

## EVALUATION DE L'ACCEPTABILITE DE L'EAU PRODUITE PAR LA REGIDESO A LA STATION DE POMPAGE DE NGUBA

### [ EVALUATION OF THE ACCEPTABILITY OF WATER PRODUCED BY REGIDESO AT THE NGUBA PUMPING STATION ]

*Byumanine Mushagalusa<sup>1</sup>, Balibuno Muderhwa<sup>2</sup>, Asuka Emina<sup>2</sup>, Biringanine Kalialia<sup>2</sup>, Biringanine Mushagalusa Eleuthère<sup>3</sup>, and Mano Macumu<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Licencié en chimie, Assistant d'enseignement à l'ISTM/Kabare, RD Congo

<sup>2</sup>Licencié en santé publique, Assistant d'enseignement à l'ISTM/Kabare, RD Congo

<sup>3</sup>Maitre de 3<sup>ème</sup> cycle en sciences de l'environnement et Chef de Travaux à l'ISTM/Kabare, RD Congo

<sup>4</sup>Professeur Docteur, ISP/Bukavu, RD Congo

---

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This study appreciates the level of acceptability of the drink water produced at the station of pumping of Nguba by the households of the cells Nguba and Muhumba in the commune of Ibanda and analyzes the physicochemical properties of this water and bench a comparison with that produced with the factory of Murhundu. The results of the our investigations into the ground near the households supplied with Regideso starting from the station give up the use of this water like feed water and prefer being fed with the water of Murhundu to the reasons which the water of the station is not better physicochemical quality departure its treatment which is incomplete. After the laboratory, the physicochemical analyses show that all the analyzed parameters are in the acceptable one except for the samples of the station of Nguba where conductivity, the chlorine concentration, the turbidity and the suspended matter.

**KEYWORDS:** Drinking water, Acceptability, Station of Nguba, Regideso, Usine de Murhundu.

**RESUME:** Cette étude apprécie le niveau d'acceptabilité de l'eau de boisson produite à la station de pompage de Nguba par les ménages des cellules Nguba et Muhumba dans la commune d'Ibanda à partir d'une enquête sur terrain et de l'analyse des propriétés physico-chimiques de cette eau en établissant une comparaison avec celle produite à l'usine de Murhundu. Les résultats de nos enquêtes auprès des ménages indiquent que les consommateurs de l'eau renoncent à l'utilisation de l'eau de la station comme eau de l'alimentation et préfèrent être alimentés en eau de Murhundu aux motifs que l'eau de la station n'est pas d'une meilleure qualité départ son traitement incomplet. Les analyses physico-chimiques montrent que tous les autres paramètres analysés sont dans les normes de l'OMS à l'exception de la conductivité, la concentration en chlore, la turbidité et les matières en suspension. Ces derniers paramètres seraient à l'origine d'une saveur (goût), d'une odeur désagréable et d'une coloration de l'eau de la station de Nguba.

**MOTS-CLEFS:** L'eau potable, Acceptabilité, Station de Nguba, Regideso, Usine de Murhundu.

## 1 INTRODUCTION

L'eau est essentielle pour la santé de l'homme. Cependant, l'eau de boisson peut constituer un danger lorsqu'elle n'est pas potable; ce qui fait d'elle, la source de plusieurs maladies [1].

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2,6 milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès à l'eau potable et 1,8 millions dont 90% d'enfants de moins de cinq ans en meurent chaque année surtout dans les pays en développement où les mesures d'hygiène et les infrastructures sanitaires de base sont insuffisantes ou inexistantes [2].

En République Démocratique du Congo, seul 26% de la population a accès à l'eau potable, chiffre bien en dessous de la moyenne de 60% pour l'Afrique subsaharienne. La proportion des ménages qui s'approvisionnent en eau à moins de 100 m est très faible. Seulement 30% de la population ont l'eau sur place à moins de 100 m en raison des infrastructures endommagées, fragilisées par des années de sous-investissement, de conflit et de la croissance rapide de la population, le taux de couverture de l'approvisionnement en eau a décliné jusqu'à récemment. Les conséquences sociales et sanitaires de la rupture des services d'eau ont été considérables. Les tranches les plus pauvres de la société ont été touchées de façon disproportionnée par le déclin de la prestation des services et la hausse des prix de l'eau. Cette situation a été observée dans les zones rurales mais également de façon croissante dans les villes connaissant une expansion rapide. [3].

La ville de Bukavu a connu un accroissement rapide de la population qui est passé de 331779 habitants en 2000 à environ 714087 d'habitants en 2014. A cela s'ajoute 1654 étrangers reconnus par la Mairie [8]. Cette situation entraîne l'accroissement de la demande en eau potable. Or la Regideso approvisionnait la ville de Bukavu à partir de l'usine de Murhundu qui s'est avérée incapable de satisfaire à cette demande. [5].

L'usine de Murhundu a la capacité de produire 12 000m<sup>3</sup> par jour et cela fait une moyenne journalière d'à peu près 17 litres d'eau par personne et par jour, chiffre inférieur aux normes de l'OMS de 20 litres par jour. L'usine de Murhundu se trouva dans l'incapacité de satisfaire la demande toujours croissante. Pour combler cette lacune, la Regideso a créé une station de pompage à Nguba dans la clôture des Pères Blancs dans le quartier Nyalukemba en commune d'Ibanda dans la ville de Bukavu. Cette station de pompage a pour source le Lac Kivu.

Certains ménages, ne seraient pas satisfaits des propriétés de l'eau produite par cette station aux motifs que les eaux du lac sont polluées par plusieurs déchets (solides et liquides) qui y sont déversées directement sans aucun traitement préalable, ils disent que les eaux de cette station peuvent avoir une conséquence sur la santé à court ou à long terme. Pourtant la Regideso déclare respecter les normes de potabilité de cette eau. Ce travail vise à évaluer l'acceptabilité de l'eau produite par la Regideso à la station de pompage de Nguba.

## 2 MATERIELS ET METHODES

### 2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

Le quartier Nyalukemba a 6 cellules et 46 avenues. Il est limité : au Nord par le lac Kivu, au Sud et à l'Ouest par quartier Ndendere, à l'Est par la rivière Ruzizi.

Il couvre une superficie de 31200 m<sup>2</sup> avec 42973 habitants (20867 hommes et 22106 femmes) dont 2133 ménages (en moyenne 17064 habitants) seulement sont abonnés à la Regideso.



Fig. 1. Carte administrative de la ville de Bukavu

Nguba et Muhumba sont les deux grandes cellules du quartier Nyalukemba situées en commune d'Ibanda dans la ville de Bukavu, province du Sud-Kivu. L'approvisionnement en eau pour ces deux cellules a pour source principale la station de pompage située dans la clôture des pères Blancs à Nguba, près de la frontière RDC-Rwanda.

Cette station traite l'eau de surface (l'eau du lac Kivu) et la chaîne de traitement est de type à moitié classique (système comprenant seulement le captage, la stérilisation et la distribution).

## 2.2 MATÉRIELS

Plusieurs matériels ont été utilisés parmi lesquels on compte :

- Les matériels de terrain tels que des glacières, pour la conservation des échantillons des flacons ; une mallette d'analyse d'eau comprenant un thermomètre pour le prélèvement de la température. Un conductimètre de type WTW LF 315 pour la détermination de la conductivité électrique, un pH mètre de type WTW LF 310 de résolution 0,01 et de précision  $\pm 0,01$  pour la détermination du pH, Un comparateur pour la détermination de concentration des certains composés comme le chlore par exemple, et un appareil photographique numérique de marque SANYO. (résolution 14 méga pixels) et quelques réactifs chimiques tels que le D.P.D. une sonde multiparamétrique du type data sonde R4a (USA) qui enregistre, à la fois, à l'aide des électrolytes la température, l'oxygène dissous (D.O), la conductivité électrique et le pH.
- Les matériels utilisés au laboratoire de l'UERHA à l'ISP/Bukavu et à l'OCC/Bukavu tels qu'un spectrophotomètre DR 4000 pour la lecture des absorbances, un agitateur magnétique à 6 postes pour homogénéiser les solutions, des réactifs pour les différents dosages, une plaque chauffante, des erlenmeyers, des béchers, des fioles et des pipettes pour les analyses chimiques.

