier, 1984) et (Rodier, 1996).

La Méthodologie a consisté en la récolte d'échantillons en vue de leurs analyses au laboratoire afin de déterminer les paramètres physico-chimiques. Pour cette source d'eau,

nous avons procédé de la manière suivante : 2 flacons de 500 ml ont été servis pour les prélèvements. Nous avons réalisé deux prélèvements ou sorties en tenant compte de la présence ou non de la pluie pour chaque source. Il s'agit d'une sortie pour le jour où il a plu et vice-versa. Ainsi, le dosage chimique a été fait par spectrophotométrie, par volumétrie et par gravimétrie. Certains de paramètres physico-chimiques ont été déterminés *in situ* (Degremont, 2005).

Selon (Rodier, 1984 ; 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 source de Funu.

Il est à signaler que nos différentes descentes sur le terrain ont été effectuées en 2019 pour les prélèvements des échantillons d'eau de la source Funu. Ainsi, les observations se sont étalées de mars en juin 2019.

Au lieu où la source se trouva, la récolte des échantillons a été réalisée de la manière suivante : les flacons ont été couverts, flambés à la lampe à alcool d'abord, et ensuite

plongés dans la source, enfin remplis au 3/4. Retirés, ils ont été de nouveau emballés pour le transport au laboratoire de l'O.C.C.

Nos analyses ont été réalisées dans le laboratoire de l'Office Congolais de Contrôle (O.C.C.), situé sur l'avenue Industrielle, commune de Kadutu dans la ville de Bukavu. Il s'agit des analyses physico-chimiques (ou la physico-chimie). Chaque analyse était répétée deux fois et la moyenne était calculée sur base des résultats obtenus.

### III. RESULTATS

Les résultats sont présentés dans le tableau en fonction de paramètres physico-chimiques étudiés concernant la source Funu.

#### 3.1. Présentation des résultats d'analyses physico-chimiques

Le tableau 1 présente en détail les résultats obtenus lors des analyses de paramètres physico-chimiques *d'eau de la source de Funu*. Ainsi, la moyenne de chacune des valeurs des paramètres étudiés a été calculée.

Tableau 1. Résultats relatifs aux valeurs moyennes de paramètres étudiés (source Funu)

| PARAMETRES                              | 1 <sup>ère</sup> SORTIE | 2 <sup>ème</sup> SORTIE | MOYENNE |
|-----------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|
| Le PH                                   | 6,72                    | 6,63                    | 6,67    |
| Acidité en ml Hcl 0,01M                 | 3,77                    | 4,51                    | 4,14    |
| Alcalinité en mg/l                      | 97,6                    | 183                     | 140,3   |
| Oxygène dissous mg/l                    | 5,14                    | 6,00                    | 5,57    |
| Les ions chlorures en mg/l              | 19,70                   | 24,61                   | 22,15   |
| Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 214                     | 213                     | 214,5   |
| Matières organiques en mg/l             | 0,123                   | 1,024                   | 0,573   |
| Demande biologique en oxygène en mg/l   | 2,46                    | 3,78                    | 3,12    |
| Dureté totale en °F                     | 14,15                   | 15,18                   | 14,6    |
| La turbidité par goût                   | 1,5                     | 1,5                     | 1,5     |
| La couleur en unité de couleur          | 17                      | 17                      | 17      |
| Les ions nitrites mg/l                  | 0,345                   | 1,41                    | 0,74    |
| Les ions phosphates en mg/l             | 2,80                    | 3,92                    | 3,36    |
| Les ions Ferreux                        | 0,10                    | 0,23                    | 0,16    |
| Acide Isocynhydrique mg/l               | 0,997                   | 1,3                     | 1,1     |

