

EVALUATION DE PERFORMANCE DE LA CHAINE DE TRAITEMENT D'EAUX DE SURFACE DE LA RIVIERE TSHOPO DANS LA REGION DE KISANGANI (RD Congo)

[THE PERFORMANCE EVALUATION OF TREATMENT LINE OF WATER ON THE SURFACE OF TSHOPO RIVER IN KISANGANI REGION (DR Congo)]

Joe Emmanuel Baofa LITUMANYA¹, Hubert Kunda KATAPULU², Tharcisse Ondongo MONAMA³, Zoé-Arthur Malumba KAZADI⁴, Phillipe TSALU³, and Lumami KAPEPULA⁵

¹Laboratoire de chimie des substances naturelles, Département de Chimie, Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, Boite Postale 2012 Kisangani, RD Congo

²Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Kindu. B.P. 35 Kindu, RD Congo

³Laboratoire de Chimie, Département de Chimie et industrie, Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa, Boite Postale 190 Kinshasa XI, RD Congo

⁴Laboratoire de Microbiologie, Département de Biotechnologie, Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, Boite Postale 2012 Kisangani, RD Congo

⁵Centre de Recherche en Hydrobiologie (CRH-Uvira), Département d'Hydrologie, section Hydrochimie, BP 73 Uvira, 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: Our study is based on the performance evaluation of treatment line of water on the surface of Tshopo River with the characterization of not treated and treated water according to the level of reduction of chemistry substances and bacteria from fecal things not needed is the not treated water captured.

The obtained results prove that soft water of Tshopo River and treated are globally physic-chemistry quality good and very good but the not treated water is very microbiologically polluted. The rates of the reduction of medians very goods are higher than required in the Democratic Republic of Congo (DR Congo) about 80 % by the medians of the numbers very probable (NVP) of faeces streptococcus (FS) 28/100 ml and of the faeces coliforms (FC) 0/100 ml against norm of DR Congo about 0/100 ml. Hence, the water quality of Tshopo River has highly increased their two last tenths from the increasing people estimated at 294,37 %, the collector's absence and water treatment factories as well as the climate conditions particularly after the strong or heavy rains regular in the equatorial zone.

Then the necessity to install the good management of anthropic loss and a good way of cleanness of environment and also adapt, the days of intense rains, an adapted treatment to the changing to different parameters of first priority to analyze in order to improve the quality of water to produce according to the ways as given by the world organization of Health and the DR Congo norms.

KEYWORDS: Characterization, water treatment, Tshopo, Kisangani, rate of reduction, disinfectant.

RESUME: Cette étude est basée sur l'évaluation de performance de la chaine de traitement des eaux superficielles de la rivière Tshopo par la caractérisation des eaux brutes et traitées en fonction de taux de rabattement (ou réduction) des substances chimiques et bactéries d'origine fécale indésirables présentes dans les eaux brutes captées.

Les résultats obtenus montrent que les eaux très douces de la rivière Tshopo et traitées sont globalement de qualité physico-chimique bonne et très bonne mais les eaux brutes sont très polluées microbiologiquement. Les taux de rabattement des médianes après traitement très bons sont supérieurs à la norme de la République Démocratique du Congo (RD Congo) de 80 % avec des médianes de nombres les plus probables (NPP) de streptocoques fécaux (SF) 28/100 ml et de coliformes fécaux (0/100 ml) contre la norme de RD Congo de 0/100 ml.

Donc, la qualité de l'eau de la rivière Tshopo a évolué énormément ces 2 dernières décennies suite une croissance démographique estimée à 294,37 %, l'absence des collecteurs et d'usines d'épuration d'eaux usées ainsi que les conditions climatiques particulièrement après de très fortes pluies fréquentes dans la zone équatoriale.

D'où la nécessité d'instaurer une bonne gestion des déchets anthropiques et une bonne politique d'assainissement de l'environnement et aussi adapter, les journées de pluies intenses, le traitement aux changements de différents paramètres de première urgence à analyser pour améliorer la qualité de l'eau à produire selon les directives de l'OMS et les normes RD Congo.

