

Conception et mise en œuvre d'un filtre bicouche à base de matériaux locaux pour la potabilisation des eaux naturelles

Victoria AMBA ESEGNI², Jean Jacques Nestor NSOE MENGUE^{1,2*}, Michel KAMENI NGOUNOU^{2,3,4},
Julienne Ivana NGAH NKU², Patrice Guillaume KOFA² et Sylvère NDI KOUNGOU^{2,5}

¹ Institut Universitaire de Technologie, Université de Ngaoundéré, Département de Génie Chimique,
Laboratoire de Génie Chimique et Environnement, BP 455, Ngaoundéré, Cameroun

² École Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles, Université de Ngaoundéré, Département de génie
des Procédés, Laboratoire de Traitement des Eaux et Filtration Industrielle, BP 455, Ngaoundéré, Cameroun

³ Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, Département du Génie de l'Environnement, BP 510,
Yaoundé, Cameroun

⁴ Institut Ucac-Icam, BP 5504, Douala, Cameroun

⁵ Département des Energies Renouvelables, Université d'Ebolawa, Cameroun

(Reçu le 21 Mars 2025 ; Accepté le 07 Mai 2025)

* Correspondance, courriel : nsoemenguenestor@yahoo.fr

Résumé

Ce travail a pour objectif de mettre au point une cartouche filtrante bicouche à base de matériaux locaux capable de potabiliser les eaux de puits et de surface. A cet effet, une caractérisation physicochimique (pH, turbidité, matière organique) et microbiologique de quelques eaux de consommation des populations rurales a été effectuée. Celle-ci a conduit au choix des matériaux, au dimensionnement et à la réalisation de la cartouche de filtration selon un cahier de charge. Les principales caractéristiques des eaux de puits de la localité étudiée présentent une turbidité comprise entre 06 et 08 NTU, un pH de 5 et 6, une concentration en matière organique variant de 06 à 10,8 mg/L et la présence des microorganismes (coliformes totaux, E-coli, Streptocoques fécaux, salmonella sp, sulfo reducteur) dans les 7 puits. Les matériaux de conception choisis sont le calcaire, le charbon actif imprégné de bionanoparticules et le sable modifié. La cartouche filtrante réalisée à un diamètre de 06 cm, 313,3 cm³ de volume et une longueur de 11,1 cm. A l'issue des essais de filtration, pour une durée de 15 jours, l'efficacité initiale de la cartouche demeure avec une turbidité résiduelle de 0,1 NTU, un pH de 7-8, une absence de matière organique et des microorganismes dans le filtrat. Ainsi, l'utilisation des matériaux locaux est une voix prometteuse pour la potabilisation des eaux de puits et de rivières.

Mots-clés : eau potable, cartouche filtrante, calcaire, sable modifié, bionanoparticules.

Abstract

Design and implementation of a two-layer filter based on local materials for the purification of natural water

The aim of this project is to develop a two-layer filter cartridge based on local materials capable of making well and surface water potable. To this end, a physicochemical (pH, turbidity, organic matter) and microbiological characterisation of some rural drinking water was carried out. This led to the choice of materials and the sizing and construction of the filtration cartridge in accordance with a set of specifications, and its effectiveness was assessed. The principal characteristics of the well water in the locality studied were turbidity of between 06 and 08 NTU, a pH of 5 and 6, a concentration of organic matter ranging from 06 to 10.8 mg/L and the presence of microorganisms (total coliforms, E-coli, faecal Streptococci, salmonella sp, reducing sulphate) in the 7 wells. The design materials chosen are limestone, activated carbon impregnated with bionanoparticles and modified sand for filtration. The filter cartridge produced has a diameter of 06 cm, a volume of 313.3 cm³ and a length of 11.1 cm. At the end of the filtration tests, for a minimum implementation period of 15 days, the initial efficiency of the cartridge was maintained, with a residual turbidity of 0.1 NTU, a pH of 7-8, and an absence of organic matter and microorganisms in the filtrate. So the use of local materials is a promising way of making well and river water drinkable.