| PARAMETRES                       | 1 <sup>ère</sup> SORTIE | 2 <sup>ème</sup> SORTIE | MOYENNE |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|
| L'Aluminium mg/l                 | 0,18                    | 0,25                    | 0,215   |
| Les ions Magnésium mg/l          | 20,15                   | 21,88                   | 21,01   |
| Les ions calcium mg/l            | 24,0                    | 24,75                   | 24,37   |
| Le chlore lisse en mg/l          | 0,01                    | 0,11                    | 0,06    |
| Demande chimique en Oxygène mg/l | 18,43                   | 19,01                   | 18,72   |
| Température                      | 25°C                    | 20°C                    | 22,5°C  |
| Les sulfates                     | 80,73                   | 72,32                   | 76,52   |
| Le Zinc                          | 1,3                     | 1,01                    | 1,1     |
| Le Sodium                        | 110                     | 97                      | 103,5   |
| Le potassium                     | 4                       | 2                       | 3       |

Source : Etablit par nous et collaborateurs grâce aux résultats de laboratoire (OCC).

Après les analyses minutieuses au laboratoire, le tableau des résultats révèle que l'eau de la source Funu ne présente pas une stabilité en éléments physico-chimiques. Leurs valeurs sont soit au-dessus soit en deçà des normes

reconnues par l'Organisation Mondiale de la Santé. Il s'agit de valeurs moyennes de paramètres étudiés de la source Funu.

**Photo 2. Source de Funu : fréquentation de la population de Kadutu**



Source : Roger Bantodisa K.M., janvier 2020

La photo 2 montre que la source de Funu est fréquentée par différente catégorie de la population habitant la commune de Kadutu pour leurs multiples besoins en termes de : alimentation, lessive, vaisselle, nettoyage de motos, etc.

### 3.2. Discussion des résultats

Pour ce qui concerne la turbidité, l'eau de la source de Funu a affiché 1,5. L'eau de cette source se trouve dans la fourche de la valeur des normes selon l'OMS. Car selon

L'Organisation Mondiale de la Santé, une turbidité normale doit être inférieure ou égale à 5 ( $\leq 5$ ).

Pour ce qui est le pH, l'eau de la source Funu répond aux normes. Selon l'OMS un pH normal doit être compris entre 6,5 et 8,5. Pendant et après l'analyse de cette eau, elle garde la valeur qui oscille entre (6,5 – 7).

L'eau de la source de Funu présente une température anormale, et cette valeur est de 22,5°C. Or, selon l'OMS cette valeur doit être dans la fourchette comprise entre (7-15) °C. La dureté totale de l'eau de la source de Funu a affiché 14,6°F. Cette eau est dans les normes, car selon l'OMS, la valeur acceptée est inférieure à 30°F ( $\leq 30^\circ\text{F}$ ).

Le chlorure de cette eau dénote 22,15 mg/l. Pour l'OMS, une eau potable doit renfermer 250 mg de chlorure par litre. Après analyse d'eau de la source de Funu, il est à constater que cette eau est largement loin de normes recommandées par l'OMS.

Par rapport à cet élément, l'eau de la source de Funu indique 0,74mg/l de nitrite. Il est à signaler que cette eau répond aux normes de l'OMS parce que cette dernière recommande qu'une quantité inférieure ou égale à 0,10mg/l.

Tenant compte du paramètre sulfate, il a affiché 76,52mg/l. L'OMS recommande les valeurs qui doivent osciller entre 200 à 400mg/l de sulfate. En faisant référence aux recommandations de l'OMS, il se trouve que l'eau de la source de Funu ne répond pas à aux critères décrits.

Selon l'OMS, la teneur en chlore de l'eau de boisson doit être comprise entre 0,6 et 1mg par litre. Pour l'eau de la source de Funu, nous avons obtenu 0,06 mg/l. Cette eau n'est pas dans les normes de l'OMS.

Pour ce qui est du fer, après analyse, l'élément Fer est trouvé en petite quantité comparativement à ce qui est recommandée par l'OMS ( $\leq 0,30\text{mg/l}$ ). Ainsi, l'eau de la source de Funu contient 0,16mg/l.

