

Etude comparée de l'activité floculante de *Moringa oleifera* et *Vetivera zizanoïdes* dans la clarification des eaux de mare au plateau de Batéké, République Démocratique du Congo

[Comparative study of the flocculating activity of *Moringa oleifera* and *Vetivera zizanoïdes* in the clarification of pond water from "Plateau de Batéké", Democratic Republic of the Congo]

Koto-te-Nyiwa Ngbolua¹, Aaron L. Pambu¹, Louange S. Mbutuku¹, Honoré Kongo Nzapo², Gédéon N. Bongo¹, Nadine Bipendu Muamba³, Clarisse M. Falanga¹, Zoawe B. Gbolo¹, and Pius T. Mpiana³

¹Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

²Institut Supérieur des Sciences de Santé de la Croix Rouge, B.P. 12149 Kinshasa I, RD Congo

³Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 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: The access to safe water remains a serious major concern in Africa particularly in rural areas. The aim of this study was to assess the efficiency of pond water treatment consumed by plateau de Batéké population in Bita village using *Moringa oleifera* seed powder and *Vetivera zizanoïdes* root powder. Pond water samples were treated with different concentrations of *M. oleifera* seeds and *V. zizanoïdes* roots as a bio-coagulant. The measurement of physico-chemical parameters in the course of time has permitted to determine the optimum conditions and to evaluate the treatment efficacy. Results revealed that *Moringa oleifera* seeds are more efficient than *Vetivera zizanoïdes* roots. This activity is dose dependent. After one day post-treatment, the rate of turbidity reduction is 93.53% at the concentration of 1.818 g/l. Also, the treatments allowed the reduction of nitrates and nitrites in treated pond water. These results indicate that *M. oleifera* improve considerably physico-chemical quality of treated pond water. Thus, this approach is ecological and respectful of the environment. It is inexpensive, simple and beneficial for the populations of the rural zones. Moreover, *M. oleifera* is a plant species particularly easy to cultivate in an intensive way and is adapted to the tropical climate of Africa.

KEYWORDS: Pond water, Bio-coagulant, *Moringa oleifera*, *Vetivera zizanoïdes*, rural zones.

RESUME: L'accès à l'eau potable demeure une préoccupation majeure en Afrique, particulièrement en milieu rural. La présente étude avait pour but le traitement de l'eau de mare consommée par la population de village Bita au plateau de Batéké (République Démocratique du Congo) par les graines de *Moringa oleifera* et les racines de *Vetivera zizanoïdes*. Les échantillons d'eaux de mare ont été traités avec différentes concentrations de bio-coagulant. Le suivi de paramètres physico-chimiques en fonction du temps a permis de déterminer les conditions optimales et d'évaluer l'efficacité des traitements. Les résultats obtenus indiquent que les graines de *Moringa oleifera* clarifient plus efficacement l'eau de mare que les racines de *Vetivera zizanoïdes*. Cette activité est dose-dépendant. Après une durée seulement d'un jour post-traitement, le taux de réduction de la turbidité est égal à 93,53% à la dose de 1,818 g/L. Les traitements ont également permis de réduire les teneurs en nitrates et nitrites. Ces résultats indiquent que les graines de *M. oleifera* améliorent considérablement la qualité physico-chimique des eaux de mare. Ainsi, cette approche est écologique et respectueuse de l'environnement, elle est peu

coûteuse, simple et bénéfique pour les populations des zones rurales. En outre, *M. oleifera* est un taxon végétal particulièrement facile à cultiver de manière intensive et est adapté au climat tropical d'Afrique.

MOTS-CLEFS: Mare, Bio-coagulant, *Moringa oleifera*, *Vetivera zizanoïdes*, zones rurales.

1 INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable demeure une préoccupation majeure en Afrique, particulièrement en milieu rural où les populations sont confrontées à une gestion optimale des points d'eau, l'insuffisance d'hygiène et d'assainissement et au manque de méthodes appropriées de désinfection à l'échelle familiale [1]. D'après un rapport de la PNUE en 2011, seul 26% de la population congolaise avaient accès à l'eau potable salubre, 90% de la population s'approvisionnent dans des sources, puits et mares qui ne sont pas protégés et deviennent des sources potentielles de contaminations.

Chaque jour, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), plus de 6.000 personnes meurent des maladies hydriques. En 2011 on a dénombré près de deux millions des morts dont plus de la moitié étaient des enfants faute d'une insuffisance d'hygiène et assainissement et au manque de méthodes de traitement accessible dans les milieux ruraux [1].