Keywords : *drinking water, filter cartridge, limestone, modified sand, bionanoparticles.*

1. Introduction

Malgré le fait que l'accès à l'eau potable et à l'assainissement soit reconnu comme droit de l'homme depuis 2010, près de 3,5 milliards de personnes aujourd'hui n'ont que d'autre choix que de boire une eau dangereuse pour leur santé [1]. 2,4 milliards de personnes disposent toujours de latrines qui sont à proximités de puits, soit 40 % de la population mondiale. De ce fait, 2,6 millions de personnes meurent chaque année de maladies liées à l'eau et en Afrique, ce chiffre est estimé à 2670 décès quotidiens ce qui fait de l'eau insalubre une des premières causes de mortalité au monde [2]. Au Cameroun, les populations souffrent d'un déficit croissant d'accès à l'eau potable. Le taux moyen d'accès de base actuel de la population à l'eau potable était de 77 % en milieu urbain et de 45 % en milieu rural [4,5]. La situation est très loin d'avoir changé en 2025[3]. De ce fait, les populations se tournent souvent vers les eaux des puits, les rivières [6, 7]. Une dizaine de maladies sont directement liées à l'eau et les maladies diarrhéiques font de graves victimes [5]. Depuis près de cinq ans on assiste à une recrudescence des maladies hydriques à l'instar du choléra dont le nombre de cas est 1773 de choléra [8]. La région de Ngaoundéré, plus précisément la localité de Ngaoundéré 3ème au Cameroun, ne fait pas exception à ce problème. En effet, la population villageoise représente plus de 80 % de la population et ont pour seule source d'approvisionnement en eau les puits et les rivières. Des échantillons d'eau de puits dans différents quartiers de la ville de Ngaoundéré ont montré, que ces eaux contiennent généralement un pH acide, une matière organique et une turbidité élevée et les microorganismes (coliformes totaux, E-coli, Streptocoques fécaux, salmonella sp, sulfo réducteur) y prolifèrent causés par la proximité des latrines avec les points d'eau [9 - 12]. Pour potabiliser ces eaux, les populations ont recourt au chlore, à la décantation. Cependant, lorsque du chlore est ajouté à de l'eau contenant de la matière organique, il se forme des sous-produits de désinfection tels que les trihalométhanes (THM) connus pour être cancérigènes et les acides haloacétiques (HAA) [13, 14]. Ces sous-produits sont nocifs pour la santé (Risque de cancer, risques pour la reproduction, effets sur le foie et les reins) s'ils sont présents en concentrations élevées dans l'eau potable [15, 16]. Par contre un pH acide peut avoir pour conséquence des irritations gastro-intestinales chez certaines personnes sensibles [17, 18]. Afin de palier à ces problèmes, l'une des solutions les plus répandues

est la filtration à travers l'utilisation des filtres pour la rétention des charges polluantes. C'est pourquoi leurs productions annuelles est passée de 1,5 million de tonnes en 1950 à plus de 350 millions de tonnes aujourd'hui, et est toujours en croissance continue. Néanmoins, la majorité de ces filtres sont en polymères synthétiques, après utilisation sont rejetés dans l'environnement et sont à l'origine des problèmes écologiques très préoccupant [19]. En effet, en fin d'utilisation, ces filtres sont jetés dans la nature. L'ingestion des fragments provoque des blessures internes ou bloque la digestion, en augmentant la morbidité et la mortalité chez les êtres vivants. On estime que, sur l'ensemble de la planète, environ la moitié des tortues marines ont ingéré ces polymères bien que la proportion exacte ne soit pas connue [20, 21]. La petite taille des micros plastiques facilite leur passage à travers les membranes gastro-intestinales et leur distribution dans les tissus et les organes il en résulte l'induction de stress oxydatif, de réponses immunes, d'instabilité du génome, de perturbation du système endocrinien, d'anomalies au cours de la reproduction, de toxicité envers l'embryon et la toxicité Trans générationnelle [22, 23]. Pour les filtres céramiques leurs fabrication nécessitent l'utilisation des produits chimiques qui mal lavé en début d'utilisation se retrouve dans les eaux de consommations causant des dommages sur la santé humaine. C'est dans cette optique de résoudre ces problèmes que notre étude vise à trouver des voies et moyens pour concevoir une cartouche de filtration performante en utilisant des matériaux locaux en vue d'optimiser la rétention des contaminants tout en tenant compte des contraintes socio-économiques et environnementales des populations. Le choix des matériaux locaux s'est fait après une synthèse bibliographique des travaux déjà réalisés [24 - 30]. Par conséquent, nous nous sommes fixés pour objectif principal de réaliser une cartouche filtrante constitué de deux couches composées de calcaire pour minéraliser ces eaux de puits et élever le potentiel d'hydrogène ; du charbon actif fixé aux bio nanoparticules pour éliminer la matière organique et certaines matières dissoutes dans l'eau et inhiber la croissance microbienne.

