

EFFETS DÉSINFECTANTS DE LA GRAINE DE MORINGA OLEIFERA SUR LES COLIFORMES FÉCAUX ET TOTAUX DES EAUX DE PUIITS DE NAKOYAPKALA, N'ZÉRÉKORÉ, GUINÉE

Mory SANGARE^{1*}, Lanciné SANGARÉ², Namory KEITA³
et Mory CAMARA¹

¹ Université de N'zérékoré, Centre International de Recherche sur les Infections Tropicales en Guinée, Département de Microbiologie, BP 50, République de Guinée

² Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Département de l'Agriculture, République de Guinée

³ Université de Kindia, Département de Biologie, République de Guinée

(reçu le 17 Août 2022; accepté le 31 Octobre 2022)

* Correspondance, e-mail : morisangare@yahoo.fr

RÉSUMÉ

La chloration des eaux reste encore préférentiellement utilisée à travers le monde. Cependant, elle présente l'inconvénient de réagir avec les matières organiques des eaux. L'objectif poursuivi dans ce travail est de déterminer une dose optimale de *Moringa oleifera* capable de désinfecter et de clarifier l'eau de puits. La méthodologie a consisté, à tirer un échantillon aléatoire de 10 puits préalablement non traités avec le chlore sur 23 puits, recensés dans le quartier de Nakoyapkala de N'zérékoré. Sur ces 10 puits 100 échantillons ont été prélevés et ont fait l'objet d'analyses bactériologiques avant et après le traitement. Les données statistiques ont été obtenues avec le BiostatGV. Le jarre test à l'aide d'un béchers à six postes a été utilisé. Résultats : Des doses de (1g/l de *Moringa oleifera* à l'état frais et 1,25g/l de poudre de *Moringa* se sont montrées efficaces dans la désinfection et clarification avec une variation significative des paramètres bactériologiques après traitement ($P = 0001$). 60 à 70 % des échantillons d'eau devenus propres à la consommation humaine après traitement avec 1,25g/l de *Moringa*. Les coliformes fécaux 10 à 30 UFC/ml avant, passent de 0 à 4 UFC/ml après $P = 0,04$, IC 95 %, soit une réduction de 94,08 %. Quant aux coliformes totaux, de 10 à 98 UFC/ml avant, passent de 0 à 28 UFC/ml après, soit une réduction de 90,05 %. En conclusion, 1g/litre et

1,25 g/litre d'eau sont respectivement les doses optimales efficaces dans le traitement et la clarification de l'eau de puits, une avancée dans le traitement bactériologique des eaux à moindre coût.

Mots-clés : *dose, Coliforme, Moringa oleifera, Nakyakpala, puits.*

ABSTRACT

Disinfectant effects of *Moringa oleifera* seed on fecal and total coliforms in Nakoyapkala well waters, N'Zerekore, Guinea

Water chlorination is still preferentially used throughout the world. However, it has the disadvantage of reacting with organic matter in the water. The objective pursued in this work is to determine an optimal dose of *Moringa oleifera* capable of disinfecting and clarifying well water. The methodology consisted in drawing a random sample of 10 wells previously not treated with chlorine out of 23 wells, identified in the Nakoyapkala district of N'zérékoré. Of these 10 wells, 100 samples were taken and were subjected to bacteriological analyzes before and after treatment. The statistical data were obtained with the BiostatGV. The test jar using a six-position beaker was used. Results: Doses of (1g/l of fresh *Moringa oleifera* and 1.25g/l of *Moringa* powder were effective in disinfection and clarification with a significant variation in bacteriological parameters after treatment ($P= 0001$) 60 to 70% of water samples become fit for human consumption after treatment with 1.25g/l of *Moringa* Faecal coliforms 10 to 30 CFU/ml before, drop from 0 to 4 CFU/ml after $P=0.04$, CI 95%, i.e. a reduction of 94.08%. As for total coliforms, from 10 to 98 CFU/ml before, go from 0 to 28 CFU/ml after, i.e. a reduction of 90.05%. In conclusion, 1g/liter and 1, 25g/liter of water are respectively the optimum effective doses in the treatment and clarification of well water, a step forward in the bacteriological treatment of water at a lower cost.