Dans les filières de traitement des eaux, la turbidité et la couleur sont des paramètres qui doivent être systématiquement éliminés. A cet effet, plusieurs procédés sont utilisés pour clarifier l'eau. Il s'agit entre autre de la filtration sur des matériaux poreux tels que les sables, le charbon actif en grains, la membrane, etc. ou de l'oxydation chimique comme la chloration ou l'ozonation [3], [4].

Ainsi donc, la coagulation-floculation est l'étape la plus importante de la clarification de l'eau car elle permet l'élimination des particules colloïdales ou en suspension. Celle-ci peut être réalisée aux moyens de sels de fer ou d'aluminium sous forme des chlorures ou sulfates. Ces produits chimiques coûtent chers pour les stations de traitement d'eau en Afrique [5]. En outre, en zone rurale où parfois les eaux de puits ou de mare sont utilisées pour satisfaire des besoins alimentaires, la recherche des produits de substitution aux coagulants chimiques, disponibles à moindre frais et d'utilisation facile s'impose.

En outre, sur le plan éco-toxicologique, l'utilisation de sels d'aluminium pourrait générer inévitablement une accumulation des résidus métalliques et son utilisation excessive exposerait les consommateurs au risque élevé des maladies neuro-dégénératives telles que Alzheimer [6].

De ce fait, l'intégration de procédés biologiques de traitement des eaux de consommation pourrait être une alternative durable dans l'amélioration de qualité des eaux de boisson, du fait de la disponibilité et du non toxicité [1].

Plusieurs études ont montré que, les amandes de graines de *Moringa oleifera* [1], [7] et la poudre de racine de *Vetivera zizanoïdes* [8] avaient un effet sur la qualité des eaux.

Cette étude a pour objectif, l'étude de l'activité floculante des extraits de poudres de graines de *Moringa oleifera* et de racines de *Vetivera zizanoïdes* dans la clarification des eaux de mare Tambula et Vicky du village Bitu au plateau de Batéké. Le suivi de paramètres physico-chimiques à différents temps de traitement a permis de déterminer les conditions optimales et d'évaluer l'efficacité du traitement.

Le présent travail revêt un double intérêt : d'abord sur le plan scientifique, les résultats de ce travail montrent le rôle des métabolites présents dans ces deux plantes dans le traitement de l'eau de consommation en milieu rural ; ensuite, sur le plan socio-économique, les résultats de cette étude fourniront une méthode simple et peu coûteuse pour le traitement d'eau en milieu rural.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE MILIEU D'ÉTUDE

Notre étude a été menée au plateau de Batéké, situé dans la commune de Maluku dans la partie sud de la ville province de Kinshasa, les coordonnées géographiques prélevé indiquent les coordonnées suivant : 4°27'48'' de latitude sud, 16°11'47'' de longitude Est et 580 m d'altitude au-dessus de la mer.

2.2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉCHANTILLONNAGE

Notre cadre d'étude choisi est le village Bita, qui est un quartier rural faisant parti de plateau de Batéké situé dans la commune de Maluku, en suivant la direction de la route nationale no. 2 vers la province de Bandundu.

Les coordonnées géographiques prélevées sur le deux sites indiquent les coordonnées suivantes :

- Site 1 : TAMBULA MALEMBE situé à 04' 23''69,0° de longitude S et à 015' 79''73,8° de latitude E à une altitude de 688 m
- Site 2 : VICKY situé à 04' 23''073° de longitude S et à 015'79''63,1°de latitude E à une altitude de 687 m.

La figure 1 donne la localisation géographique des sites d'étude.