MOTS-CLEFS: Caractérisation, traitement des eaux, Tshopo, Kisangani, taux de rabattement, désinfectant.

1 INTRODUCTION

La protection des ressources en eaux dans un milieu devient un sujet d'actualités trop sensible car scientifiquement il est reconnu que l'eau polluée reste la première cause des maladies et de mortalité [1]

La ville de Kisangani en République Démocratique du Congo (RD Congo) connaît une montée démographique sans précédent avec production de plus de déchets anthropiques particulièrement en amont du site de captage d'eaux des usines exploitant les eaux de surface de la rivière TSHOPO. On assiste à un manque de station d'épuration d'eaux usées et un dysfonctionnement de gestion de ces déchets produits par l'homme et ses activités dans la région. De 1993 à 2015, la population de Kisangani estimée est passée de 406.249 à 1.602.144 habitants soit une croissance démographique de 294,37 % alors que la capacité installée des usines Tshopo n'a pas changé depuis 1980 [2], [3].

Naturellement, l'or bleu est un milieu complexe dont la composition dépend de celle des sols et des couches géologiques qu'elle avait traversé. La composition chimique des eaux naturelles est fortement corrélée à la composition chimique du substratum quelque soit leurs origines [4].

Les enjeux sur l'eau forment un ensemble de pression qui la rend vulnérable. La gestion éthique et durable des ressources en eau exige un changement de comportement, des nouveaux critères de base pour une gestion et utilisation durable de l'eau [5]

Les maladies liées à l'eau sont dues au manque d'eau potable, aux inondations généralement à la suite des pluies diluviennes ou à des raz-de-marée provoqués par des tremblements ou à des éruptions volcaniques sous-marines causes principales de pollutions chimiques et microbiologiques [6]

L'eau est la source de vie et des conflits. Elle tue plus que la guerre.

Le retard de l'Afrique et de la République Démocratique du Congo en matière d'approvisionnement en eau potable ne s'est pas significativement comblé après la colonisation malgré les investissements massifs dans le secteur. Plusieurs systèmes sont mis hors fonctionnement à cause de problèmes de maintenance, problèmes de guerre (pillage ou sabotage des installations), croissance démographique excessive,[7]

Une des préoccupations majeures des traiteurs d'eaux est de produire et d'assurer le maintien de la qualité de l'eau produite au cours de sa distribution selon les directives de l'OMS et les normes nationales ou internationales de potabilité connues et dans le souci de préserver la santé publique [8]

Les eaux superficielles de la rivière TSHOPO subissent 2 types de traitement d'épuration:

1° Physique : par dégrillage, décantation et filtration

2° Chimique: Par coagulation-floculation, désinfection et la correction du pH par ramené de l'eau traitée à l'équilibre carbonique (pH 6,5 à 8,5).

Dans la présente étude sur les grandes usines de la ville de Kisangani, on doit déterminer les caractéristiques d'eaux superficielles de la rivière TSHOPO et celles traitées ainsi qu'évaluer la performance (efficacité) des chaînes de traitement

d'eaux des usines Tshopo par le taux de rabattement ou de réduction (TR) de 16 paramètres dont 2 bactériologiques, d'une part. D'autre part, l'évaluation de la désinfection des eaux traitées par l'Hypochlorite de Calcium en fonction du pH et de la température du milieu pour apporter tant soit peu les solutions pour ce faire.

Elle vise à amener la sphère politique et dirigeante à bien appréhender les problèmes environnementaux liés à la gestion de nos ressources en or bleu et renforcer les mesures d'hygiène et d'assainissement de la ville. Ceci contribue à une gestion intégrée de la rivière Tshopo.

2 METHODOLOGIE

2.1 MILIEU ET MATÉRIEL DE TRAVAIL

Kisangani, jadis appelé Stanleyville, est Chef lieu de l'actuelle Province de la Tshopo (0°31'N, 25°E, 428 m) [3].