## 2.3 MÉTHODOLOGIE

Pour atteindre les objectifs de cette étude, la démarche méthodologique se présente comme suit : Les visites du cadre d'étude, les entretiens avec des personnes ressources, les enquêtes sur le terrain et les traitements des données, et en fin l'analyse comparative des certaines propriétés physico-chimiques et organoleptiques de l'eau de la station de pompage de Nguba et de l'usine de Murhundu dans les laboratoires.

### 2.3.1 LES ENQUÊTE SUR TERRAIN

D'abord nous avons contacté quelques consommateurs de l'eau de la station de Nguba. Ces derniers nous ont montrés que sa qualité ne pas bonne départ son goût, odeur, couleur, autres effets qu'elle manifeste pendant son utilisation. Ceci nous a permis de faire maintenant une descente sur terrain pour nous imprégner de la réalité moyennant un questionnaire d'enquête.

#### 2.3.1.1 NIVEAU ET MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage a été fait au niveau des ménages alimentés en eau de la station de pompage de Nguba, dans les cellules Nguba et Muhumba. L'échantillon a été tiré selon un sondage aléatoire stratifié à deux degrés. Au premier degré, nous avons tiré les avenues et au deuxième degré, les ménages. Dix ménages étaient tirés au hasard par avenue afin d'accorder la chance égale à toutes les avenues jusqu'à atteindre 400 ménages pour les 40 avenues que composent les cellules concernées par cette étude.

#### 2.3.1.2 FIXATION DE LA TAILLE DE L'ÉCHANTILLON

Nous avons utilisé la formule de FISCHER pour fixer la taille de l'échantillon [54].

#### 2.3.1.3 TECHNIQUES DE COLLECTE DES DONNÉES

Cette étude a fait recours aux sources écrites et à la tradition orale. Parmi les techniques de collecte des données que nous avons utilisées, nous citons : l'observation directe, l'entretien et l'interview à l'aide d'un questionnaire adressé aux ménages sélectionnés. Les personnes interrogées sont le chef de ménage et/ou les domestiques.

##### ➤ L'observation

Nos observations directes étaient orientées vers la station de pompage de Nguba et ses environs et vers les ménages alimentés en eau par cette station. Un appareil photographique nous a permis de prendre les images intéressantes sur les réalités vivantes rencontrées sur le terrain. Les photos d'ensemble complètent plusieurs détails intéressants rencontrés ci et là sur divers sites.

##### ➤ Enquête par questionnaire

Elle nous a permis de recueillir les informations auprès des ménages. Pour ce faire, nous avons utilisé un questionnaire regorgeant les questions fermées, semi-ouvertes, et ouvertes adressées aux ménages. Le questionnaire d'enquête est constitué de 35 questions centrées sur trois thèmes principaux : les installations sanitaires et la gestion des déchets domestiques, les différentes sources d'approvisionnement en eaux dans les cellules de Nguba et Muhumba, et l'usage domestique de l'eau produite par la Regideso à la station de Nguba.

##### ➤ Entretiens

L'entretien est un procédé d'investigation qui utilise un processus de communication verbale pour collecter des informations relatives à un thème [34].

Dans le cadre de cette étude, les entretiens individuels étaient menés auprès des autorités de l'entreprise REGIDESO. Elles nous ont donné leur point de vue sur le phénomène.

### **2.3.2 COLLECTE DES DONNÉES RELATIVES À L'ENQUÊTE**

Avant le début de l'enquête proprement dite, la première descente sur le terrain a été organisée en Novembre 2014. Le questionnaire a été préalablement testé dans 50 ménages vivant sur les cellules Muhumba et Nguba. Les buts étaient de nous imprégner de la réalité du terrain, et d'ajuster notre questionnaire ainsi. Nous avons établi un questionnaire anonyme en français qui nous a servi d'outil de collecte des informations nécessaires pour notre étude.

La seconde descente a été la collecte des données proprement dite. Elle s'est déroulée du 10 Janvier au 11 Février 2015 pendant la journée ou le soir dans les domiciles des enquêtés. Au sein des ménages, les catégories des personnes qui nous ont intéressées sont : les chefs des ménages, (hommes ou femmes), les domestiques ou tout autre membre du ménage adulte, ayant séjourné plus de six mois dans le milieu [35] [36] [37]. Nous avons garanti l'anonymat aux ménages qui ont répondu à notre questionnaire d'enquête, en insistant sur le fait que les informations nous fournies ne serviraient exclusivement qu'à l'étude scientifique.

### **2.3.3 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU**

Les prélèvements d'eau ont été effectués à des différents endroits. L'échantillonnage de l'eau produite par la station de pompage de Nguba a porté sur cinq sites à, savoir : dans le lac Kivu (avant traitement), dans la station (juste après traitement), dans le couvent des pères Blancs (sur le robinet), sur le réservoir se trouvant dans l'avenue Milima (de la Montagne) de la cellule Nguba et dans la cellule Muhumba. Pour l'eau de Murhundu nous avons échantillonné aussi sur cinq sites à savoir : dans la rivière Murhundu (avant traitement), dans l'usine (après traitement), à Bagira dans Fariala, à Bugabo/Industriel et à l'I.S.P. Bukavu.

Les échantillons d'eau pour l'analyse physico-chimique ont été mis dans des flacons en plastique de 0,5 litre. Les prélèvements sont faits pendant un temps ensoleillé entre 07h00 min et 08h00 min (pour le premier échantillonnage), et 17h00min et 18h00min (pour le deuxième échantillonnage).

L'eau filtrée était utilisée pour le dosage des paramètres chimiques à l'aide des méthodes standards d'analyse colorimétrique [38], à l'aide d'un spectrophotomètre UV/VIS (thermo scientific Genesys 20). Il s'agit de la méthode à l'acide ascorbique pour les phosphates, de la méthode à l'acide sulfanilique pour les nitrites et de la méthode au dichloroisocyanurate pour le dosage de l'ammonium. La grille définie par les concentrations maximales admises (CMA) de l'Organisation Mondiale de la Santé est utilisée pour l'interprétation des résultats des analyses de l'eau.

Les paramètres étudiés pour les analyses physico-chimiques sont : la température, la turbidité, le potentiel en hydrogène, la conductivité, les concentrations en nitrite, phosphate, ammonium, calcium, chlore, silice, matières en suspension, et en oxygène dissous. Certains paramètres ont été mesurés sur les sites et d'autres au laboratoire.

#### **2.3.3.1 LES PARAMÈTRES MESURÉS SUR LES SITES**

La température, le pH, la conductivité, et l'oxygène dissous ont été mesurés sur les sites du fait que ce sont des paramètres très sensibles aux conditions de milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes. Pour les mesurer, on plaçait le seau au refoulement de la pompe ou du robinet. Puis à l'intérieur du seau, on plongeait la sonde multiparamétrique. Ce dernier y restait pendant quelques minutes en train d'enregistrer les résultats avant de s'orienter vers l'autre site. Cette méthode nous a permis d'avoir les premières estimations de la qualité de l'eau.

#### **2.3.3.2 LES PARAMÈTRES MESURÉS DANS LE LABORATOIRE**

Les concentrations en phosphate, ammonium, nitrite, silice, calcium, chlore et en matières en suspension nous ont permis à évaluer l'impact de rejets polluants.

Signalons que les paramètres organoleptiques étaient évalués par comparaison avec certains éléments libellés à la partie théorique qui sont les résultats issus des autres études menées sur les eaux de surface (lac et rivière). Par exemple : la salinité à la surface du lac est évaluée à 1,1g. Le cation majeur étant  $\text{Na}^+$  à 4,1 mmol/l,  $\text{Mg}^{2+}$  à 3,8 mmol/l,  $\text{K}^+$  à 1,9 mmol/l et  $\text{Ca}^+$  à 0,18 mmol/l, l'anion majeur est l'ion chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) à 0,72 mmol/l [39].

#### **2.3.3.2.1 LES NITRITES**

Dans cette étude, le réactif du nitrite, est préparé par dissolution de 1,5 g de sulfanilamide, 0,3 g de dihydrochloride (N-(1-naphthyl)-éthylènediamine dans 105 ml d'eau distillée et 30 ml d'acide phosphorique.

Ils constituent, le plus souvent, la preuve de la présence d'impuretés d'origine fécale. Ils ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant. Leur présence indique un état critique de pollution organique c'est-à-dire un manque d'oxygène pour l'autoépuration.