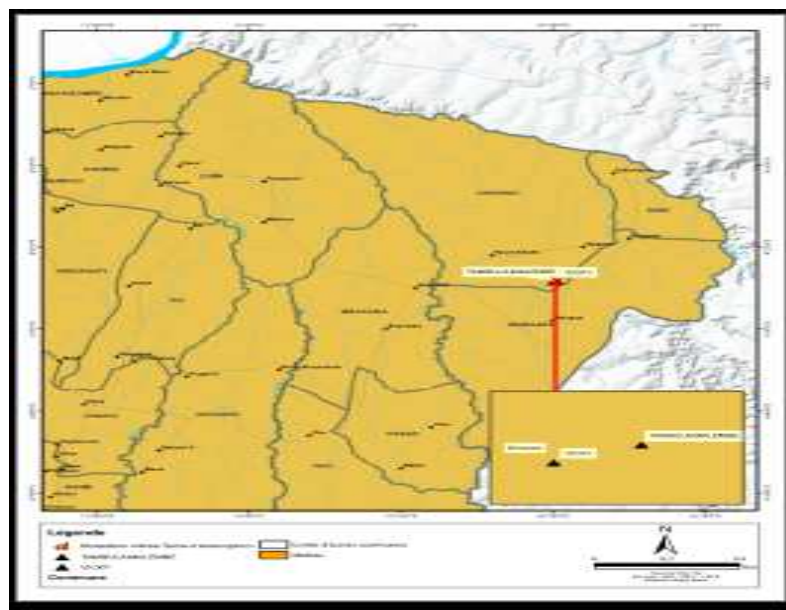


Fig. 1. Localisation géographique des sites d'échantillonnage

2.3 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé dans notre étude est constitué de graines de *Moringa oleifera* et de racines de *Vetivera zizanoïdes*. Les graines sèchent et mures de *Moringa oleifera* ont été récoltés sur l'avenue By-pass dans la commune de Mont-Ngafula et les racines de *Vetivera zizanoïdes* ont été récoltées à l'Université de Kinshasa dans la commune de Lemba.

2.4 MÉTHODES

○ *Obtention de la poudre de Moringa oleifera*

Les gousses de *Moringa oleifera* laissées à sécher naturellement sur l'arbre ont été récoltées et décortiquées, les amandes ont été pulvérisées et tamisées en utilisant les techniques traditionnelles au moyen d'un mortier et d'un pilon en porcelaine, en vue de l'obtention de la poudre fine.

○ *Obtention de la poudre de Vetivera zizanoïdes*

Après séchage dans un endroit sec et aéré pendant deux semaines, les racines de *Vetivera zizanoïdes* ont été pulvérisées au moyen d'un mortier et d'un pilon pour obtenir la poudre fine.

○ **Prélèvement de l'eau de l'eau de mare**

L'eau a été prélevée dans le village Bitá dans deux sites différents, la ferme VICKY et la ferme TAMBULA MALEMBE. La méthode de prélèvement consiste à introduire les bidons préalablement stérilisés dans l'eau de mare, de l'ouvrir, de le remplir puis de les refermer avant de le remonter à la surface. Avant le prélèvement, les valeurs de la température et du pH étaient mesurées *in situ* avec un appareil multi-paramètre COMBO.

Les échantillons d'eau ainsi obtenus ont été rapidement ramenés au laboratoire, puis conservés dans un réfrigérateur à +4 °C pour les analyses physico-chimiques ultérieures.

○ **Traitement**

La méthode de traitement d'eau consistait à préparer la solution mère d'extraits, à partir de laquelle une quantité est prélevée puis mélangée avec l'échantillon d'eau brute.

- **Préparation du bio-coagulant**

Le bio-coagulant utilisé dans cette étude (également appelé solution mère) a été préparé à partir de la poudre de graines de *Moringa oleifera* et de racines de *Vetivera zizanioides*. Environ 20 g de la poudre ont été dissout dans 1 litre d'eau distillée (20 g/L) et bien agité, puis laissé reposer pendant quelques minutes selon la méthode décrite par [7].

- **Traitement des échantillons**

Au laboratoire, les échantillons ont été traités en triplicata (avec des volumes croissants de coagulant 10 ml, 30 ml et 50 ml) afin de pouvoir déterminer les doses adéquates pour le traitement. Pour réaliser les jar-tests, 500 ml de chaque échantillon d'eau ont été introduits dans des béchers d'un flocculateur à commande électrique à six postes (FC6S Jar Test Velp Scientifique) suivi de l'ajout de différents volumes de coagulant.

- **Analyses physico-chimiques**

Les analyses physico-chimiques sont réalisées au laboratoire de la Direction d'Assainissement (DAS) du Ministère de l'Environnement, sise sur 717, avenue des tropiques dans la commune de LIMETE à Kinshasa. Ces analyses ont porté sur la détermination de la turbidité, la température, le pH, la conductivité, les nitrates et les nitrites. Ces paramètres ont été prélevés avant le traitement, un jour après traitement et trois jours après traitement à l'aide des appareils de mesure.

3 RESULTATS

Les figures 2a et 2b donnent les sites sur lesquels les eaux ont été prélevées par contre les résultats des analyses physico-chimiques de ces eaux avant traitement sont repris dans le tableau 1.