Dans la région de Kisangani, le climat est équatorial du type Afi (Chaud, Humide et très faible amplitude thermique) et les précipitations sont abondantes mais irrégulièrement réparties avec des maxima moyens de 1915,4 mm (de Mars à Mai et de Septembre en Novembre) et des minima moyens de 1.417,5 mm (de Décembre à Février et de Juin à Aout) [9].

Notre matériel est l'eau de la rivière TSHOPO captée et traitée dans la région de Kisangani (RD Congo).

2.2 ECHANTILLONNAGE

Dans la présente étude on s'est intéressé à l'étude de 2 types d'eaux (avant et après traitement) le choix de ces eaux a été motivée par la mauvaise gestion des déchets anthropiques et l'érection des nouvelles maisons d'habitation en amont du captage d'eaux brutes 40 ans après la construction de la dernière grande usine (Tshopo II) de traitement des eaux superficielles de la rivière Tshopo à Kisangani.

L'échantillonnage a été réalisé durant toute l'année 2014 et avons analysé 16 paramètres par échantillon dont 2 bactériologiques (CF et SF) pour caractériser notre eau avant et après processus de traitement des eaux et évaluer l'efficacité de ce dernier.

P1 : PRISE EAU BRUTE TSHOPO : captage d'eau brute à la rivière Tshopo.

P2 : SORTIE USINES TSHOPO I & II : sortie d'eau traitées des usines après traitement.

2.3 ANALYSES

2.3.1 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Pour déterminer la qualité physico-chimique des eaux analysées les paramètres suivants ont été mesurés au laboratoire selon les modes opératoires décrits par HACH, REGIDESO (Régie de distribution d'eau de la RD Congo), la Fondation Nationale de Santé du Brésil et RODIER (2009) : couleur, turbidité, Fer-total, ions nitrites NO_2^- , ions nitrates NO_3^- (ions nitrates), les Matières Oxydables (MO), la quantité des matières en suspension (MES) par litre d'eau, la température (t°) (en $^\circ\text{C}$), Le titre alcalimétrique simple (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le dioxyde de carbone libre (CO_2 -libre), le titre hydrotimétrique total ou dureté totale (TH_t) et le chlore-libre (Cl_2 -libre) [10], [11], [12], [13]

2.3.2 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

La détermination de la qualité bactériologique consiste à dénombrement des coliformes fécaux CF (sur bouillon lactosé à 44°C) et les streptocoques fécaux SF (sur lait de Sherman à 37°C) par fermentation à tubes multiples (FTM) après 24 h d'incubation. La loi de POISSON a permis d'estimer statistiquement les NPP des CF et SF supposés distribués dans l'eau de façon aléatoire et ceci en fonction des 3 tubes à essai de chaque série en ensemençant des dilutions successives (1, 1/10 et 1/100) de milieu de culture liquide dans l'eau à analyser. [14], [15]

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans le tableau 1, avons regroupé les paramètres descripteurs de la qualité en 2 groupes (physico-chimiques et bactériologiques) pour interpréter nos résultats d'analyses dans le tableau 1 selon les normes de la République Démocratique du Congo (RD Congo).

Considérant que nos échantillons ont été prélevés dans circonstances et conditions différentes nous avons utilisé la moyenne (\bar{X}) et la médiane (Me) de distribution des résultats expérimentaux comme fonctions statistiques pour interpréter nos données sur la caractérisation des eaux analysées. Le taux de rabattement (ou de réduction) (TR) des médianes de résultats nous ont permis d'évaluer la performance du processus de traitement d'eaux de surface de la rivière Tshopo.

La moyenne des résultats vaut : $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ où $\sum x_i$: somme des résultats (données) x et n : nombre d'échantillons.