Keywords : *dose, Coliform, Moringa oleifera, Nakyakpala, well.*

I - INTRODUCTION

L'assemblée générale de l'Organisation des Nations Unies (ONU) a voté Le 28 juillet 2010, une résolution reconnaissant l'accès à une eau de qualité et à des installations sanitaires comme un droit humain : « Le droit à une eau potable propre et de qualité et à des installations sanitaires est un droit de

l'homme, indispensable à la pleine jouissance du droit à la vie » [1, 2]. 2,2 milliards de personnes n'ont pas accès à des services d'eau potable gérés de manière sûre (OMS/UNICEF 2019). Plus de la moitié de la population mondiale, soit 4,2 milliards de personnes, manquent de services d'assainissement gérés de manière sûre (OMS/UNICEF 2020). 297 000 enfants de moins de cinq ans meurent chaque année de maladies diarrhéiques causées par l'insalubrité de l'eau et des pratiques sanitaires et hygiéniques inadéquates. (OMS/UNICEF 2019). La résolution pointe le fait que 884 millions de personnes dans le monde (13 %) n'ont pas accès à l'eau potable et que plus de 2,6 milliards ne disposent pas d'installations sanitaires de base. Environ deux millions de personnes, pour la plupart des jeunes enfants, meurent chaque année des suites de maladies causées par une eau impropre à la consommation et l'absence d'installations sanitaires [1, 2]. Les filières de traitement installées ne couvrent pas la totalité des usagers. Les questions d'accès ne sont pas toujours correctement réglées. Plusieurs systèmes sont mis hors fonctionnement à cause de problèmes de maintenance ou de l'insuffisance des crédits de fonctionnement. De la sorte l'approvisionnement en eau potable est resté dans ce contexte une question de santé publique. Et malgré les mesures prises ainsi que les efforts fournis sur le plan international, l'eau demeure au centre de nombreux débats [2].

La mise à la disposition de l'eau potable de robinet nécessite le captage, le contrôle et la distribution de l'eau. Toutes ces opérations exigent les moyens techniques et financiers qui ne sont pas à la portée des pays en voie de développement [3]. Pour l'Afrique seules 62 % de la population ont accès à l'eau potable [3]. Cette situation est beaucoup plus accentuée dans les zones rurales et périurbaines où la couverture avoisine 47 % contre 85 % en zones urbaines [3, 4]. L'eau étant un bien social, économique et environnemental, son insuffisance pourrait pousser les populations à consommer les eaux de puits de mauvaises qualités et qui sont responsables de maladies. C'est pourquoi, le traitement des eaux (épuration et potabilisation) est indispensable pour la préservation des sources d'eau, la santé, le bien-être des populations et des écosystèmes. Il s'est amélioré avec l'évolution des sciences et des technologies, avec la population grandissante et le développement économique qui ont imposé des objectifs de traitement plus sévères. Les années 1970 marquent ainsi un tournant important dans l'histoire de la désinfection de l'eau. Ces années révèlent le revers de la technique de chloration de l'eau, une technique qui entraîne la formation des produits chimiques potentiellement dangereux pour la santé. Les principaux réactifs oxydants sont le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le permanganate de potassium et l'eau oxygénée [5, 6]. Mais en

raison de sa rémanence et de son pouvoir virulicide et bactéricide surtout pour des questions économiques et technologiques, le chlore reste encore préférentiellement utilisé à travers le monde [5, 6]. Cependant, il présente l'inconvénient de réagir avec la matière organique des eaux en induisant ainsi sa forte consommation et la formation des composés Organo halogénés à toxicité chronique [7 - 9]. A cette toxicité chronique, sont associés des d'effets mutagènes voire cancérigènes [7 - 9]. Les premières publications relatant la présence de produits halogènes issus de la chloration de l'eau potable datent des années 1970 [7 - 9]. Ces sous-produits de chloration ne sont pas présents dans l'eau brute, ils se forment lors de l'interaction entre le chlore et la matière organique naturelle dissoute (MON). Dès lors, les décideurs de santé publique ont été amenés à s'intéresser à cet aspect plus sombre de la chloration de l'eau. Des études furent faites pour évaluer le risque d'exposition quotidien des populations. Des études toxicologiques et épidémiologiques ont été menées, permettant de fournir des éléments d'arbitrage entre les risques biologique et chimique désormais impliqués dans la question du traitement de l'eau potable [7 - 9]. Lorsque le chlore (Cl_2) est ajouté à l'eau sous forme gazeuse ou liquide, il s'hydrolyse pour former de l'acide et des ions hypochlorites respectivement (HOCl et OCl) [10 - 12].