Fig. 2a. Site Tambula



Fig. 2b. Site Vicky

Table 1. Résultats des analyses physicochimiques de l'eau avant traitement

Site	Paramètres physicochimiques					
	pH	Température (°C)	Conductivité (µs/Cm)	Turbidité (NTU)	Nitrites (mg/L)	Nitrates (mg/L)
Tambula	5,7 ± 0,2 (3,5)	18,7 ± 1,5 (8,0)	75,5 ± 5,6 (7,4)	41,1 ± 12,2 (29,7)	0,05 ± 0,04 (80)	0,05 ± 0,03 (60)
Vicky	5,7 ± 0,0 (0,0)	17,30 ± 2,5 (14,5)	46,1 ± 10,3 (22,3)	45,5 ± 27,5 (60,4)	0,05 ± 0,03 (60)	0,04 ± 0,03 (75)

[N.B. : les valeurs entre parenthèse représentent le coefficient de variation (%CV) qui est le rapport écart-type sur la moyenne fois 100]

Il ressort de ce tableau que sur le site Tambula, les paramètres physico-chimiques tels que le pH, la température et la conductivité ont un coefficient de variation faible (< 10%). Cependant on note une forte variation de la turbidité, des nitrites et des nitrates pendant la période de collecte des échantillons. Par contre, sur le site Vicky, cette même tendance a été aussi observée.

En comparant nos valeurs à la norme de potabilité d'eau de l'OMS, nous pouvons remarquer que les valeurs moyennes de pH, température, conductivité et nitrates sont hors normes attestant ainsi que l'eau de marre consommée au village Bita (plateau de Batéké, République Démocratique du Congo) n'est pas du point de vue physico-chimique potable.

Ainsi, elle peut être utilisée pour l'expérience dans cette étude. L'expérience consiste à mélanger l'eau de mare avec les extraits de plantes à différentes concentrations et d'en évaluer leurs effets sur la floculation et la clarification de l'eau.

Les tableaux 2 et 3 donnent respectivement les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques après le traitement de l'eau de marre en fonction des plantes utilisées, de leur concentration et de la durée de traitement.

Table 2. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques du Marre Tambula après 1 jour et 3 jours de traitement

Durée	Paramètre physicochimiques	Extraits					
		<i>Moringa oleifera</i> (graines)			<i>Vetivera zizanioides</i> (racines)		
		0,392 g/L	1,132 g/L	1,818 g/L	0,392 g/L	1,132 g/L	1,818 g/L
Jour 1	pH	6,3±0,0	6,43±0,57	6,76±0,25	6,0±0,9	5,5±0,8	5,9±0,7
	Température (°C)	25,0±0,0	25,0±0,0	25,0±0,0	26,4±3,9	26,3±3,4	26,6±3,1
	Conductivité (µs/Cm)	60,33±3,97	68,66±48,54	74±51,68	79,0±11,8	78±10,1	74±10,3
	Turbidité (NTU)	4,33 ± 0,57	3,0 ± 1,0	2,66 ± 1,15	44,1±7,9	43±7,7	20,6±4,1
Jour 3	pH	6,3±0,26	6,5±0,0	6,9±0,1	5,7±0,8	5,6±0,8	5,9±0,9
	Température (°C)	24,5±0,707	24,5±0,707	24,5±0,707	26,1±3,9	26±4,4	25,7±4,1
	Conductivité (µs/Cm)	63,66 ± 23,007	63± 23,38	62,33±30,6	84,0±10,9	77±11,5	79±13,4
	Turbidité (NTU)	2,0±0,0	1,66±1,15	2,0±1,73	28,0±5,1	24±16,6	18,9±12,5
	Nitrites (mg/L)	0,01±0	0,025±0,02	0,20±0,16	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1
	Nitrates (mg/L)	9±6,08	8,03±4,31	6,25±6,71	31,0±6,2	31±4,6	31±5,8

Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques du Marre VICKY après 1 jour et 3 jours de traitement