#### **2.3.3.2.2 LES PHOSPHATES**

Le premier réactif phosphate R1 est préparé en dissolvant proportionnellement 2g d'acide L-ascorbique dans 50 ml d'eau distillée. Le deuxième réactif phosphate R2 est préparé par dissolution proportionnelle de 0,6 g de molybdate d'ammonium  $(\text{NH}_4)\text{MO}_7 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dans 40 ml d'acide sulfurique 4N ; ensuite nous avons ajouté 0,04 g de tartrate d'antimoine et de potassium demi fois hydraté. Le mélange est homogénéisé complètement et placé au repos pendant un moment avant usage.

#### **2.3.3.2.3 L'AMMONIUM**

Le premier réactif ammonium R1 est préparé par dissolution proportionnelle de 3,9 g de salicylate de sodium, 3,9 g de citrate de sodium et 0,03 g de nitroprussiate de sodium.

Le deuxième réactif ammonium R2 est obtenu en dissolvant proportionnellement 1g d'hydroxyde de sodium et 0,06 g de dichloroisocyanurate de sodium dans 30 ml d'eau distillée.

La présence de l'azote ammoniacal dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'ammonium résulte de la première étape de la dégradation de la matière organique azotée par les bactéries ammonifiantes : on parle d'ammonisation [52].

#### **2.3.3.2.4 LA SILICE $\text{SiO}_2$**

Diluer deux cents fois, la solution standard de  $\text{SiO}_2$  1000 mg/l pour avoir une solution 5 mg/l. Donc prélever 2,5 ml de la solution étalon et les diluer pour obtenir 500 ml  $\text{SiO}_2$ .

A 10 ml de solution standard et d'échantillon ajouter 1ml de réactif R1 et homogénéiser. Après 10 minutes ajoutons 2 ml de réactif R2 et à deux minutes après ajoutons 1ml de réactif R3 et homogénéiser. Dans dix (10) minutes au moins nous procédons à la lecture de l'absorbance des solutions étalons et d'échantillon dans une cuvette de 10 mm, le spectrophotomètre étant préalablement remis à zéro par le blanc (eau distillée) [32].

#### **2.3.3.2.5 LES CHLORURES**

Nous avons utilisé la méthode d'analyse au nitrate d'argent. Les ions chlorures sont analysés en milieu neutre ou faiblement basique avec le nitrate d'argent comme réactif titrant et en utilisant le chromate de potassium 5 % comme indicateur de fin de titrage.

Le chlorure d'argent est totalement précipité avant la formation d'un précipité rouge de chromate d'argent [40].

#### **2.3.3.2.6 LE CALCIUM**

La détermination de la concentration en calcium était faite selon les normes de l'O.C.C [40].

Dans le présent travail, nous décrivons la méthode titrimétrique d'analyse à l'EDTA appelé aussi titriplex 3 0,1 N. Lorsque l'EDTA est additionné à l'échantillon contenant les ions calcium, il se déroule une réaction de complexations.

#### **2.3.3.2.7 LES MATIERES SOLIDES EN SUSPENSION (MES)**

L'analyse des matières solides en suspension permet de connaître la quantité de matières non dissoutes présente, dans un échantillon. Les MES biodégradables contribuent de façon significative à la demande en oxygène et occasionnent la diminution de la concentration en oxygène dissous dans le milieu aquatique [41].

### 2.3.4 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

La description des données est une étape importante de la démarche d'analyse. Pour traiter les données, nous avons fait recours à la technique statistique, en utilisant le logiciel de traitement des données statistiques SPSS 16.0 qui est l'un des plus adaptés au traitement des données selon les différents niveaux d'analyse. L'analyse a comporté un volet descriptif et un volet analytique. Les données ont été saisies en Excel puis exporter pour analyse en SPSS 16.0.

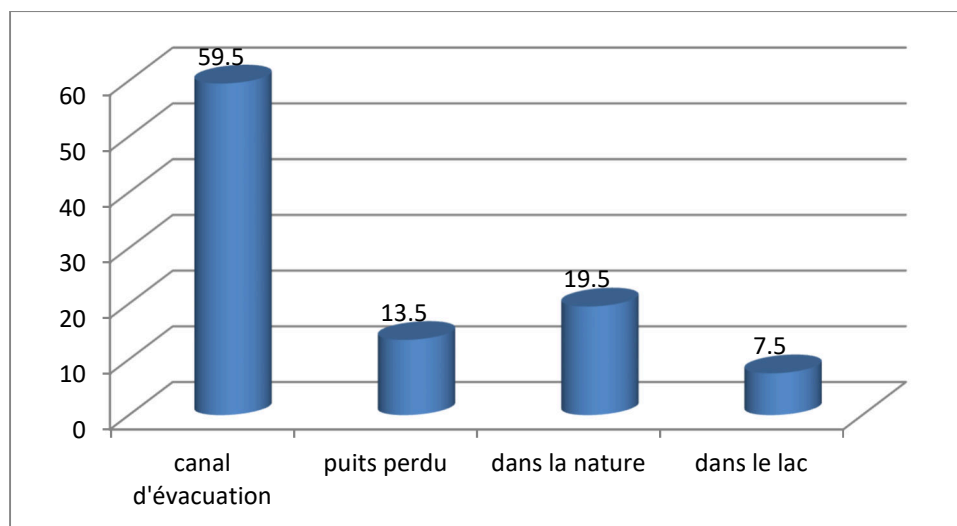
La description des données est une étape importante de la démarche d'analyse. Nous avons fait recours aux tableaux des fréquences.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 RÉSULTATS RELATIFS À L'ENQUÊTE

#### 3.1.1 DES INSTALLATIONS SANITAIRES ET GESTION DES DÉCHETS DOMESTIQUES

Presque tous nos répondants ont déclaré qu'ils disposaient des toilettes. Parmi eux, la majorité utilisent des toilettes à fosse septique, 26,4% utilisent des toilettes à centrale et 22,8 % utilisent les autres types de toilettes (usage des toilettes traditionnelles, orienter les matières fécales directement dans le lac ou dans la rivière). Pour ceux qui ne possèdent pas de toilettes, ils font leur besoin chez les voisins. Plus de la moitié des ménages (67,0%) jettent leurs déchets dans le lac soit directement (7,5%), soit à travers un canal d'évacuation (59,5%).



*Fig. 2. Distribution des enquêtés selon la gestion des eaux usées*

#### 3.1.2 DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAUX

D'une manière générale, les sources disponibles soit à Nguba ou à Muhumba pour certains ménages sont le lac, la station de pompage, l'usine de Murhundu, et les puits ou vuringoma au Rwanda. Parmi nos répondants, 39,0 % ont deux sources d'approvisionnement en eau, 38,0% ont une seule source d'approvisionnement en eau, 17,0 % en ont trois sources et enfin 6,0% ont quatre sources. Ici nous n'avons pas su répartir les nombres de sources disponibles par avenue car l'accessibilité à l'une ou l'autre source dépend non seulement de moyen pour aller vers le point de captage mais aussi la souplesse et connaissance que dispose chaque ménage.

Parmi les ménages enquêtés, seulement 1,5 % préfèrent l'eau de la station de Nguba tandis que 63,0 % des ménages préfèrent l'eau de l'usine de Murhundu et 35,5% des ménages s'approvisionnent à d'autres sources. Ils considèrent que l'eau produite à la station de Nguba ne pas bonne pour l'alimentation humaine, pour la lessive des habits, et autres usages ménagers de par son gout, son odeur et sa couleur.