Pour les analyses organoleptiques et physico-chimiques : n = 10 et n = 2m ; m = 10/2 = 5. Autrement, la médiane est la moyenne de 2 nombres du milieu.

$$Me = \frac{X_5 + X_6}{2} \quad \text{avec } X_{m+1} = X_6 \text{ et } X_m = X_5$$

Pour les analyses bactériologiques : n = 3 et n = 2m + 1 avec m = 2/2 = 1. Ici, la médiane est la valeur du milieu.

$$Me = X_{m+1} = X_2 [16]$$

$$\text{Le taux de rabattement (ou de réduction) TR}(x) = \frac{x_1 - x_2}{x_2} \times 100.$$

- x_1 : variable avant traitement (eau brute)
- x_2 : variable après traitement final (eau traitée).[17]

Tableau 1 : Moyenne eau traitée et taux de rabattement (TR) des médianes de divers indicateurs de potabilité

Indicateurs de potabilité			Moyenne/ Eau traitée			Médiane		
		Norme RD Congo	Min	Max	Moy	EB	ET	TR (%)
Physico-chimique	Couleur	0 - 15 Hazen	0	18	3	112	1	99,107
	Turbidité	0 - 4 NTU	0	5	1,1	20,5	0,5	97,561
	MO	0 - 2,2 mgO ₂ /l	0,6	2,5	1,12	6,2	1	83,871
	MES	0 - 25 mg/l	0,25	0,96	0,421	24,15	0,365	98,488
	T°(°C)	20 - 25°C	22	27	23,8	24	24	0,0
	pH	6,5 - 8,5	6,6	6,9	6,78	6,9	6,75	2,17
	Cl ₂ -libre	0,1 - 2 mgCl ₂ /l	0,9	1,9	1,46		1,45	-
	CO ₂ -libre		12,3	20,1	14,17	24,95	13,20	47,094
	TA	0 - 50 °F	0	0	0	0	0	0,0
	TAC	0 - 50 °F	1,2	1,9	1,48	1,4	1,4	0,0
	THt	0 - 15 °F	0,9	1,4	1,08	1,05	1,05	0,0
	NO ₂ ⁻	0 - 0,1 mgNO ₂ ⁻ /l	0	0,009	0,024	0,008	0,0015	8,125
	NO ₃ ⁻	0 - 50 mgNO ₃ ⁻ /l	0,03	0,15	0,09	0,16	0,09	43,750
	Fe-total	0 - 0,3 mgFe ⁺³ /l	0,01	0,1	0,034	1,6	0,03	98,125
Bactériologique	CF	0 - 10/100 ml	0	0	0	1.100	0	100,00
	SF	0/100 ml	0	28	476	1.400	28	98,0

Les résultats de notre étude sur l'aspect physico-chimique montre qu'à l'exception des échantillons prélevés les journées de forte pluie qui ont donné des valeurs élevées de Couleur, de Turbidité et Matières Oxydables (MO) avec des maxima 18 ; 5 et 2,5 ; tous les autres résultats d'eaux traitées sont dans les normes soit pour la moyenne que pour la médiane de tous les paramètres analysés.

Par contre prélevés les mêmes jours et dans les mêmes conditions, sur le plan bactériologique tous les coliformes fécaux CF ont été éliminés après désinfection à l'hypochlorite de Calcium tandis que les streptocoques fécaux SF ont donné des nombres plus probables (NPP) hors normes particulièrement les journées de forte pluie.

Pour la couleur, la directive de l’OMS est de 0 à 15 Hazen comme la norme RD Congolaise. Les eaux traitées à Kisangani (RD Congo) ne sont pas colorées donc elles sont dépourvues des ions métalliques pouvant complexer et très peu des MO pour donner la coloration à ces eaux et contribuer à la consommation excessive du désinfectant (TR (Fe) = 98,125 %, TR (MO) = 93,871 % et TR(Couleur) = 99,107%), le Fer a passé d’une médiane de 1,6 mg/l à 0,03 mg/l après traitement).

Pour la turbidité, la moyenne est de 1,1 NTU et la médiane est de 0,5 NTU conformes à la norme RD Congo. La turbidité étant un paramètre important pour apprécier l’efficacité ou la performance des étapes de la clarification et de filtration ainsi que la dégradation de la qualité surtout pendant la période des pluies intenses, La turbidité de 5 NTU obtenu comme maximum la journée de forte pluie exige aux traiteurs d’appliquer un traitement particulier en diminuant la vitesse de traversée de l’eau dans les décanteurs pour obtenir un TR plus que 97,561 %.