Durée	Paramètres physicochimiques	Extraits					
		<i>Moringa oleifera</i> (graines)			<i>Vetivera zizanioides</i> (racines)		
		0,392 g/L	1,132 g/L	1,818 g/L	0,392 g/L	1,132 g/L	1,818 g/L
Jour 1	pH	6,53±0,15	6,66±0,73	6,76±0,251	5,7±0,7	6,1±0,7	6,3±0,7
	Température (°C)	24,5±2,6	24,5±2,6	24,5±2,6	25,6±3,8	25,9±3,3	25,0±3,7
	Conductivité (µs/Cm)	53,66±29,26	68,33±37,26	68,33±47,52	56±8,4	76±11,4	84,0±10,0
	Turbidité (NTU)	3,66±1,15	3,0±1,0	2,33±0,57	25,7±5,1	111±8,0	77,7±2,3
Jour 3	pH	6,4±0,32	6,63±0,78	6,9±0,173	5,5±0,9	5,8±0,8	6,0±0,9
	Température (°C)	24,5±0,707	24,5±0,707	24,5±0,707	26,5±3,7	26,3±3,9	25,4±4,8
	Conductivité (µs/Cm)	62,33±38,42	63,33±20,59	57,66±30,03	66±11,8	87±13,2	94±11,2
	Turbidité (NTU)	3,33±0,57	1,66±0,57	1,33±0,577	19,7±3,3	21,5±2,3	25,5±8,0
	Nitrites (mg/L)	0,27±0,21	0,025±0,07	0,03±0,0	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1
	Nitrates (mg/L)	9,56±5,29	9,5±5,22	7,15±6,85	32±4,8	31±6,8	34±7,4

Les analyses physico-chimiques effectuées sur nos échantillons, comme c'est indiqué dans les deux tableaux ci-dessus montrent qu'après traitement de l'eau de mare, il ya eu variation de tous les paramètres évalués, ceci dans le sens de leur correction conformément aux normes établies par l'OMS.

Comparativement aux différentes doses de solution de floculation utilisées, la dose de 1,818 g/L a donné des bons résultats pour tous les paramètres analysés, elle est suivie de 1,132 g/L puis 0,392 g/L et cela pour toutes les deux plantes utilisées ; par rapport au temps de traitement c'est le troisième jour post-traitement qui a montré une grande activité floculante. En comparant les résultats de deux plantes, c'est *Moringa oleifera* qui a donné des bons résultats comparativement au *Vetivera zizanioides*. Cette activité est dose-dépendant. En effet, plus la dose du floculant augmente, plus l'activité est importante. Celle-ci se traduit par la clarification de l'eau traitée comme on peut le remarquer sur la figure 3.

Ceci peut être justifié par le faite qu'il a été rapporté dans la littérature que les graines de *M. oleifera* contiennent un polypeptide basique, plus précisément un ensemble de poly-électrolytes cationiques actifs de 12 à 14 kDa [9 ; 10 ; 11 ; 12]. Ces poly-électrolytes de charge positive neutralisent les colloïdes des eaux troubles car la majorité de ces colloïdes ont une charge négative [13].

Selon [14], la dose de graines de *Moringa oleifera* nécessaire pour le traitement se situe entre 75 et 200 mg/L, selon la turbidité initiale de l'eau. Les études d'Aminata et al 2013 ont montré que pour des eaux moyennement turbides (75-100 NTU), la dose optimale de coagulant se situe entre 250 et 300 mg/L pour obtenir des valeurs répondant à la norme de potabilité des eaux de boisson. Cependant avec nos échantillons d'eaux qui avaient une turbidité initiale de 41-45 NT, il a fallu une concentration de 1,818 g/L de coagulant pour le traitement. Il faut noter que d'après [15 ; 16], les doses requises dans le traitement des eaux au *M. oleifera* varient en fonction du taux de matières organiques présent dans l'eau, de la

turbidité initiale de celle-ci et de la nature des éléments à flocculer, notamment celle des argiles. La figure 3 donne l'activité flocculante comparée de *Moringa oleifera* et de *Vetivera zizanoides* dans la clarification de l'eau de mare après un jour post-traitement.