Une eau de boisson selon l'OMS doit renfermer 5mg de Zinc par litre. La source Funu renferme 1,1mg/l de Zinc. Ce qui prouve que cette eau connaît *un déficit* en cet élément.

L'OMS recommande une quantité inférieure ou égale à 0,20mg d'aluminium par litre. Après analyse au laboratoire, nous concluons que l'eau de la source de Funu contient 0,215 mg d'aluminium par litre. Il s'observe que cette eau est légèrement potable selon les normes de l'OMS.

Au sujet du calcium, l'OMS recommande une quantité inférieure ou égale à 100mg par litre. L'eau de la source

Funu en contient 24,37mg de calcium par litre. Cette valeur est de loin inférieure par rapport à la valeur proposée par l'OMS ; ce qui démontre que cette eau a un déficit en calcium. Concernant le sodium, l'analyse du laboratoire d'eau de la source Funu donne le résultat, la valeur de 103,6mg/l de sodium par litre. Comparativement aux normes de l'OMS ( $\leq 150$ ), nous remarquons que l'eau de cette source est largement dans les normes.

L'Organisation Mondiale de la Santé recommande pour cet élément chimique, une teneur inférieure ou égale à 10 ou 12 pour l'eau de boisson. Pour ce qui est du potassium, notre analyse donne pour la source Funu 3mg/l. Tenant compte de cette valeur et comparativement aux normes de l'OMS ( $\leq 10$  ou  $\leq 12\text{mg/l}$ ), cette eau répond largement aux normes.

A ce sujet, l'eau de la source de Funu renferme 140,3mg/l. En comparaison avec les normes de l'OMS (100mg/l), la valeur de cette source est *supérieure à la valeur exigée ou recommandée* par l'OMS.

Pour le magnésium, nos analyses donnent comme résultats : 1,0mg/l pour la source Funu. Considérant les normes recommandées par l'OMS (30 à 50mg/l), cette eau ne répond pas aux normes de l'OMS.

Selon l'OMS, la teneur en oxygène dissous pour l'eau de boisson doit être comprise entre 5 et 10mg par litre. Après nos analyses, l'eau de la source de Funu répond bel et bien aux normes de l'OMS (5,57mg/l).

Donc, l'OMS recommande une valeur 1mg/l de matières organiques. La valeur obtenue pour cette source est (0,57mg/l). L'eau de la source Funu ne répond pas aux recommandations faites par l'OMS. Elle recommande une valeur de 150mg/l pour la demande biologique en oxygène pour l'eau de boisson. Selon nos analyses, la source Funu contient 3,12mg/l. Ces valeurs sont *de très loin inférieures* à celle recommandée par cette organisation (OMS). Ce qui affirme que cette eau connaît *un grand déficit* en cet élément. La distance entre la source et les habitations constituent un risque potentiel de contamination, voire **la photo 3.**

*Photo 3. Source de Funu : localisation moins de 5mètres des habitations*



*Source : Roger Bantodisa K.M., janvier 2020*

#### IV. CONCLUSION

Cette étude a permis de présenter une réflexion critique sur le manque d'eau constaté dans la ville de Bukavu. Cette rareté pousse la population de se ravitailler à la source de Funu en particulier, et ailleurs en général. Partant de l'engouement observé dans ce secteur, nous avons voulu savoir l'état de potabilité d'eau de cette source. Les résultats sont confrontés aux recommandations de l'OMS pour l'analyse de potabilité de l'eau de boisson. On peut enfin conclure et affirmer ceux-ci :

- Par rapport aux normes physico-chimiques, l'eau de cette source ne présente pas une stabilité en éléments. Les valeurs obtenues lors des analyses sont soit supérieures soit inférieures comparativement aux normes de l'OMS.
- Faisant référence aux normes de l'OMS, l'eau de la source de Funu n'est pas polluée. En revanche, les valeurs obtenues des paramètres physico-chimiques de cette eau présentent un risque de pollution, et cela constitue à un danger sanitaire pour les habitants qui en consomment.
- Il s'observe que le degré de pollution augmente du jour au jour, occasionné par l'absence d'entretien de la source et ses environs. Tous ces éléments environnementaux peuvent influencer soit la qualité de cette eau soit l'évolution de la pollution de cette eau.