Pour les MO, la moyenne de 1,12 mg O₂/l et la médiane de 1,0 mg O₂/l sont dans la norme RD Congo de 0 à 2,2 mg O₂/l. Les MO ne sont pas élevés donc ne donnent pas une cause d’origine microbienne. Ces MO proviennent de la dégradation microbienne de la cellulose et des débris organiques. Les acides fluviqiques ont une masse petite que les acides humiques dans nos eaux. L’oxydabilité des eaux de surface variant entre 3 et 8 mgO₂/l, les eaux de la rivière Tshopo de médiane 6,2 aussi.

Pour les MES formés des matières décantables séparables par gravité ou coagulation avec une directive OMS de 0 à 25 mg/l comme la norme RD Congo, la moyenne de 0,421 mg/l et la médiane de 0,365 mg/l obtenues pour les eaux traitées avec un rabattement 98,488 %.

Les CF avec une moyenne et une médiane égales à 0/ 100 ml (TR(CF) = 100 %) et les SF avec une moyenne de 476/100 ml et une médiane de 28 (TR (SF) = 98 %) prouve que la désinfection est bonne. Toutefois le maximum de 1.400/100 ml obtenue la journée d’une pluie intense et la médiane de 28/100 ml nous pousse à constater que la journée de pluie où les eaux sont trop chargées, le temps de contact eau-désinfectant doit être améliorée par une post-chloration pour passer de 1 à 6 heures de contact. En défaut, il y a lieu de diminuer la vitesse de traverser des eaux décantées et filtrées pour améliorer les résultats car on estime que les SF sont plus résistants au HClO que les CF. [13]

Les taux de rabattement (TR) des médianes de couleur, de turbidité, MO, MES, Fer total (Fe-total), CF et SF consignées dans le tableau 1 ci-haut sont dans les normes de la RD Congo c’est-à-dire supérieurs à 80 %, les autres paramètres (T°(°C), pH , CO₂-libre, CO₂-libre, TA, TAC, NO₂⁻ et NO₃⁻) dépendant du traitement chimique des eaux et le Cl₂-libre inexistant dans l’eau brute à traiter non pas été pris en compte.

Tableau 2 : Taux moyen d’élimination des substances indésirables après traitement des eaux.

Turbidité, Couleur, MES, DCO, DBO, Al, Cu, Cd, Pb, Hg, Phénol, Virus, Bactéries	F, Zn, Algues, Pesticides	Mn, Ba, Agents de surface	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , N ₂ , CN ⁻
		➤ 60 %	20 à 60%

[17]

Globalement, les TR des médianes de paramètres de première urgence mêmes ceux analysés les journées de pluie intense (Tableau 1) étant tous supérieurs à 80 % et nous référant au tableau 2 ci-dessus, les chaînes de traitement des eaux de la rivière Tshopo sont efficaces. Y a nécessité d’améliorer le processus de désinfection des eaux à traiter pour éliminer totalement aussi les SF enfin d’obtenir une eau répondant aux normes RD Congo du point de vue physico-chimique que bactériologique.

La qualité globale des eaux de surface de la rivière Tshopo ont été évaluée en fonction des médianes (Tableau 1) et des indices dans la grille du Tableau 3 de T°(en °C), pH , MES, NO₃⁻ et Turbidité.

Tableau 3 : Grille pour évaluation de la qualité globale des eaux de surface [18]