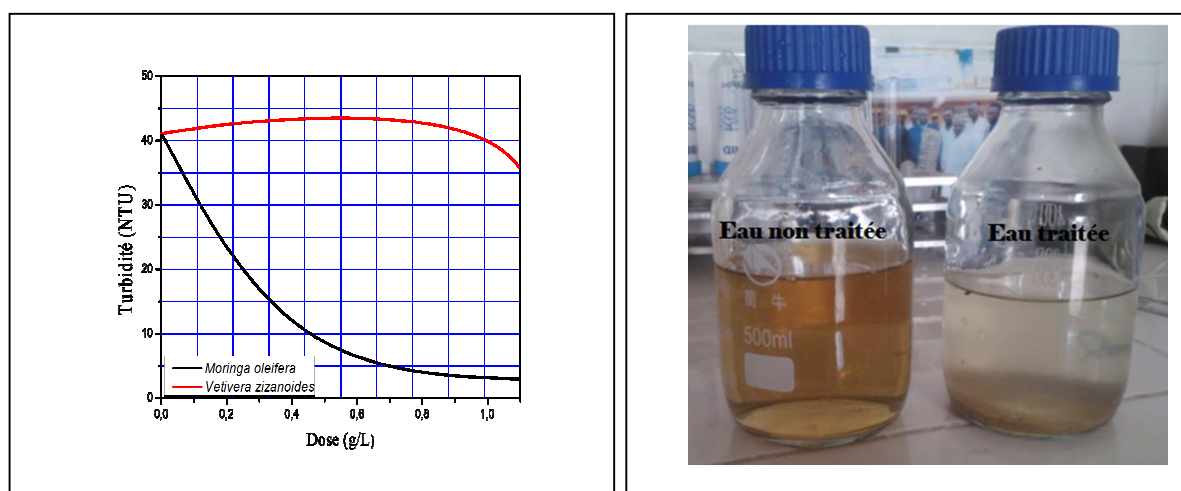


Fig. 2. **Activité flocculante de *Moringa oleifera* dans la clarification de l'eau de mare au village Bitá (Plateau de Batéké, République démocratique du Congo) ; Durée de traitement 1 Jour.**

Les recherches que nous avons menées sur le traitement de l'eau consommée par la population du village Bitá au plateau de Batéké à l'aide des plantes ont donné des résultats encourageants. En effet, cette étude pilote indique que le traitement de l'eau par les graines de *Moringa oleifera* est une stratégie écologiquement viable en tant que flocculant naturel aussi bien pour les eaux courantes très troubles que pour les eaux stagnantes et ce mode de traitement écologique permet d'améliorer la qualité de l'eau et la rendre potable [17]. La turbidité des échantillons qui au départ était très élevée (site Tambula : $41,1 \pm 12,2$ NTU; site Vicky : $45,5 \pm 27,5$ NTU) est réduite de manière significative à moins de 5 NTU (taux de réduction égal à 93,53% un jour après traitement de l'eau avec les graines de *M. oleifera* à la dose de 1,818 g/L), cela est conforme à la norme de potabilité de l'eau selon l'OMS [17]. En ce qui concerne le pH, l'OMS recommande une plage de 6,5 et 8,5 ; dans nos conditions expérimentales, l'utilisation de *Moringa oleifera* a permis de corriger le pH en élevant sa valeur autour de 6,3 et 6,4 ce qui n'est pas loin de cette recommandation.

Notons aussi que cette plante corrige la conductivité de l'eau traitée. L'augmentation de la conductivité qui rend compte de la minéralisation de l'eau est un paramètre physicochimique qui peut rassurer les consommateurs souffrant de maladies cardiovasculaires.

Ainsi donc, il convient de relever que les échantillons d'eau traités avec la poudre de graines de *Moringa oleifera* répondent aux normes de qualité physico-chimique de l'eau de boisson par rapport aux échantillons traités avec la poudre de racines de *Vetivera zizanoides* dont les valeurs trouvées ne répondent pas aux normes établies par l'OMS.

Par ailleurs, outre le fait que le traitement de l'eau de boisson par les graines de *Moringa oleifera* constitue une approche peu onéreuse, ces graines sont aussi douées des propriétés médicinales [18]. Le rôle d'extraits des plantes médicinales dans l'amélioration de la qualité et des conditions sanitaires de la population des zones rurales des pays en développement où plus de 80% de la population recourent aux ressources phyto-génétiques bioactives pour les soins de santé primaire est bien établi [19-28].

4 CONCLUSION

L'accès à l'eau potable demeure une très grande préoccupation en Afrique sub-saharienne, particulièrement en milieu rural où les populations sont confrontées à la gestion optimale des points d'eau, l'insuffisance d'hygiène et d'assainissement et au manque de méthodes appropriées de désinfection à l'échelle familiale. De ce fait, l'intégration de procédés biologiques de traitement des eaux de consommation pourrait être une alternative durable dans l'amélioration de la qualité des eaux de boisson, du fait de la disponibilité et de l'atotoxicité des bio-coagulants. La présente étude a montré que les graines de *Moringa oleifera* sont plus efficaces que les racines de *Vetivera zizanoides*. Cette activité est dose-dépendante. En effet, plus la dose du flocculant augmente, plus l'activité est importante et se traduit par la clarification de l'eau traitée.