Les premiers sous-produits mis en évidence ont été les trihalométhanés (THM) au début des années 1970. [13, 14]. Puis l'acide halo, acétique (HAA) à la fin des années 1980 [13, 14]. Pour toutes ces raisons, la communauté scientifique s'est de plus en plus intéressée à la recherche de coagulants alternatifs, comme les coagulants organiques naturels à base d'extraits de plantes comme *Moringa oleifera* [15, 16]. La coagulation et la désinfection sont des procédés de traitement qui permettent l'amélioration de la qualité de l'eau [17, 18]. Pour la clarification de l'eau, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation qui facilitent l'élimination des matières en suspension et des colloïdes responsables de la turbidité et de la couleur [19, 20]. Tous ces éléments se rassemblent sous forme de floes dont la séparation s'effectue par décantation, flottation et/ou filtration [21, 22]. La coagulation-floculation est un processus physico-chimiques par lequel des particules colloïdales ou des solides en suspension fine sont transformés en espèces plus visibles et séparables par déstabilisation [23, 24]. Le test en pot de traitement de l'eau est une méthode de test mécanique et physique des traitements chimiques sur des échantillons d'eaux usées afin de déterminer le traitement chimique optimal et les dosages chimiques associés pour une eau ou un flux de déchets spécifiques [25, 26]. Essentiellement, le test en pot est une version réduite

d'un système de traitement de l'eau. Il est idéal pour obtenir un « instantané » de ce qui sera nécessaire pour traiter l'eau à plus grande échelle. Il est important de noter que, simplement parce qu'un certain traitement fonctionnera pendant les tests en pot, des essais sur site et une mise à l'échelle sont nécessaires pour confirmer le programme recommandé et déterminer si des ajustements sont nécessaires [26]. Au regard de toutes ces méthodes traitement, enjeux sanitaires et économiques de l'eau de boisson, la détermination de la dose d'effet des désinfectants est primordiale. L'objectif poursuivi dans ce travail est de déterminer une dose optimale de *Moringa oleifera* capable de désinfecter et de clarifier l'eau de puits.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Matériel

II-1-1. Lieu et type d'études

Nakoyakpala est un quartier périphérique de la commune urbaine de N'Zérékoré. Il est traversé par la route nationale N'Zérékoré-Yomou. La population de NAKOYAKPALA est estimée à 5655 habitants en 2016 avec un taux d'accroissement de 2,9 %. Il s'agissait d'une étude expérimentale qui s'est étendue sur 3 mois du 1 Mai au 30 juillet 2022 dans le laboratoire de Microbiologie alimentaire du Centre International de Recherche sur les Infections Tropicales en Guinée, Université de Nzérékoré. Elle a concerné 23 puits qui n'ont jamais connus de traitement par le chlore. L'aspect éthique : tous les propriétaires de puits concernés par l'étude ont été informés de l'objectif de cette enquête et ont accepté suivant un consentement éclairé à participer à l'étude.

II-1-2. Formation et suivi des enquêteurs

La capacité de prélèvement de deux étudiants en Master a été renforcée par une formation sur le prélèvement, les conditions d'un bon prélèvement et d'un bon transport d'échantillon d'eau au Laboratoire.

II-1-3. Matériel du terrain

Une fiche d'enquête ménage pour déterminer les sources d'approvisionnement, le mode de traitement attribué à l'eau. Une glacière pour la conservation à 4°C des échantillons pour l'analyse bactériologique. Des récipients en verre pour l'échantillonnage.

II-1-4. Matériel de laboratoire

Un Kit d'analyse bactériologique. Une balance analytique, microscope; autoclave; étuve; four; lampe à alcool, flacons, lame, tubes, becher, pupette en verre.

II-2. Méthodes

II-2-1. Échantillonnage

Ont été inclus dans cette étude tous les puits n'ayant pas fait l'objet d'un traitement préalable avec le chlore ou tout autre désinfectant. 10 puits/23 tirés au hasard où 100 échantillons ont été prélevés et analysés.

II-2-2. Prélèvement

Le prélèvement de l'échantillon d'eau a obéit à une opération classique délicate à laquelle le plus grand soin a été apporté, et conditionne la fiabilité des résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon était homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques microbiologiques. Pour cela, les échantillons ont été prélevés dans les récipients stérilisés, rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon. Au niveau de chaque puits, après avoir attendu que les usagers puisent plusieurs fois, les échantillons ont été prélevés. Un nouveau bidon avec une nouvelle corde ont été utilisés.

II-2-3. Préparation de la solution Moringa oleifera pour le traitement de l'eau

Préparation d'une solution mère de Moringa oleifera à 50g/l à l'état naturel : Égousser les gousses sèches de Moringa oleifera en vue d'obtenir les grains secs. Décortiquer les grains pour obtenir les amandes secs. Broyer ces amandes, ce qui donne une pâte gorgée d'huile (appelé huile de ben). Ajouter 50g de cette pâte dans 1 litre d'eau distillée, malaxer et agiter fortement puis filtrer à travers un filtre de (185 mm de mailles). La solution ainsi obtenue a été conservée dans un récipient en verre et utilisé pour réduire le nombre de coliforme dans l'eau.