Alteration N°	Classes de qualité		Excellente		Bonne		Moyenne		Mauvaise		Très mauvaise	
	Indices		100	80	80	60	60	40	40	20	20	0
1	Température											
	Temperature	°C	0 – 20		20 – 25		25 – 30		30 – 35		35 – 40	
2	Acidification											
	PH		6,5 – 8,5				8,5 – 9,2		3 – 6,5 et 9,2 à 10			
3	Matières organiques et oxydables (MO)											
	O ₂ dissous	mgO ₂ /l	7 – 10		5 – 7		3 – 5		1 – 3		0 – 1	
	DBO ₅	mgO ₂ /l	0,5 – 3		3 – 5		5 -10		10 – 25		25 – 1.000	
	DCO	mgO ₂ /l	1,5 -30		30 – 35		35 – 40		40 – 80		80 – 2.000	
	NH ₄ ⁺	mg NH ₄ ⁺ /l	0 – 0,1		0,1 - 0,5		0,5 – 2		2 – 8		8 – 50	
4	Matières phosphorées											
	PO ₄ ⁻³	mg PO ₄ ⁻³ /l	0 – 0,2		0,2 – 0,5		0,5 -1		1 – 5		5 – 20	
5	Nitrates											
	NO ₃ ⁻	mg NO ₃ ⁻ /l	< 10		10 – 25		25 – 50		>50			
6	Minéralisation											
	CE à 20 °C	µS/Cm	100 – 750		750 – 1.300		1.300- 2.700		2.700-3.000		3.000-7.000	
7	Matières en suspension (MES)											
	MES	mg/l	<50		50 – 200		200 – 1.000		1.000-2.000		2.000-10000	
	Turbidité	NTU	<15		15 – 35		35 – 70		70 – 100		>100	

Suivant les tableaux 1 et 3 ci-haut, les eaux de surface de la rivière Tshopo sont globalement d'excellente qualité à part la température qui est bonne. Les médianes de 1.400 SF/100 ml et 1.100 CF/ 100 ml confirme que les eaux de surface de la rivière Tshopo sont de qualité mauvaise du point de vue microbiologique. Le manque des collecteurs et d'usine d'épuration surtout la mauvaise gestion des déchets anthropiques (élevage, fosses septiques construites sans abris ni isolement, ...), les constructions intenses de maisons au Nord-Est de la région c'est-à-dire en amont du captage d'eaux à traiter de la rivière Tshopo depuis plus ou moins une décennie risque de rendre très mauvaise la qualité des eaux de surface de la rivière Tshopo. Par conséquent si on ne prend pas des dispositions utiles au niveau du Pouvoir Public, de l'Entreprise qui s'occupe de la fourniture d'eau potable ainsi que les habitants de la région de Kisangani pour une gestion intégrée et durable accompagnée d'une politique rigoureuse d'assainissement de l'environnement, la région de Kisangani pourrait dans l'avenir victime des maladies microbiennes liées à l'eau. Au regard de nos résultats, il est apparait clairement que par manque des collecteurs d'eaux usées domestiques et de d'infrastructures d'assainissement mêmes les eaux des puits te/ou sources aménagées ou pas sont aussi exposés de la pollution microbiologique comme les eaux de surface de la rivière Tshopo.

Les tableaux 6 et 7 ci-bas a permis d'évaluer le processus de désinfection des eaux traitées

Tableau 5 : Evaluation de la désinfection en fonction du pH et de la température des eaux

Paramètre	Echantillon	EAU BRUTE			EAU TRAITEE		
		E1	E2	E3	E1	E2	E3
T°(°C)	20 – 25°C	24	23	23	24	24	24
pH	6,5 – 8,5	6,9	6,9	6,8	6,6	6,7	6,9
Cl ₂ -libre	0,1 – 2 mgCl ₂ /l				0,9	1,8	1,4
CF	0 – 10/100 ml	1.400	11	1.100	0	0	0
SF	0/100 ml	120	1.400	1.400	28	1.400	0

Tableau 6 : Répartition de 2 formes de chlore libre dans l'eau pure en fonction du pH à 25 ° C [13].

pH	5	6	7	7,5	8	9	10
% HOCl	99,8	97,8	81,3	50	30,3	4,2	0,4
% ClO ⁻	0,2	2,2	18,7	50	69,7	95,8	99,6

Suivant les tableaux 1, 5 et 6, le pH de l'eau traitée varie entre 6,6 à 6,9 et le Cl_2 -libre varie entre 0,9 à 1,8 contre les Nombre Plus Probable (NPP) des CF variant entre 0 à 1.400/100ml.