2. Matériel et méthodes

2-1. Échantillonnage des eaux

Des prélèvements d'eau ont été effectués à partir de sept puits situés dans la Commune d'Arrondissement de Ngaoundéré 3^{ème}, localisée dans la région de l'Adamaoua (7° 19' Nord, 13° 35' Est). Les échantillons d'eau ont été collectés en mars, pendant la saison sèche, lorsque les niveaux d'eau sont les plus bas et les concentrations en polluants sont élevés. Les prélèvements ont été réalisés entre 5h et 6h, car c'est à ce moment que la plupart des habitants se procurent de l'eau. Les emplacements de prélèvement ont été sélectionnés pour obtenir une vue d'ensemble de la nappe phréatique (*Figure 1*).



Figure 1 : *Différents puits échantillonnés*

2-2. Caractérisations physico-chimiques des échantillons

Les caractéristiques *physico-chimiques* des eaux ont été mesurées. Le pH à l'aide d'un pH-mètre de marque HANNA Instruments HI99192, USA, la turbidité à l'aide d'un turbidimètre de marque HANNA Instruments HI98703-11, USA, la matière organique par la méthode d'oxydation au permanganate de potassium [31].

2-3. Analyses microbiologiques

Les paramètres bactériologiques ont été analysés conformément au protocole d'analyse Iso-4832, Iso-6579, Iso 9308-1 et BioMérieux-SA [31, 32]. Ces méthodes sont couramment utilisées pour évaluer la présence de micro-organismes dans l'eau destinée à la consommation humaine. Les germes indicateurs de pollution suivants ont été recherchés : la flore mésophile aérobie totale, les coliformes totaux, les coliformes fécaux (thermotolérants), les streptocoques fécaux, les staphylocoques aureus et Pseudomonas.

2-4. Matériel de montage de la cartouche filtrante

Pour assembler la cartouche de filtration, du PVC est utilisé en raison de sa résistance naturelle (*Figure 2*) à la corrosion causée par l'eau et les produits chimiques contenus dans l'eau. De plus, le PVC est un matériau durable, léger et facile à manipuler, capable de résister à des conditions environnementales rigoureuses sans se détériorer. Comparé à d'autres options disponibles sur le marché, le PVC est également économique.



Figure 2 : *Matériel utilisé pour la conception du carter de filtration*

2-5. Matériel granulaire de filtration

La sélection des supports filtrants ont été choisis selon certains travaux réalisés dans la littérature [24, 25, 27 - 30]. Ce qui a conduit à la réalisation de plusieurs essais de validation au laboratoire. Le filtre sera donc constitué de trois matériaux le calcaire, le charbon actif imprégné de bio nanoparticules et du sable modifié (*Figure 3*).



Figure 3 : *Matériaux granulaire de filtration*

2-6. Cahier de charge fonctionnelle

Le cahier de charges (*Tableau 1*) permet de préciser les fonctions que devra accomplir le système conformément aux exigences de la norme.