II-2-4. Recherche de la dose optimale de Moringa oleifera à l'état naturel : (Jarre test) [26]

A l'aide d'un flocculateur à six post (béchers), rechercher la dose optimale pour chaque puits comme suit : Mettre 1 litre de l'échantillon d'eau de puits

dans chaque b cher de 1 litre. Injecter 5ml d'échantillon mère dans le premier b cher et progressivement jusqu'au sixième b cher avec une raison de 5 ml. Mettre l'appareil sous tension avec une agitation de 120 tours/mn pendant 17 minutes comme grande vitesse pour la déstabilisation des particules colloïdales contenues dans l'eau brute. Réduire ensuite la vitesse à 40 tours/mn pendant 3 mn pour l'agrégation des particules déstabilisées qui aboutit à la formation des flocons. Enlever l'appareil sous tension pour un temps d'observation de 1 h30 mn pour permettre aux flocons formés de se déposer. Retenir le b cher qui a présenté beaucoup *plus de dépôt* en un intervalle de temps très court. Ce b cher est dit meilleur b cher. Le volume de solution mère injecté dans ce meilleur b cher représente le volume nécessaire pour désinfecter 1 litre d'eau brute. Ainsi, la dose optimale est déterminée par la formule (1) : $N = C.V$ où C = concentration de la solution mère préparée ; et V = volume de solution injecté dans le meilleur b cher [19]. Les meilleurs b chers de tous les échantillons ont été utilisés pour les analyses bactériologiques après le traitement par le *Moringa oleifera* [26]. *Les échantillons d'eau traitée ont été analysés de la même manière que les échantillons d'eau brute.*

II-2-5. Traitement physicochimique

L'huile présente dans le *Moringa oleifera* ou huile de ben au nom commercial, provoque un phénomène de flottation et freine l'activité de floculant et l'apparition de deux phases à cause de la propriété de l'huile dans le traitement d'eau [26]. Ainsi, une solution mère de poudre de *Moringa oleifera* séchée débarrassée de son huile a été préparée pour clarifier l'eau.

II-2-6. Préparation d'une solution mère

Une poudre d'amande de *Moringa oleifera* dépourvue d'huile a été préparée pour le jarre test comme suit ; Egousser les gousses mures en vue d'obtenir les grains secs. Décortiquer les grains pour obtenir les amandes secs. Broyer les amandes en vue d'obtenir une pâte contenant de l'huile. Mettre de l'eau distillée et bouillir cette pâte à une température de 105 C pendant 18h pour récupérer l'huile qui surnage la pâte. Sécher le tourteau   105  C dans l'étuve pendant 18h. Piler le tourteau séché dans un mortier de laboratoire et tamiser pour obtenir une poudre plus fine. Peser 50g de cette poudre et les mettre dans 1 litre d'eau distillée, Agiter fortement pour avoir une solution bien homogénéisée puis garder dans un récipient comme solution mère.

II-2-7. Recherche de la dose optimale de poudre (Jarre test)

Cette recherche obéit à la même méthodologie que celle utilisée dans la recherche de la dose optimale de *Moringa oleifera*, *état naturel* ci-dessus. La différence réside du faite qu'au lieu de choisir le béccher présentant beaucoup plus de dépôt, ici, le meilleur béccher est celui présentant une eau plus claire, des flocons de tailles moyennes, avec une turbidité plus faible et un temps de dépôt normal. Le volume de solution mère injecté dans ce meilleur béccher représente le volume nécessaire pour désinfecter 1litre d'eau brute. La dose optimale se calcul selon la **Formule**

$$N = C.V \quad [19] \quad (1)$$

Ces bécchers ont été préparés pour des analyses bactériologiques après le traitement par le (*Moringa oleifera*) [19].

II-2-8. Analyse bactériologique de l'eau brute et l'eau traitée

- **Coliformes totaux** : Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C. Ils existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels [25].
- **Coliformes Thermo-tolérants** : Il s'agit des coliformes qui poussent à 44°C, comme les E coli, ils produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermente le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. ils ne peuvent pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente [25]. Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable : Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'objectif visé est l'absence de coliformes dans 100 ml d'eau [25].

II-2-9. Milieu de culture et numération des germes

Mettre dix 10 cuillérées de poudre de milieu de culture (Lauryl sulphate) déjà préparé, dans un tube de 10 ml et compléter avec de l'eau distillée. Fermé et agiter puis mettre ce tube dans l'eau pour bouillir jusqu'à 101°C. Enlever le tube et repartir le contenu dans des boites de pétrie étiquetées.