Après une durée seulement d'un jour post-traitement, le taux de réduction de la turbidité est égal à 93,53% à la dose de 1,818 g/L. Ainsi, cette approche est écologique et respectueuse de l'environnement, elle est peu coûteuse, simple et bénéfique pour les populations des zones rurales. En outre, *M. oleifera* est un taxon végétal particulièrement facile à cultiver de manière intensive et est adapté au climat tropical d'Afrique.

Il est donc souhaitable que des études plus approfondies soient réalisées sur la qualité microbiologique de l'eau de mare ainsi traitée.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Messieurs Jean BOLEWA et Jean-Pierre MIDINGA agents de l'ONG CADC ainsi que le Laboratoire d'Assainissement du Ministère de l'Environnement pour leur assistance technique.

REFERENCES

- [1] A. Kabore. Étude du pouvoir floculant et des qualités épuratoires des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux brutes de consommation en Afrique sub-saharienne : Cas des eaux du Burkina Faso. Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou, Ouagadougou Burkina Faso, 2011.
- [2] S.A. Degremont. Mémento technique de l'eau, Tome 2. Lavoisier SAS (Éditeur) – Lexique technique de l'eau, Paris, 10^e édition, 2005.
- [3] R. Desjardins. Le traitement des eaux. Presses Internationales Polytechniques, Éditions de l'École Polytechnique de Montréal, Canada. Deuxième édition, 1997.
- [4] J. Bratby. Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. Second Edition, IWA Publishing, London, 2006.
- [5] Organisation Mondiale de la Santé. Les effets de l'environnement sur la santé de la mère et de l'enfant. OMS, fév. 2005, aide-mémoire no. 284, Genève, Suisse, 2005.
- [6] K. Aminata, S. Boubacar, R. Francis, S.S. Alfred, D. Dayéri. Optimisation de l'efficacité des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux de consommation en Afrique sub-saharienne : cas des eaux du Burkina Faso. Revue des sciences de l'eau, Vol. 26, no. 3, pp. 209-220, 2013.
- [7] T.H. Nkoba, D.E. Musibono, M.H. Kiatoko, M.R. Mbata, M.C. Mbu, L.A. Pambu. Impact de l'utilisation d'eaux usées traitées par lagunage à macrophyte à des fins d'irrigation sur la qualité du sol : Cas du traitement avec le vétiver (*Vetivera zizanioides*) dans le périmètre maraîcher de M'pozo, à Matadi, en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 10, no. 04, pp. 1173-1185, 2015.
- [8] U.V. Katre, C.G. Suresh, M.I. Khan, S.M. Gaikwad. Structure-activity relationship of haemagglutinin from *Moringa oleifera* seeds. Int. J. Biol. Macromol., no. 42, pp. 203-207, 2008.
- [9] A. Ndabigengesere, K.S. Narasiah, B.G. Talbot. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. Water Research, no. 29, pp. 703-710, 1995.
- [10] T. Okuda, A.U. Baes, W. Nishijima, M. Okada. Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed. Water Research, no. 33, pp. 3373-3378, 1999.
- [11] N. Vikashni, M. Matakite, K. Kanayathu, S. Subramaniam. Water purification using *Moringa oleifera* and other locally available seeds in Fiji for heavy metal removal. Int. J. Appl. Sci. Technol., no. 2, pp. 125-129, 2012.
- [12] N. Foild, H.P.S. Makkar, K. Becker. Potentiel du *Moringa oleifera* pour les besoins agricoles et industriels. In : Potentiel de Développement Pour Les Produits de Moringa. Actes de l'Atelier International de Dar-es-Salam Saint-Sauveur, Appora, Besse et Fuglie eds, 29 octobre - 2 novembre 2001, Tanzanie, (CD-Rom) MONTPELLIER (Éditeur), 2002.
- [13] G. Folkard, J. Sutherland. Development of a naturally derived coagulant for water and wastewater treatment. Water Suppl., no. 2, pp. 89-94, 2002.
- [14] J.A. Faby, A. Eleli. Utilisation de la graine de Moringa, essais de floculation au laboratoire et en vraie grandeur. CIEH/EIER/Oieau, Série hydraulique urbaine et assainissement, Ouagadougou, Burkina Faso, 1993.
- [15] G. Folkard. The development of the *Moringa oleifera* and *Stenopetala* tree to provide valuable products: coagulant for water/wastewater treatment and vegetable oil. Rapport à la Commission Européenne, DG 12, projet de recherche N° TS3CT94-0309, période 1995-1997.
- [16] J. Rodier. L'analyse de l'eau: eau naturelle, eaux résiduelles, eaux de mer. Edition Dunod, Paris, France. 1996.
- [17] OMS/UNICEF. Global water supply and sanitation assessment report, Genève, Suisse, 2000.
- [18] U. Zongo, A. Savadogo, S.L. Zoungrana, P.L. Sékoné, A.S. Traoré. Intérêt nutritionnel de *Moringa oleifera* Lam. Ethnopharmacologia, no. 53, pp. 31-38, 2013.