Tableau 1 : Cahier de charge de la cartouche filtrante

Fonctions	Critères d'appréciation	Niveau d'exigence
Inhiber l'action pathogène des Microorganismes	Capacité d'inhibition	100 %
Réajuster le pH	Capacité d'augmentation	Entre 6,5 et 8,5
Réduire les MES	Capacité d'élimination	100%
Quantité de filtrat	Volume d'eau filtré	40L/jr
Une facilité d'utilisation pour les populations	Facilité de montage de la cartouche	/
Encombrement minimal de la cartouche	Hauteur de la cartouche	15 cm
	Largeur de la cartouche	5 cm

2-7. Détermination de la hauteur du lit de calcaire et du lit sable modifié + charbon actif

Afin de déterminer la hauteur optimale du lit de calcaire pour ajuster le pH aux normes requises pour une eau potable, des essais préliminaires sont entrepris en utilisant différentes masses de calcaire (100, 125, 145 et 150 g). Étant donné l'acidité des eaux des puits dans cette région, une eau de pH 4 est synthétisée à partir d'eau déminéralisée.

2-8. Essais de filtration

Conformément à la norme ASTM D4491-99a, le processus standard d'essai de filtration implique plusieurs étapes qui dépendent de la configuration du système de filtration envisagé. Tout d'abord, il est essentiel de vérifier que la cartouche est correctement installée dans le système de filtration. Ensuite, l'échantillon d'eau est acheminé à travers la cartouche filtrante tout en mesurant le débit d'eau. Après filtration, les mêmes paramètres initialement mesurés sont évalués à nouveau pour déterminer l'efficacité de la filtration. Dans cette étude, les manipulations ont été effectuées de manière continue pendant 14 jours par puits, avec des analyses réalisées quotidiennement. Les données recueillies ont permis de calculer la moyenne et l'écart type.

3. Résultats et discussion

3-1. Hauteur du lit du calcaire utile pour le montage de la cartouche

Le pH augmente avec la masse de calcaire quel que soit la masse de calcaire (*Figure 4*). Cette augmentation du pH avec le calcaire s'explique par la réaction de dissolution du carbonate de calcium (CaCO₃) élément majoritaire du calcaire en présence d'ions H⁺ dans la solution acide. *L'Équation 1* présente cette réaction



Dans cette réaction, les ions hydrogène (H⁺) provenant des acides réagissent avec le carbonate de calcium pour former du dioxyde de carbone (CO₂), de l'eau (H₂O) et des ions calcium (Ca²⁺). Cette réaction a pour effet de neutraliser les acides présents dans la solution, ce qui entraîne une augmentation du pH de la solution [33, 34]. Bien que toutes les masses de calcaire utilisé permettent une augmentation du pH, seule les masses

100, 125 et 145 permettent d'avoir une eau respectant la norme qui est de 6,5-8,5. Le calcaire étant un matériau qui se dissout, c'est pourquoi pour la suite du travail une masse de 145g sera utilisée pour la réalisation de la cartouche ceci afin d'avoir une longue durée de vie en terme d'ajustement du pH.

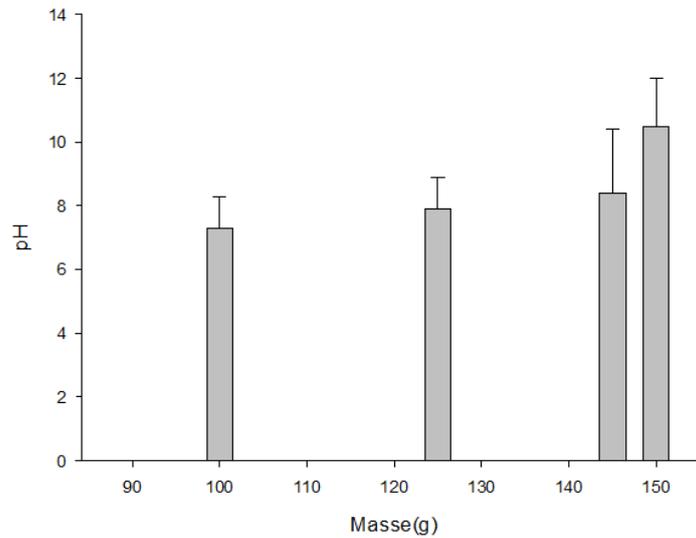


Figure 4 : Variation du pH en fonction de la masse du calcaire dans le lit filtrant