Mesurer 10 ml de chaque échantillon d'eau de puits et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée. Filtrer à travers des membranes filtrantes qu'on place dans les boîtes de Pétrie étiquetées. Placer les boîtes de Pétrie dans l'incubateur réglé à une température de 44°C pour les coliformes fécaux et une température de 37°C pour les coliformes totaux pendant une durée de 18 heures. Enlever les boîtes de l'incubateur et retirer les membranes filtrantes des boîtes, compter le nombre de colonies formées sur les membranes qui correspond au nombre de coliformes dans 10 ml puis multiplier ce nombre par 10, ce qui donne le nombre de coliformes dans 100 ml. (UFC/100 ml) [25].

III - RÉSULTATS

Sur la base des données recueillies et des méthodes de traitement de ces données, nous présentons les résultats auxquels nous avons abouti.

III-1. Resultats du jarre test avec les extraits de la gousse naturelle et en poudre

Au cours du jarre test, en un intervalle de temps très court, tous les dix échantillons des puits tirés au hasard ont présenté beaucoup plus de dépôts à partir du bécher n° 4 contenant 20 ml de solution de gousse naturelle. Ce qui signifie que 1 g de gousse de *M. olifeira* naturel est le volume contenu dans le meilleur bécher (B4). quantité obtenue apartir de la **Formule**.

$$N = C.V \quad (2)$$

soit 50g/1000 x 20 ml = 1g de gousse de moringa par litre.

Tableau 1 : Détermination du meilleur béccher et de la dose désinfectante de *Moringa oleifera*, état naturel

10 Puits échantillonnés au hasard	N° Béccher jarre test	Volume solution en ml	Taille des flocons	Temps de dépôt	Quantité de flocons	Meilleur béccher	Dose optimale (meilleur béccher)
(P1, P6, P7, P9, P14, P15, P17, P18, P23, P28)	B1	5	Très fine	Trop long	Très faible		
	B2	10	fine	Long	faible		
	B3	15	fine	Long	faible		
	B4	20	normale	Normal	Moyenne	B4	50g/1000ml x 20ml =1g/l
	B5	25	Très grosse	Très petit	Elevée		
	B6	30	Très grosse	Très petit	Elevée		

Le **Tableau 1** indique que c'est à partir du 4^{ème} béccher (meilleur béccher) contenant 20 ml de la solution de gousse de moringa que les flocons ont été visibles, ce qui représente 1 g de gousse *M. oleifera*. NB : 10 échantillons ont été prélevés sur chaque puits. Ce qui donne 100 échantillons traités au total.

Par contre, en ce qui concerne le jarre test pour déterminer le volume de la poudre de *Moringa oleifera* capable de produire de flocon, c'est à partir du béccher n° 5 contenant 25 ml de solution que les premiers flocons sont apparus. Ainsi $50\text{g}/1000 \times 25 \text{ ml} = 1,25 \text{ g}$ de moringa. D'où 1,25g est la dose de poudre de *Moringa oleifera* qui engendre un maximum des flocs pour l'eau brute (**Tableau 2**).

Tableau 2 : étermination du meilleur b cher et de la dose désinfectante de *Moringa oleifera*, en Poudre

10 Puits échantillonnés au hasard	N� B�cher jarre test	Volume solution en ml	Taille des flocons	Temps de dépôt	Quantité de flocons	Meilleur b�cher	Dose optimale (meilleur b�cher)
(P1, P6, P7, P9, P14, P15, P17, P18, P23, P28)	B1	5	Très fine	Trop long	Très faible		
	B2	10	fine	Long	faible		
	B3	15	fine	Long	faible		
	B4	20	Fine	long	faible		
	B5	25	Très grosse	Très petit	Elevée	B5	50g/1000ml x 25ml=1,25g/l
	B6	30	Très grosse	Très petit	Elevée		

Le **Tableau 2** montre que les échantillons des 10 puits choisis au hasard ont produit au 5 me b cher, de flocons de tailles grosses après ajout de 25 ml de solution mère de gousse de *M. oleifera*. ce qui est égal à 1,25g/l.

III-2. Résultats des analyses bactériologiques des meilleurs b chers (B4 et B5)

Afin de connaitre l'effet des doses de *M. oleifera* contenues dans les meilleurs b chers sur les *Coliformes fécaux* et *Coliformes totaux*, tous les meilleurs b chers (B4 et B5) ont fait l'objet d'analyse bactériologiques, (**Tableau 3**).