D'une part on constate qu'à cet intervalle du pH la forme $HClO$ pour une bonne désinfection varie entre 81,3 à 97,8 % d'une part. D'autre part, les NPP des CF et SF sont nuls avec une teneur en Cl_2 -libre égal à 1,4 mg Cl_2/l contre un TR des SF égal 0% à une teneur en Cl_2 -libre égal à 1,8 mg Cl_2/l pour un échantillon (E) prélevé la journée d'une pluie intense où les MO, la turbidité et la couleur étaient égales à 2,5 mg O_2/l , 5 NTU et 18 Hazen.

La désinfection ou oxydation, utilisée sur les eaux ayant une forte charge en Matières Organiques aurait servi à casser les longues chaînes carbonées en petites chaînes biodégradables (élimination des herbicides, pesticides, fongicides, des microalgues, des œufs des protozoaires, etc.).

4 CONCLUSIONS

D'une manière générale c'est dans les pays en voie de développement comme la RD Congo que les risques de pollution chimique sont moindre voire inexistant par rapport à ceux de la pollution microbiologique connue y a plus d'un siècle dans les pays développés. Le changement de la qualité des eaux naturelles exige l'adaptation des procédés de traitement des eaux pour produire une eau d'excellente qualité suivant les normes et directives de potabilité de l'Organisation Mondiale pour la Santé [19].

L'évaluation de la performance de la chaîne de traitement d'eaux des usines Tshopo dans la région de Kisangani a montré que l'agrandissement de la ville particulièrement en amont du point de captage d'eaux brutes de la rivière Tshopo et sa croissance démographique associé à l'absence du réseau de collecte d'eaux usées (égouts) (6,7,8) et des stations de traitement de celles-ci avant leur rejet dans la rivière TSHOPO aurait une incidence négative sur la qualité microbiologique des eaux traitées.

Les taux de rabattement (TR) des médianes de paramètres de première urgence (turbidité, couleur, MO, MES, Fe, CF et SF) évalués varient entre 83,871 à 100 %. Suivant la norme RD Congo, le $TR \geq 80\%$ et le tableau 2 indiquant 60 % pour la turbidité, couleur, MES et les bactéries ainsi que 0 % pour les ions NO_3^- et NO_2^- , la qualité des eaux traitées produites par les usines Tshopo est bonne, si on considérait les médianes de distribution de nos résultats. Par contre, selon les directives de l'OMS et les normes de potabilité de la RD Congo, la médiane des NPP de SF est un peu élevée (28 au lieu de 0/100 ml) avec une valeur minimale qui est dans la norme. Ceci démontre que la qualité de l'eau traitée n'est pas la même chaque jour et les journées de pluies intenses l'eau traitée est chargée et parfois hors normes avec des valeurs maximales suivantes (Couleur = 18 Hazen, Turbidité = 5 NTU, MO = 2,5 mg O_2/l et SF = 0/100ml).

Les TR des médianes du pH , TA, TAC et THT varie entre 0,217 % et leurs valeurs médianes (6,75 ; 0 ; 1,4 et 1,05) par rapport aux normes RD Congo nous pousse à conclure que les eaux traitées légèrement acides, très douces et moins chargées sont favorables pour une meilleur désinfection

Par rapport à la fiche du nouveau système d'évaluation des eaux (tableau 3) et les médianes (tableau 1), la qualité des eaux de surface de la rivière Tshopo dans la région de Kisangani est globalement bonne avec une pollution microbiologique forte les journées d'intenses pluies. La forte pression anthropique en amont du captage, avec l'agrandissement de la ville particulièrement au Nord – Est de la région de Kisangani, pourrait à la longue altérer d'avantage la qualité microbiologique des eaux brutes et traitées à l'absence des activités industrielles de ce côté, d'une part. D'autre part, le temps de contact désinfectant – eau à traiter doit être amélioré par une chloration au niveau de l'injection d'eau filtré de la Tshopo I dans les citernes Tshopo II (à pH 4,8 à 6,1 de l'eau filtrée) loin du point d'injection de l'eau de chaux (à pH 6,7 à 6,9 de l'eau traitée).

L'inconvénient principal lié à la pré-chloration est la formation des sous produits organochlorés cancérigènes [4].