- [19] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 5, pp. 1797-1804, 2011a.
- [20] K.N. Ngbolua, H. Rakotoarimanana, H. Rafatro, S.R. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Comparative antimalarial and cytotoxic activities of two *Vernonia* species: *V. amygdalina* from the Democratic Republic of Congo and *V. cinerea* subsp. *vialis* endemic to Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 1, pp. 345-353, 2011b.
- [21] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindukila, P.T. Mpiana, C.A. Masengo, R. Baholy, P.R. Fatiany, E.G. Ekutsu, Z.B. Gbolo. In vitro Assessment of Antibacterial and Antioxidant activities of a Congolese medicinal plant species *Anthocleista schweinfurthii* Gilg (Gentianaceae). *J. of Modern Drug Discovery and Drug Delivery Research*. V1I3, 20014a. DOI: 10.15297/JMDDR.V1I3.03.
- [22] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindukila, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, C.A. Masengo, K.W. Nzongola, R. Baholy, P.R. Fatiany. Phytochemical screening, Antibacterial and Antioxidant activities of *Anthocleista liebrechtsiana* Wild & T. Durand (Gentianaceae) originated from Democratic Republic of the Congo. *Journal of Advancement in Medical and Life Sciences* V1I3, 2014b. DOI: 10.15297/JALS.V1I3.04.
- [23] K.N. Ngbolua. Evaluation de l'activité anti-drépanocytaire et antipaludique de quelques taxons végétaux de la République Démocratique du Congo et de Madagascar, Thèse de Doctorat: Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo : 2012. DOI: 10.13140/RG.2.1.3513.3606.
- [24] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, D.D. Tshilanda, Z.B. Gbolo, T.D. Mwanangombo, P.R. Fatiany, R. Baholy. Ethno-botanical survey, in vitro antisickling and free radical scavenging activities of *Garcinia punctata* Oliv. (Clusiaceae). *Journal of Advanced Botany & Zoology* V1I2, 2014e. DOI: 10.15297/JABZ.V1I2.04.
- [25] P.R. Fatiany, R. Baholy, E. Randrianarivo, A. Raharisololalao, M.T. Martin, K.N. Ngbolua. Antiplasmodial and Cytotoxic Activities of Triterpenic Quinone isolated from a medicinal plant species *Salacia leptoclada* Tul. (Celastraceae) originate to Madagascar. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Vol. 3, no. 10, pp. 780-784, 2013.
- [26] P.R. Fatiany, R. Baholy, E. Randrianarivo, A. Raharisololalao, M.T. Martin, K.N. Ngbolua. Isolation and structural elucidation of cytotoxic compounds from *Diospyros quercina* (Baill.) endemic to Madagascar. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Vol. 4, no. 3, pp. 169-175, 2014.
- [27] D.S. Tshibangu, S. Divakar, M. Ramanathan, G. Syamala, K.N. Ngbolua, V. Mudogo, D.D. Tshilanda, N.M. Misengabu, P.T. Mpiana. *In Vitro* Anticancer Assessment of *Annickia chlorantha* (Oliv.) Setten & Maas Stem (Annonaceae) Bark from Democratic Republic of Congo. *Journal of Biosciences and Medicines*, no. 4, pp. 23-29, 2016.
- [28] P.R. Fatiany, K.N. Ngbolua, B. Rasondratovo, P. Rasoanaivo, B. Fiatoa, M.T. Martin, A. Raharisololalao, R. Baholy, P.T. Mpiana, V. Mudogo. Phytochemical screening and Antiplasmodial activity of *Mundulea antanossarum* seeds from Madagascar. *Discovery Phytomedicine*, Vol. 3, no. 1, pp. 1-6, 2016.