III-2-1. *Coliformes fécaux*

Il ressort qu'après le traitement des échantillons d'eau des 10 puits avec 1g et 1,25 g/l de *Moringa oleifera*, 60 % présentaient zéro (0) *Coliforme* par 100 ml d'eau analys e. 40 % des échantillons à des niveaux sensiblement réduits, présentaient 1 à 4 UFC par 100 ml. Aucun germe pathogène n'a été identifié.

III-2-2. *Coliformes totaux*

Après traitement de l'eau, 70 % de puits soient 7/10 puits, ne présentaient aucun coliforme totaux (0 UFC/100 ml) contre 30 % qui ont présenté un nombre réduit de coliformes totaux (3-28 UFC/100 ml).

Tableau 3 : Dénombrement des coliformes fécaux et totaux dans les échantillons de puits avant et après le traitement

Paramètres	Coliformes fécaux				Coliformes totaux				
	Echantillons	Avant	Après	0/100ml après	UFC>0/100ml après	Avant	Après	0/100ml après	UFC>0/100ml après
P1		20	2			45	0		
P6		25	3			98	28		
P7		13	0			30	0		
P9		10	0			50	3		
P14		14	0			90	11		
P15		12	0			21	0		
P17		10	0	60 %	40 %	40	0	70 %	30 %
P18		17	0			10	0		
P23		30	4			35	0		
P27		18	1			25	0		
Témoin		23	23			80	80		
réduction		169	94,08 %			444	90,05 %		

Ce **Tableau** montre qu'avant le traitement avec les gousses de *M. oleifera*, les échantillons d'eau présentaient 10 à 30 UFC de Coliforme fécaux par/100 ml et 10 à 98 UFC de coliformes totaux /100ml. Taux supérieurs à la norme de l'OMS (0 Coliforme /100ml). Après le traitement de l'eau, 60 %, étaient dénombrés zéro (0) Coliforme fécaux contre 70 % des échantillons avec zéro (0) Coliforme totaux. Sur l'ensemble des 10 puits, en terme de réduction des Coliformes fécaux, $169 - 10 = 159/169 \times 100 = 94,08$ % de réduction. En ce qui concerne les Coliformes totaux, le traitement a induit une réduction totale de $444 - 42 = 402/444 \times 100 = 90,05$ %. A la lumière de ces résultats l'on est amené à comprendre que les doses de 1g et de 1,25g de gousse de *M. oleifera* par litre d'eau, sont des doses optimales de désinfection et de clarification des eaux de puits.

IV - DISCUSSION

Cette étude a porté sur tous les puits n'ayant pas fait l'objet d'un traitement préalable avec le chlore ou tout autre désinfectant. 10 puits/23 tirés au hasard où 100 échantillons ont été prélevés et analysés. Le jarre test et l'analyse bactériologique ont servi pour déterminer les doses optimales de désinfection et de clarification de l'eau de puits. A partir des résultats du jarre test, avec une solution mère de 50g/l de *Moringa* naturel injectée progressivement dans six béciers de 1 litre chacun, le bécier 4 où on a injecté 20 ml de solution a présenté beaucoup plus de dépôts en un temps très court. Par conséquent ce bécier est le meilleur et la dose obtenue est

1g/l. A partir du bécher 5 où on a injecté 25ml de solution de poudre de *Moringa oleifera* débarrassée d'huile, les floccs deviennent très importants et se déposent en un temps normal. Ce bécher est le meilleur qui a été retenu et la dose obtenue est 1,25g/l. Si [19], ont aboutie aux résultats selon lesquels une dose 1g/l de poudre de *Moringa oleifera* ne joue pas le rôle de désinfectant, nos résultats montrent qu'avec le *Moringa oleifera* à l'état naturel qui n'a subi aucune transformation à chaud et gardant ainsi son principe actif, 1g/l au moins suffit pour désinfecter l'eau de puits et 1,25 g/l de la poudre pour clarifier l'eau de puits. Ces doses ont induit une réduction significative des nombres de *coliformes fécaux et totaux*, $P = 0,01$. Avant le traitement, le nombre de *coliforme fécaux* variait entre 10 à 30 UFC/100ml et il a été réduit de 0 à 4 UFC/100 ml après le traitement soit une réduction de 10 à 26 UFC/100 ml. En ce qui concerne les *coliformes totaux*, avant le traitement, le nombre variait entre 10 à 98 UFC/100 ml. Ce nombre a connu une réduction de 0 à 28 UFC/100 ml après le traitement soit une réduction de 10 à 70 UFC/100 ml. Globalement le tableau III montre que le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) pour les dix puits analysés donne pour les *coliformes fécaux* 169 UFC. Ce nombre a été réduit après traitement avec les gousses de *Moringa oleifera* à 10 UFC soit 94,08 % de réduction. Quant aux *coliformes Totaux*, le traitement avec les gousses de *Moringa olifeira* a réduit le nombre de 444 à 42 UFC, soit 90,5 % de réduction. Après le traitement des échantillons d'eau, 60 % et 70 % étaient, en termes de *coliforme fécaux et totaux* respectivement conformément à la norme de l'OMS donc aptes à la consommation humaine, 0 coliformes fécaux/100 ml ou 0 UFC/100 ml [OMS] [1]. Ces résultats confirment ceux de [22], qui de 90 à 450 UFC/ ml d'eau avant le traitement sont passés de 40 à 90 UFC/ ml d'eau après le traitement avec une réduction de 42 % de *coliformes fécaux et totaux*. $P = 0,1$. Egalement, ces résultats confirment ceux de [20] qui ont trouvé une réduction de 70% chez les coliformes fécaux et 60 % chez Coliformes totaux. Ils sont aussi en adéquation avec ceux [8] qui ont obtenu une purification de l'eau avec les gousses de *M. olifeira*.