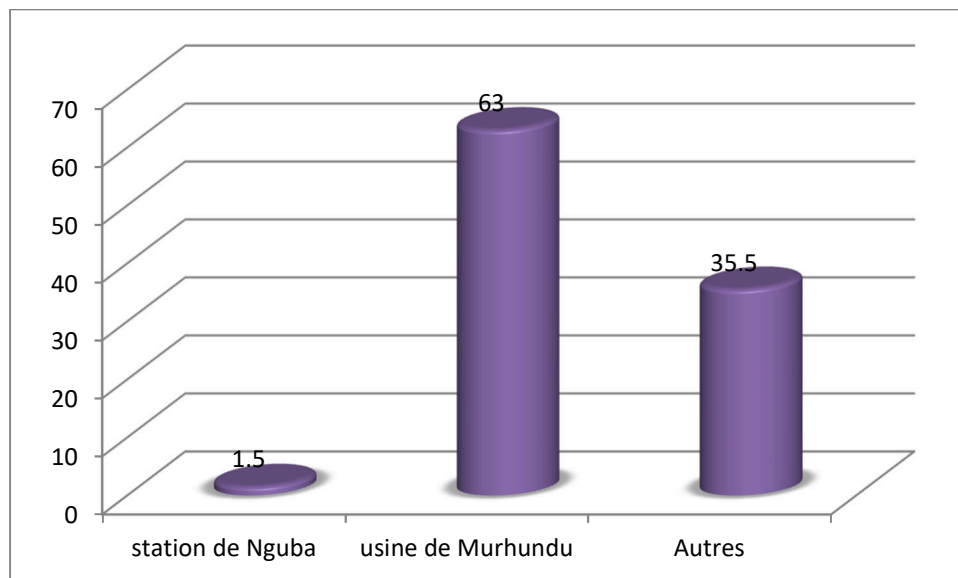


Fig. 3. Distribution des ménages selon la source d'eau préférée

### 3.1.3 APPRÉCIATION DE L'EAU DE LA STATION DE NGUBA

La majorité des répondants a déclaré que l'eau de la station de Nguba est d'une mauvaise qualité à cause de son goût, odeur, couleur et de sa salinité très élevée. 21,0% des enquêtés ont déclaré qu'elle n'est ni bonne ni mauvaise tandis que très peu de ménages (2,0%) ont affirmé qu'elle est d'une bonne qualité.

La majorité de nos enquêtés ont affirmé qu'il existe une différence entre l'eau de la station de Nguba traitée par la Regideso et celle puisée directement dans le lac aux motifs qu'eux l'utilisent pour laver les toilettes ou les véhicules.

Peu des ménages (17,5%) utilisent l'eau de la station de Nguba pour l'alimentation (la cuisson et boisson), et la majorité (82,5%) des ménages l'utilisent pour autres besoins dont 21,5% pour le nettoyage des maisons, 13,0% pour la vaisselle, et 48,0% pour autres choses comme les toilettes, le lavage des véhicules, et non pour l'alimentation).

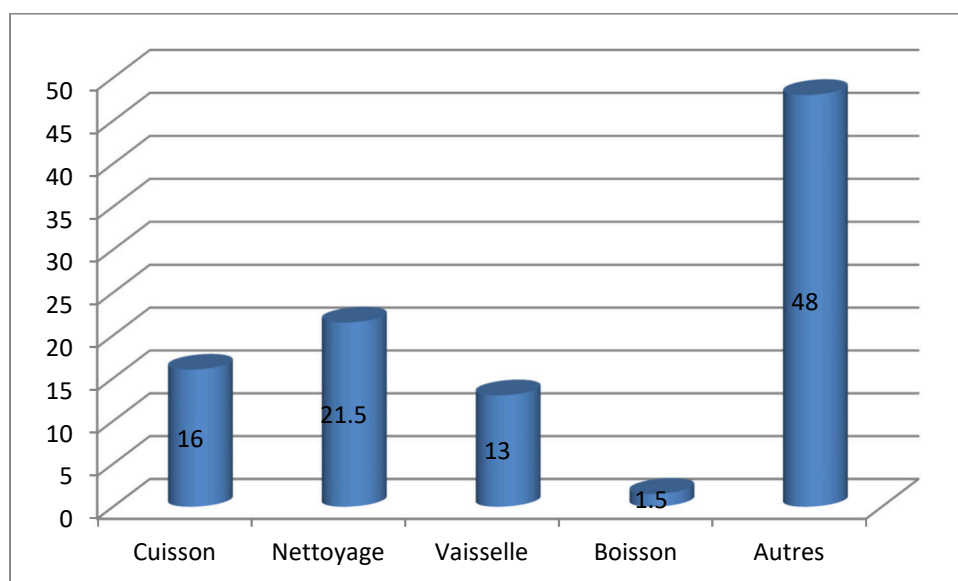
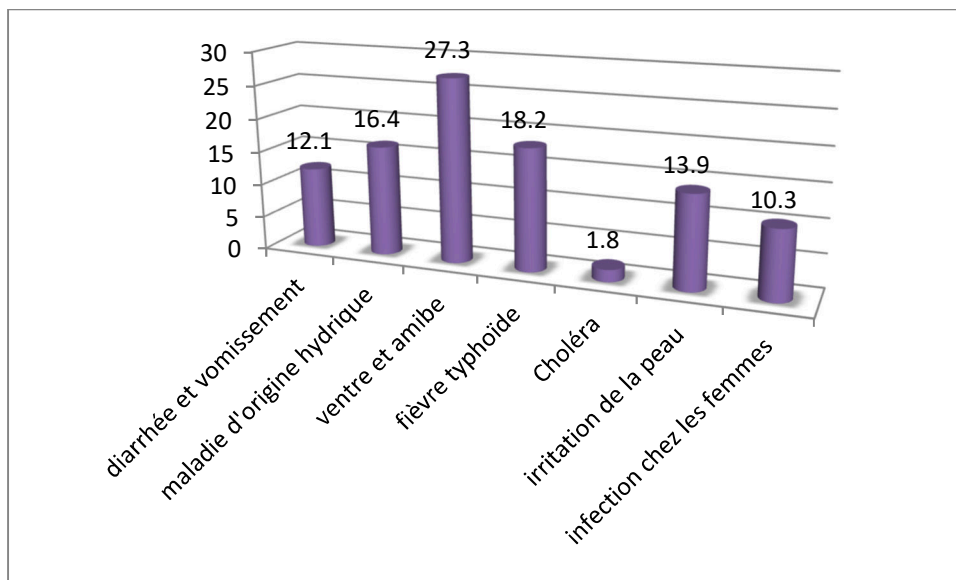


Fig. 4. Distribution selon l'usage de l'eau traitée à la station de Nguba



**3.1.3.1 CONSÉQUENCES SUR LA SANTÉ LIÉES À L'UTILISATION DE L'EAU DE LA STATION DE NGUBA**

Bien que certains répondants ont fourni plusieurs réponses à la fois, d'une manière générale nous avons 27,3 % des nos enquêtés affirment que l'eau de Nguba cause les maux de ventre et l'amibiase, 18,2 % de ménages précisent qu'elle est à l'origine de la fièvre typhoïde, 16,4 % ont parlé des maladies d'origines hydriques, 13,9 % ont parlé de l'irritation de la peau, 12,1 % ont parlé de la diarrhée et le vomissement ; 10,3 % ont parlé des infections urogénitales chez les femmes et 1,8 % des enquêtés ont parlé de choléra. En plus de ceux qui soient cités, il y a d'autres personnes qui disent qu'elle fait à ce que la peau puisse perdre délicatesse, elle amène des boutons sur le corps, etc.



*Fig. 5. Distribution selon les conséquences sur la santé liées à l'eau de la station*

**3.1.3.2 FACON D'ÉVITER LES CONSÉQUENCES LIÉES À L'UTILISATION DE L'EAU DE LA STATION DE NGUBA**

Pour éviter les conséquences liées à l'utilisation de l'eau de la station de Nguba comme eau d'alimentation, 40,0 % de nos enquêtés puisent l'eau de Murhundu soit chez un familial ou un ami qui en est alimentée, 26,1 % la bouillis avant de la consommer, 15,8 % ont déclaré qu'ils achètent l'eau minérale, 13,3 % ont déclaré qu'ils mettent les médicaments tels que les purifiants d'eau dans l'eau de la station avant de l'utiliser et 4,8 % ont déclaré qu'ils puisent l'eau de pluie si possible.