3-2. Variation de la turbidité et du pH en fonction du temps

L'évolution du pH et de la turbidité au fil du temps dans le lit de calcaire (**Figure 5**). Nous avons une augmentation du pH et la turbidité augmente progressivement. Cette augmentation de la turbidité peut être attribuée aux réactions de coagulation des particules colloïdales présentes dans ces eaux, induites par les ions calcium libérés conformément à l'équation 2. En effet, selon la règle de Schulze Hardy, la présence d'ions Ca^{2+} dans un milieu peut favoriser l'agrégation des particules en suspension, entraînant ainsi une augmentation de la turbidité [35].

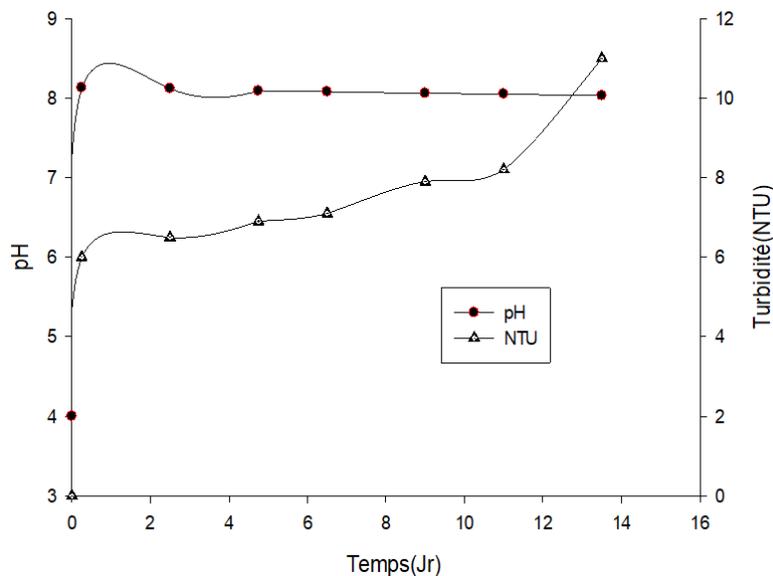


Figure 5 : Variation du pH et de la turbidité en fonction du temps dans le lit de calcaire (masse de calcaire de 145g, 4 NTU, pH 4)

3-3. Caractéristiques de l'unité filtrat

La modélisation 3D de l'unité de filtration (**Figure 6**) est présentée avec ses caractéristiques obtenues selon les études préliminaires.