V - CONCLUSION

Cette étude montre que *Moringa oleifera* à l'état naturel améliore considérablement les paramètres bactériologiques de l'eau de puits. 1 g/l de *Moringa oleifera* à l'état naturel constitue la dose désinfectante et 1,25 g/l de *Moringa oleifera* en poudre dépourvue d'huile constituent la dose flocculant ou clarifiante à l'échelle de laboratoire. Dans les échantillons

d'eau de puits, ces doses ont produit une réduction du nombre de coliformes fécaux et de coliformes totaux respectivement de 94,08 % et 90,5 %. 60 – 70 % des échantillons étaient conformes aux normes de l'OMS (0 UFC/100 ml d'eau) donc propre à la consommation humaine. 1 g/l et 1,25g/l constituent les doses optimales de *Moringa oleifera* capable de désinfecter et de clarifier l'eau de puits.

RÉFÉRENCES

- [1] - ONU-EAU, Programme Eau, assainissement et hygiène, faits et chiffres, <https://www.un.org/fr/global-issues/water> lu 12/09/2022, (2015 - 2030)
- [2] - ONU, Objectifs du millénaire pour le développement, rapport, (2015) 78 p. <https://www.undp.org/fr/publications/rapport-2015-sur-les-objectifs-du-millenaire-pour-le-> (lu le 22 Mars 2022)
- [3] - Directives, 75/440/CEE concernant la qualité requise des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire https://fr.wikipedia.org/wiki/Captage_d%27eau_potable lu le 25/06/2022
- [4] - M. MARINO et I BOLAND, An integrated approach to waster water management : Deciding where, when and how much to invest. Washington, DC World Bank, Directions in development. IBRD(05)/D597/1999 : 5, (1999)
- [5] - IS. TRAORE et al., Programme Solidarité EAU L'eau potable et la santé dans les projets d'hydraulique rurale en Afrique de l'ouest. Burgeap, 1990, *Revue Malienne de Science et de Technologie* –ISSN 1987, Vol. 01, N°23 (Juin 2020)
- [6] - B. LEGUBE, R. DESJARDINS et M. DORE, *Revue des sciences de l'eau*. Le Traitement des Eaux de Consommation : La Nécessité d'une Recherche en Chimie de l'Eau Volume 11, numéro hors-série, 1998 URI : <https://id.erudit.org/iderudit/705332ar> DOI : <https://doi.org/10.7202/705332ar>, (2022)
- [7] - EN ALI, SR ALFARRA, MM YUSOFF, ML RAHMAN, Environmentally friendly biosorbent from *Moringa oleifera* leaves for water treatment. *Int J Environ Sci Dev*, 6 (2015) 165 - 169. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2015.v6.582N>
- [8] - S. SUBRAMANIAM, V. NAND, M. MAATA, K. KOSHY, *Moringa oleifera* and other local seeds in water purification in developing countries. *Res J Chem Environ*, 15 (2011) 135 - 138