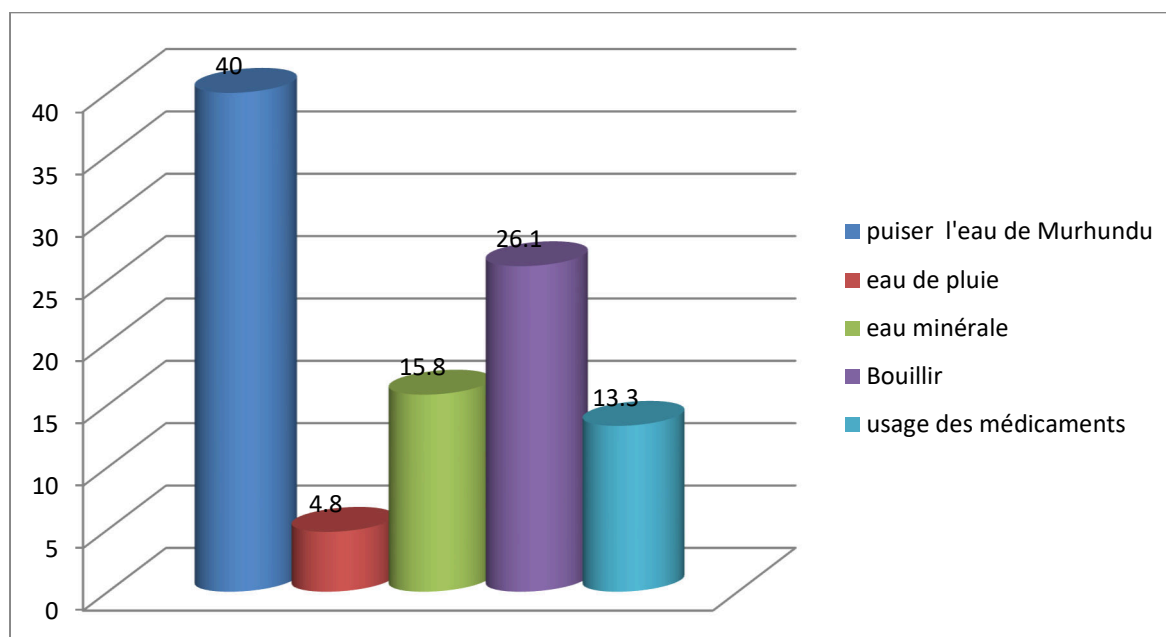


Fig. 6. Distribution selon la façon d'éviter les conséquences liées à l'utilisation de l'eau traitée à la station

### 3.1.3.3 LES SUGGESTIONS DES MÉNAGES À LA REGIDESO

Plusieurs ménages (66,5%) suggèrent à la Regideso d'améliorer la qualité de l'eau traitée à la station de Nguba en sollicitant l'aide du gouvernement ou toute autre aide extérieure, 17,0 % disent qu'il fallait d'abord mener une étude avant la réalisation du projet et demandent d'être approvisionnés en eau de Murhundu. 9,5% suggèrent de changer le point de captage de l'eau de la station de Nguba. Notons que 7,0% se disent déjà satisfaits pour avoir résolu le problème de la carence en eau dans cette partie de la ville de Bukavu même si elle ne répond pas à toutes les normes de potabilité.

Pour nous rassurer des réponses fournies par nos enquêtés sur le goût, l'odeur et la couleur de l'eau de la station, nous avons aussi goûté une quantité sur les sites à Nguba et à Muhumba et amener une autre quantité à la maison pour l'expérimenter à la cuisine, pendant la lessive et la vaisselle. A la fin, nous avons senti un gout salé, une odeur de dakin, une décoloration des habits pendant la lessive et l'absence des mousses du savon, etc.

### 3.1.4 RÉSULTATS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DE LA STATION DE NGUBA EN COMPARAISON AVEC CELLES DE L'EAU PRODUITE À L'USINE DE MURHUNDU

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire de l'UERHA et de l'O.C.C. sont indiqués dans les tableaux ci-dessous en deux parties. La première partie reprend les résultats d'analyses de l'eau de la station de pompage de Nguba et la deuxième les résultats d'analyses de l'eau de Murhundu.

#### 3.1.4.1 RÉSULTATS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DE LA STATION DE NGUBA

Ces résultats sont résumés dans les tableaux 1et 2 de la manière suivante :

La température de l'eau du lac est  $25,0\pm 0,14^{\circ}\text{C}$  pendant que celle de l'eau de Couvent est  $22,20\pm 1,55^{\circ}\text{C}$ . Pour le pH, on trouve qu'il est élevé dans les eaux du lac et faible au Couvent. La conductivité électrique est plus élevée dans le lac ( $1030\pm 8,50 \mu\text{s}/\text{cm}$ ) et plus basse dans le couvent ( $1018,50\pm 7,07 \mu\text{s}/\text{cm}$ ). En ce qui concerne l'oxygène dissout, au Lac nous avons  $8,25\pm 1,20 \text{ mg}/\text{l}$  comme teneur la plus élevée et  $7,55\pm 0,92 \text{ mg}/\text{l}$  comme teneur la moins élevée à Muhumba, parlant de la turbidité, on trouve qu'elle est élevée dans les eaux de la station  $32,45\pm 1,20\text{NTU}$  et moins élevée  $25,30\pm 6,78\text{NTU}$  dans les eaux de Muhumba.

Tableau 1. Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de la Station de Nguba

Sites	Température en °C	pH	Conductivité en NTU	O.D en mg/l	Turbidité en mg/l
	M ± E	M ± E	M ± E	M ± E	M ± E
Lac	25,0±0,14	9,80±0,28	1030,0±8,50	8,25±1,20	26,50±5,94
Station	25,20±0,70	9,85±0,07	1026,0±7,07	7,70±2,26	32,45±1,20
Couvent	22,20±1,55	9,25±0,07	1018,50±17,68	7,85±0,92	30,90±0,85
Milima	22,50±0,35	9,40±0,14	1023,50±13,43	8,10±0,99	26,55±9,97
Muhumba	22,85±0,35	9,40±0,42	1023,50±4,95	7,55±0,92	25,30±6,78
Normes OMS	25	6,5-8,5	2000	≥5	< 5

Source : cette étude

Du point de vu matières en suspension, nous avons 4,70±0,71mg/l dans les eaux de la station et 3,58±1,81 mg/l dans les eaux de Muhumba, pour le calcium, nous avons 11,04±2,77 mg/l comme le taux le plus élevé à Milima et 8,32±7,47 mg/l comme le taux le moins élevé à la station. Parlant du chlore, nous avons la teneur la plus élevée à la station et au couvent (1,85±0,36N) et la moins élevée à Milima et à Muhumba (1,70±0,16 N) pendant que dans le lac nous avons eu un trait. Pour le nitrite nous avons au lac 95,70±116,96µg/l comme le teneur le plus élevé et 15,45±14,50 µg/l à Muhumba comme teneur le plus bas, le teneur en ammonium est élevé au couvent (0,52±0,53 mg/l) qu'au lac pourtant à la station et à Muhumba nous avons la même valeur 0,32±0,40 mg/l, pour le phosphate nous avons trouvé 746,40±0,0µg/l à Milima comme la quantité la plus élevée et 292,10±0,0µg/l à Muhumba comme la quantité la plus basse, et enfin pour la silice, nous avons 16,40±0,0 mg/l comme le taux le plus haut au Lac et 6,70± 9,48mg/l à Muhumba.

Tableau 2. Résultats des analyses chimiques de l'eau de la Station de Nguba

Sites	M.E.S. en mg/l	Calcium en mg/l	Chlore en N	Nitrite en µg/l	Ammonium en mg/l	Phosphate en µg/l	Silice en mg/l
	M ± E	M ± E	M ± E	M ± E	M ± E	M ± E	M ± E
Lac	4,10±1,42	10,72±5,20	-	95,70±116,96	0,14±0,08	381,80±481,82	16,40±0,0
Station	4,70±0,71	8,32±7,47	1,85±0,36	17,70±11,31	0,32±0,40	354,75±159,31	8,97±10,92
Couvent	4,30±0,75	8,53±4,91	1,85±0,35	28,10±25,17	0,52±0,53	636,55±602,24	13,02±5,20
Milima	3,90±1,67	11,04±2,77	1,70±0,16	19,35±15,34	0,44±0,50	746,40±0,0	8,55±12,09
Muhumba	3,58±1,81	8,82±3,94	1,70±0,50	15,45±14,50	0,32±0,40	292,10±0,0	6,70±9,48
Normes OMS	-	100	1,5	3.10 <sup>6</sup>	0,5	10 <sup>6</sup>	-

Source : cette étude

### 3.1.4.2 LES RÉSULTATS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DE MURHUNDU

L'eau de Murhundu étant considérée comme témoin, ces analyses physico-chimiques vont nous permettre de trouver les résultats avec lesquels nous allons comparer ceux obtenus à l'eau de la Station de Nguba.

Après les analyses, nous avons constaté que tous les paramètres sont dans les normes de l'OMS comme par exemple, le pH compris entre 9,25±0,21 et 7,40±0,14; la conductivité variées entre 310,85µs/cm à 109,45±78,56µs/cm ; les valeurs de concentration en l'oxygène dissous sont dans la plus part de cas variées entre 6,15±3,46mg/l et 2,36±1,20mg/l ; les concentrations en Calcium, en Chlore ainsi que les valeurs de turbidité et des matières en suspension (MES) sont de plus en plus voisines. La présence en nutriment (nitrite, ammonium, phosphate et silice) dans différents échantillons est d'une importance non négligeable surtout en rapport avec le phosphate et la silice.