- Tenant compte de la topographie du milieu, les constructions anarchiques se trouvent sur une pente, et que cette source d'eau est localisée juste au pied, on peut soupçonner que l'augmentation de risque de pollution pourrait provenir de ces facteurs favorisants.
- Au regard de limites entre cette source d'eau et des maisons d'habitation, il est souhaitable que cette distance soit (au moins de 50 mètres) que telle n'est pas le cas, il y a lieu de penser aussi au risque de pollution bactériologique en provenance des latrines et d'autres activités de la population environnante.

N'ayant pas épuisé toute la réflexion sur l'étude, « Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique d'eau de la source Funu dans la commune de Kadutu à Bukavu dans la province du Sud-Kivu en République Démocratique du Congo », nous souhaitons que soit poursuivies aussi les études sur les sources d'eau se trouvant à proximité des habitations, il s'agit de Kadurhu et Nyakaliba soumises à de fortes pressions anthropiques, afin de prévoir les effets d'une utilisation irrationnelle d'eau des sources.

#### REFERENCES

- [1] BALUKU, B. (1999), Cours de Limnologie, Pêche et Pisciculture, inédit, Université Evangélique en Afrique Centrale, Bukavu, RDC

- [2] COMMUNE DE KADUTU (2015), Rapport annuels de 2013, 2014 et 2015, Inédit, Bukavu, RDCongo
- [3] COSSAIS, N., SIBEUD, E. et FLORIAT, M. (2016), Le projet « Ville Perméable : évaluation du cycle de vie ouvrages publics de gestion des eaux pluviales. Métropole de Lyon
- [4] DEGREMONT (2005), Mémento technique de l'eau, éd. Lavoisier technique et documentation, Paris
- [5] DUPRIEZ, H. et LEENER, P.H. (1990), Les chemins de l'eau, ruissellement, irrigation et drainage, éd. Terre et vie, Bxl, Belgique
- [6] HOPPE, H., BRENNE, F., DEISTER, L., STOKMAN, A. et MASSING, C. (2016), Réductions des risques d'inondation et développement urbain la formation et démonstration d'approches intégrées
- [7] HOTEL DE VILLE DE BUKAVU (2019), Les Rapports Communaux, ville de Bukavu
- [8] INTERNATIONAL RESCUE COMMITTEE (2006): Module de formation des partenaires du programme USHIRIKA : Construction d'une source ; Sud Kivu, inédit.
- [9] KANYONYO, K. (2002), Cours de Problématique de l'environnement, inédit, Université Evangélique en Afrique Centrale, Bukavu, RDC
- [10] MANITUMA, 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.)
- [11] OMS (1992), Directives de qualités pour l'eau de boisson, vol. 1, recommandation, Genève
- [12] OMS (2017), Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. intégrant le premier additif [Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. incorporating first addendum]
- [13] REGIDESO (2018), Les Rapports annuels, ville de Bukavu, RDC
- [14] Rodier J et al. (1996). L'Analyse de l'eau. 8<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris.
- [15] VERSTRAETE et al. (1999). Actes du 1<sup>er</sup> colloque sur la problématique des déchets à Kinshasa, 12-15 août, Gent-Bxl, Belgique, 347pages.
- [16] VIKANZA, P. (2016), Hydrologie agricole, Université Catholique du Graben, Butembo, Nord Kivu, RDC
- [17] WANGA B.M., MUSIBONO D.E., et MPIANA P.T. (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Kalamu de Boma, Congo sciences volume 3/ Number 1/ march 2015/ [www.congosciences.org](http://www.congosciences.org)