- [9] - AA. OKOYA, OO. OLAIYA, AB. AKINYELE, Ochor Efficacy of Moringa oleifera seed husk as adsorptive agent for trihalomethanes from a water treatment plant in southwestern. Nigeria. *J Chem.*, (2020), <https://doi.org/10.1155/2020/3450954>
- [10] - P. V ANDRADE, CF. PALANCA, DE OLIVEIRA MAC et al., Use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation. *J Water Process Eng*, 40 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101859>
- [11] - S. W KRASNER, M. J. MCGUIRE, J.G. JACANGELO, N. L PATANIA, K. M. REAGAN and E. M AIETA, "The occurrence of disinfection by, products in US drinking water." *Journal of the American Water Works Association*, 81 (8) (1989) 41 - 53
- [12] - S. A. KABORE, Décoloration du bleu de méthylène en solution aqueuse par des charbons fonctionnalisés avec des oxydes de manganèse. Mémoire de Master, Université d'Ouagadougou, (2015) 37 p. http://documentation.2ieedu.org/cdi2ie/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=18627
- [13] - B. KABORE et al., revue : 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, Vol. 26, N°3 (2013) 209 - 220 p.
- [14] - GAP MATEUS, MP PALUDO, TRT DOS SANTOS et al., Obtaining drinking water using a magnetic coagulant composed of magnetite nanoparticles functionalized with Moringa oleifera seed extract. *J Environ Chem Eng*, 6 (2018) 4084 - 4092. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.05.050Z>. Adamczyk article adsorption and deposition : role of electrostatic interactions. *Advances in Colloid and Interface Science*, (2003) 100 - 102, 267 - 347
- [15] - H. R. HERNANDEZ DE LEON, Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00136157v1/datacite>, (2006)
- [16] - RNI, L'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique : le défi d'un changement climatique. [docactu, YmFzc2Vtb25saWIL2RvY3MvUHJc2VudGF0aW9uX05vdGVfRnI](https://www.docactu.com/actu/YmFzc2Vtb25saWIL2RvY3MvUHJc2VudGF0aW9uX05vdGVfRnI), (2008)
- [17] - G. LEYRAL, C. RONNEFOY et F GUILLET, Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, <https://hi.3lib.net/book/1234369/be6a23>, (2002)
- [18] - M. MAKOUTODE, B. FAYOMI et C. DE BROUWER, La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey en 2009 au Bénin

- Afrique de l'Ouest. *J Int Santé Trav*, 1 (2010) 15 - 22. https://www.researchgate.net/publication/278683918_La_qualite_de_l'eau_de_boisson_en_milieu_professionnel_a_Godomey_en_2009_au_Benin_Afrique_de_l'Ouest
- [19] - N. RAKOTOMAMONJY VATOSOA, Essai de traitement d'une eau de piscine en utilisant le résidu de graine de Moringa oleifera comme coagulant Mémoire de Master II inédit, Université d'Antananarivo, Madagascar, (2016)
- [20] - BENKADDOUR, contribution à l'étude de l'efficacité de la graine de Moringa Oleifera dans la dépollution des eaux d'Oued SafSaf. Mémoire de Master inédit, Université Abou BekrBelkaid-Tlemcen-, Algérie, (2005) 86 p. <http://www.secheresse.info/spip.php?article91166>
- [21] - DL VILLASEÑOR-BASULTO, PD ASTUDILLO-SÁNCHEZ, J DEL REAL-OLVERA, ER BANDALA, Wastewater treatment using Moringa oleifera Lam seeds : a review. *J Water Process Eng*, 23 (2018) 151 - 164. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.03.017>
- [22] - M. S. AMJAD, H. QURESHI, M. ARSHAD, S. K. CHAUDHARI et M. MASOOD, The in crédible queen of green: Nutritive value and therapeutic potential of Moringa oleifera Lam. *Journal of Coastal Life Médecine*, 3 (9) (2015) 744 - 751
- [23] - H. PENG, J. GUO, Removal of chromium from wastewater by membrane filtration, chemical precipitation, ion exchange, adsorption electrocoagulation, electrochemical reduction, electrodialysis, electrodeionization, photocatalysis and nanotechnology : a review. *Environ Chem Lett*. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01058-x>, (2020)
- [24] - AMS. VIEIRA, MF. VIEIRA, GF. SILVA et al., Use of Moringa oleifera seed as a natural adsorbent for wastewater treatment. *Water Air Soil Pollut*, 206 (2010) 273 - 281. <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0104-y>
- [25] - M SANGARE et al., Etudes de la qualité Microbiologique d'une pâte alimentaire faite de Maïs (Zea mays), d'Arachides (Arachis hypogaea), de Sésames (Sesamum indicum) et de Moringa (Moringa oleifera), (MAS-moringa), consommée dans la région de Kindia DOI : <https://doi.org/10.53597/remim.v16i3.2035>, (2022)
- [26] - J. GUO, Test de traitement physico-chimique Évaluer l'efficacité de la coagulation-floculation (Jar test et Flottatest) <https://www.webctp.com/fr/test-de-traitement-physico-chimique> lu le 30 juillet 2022, (2020)