Tableau 3. Résultats physico-chimique de l'eau de Murhundu

Sites	Température en °C	Ph	Conductivité en µs/cm	O.D en mg/l	Turbidité en NTU
	M+E	M+E	M+E	M+E	M+E
Murhundu	23,45±0,35	9,25±0,21	310,85±52,11	5,45±1,48	2,49±1,61
Usine	20,60±0,85	8,25±0,49	109,60±81,18	5,95±4,03	2,05±0,91
Bagira	23,86±1,06	7,85±0,35	266,80±139,72	4,25±0,07	2,14±1,36
Bugabo	22,30±0,28	7,40±0,14	109,45±78,56	6,15±3,46	1,94±0,65
Isp	20,70±0,99	8,35±1,06	109,85±79,40	2,36±1,20	1,72±1,02
Normes OMS	25	6,5-8,5	-	≥5	-

Source : cette étude

Tableau 4. Résultats des analyses chimiques de l'eau de Murhundu

Sites	M.E.S. en mg/l	Calcium en mg/l	Chlore N	Nitrite en µg/l	Ammonium en mg/l	Phosphate en µg/l	Silice en mg/l
	M + E	M + E	M + E	M + E	M + E	M + E	M + E
Murhundu	4,92±1,68	5,18±0,03		378,75±525,73	0,01±0,0	664,35±161,72	2,48±0,45
Usine	1,48±0,54	1,70±2,13	1,16±0,66	13,50±15,69	0,01±0,0	59,45±32,03	9,40±10,17
Bagira	1,45±0,49	1,86±2,47	1,01±0,30	29,20±26,72	0,26±0,0	268,05±257,17	17,09±22,21
Bugabo	0,95±0,07	1,44±1,79	0,82±0,18	11,85±11,66	0,01±0,0	1061,90±1043,83	15,46±20,84
Isp	1,14±0,19	1,54±1,92	0,80±0,15	12,75±15,20	0,080±0,0	50,55±38,82	8,66±11,22
Normes OMS	-	100	1,5	3.10 <sup>6</sup>	0,5	10 <sup>6</sup>	-

Source : cette étude

## 3.2 DISCUSSION DES RESULTATS

### 3.2.1 LE NIVEAU D'ACCEPTABILITÉ DE L'EAU DE LA STATION DE NGUBA PAR LES MÉNAGES

La contribution des ménages à la pollution des eaux du lac et de l'environnement qui influenceraient les variations des certains paramètres physico-chimiques se fait remarquer selon les figures numéro 2, 3, 8 et la photo numéro 2. Malgré qu'une partie des ménages se fait passer pour un non pollueur du lac et de l'environnement, vous trouverez leurs toilettes, les canaux d'évacuation et leurs poubelles orientés vers le lac. Certains abandonnent les déchets sur la berge du lac et dans les espaces libres.

Pendant l'identification des types et nombres de sources d'eau disponible, la figure 3 indique en moyenne 2 sources par ménage. Les consommateurs recourent à la deuxième source car ils considèrent que l'eau de la Regideso captée à partir du lac n'est pas d'une bonne qualité physico-chimique. Ainsi ils ne l'utilisent pas comme eau de boisson suite à son gout, son odeur, son apparence,... ils se ressource ailleurs comme achat de l'eau minérale, envoyer les enfants d'aller chercher l'eau à d'autres sources comme Honga à Nguba, Vuringoma au Rwanda ou soit l'eau provenant de l'usine de Murhundu chez un ami ou un familial selon la Photos 1.

Pourtant c'était pour cette fin que la Regideso avait installé cette station de Nguba.

Ils préfèrent l'utiliser comme eau de lavage des véhicules, de nettoyage des maisons et toilettes et pour certains, la vaisselle des assiettes et des casseroles.

A la suite, les résultats de la figure 11 expliquent les impacts de l'eau de la station sur la santé et réaffirment que cette eau une fois utilisée provoquerait certaines maladies telles que les maux de ventre, l'amibiase, la fièvre typhoïde, l'irritation de la peau, les infections uro-génitales chez les femmes et autres maladies d'origine hydrique. Pour les éviter, certains ménages utilisent des médicaments pour la purifier, les autres la bouillie, etc. Il est vrai que la plupart des ménages vivant dans les cellules Nguba et Muhumba ont suggéré à la Regideso d'améliorer la qualité de l'eau traitée à la station de Nguba comme celle de Murhundu ou de changer le point de captage de l'eau de la station de Nguba car selon eux, la Regideso qui leur fournit l'eau estimée non agréable à la santé humaine.

Du point de vue facturation, on constate que les abonnées à l'eau de la Station de Nguba payent le même montant que les abonnés à l'eau provenant de l'usine de Murhundu alors que les coûts et les techniques de traitement ne sont pas les mêmes.

### **3.2.2 LES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DE LA STATION DE NGUBA**

Les normes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, constituent la référence en matière de potabilité de l'eau consommée par la population.

Du point de vue température, il ressort des analyses que les échantillons prélevés au Couvent, Milima et à Muhumba sont d'excellente qualité car les valeurs varient entre 22 et 23°C.

Par contre, les autres échantillons dont les valeurs se situent entre 22 et 25°C nécessitent encore un retraitement pour qu'ils soient dans l'acceptable selon les normes OMS. L'origine de cette variation serait fonction des saisons, des heures du jour [42], ou expliquée par l'augmentation de la température qu'auraient connu les eaux de surface du lac Kivu de 0.5°C suite au réchauffement planétaire [43]. D'après Plisnier [44], la température est indirectement responsable de la perte de l'habitat, la photosynthèse, la respiration anaérobie, le métabolisme et la mobilité des organismes ne sont pas exemptés des variations de la température.

Quand l'oxygène dissous, il est remarquable que tous les échantillons soient d'une qualité de potabilité supérieure à 5 mg/l et inférieure à 9 mg/l. En conclusion, tous nos échantillons analysés sont de potabilité acceptable selon les normes de l'OMS en matière d'oxygène dissous car à une température de 20 à 25°C, la concentration en oxygène dissous ne peut jamais être inférieure à 5 [46]. La température est un facteur influant de la photosynthèse, ce dernier est une source principale de l'oxygène dissous dans les eaux de surface [47], la variation de la température influence d'une manière directe la variation de l'oxygène dissous dans une zone photique.

Du point de vue pH, toutes les valeurs placent nos échantillons en une eau alcaline (pH supérieur à 7) selon les normes OMS. Toutefois le calibrage du pH de l'hydrolab influencerait certaines valeurs en leur rendant alcalines alors qu'elles ne le seraient pratiquement pas. Le pH constant des eaux résulterait de l'équilibre carbonique, ions bicarbonates, carbonate ( $\text{CO}_2$ - $\text{HCO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) qui tamponne les eaux de surface. Le pouvoir tampon des eaux du lac Kivu a été jugé suffisant par Zabene [30]. Il est évident, soutient Damas [45], que pareille courbe du pH est conditionnée par le mélange tampon des eaux lacustres seraient formé jusque à 65 m par les carbonates et bicarbonates pour le lac Kivu. En ce qui concerne la potabilité de l'eau se rapportant au pH apprécié, nous pouvons déduire que pour l'eau de la station de Nguba, seuls les échantillons de couvent, Milima sont conformes à l'eau de Murhundu se trouvant dans les normes car leur pH est inférieur ou égal à 9,5. Outre, les directives de qualité pour l'eau de boisson montrent que pour les eaux saumâtres et salées, le pH peut aller de 6,0 à 9,5 si le pouvoir tampon est faible [9].

Du point de vue conductivité électrique, nous constatons que toutes les eaux de la station de pompage sont salées. Selon les normes de l'OMS. La conductivité électrique ne doit pas dépasser 2000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Nous ne pouvons pas conclure que tous nos échantillons correspondent aux normes de potabilité en matière de conductivité électrique même si la valeur supérieure est inférieure à 1500  $\mu\text{s}/\text{cm}$  car tous les échantillons analysés les valeurs trouvées sont supérieures à 100  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Selon OMS, cette eau est salée.