Nous suggérons qu'on préconise l'implantation d'un système de collecte d'eaux et des usines de traitement d'eaux usées, une gestion responsable des déchets anthropiques et un renforcement des mesures d'hygiène et assainissement dans la ville de Kisangani. La gestion intégrée de l'eau (le GIRE) encourage la mise en valeur et la gestion coordonnée des ressources en eaux, des terres et des ressources associées pour maximiser le bien-être socio-économique de façon équitable sans compromettre la durabilité des écosystèmes vitaux. Le GIRE est, au niveau planétaire, considéré comme la solution durable aux problèmes de gestion de nos ressources en eaux [5].

REMERCIEMENTS

Nous remercions à BINANA LIMBELE, André TSHITENGE, Faustin ETUTU.

RÉFÉRENCES

- [1] revue de presse thématique N° 27 : Les maladies hydriques. Recherche et Gestion des savoirs. RGS/AGC/SS , Mars 2003.
- [2] Institut National de Statistique : Kisangani/Province Orientale, RD Congo, 2015.
- [3] KAZADI : Contribution à l'étude de la qualité et de la gestion de l'eau de boisson dans la Région de KISANGANI, Thèse de doctorat en Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, P4. 2012.
- [4] BEHRA P. : Chimie et environnement. Cours, études de cas et exercices corrigés. Campus LMD. Edition DUNOD, PARIS, 2013. 416pages. 2013
- [5] HUGONIN P, (2011) : Introduction aux thématiques de l'eau. © ISE UNIGE. pp1-23. P31
- [6] AUBRY P., et GAUZERE B. A.: Maladies liées à l'eau. Médecine tropicale de l'Océan Indien, pp1-3. 2012.
- [7] ZOUNGRANA D, NOVEMBRE : Cours d'approvisionnement en Eau Potable. Ecole Inter-états d'Ingénieurs de l'Équipement Rural (GROUPE DES ECOLES E.I.E.R-ESTHER). Département Infrastructures, Energie et Génie Sanitaire (I.E.G.S). Burkina Faso. 03 B.P. 7023 Ouagadougou 03. p143. 2003
- [8] GAUTHIER F, : Biofilms et Qualité microbiologique de l'eau potable au cours de sa distribution, Mémoire de DESS. Qualité et Gestion de l'Eau, Université de Picardie – Amiens, p1. 2002.
- [9] LOMBA, B. : Contribution à l'étude de la phytodiversité de la Réserve Forestière de Yoko (Ubundu, R.D.Congo). Mémoire de D.E.S. Inédit, UNIKIS. 60p. 2007.
- [10] HACH : Hach Handbook of water Analysis, 232p. 2000.
- [11] REGIDESO : Recueil des modes opératoires d'analyses. Centre de Formation. Kinshasa, Zaïre, 18p. 1985.
- [12] Fondation Nationale de la Santé. (2013) : Manuel Pratique d'Analyse de l'Eau. 4^{ème} édition. Brésil. Ministère de Santé. Département de santé environnementale. Contrôle et coordination de la qualité de l'eau (<http://www.funasa.gov.br>). 2013
- [13] RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. *et coll*, : Analyse de l'eau. 9^{ème} édition, © Dunod, Paris, 1579p. 2009.
- [14] RODIER J., Analyse de l'eau naturelle, eau résiduaire et eau de mer. Dunod, éd, Paris. 1135p. 1978.
- [15] LAMBERT : Microbiologie des aliments. Université Catholique de Louvain – La – Neuve, 123p. 1989.
- [16] NGANDI LITANGA Alphonse : Approche chimométrique des résultats d'analyse chimique. Cours inédit. D.E.S. Chapitre IV. 2015
- [17] ILUNGA B,; Cours de traitement des eaux (module II). REGIDESO/DFO. p27, 50 – 57. 2012
- [18] SEE : Fiche sur le nouveau système d'évaluation de la qualité des eaux. Maroc, 5p. 2008
- [19] OMS: Directives de la qualité de l'eau de boisson. 2^{ème} Ed. Vol 2. Critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève. 1050p. 2000.