Etant donné que la salinité des eaux de la Station justifie une conductivité électrique élevée des eaux. Par là nous concluons que la conductivité fait aussi partie des éléments à la base du goût des eaux de la station du point de captage (Lac) jusqu'au dernier consommateur à Muhumba.

Du point de vue turbidité, sa teneur peut être élevée en raison des caractéristiques naturelles du milieu [55] on constate que tous les échantillons prélevés à la station de Nguba sont d'une turbidité supérieure à 5NTU. Par contre, tous les échantillons prélevés des eaux de Murhundu sont d'une turbidité inférieure à 2NTU. D'où, les eaux de la station de Nguba sont légèrement colorées. C'est pourquoi les ménages se plaignent de sa couleur qui parfois détériore et/ou décolore les habits et ustensiles de cuisine et la salle de bain. Autre raison en est que le système de traitement de l'eau à la station de Nguba qui ne respecte pas les normes [1]. L'eau serait d'abord filtrée, désinfectée et testée régulièrement afin de confirmer que le système d'épuration

fonctionne correctement. Mais à la Station de Nguba, l'eau captée dans le Lac ne subit que la désinfection à l'hypochlorite de calcium puis envoyer aux consommateurs sans aucun autre traitement. Pour ce faire nous pouvons aborder dans le même sens que les ménages qui disent que l'eau de la Station de Nguba est presque la même que celle du Lac Kivu.

Du point de vue concentration en nitrite, nous relevons que les concentrations obtenues sont en majorité 1000 fois inférieure à 10mg/L. Cela justifie la qualité de potabilité élevée de tous les échantillons prélevés est la faible exposition des bébés à la méthémoglobinémie selon les normes de l'OMS [48].

Les sous-produits de désinfection influencent les paramètres de qualité de l'eau car les limites des concentrations ne sont pas respectées. C'est pourquoi, en nous référant aux résultats de l'enquête effectuée auprès des ménages, à sa teneur du chlore qui est supérieure à 1,5N, et aux normes de l'OMS [48]. Nous pouvons conclure que l'eau de la station de Nguba n'est pas dans les normes de l'acceptabilité. Du point de vue phosphate, calcium, ammonium et silice nous trouvons que dans tous nos échantillons leurs concentrations sont inférieures à 0,5 mg/l.

Bien que la concentration en calcium soit dans l'acceptable, nous ne pouvons pas affirmer que cette eau est douce car la dureté d'une eau dépend aussi de sel de magnésium que nous n'avons pas testé ici. Les ménages affirment avoir des difficultés à faire la lessive et la vaisselle.

D'une manière particulière, en se référant aux réponses fournies par les ménages lors de l'enquête sur terrain, on a trouvé que l'eau de la station de Nguba est différente à celle de Murhundu. De même après les analyses des certains paramètres physico-chimiques liés à l'eau de l'alimentation, nous avons trouvé la température, la conductivité, la concentration en calcium, la concentration en nitrite et en ammonium qui varient beaucoup plus à Nguba qu'à Murhundu.

Quant à nous, nous l'avons goûtée, sentie et observée. Nous trouvons que les ménages ont raison de ne pas utiliser comme eau d'alimentation car elle ne respecte ni la chaîne de traitement ni les normes des paramètres organoleptiques établies par l'OMS [48].

Nous pouvons conclure que, bien que l'eau distribuée à partir de la station de Nguba et à partir de l'usine de Murhundu soit effectuée par la même maison (Regideso), elle n'a pas les mêmes qualités. Les motifs sont nombreux parmi lesquels nous pouvons citer le traitement (techniques et produits chimiques utilisés), le coût de traitement, les techniciens, le trajet suivi par l'eau après traitement, l'état des installations de la Regideso, le niveau par rapport à la source, les facteurs polluants, etc.

#### **4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

Le sujet de notre recherche, intitulé « évaluation de l'acceptabilité de l'eau produite par la Regideso à la station de Nguba ». Il avait pour objectif principal, d'évaluer l'acceptabilité de l'eau produite par la Regideso à la station de pompage de Nguba.

Pour atteindre cet objectif, nous avons apprécié le niveau d'acceptabilité de l'eau produite à la station de pompage par les ménages des cellules Nguba et Muhumba dans le quartier Nyalukemba en commune d'Ibanda au moyen d'un questionnaire d'enquête. Pour savoir ce qui serait à la base de la non utilisation de l'eau de la station de pompage de Nguba dans l'alimentation à fin d'analyser certains paramètres physico-chimiques y afférente au laboratoire conformément aux normes de l'OMS.

L'eau filtrée était utilisée pour le dosage des paramètres chimiques à l'aide des méthodes standards d'analyse colorimétrique, et d'un spectrophotomètre pour la lecture des absorbances. Il s'agit de la méthode à l'acide ascorbique pour les phosphates, de la méthode à l'acide sulfanilique pour les nitrites et de la méthode au dichloroisocyanurate pour le dosage de l'ammonium. La grille définie par les concentrations maximales admises de l'Organisation Mondiale de la Santé est utilisée pour l'interprétation des résultats des analyses de l'eau.

Les résultats de nos enquêtes sur le terrain indiquent que les ménages alimentés par la Regideso à partir de la station n'utilisent pas cette eau pour l'alimentation et préfèrent être alimentés à l'eau de Murhundu aux motifs que celle de la station n'est pas d'une meilleure qualité organoleptique et serait à la base de certaines maladies comme la fièvre typhoïde, le ventre et l'amibiase, les infections uro-génitales chez certaines femmes, l'irritation de la peau, etc. Ils préfèrent l'utilisée pour le lavage de véhicule, les nettoyages des maisons et toilettes, l'arrosage des jardins, la lessive et vaisselle pour certains ménages, et autres usages.

Les analyses physico-chimiques de l'eau de la station de Nguba montrent que tous les paramètres analysés sont dans les normes de l'O.M.S à l'exception des certains paramètres physico-chimiques et chimique dont la conductivité électrique qui associée à la concentration élevée en chlore seraient à l'origine du goût et d'une l'odeur caractéristique, la turbidité et les

matières en suspension qui expliquerait la couleur et la présence des taches sur les habits pendant la vaisselle, dans les vases et sur les ustensiles de la cuisine pendant la vaisselle.

Enfin, les résultats des analyses physico-chimiques confirment que les ménages des cellules Nguba et Muhumba ont raison de renoncer à l'utilisation de l'eau produite par la station de pompage de Nguba dans l'alimentation à cause de sa non potabilité et non-conformité par rapport aux caractéristiques organoleptiques établies par OMS dont: turbidité, odeur, saveur, couleur qui concourent à l'agrément ou au désagrément d'eau de boisson.

En termes de comparaison, on trouve que l'eau produite à la Station de Nguba est de la qualité différente à celle produite à l'usine de Murhundu qui tous les paramètres sont dans les normes.

Ainsi nous recommandons :

1. Aux ménages qui contribuent à la pollution des eaux du lac de par la gestion des déchets, ordures (solides, liquides), matières fécales humaines et animales de ne plus pratiquer cette opération pour la bonne conservation de l'écosystème lacustre.
2. Au gouvernement congolais, à travers le ministère de la santé publique de s'impliquer par les contrôles sérieux de la qualité d'eau fournie à la population. Et à travers le ministère de l'environnement de mettre à la portée des ménages des poubelles publiques ou un moyen pouvant leurs permettre d'évacuer les déchets et ordures ménagés.
3. À la Regideso d'améliorer ou de changer le système de traitement de l'eau à la station de pompage de Nguba tel que demandé par les ménages enquêtés.
4. Aux futurs chercheurs de s'impliquer dans les analyses biochimiques et microbiologiques de l'eau de la station de pompage de Nguba afin de vérifier si elle répond aux normes selon OMS.

## REFERENCES

- [1] WHO (2007). Combating waterborne disease at the household level: International Network to Promote Household Water Treatment and Safe Storage. Geneva: WHO.
- [2] Conseil mondial de l'eau. (2006), Rapport final du quatrième forum mondial de l'eau. Mexico; 258p.
- [3] Programme des Nations Unies pour l'Environnement, (2011) Problématique de l'Eau en République Démocratique du Congo: Défis et Opportunités, Web: <http://www.unep.org>
- [4] Mayor F. (1997), Water and civilization In: Actes du Premier Forum mondial de l'eau. Elsevier Science, Oxford.
- [5] Rapport des nations unies sur le développement mondial de l'eau « Water for people water for life » 102 p <http://www.lenntech.com/français/feedbackfr.htm>.
- [6] Directeur provincial de la Régie de distribution d'eau (Regideso) Sud-Kivu; (2003), Deuxième recensement général des abonnés, résultats définitifs: caractéristiques générales des consommateurs. Bukavu.
- [7] Shukuru S. F. (2011), Approvisionnement en eau dans la ville de Bukavu et son impact sur les maladies de mains sales, Université Officielle de Bukavu, mémoire inédit
- [8] Rapports annuel de la Mairie, (2014), Sud-Kivu, ville de Bukavu
- [9] OMS (2004), Directive de qualité pour l'eau de boisson, 3ème éd, Vol 1. Genève
- [10] Wright J, Gundry S, Conroy R. (2004), Household drinking water in developing countries: a systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. *Trop Med Int Health*; 9:106–17.
- [11] Jayasheel E et al. (2009), Is fecal contamination of drinking water after collection associated with household water handling and hygiene practices? A study of urban slum households in Hyderabad, India. *Journal of water and health*; 7: 145-154.
- [12] Herbst S et al. (2009), Perceptions of water, sanitation and health: a case study from the Mekong Delta, Vietnam. *Water Science & Technology—WST* 60: 699–707
- [13] Ministère des affaires sociales, de la santé et des droits des femmes, (2014): Santé.gouv.fr, 1er Octobre 2014
- [14] Gouvernement du Québec.; (2001), Règlement sur la qualité de l'eau potable.
- [15] Cemagref, ENGEES, (2002), Ministère chargé de l'écologie, France
- [16] Centre National de la Recherche Scientifique, 2014, Dossier Scientifique : l'eau, [Sagascience@cncs-dir.fr](mailto:Sagascience@cncs-dir.fr)
- [17] Terrence Thompson et al, (2007), Chemical safety of drinking water: assessing priorities for risk management. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data
- [18] NF T 90-210 (mai 2009) Qualité de l'eau - Protocole d'évaluation initiale des performances d'une méthode dans un laboratoire
- [19] WHO (2006). Guidelines for Drinking-Water Quality. Third edition incorporating first addendum. Vol. 1, Recommendations (electronic resource). Geneva: WHO.

- [20] World Bank (2005). Arsenic contamination of groundwater in South and East Asian countries: Towards a more operational response, Washington, DC
- [21] Pasche, N., G. Alunga, K. Mills, F. Muvundja, D. Ryves, M. Schurter, B. Wehrli, and M. Schmid (2010), Abrupt onset of carbonate deposition in Lake Kivu during the 1960s: Response to recent environmental changes, *J. Paleolimnol.*, 44(4), 931–946, doi:10.1007/s10933-010-9465-x.
- [22] Organisation mondiale de la santé (OMS). (2004-2006), Directives de qualité pour l'eau de boisson, troisième édition, Volume 1 : Recommandations. OMS
- [23] Vincent C. et Geneviève O., (2004), Evaluation of H2S Method for detection of fecal contamination of drinking water, Ville de Mont-Tremblant, p 31
- [24] Dégbey C, Makoutodé M, Ouendo EM, Fayomi B, De brouwer C. 2008. La qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin. *Environnement. Risques. Santé*, 7(4): 279-283
- [25] Descy, J.P, (1995), Ecologie des eaux, FUNDP-Namur, Belgique
- [26] Rodier, (1996), Analyse et chimie des eaux, méthodes d'analyse, Dunod, Paris 8ème éd
- [27] Boadi & Kuitunen. (2005), Environment, wealth, inequality and the burden of disease in the Accra metropolitan area, Ghana. *Int J Environ Health Res*; 15: 193-206.
- [28] Belkhiri L., Boudoukha A., Mouni L., Baouz T., 2010. Multivariate statistical characterization of groundwater quality in Ain Azel plain, Algeria. *African Journal of Environmental Science and Technology*. Vol. 4(8), pp. 526-534.
- [29] Nwala C. O., Akaninwor J. O., Abbey B. W., 2007. Physico-chemical parameters of monopumps and well waters in Igbo Etche. *J. Nig. Environ. Soc.*, 4(1): 78-87.
- [30] Zabene F., (2013), Etude biogéochimique de la cladophora, une algue épilithique du lac Kivu. Mémoire, inédit, Département de chimie-physique, ISP/Bukavu, Bukavu, RDC.
- [31] Descy, J.-P, (1992), Ecologie des végétaux aquatiques, Ecologie des eaux douces 2ème partie, notes de cours, unité d'écologie des eaux douces, Facultés des Universitaires Notre Dame de la Paix, Namur, Belgique.
- [32] Bartram, J., Ballance, R. (eds), (1996), Water quality monitoring – A practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater quality studies and monitoring programmes. UNEP/UNESCO.
- [33] Feldis, (s d), 2001 critères de potabilité et opérations de traitement de l'eau, Dunod, Paris
- [34] Grawitz, M., (2001), Méthodes des sciences sociales, 11ème édition, Paris, Edition Dalloz.
- [35] Pinsonneault, L., Blanchette, C., Leclerc, J.M., (2008), Validité de deux instruments de mesures des caractéristiques des habitations liées à la qualité de l'air intérieur, 77pages.
- [36] Banza, K., (2007), Perception du risque liée à l'habitat insalubre en milieu urbain, Mémoire DEA, Université de Lubumbashi, inédit.
- [37] Zumsteeg, S., (2000), La santé des Français dans leur logement.
- [38] Raman S. B. K., Geetha G., 2005. Correlation analysis and prediction of characteristic parameters and water quality index of ground water. *Pollut. Res.*, 24:197-200
- [39] Arsenault. S. et N. Bertrand. 1997. Oxygène dissous, Éclaircissement de la situation au Lac Tremblant. Document préparé pour la Ville de Mont-Tremblant par EXXEP Environnement, Ste-Foy. 7 pages et 1 annexe.
- [40] Normes OCC (office Congolais de Contrôle), 2002, Sud-Kivu, Bukavu.
- [41] Roche international. (2000), Etude du Projet d'aménagement des plans d'eau du sud- Bénin ; Synthèse de l'état des lieux et cadre de développement. Rapport final, 90 P.
- [42] Tampo L., Ayah M., Kodom T., Tchakala I., Boguido P., Bawa L., Djaneye B., 2014. Impact de la demande en chlore et de la chloration sur la désinfection des eaux de puits des quartiers de Lomé. *J. Appl. Biosci.* 75: 6272-6281.
- [43] Vincent, Bernard, 1971. Étude physico-chimique et planctonique du lac Tremblant pendant douze mois consécutifs. Département des sciences biologiques, Université de Montréal. 45 pages et annexe.
- [44] Plisnier, P.D. (1990). Ecologie comparée et exploitation rationnelle de deux populations d'Haplochromis spp. (Teleostei, Cichlidae) des lacs Ihema et Muhanzi (Rwanda), Louvain-La-Neuve,
- [45] Hawa S., 2002. Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. Thèse de Doctorat d'état en Pharmacie, 77 p.
- [46] Halen, H. et Rosado J.L. (1987), Les sols, les eaux et leur valorisation dans un écosystème agro-piscicole de la région marécageuse de l'Etat de Tabasco, UNCED, facultés universitaires Notre Dame de la Paix, Bruxelles.
- [47] Lagnika et al. *J. Appl. Biosci.* 2014. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè, Bénin
- [48] O.M.S., (2012), Les directives pour la qualité de l'eau potable telles qu'établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), troisième édition, Volume 1
- [49] Dupont, A, (1981), Hydraulique urbaine, captage et traitement des eaux, Tome 1. 5e édition, Paris, Eyrolles.
- [50] Rodier, J., (1996), L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. Paris :Dunod ; 8ème édition



- [51] Bisimwa J.P. (2009), Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux du lac de barrage de la Ruzizi Ier (Est de la RDC), Mémoire, inédit, département de Chimie-physique, ISP/Bukavu, Bukavu, RDC.
- [52] Mutendela O. (1998), Impact des eaux usées industrielles sur la pollution des eaux du lac Kivu : Bassin de Bukavu (Cas de la Bralima et de la Pharmakina), TFC, inédit, Département de Chimie-physique, ISP, Bukavu,
- [53] Vouillamoz J.M. (1999), Alimentation en eau potable des populations menacées, Action contre la faim, Hermann éditeurs, paris
- [54] Wikipedia. Stat.org consulté le 17 Novembre 2014
- [55] <http://www.hc-sc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/turbidity/index-fra.php>.