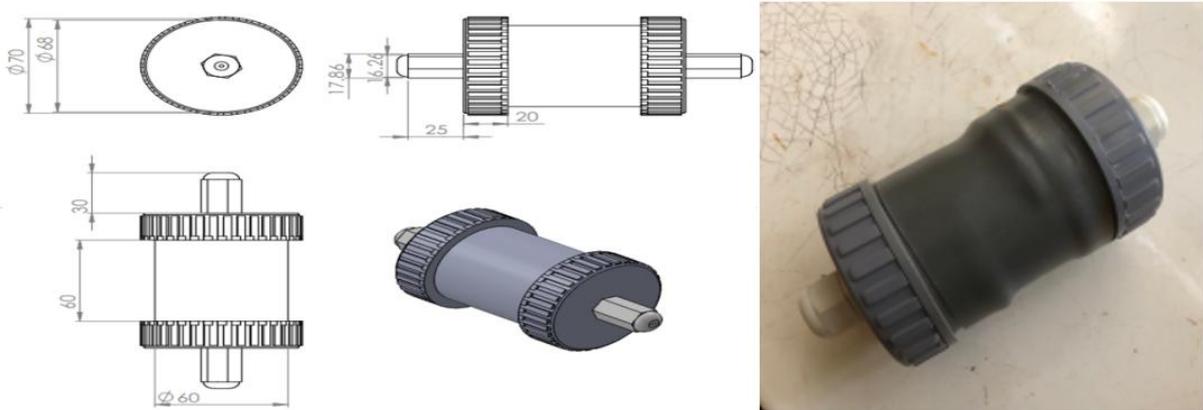


Figure 6 : Dessin technique et caractéristiques de la cartouche filtrante (Volume : 313,8 cm³, Surface : 265,8 cm², Diamètre : 6 cm, Masse du boîtier : 228g, Masse des médias filtrants 327,5 g, Masse totale 555,5 débit volumique : 9,95 L/h)

3-4. Caractéristiques de l'eau avant et après filtration à l'aide de la cartouche

3-4-1. Turbidité

Les valeurs de turbidité des échantillons avant et après présentent des valeurs variables (**Figure 7**). Avant filtration tous les échantillons ne respectent pas les normes sauf le puit 4 qui se trouve dans une zone montagneuse et protégé par un couvercle. Après filtration les eaux des 7 puits restants respectent les normes avec des valeurs parfois inférieures à 1 NTU. Témoinant une très bonne élimination des matières en suspension par la cartouche. Ce fait est lié à des propriétés coagulant, dû à la présence des ions calcium permettant une formation des floccs plus grand qui sont par la suite retenu dans le filtre par pouzzolane. Les travaux réalisés par [36] confirment que le filtre à calcaire retient les particules colloïdales. Le mécanisme de précipitation peut être détaillé comme suit : lorsque le calcaire se dissout en son milieu, il libère ces ions Ca²⁺ et CO₃²⁻, qui peuvent augmenter la conductivité du milieu. L'ion carbonate va produire des ions bicarbonate. La réaction de dissolution du calcaire (CaCO₃) est suivie d'une séquence de réactions avec les particules colloïdales [37]. De plus, les phénomènes d'adsorption et d'absorption se produisent également dans le processus d'élimination Il s'agit donc d'un mécanisme complexe d'après les travaux de [38, 39].

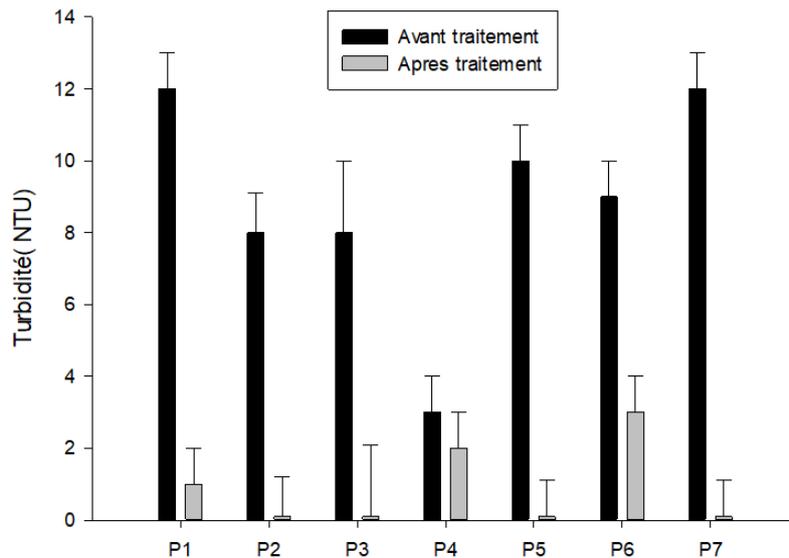


Figure 7 : Turbidité des différents échantillons d'eau avant et après filtration

3-4-2. Potentiel hydrogène (pH)

Avant traitement les eaux des 7 puits étaient acides avec des valeurs variant d'un puit à l'autre (**Figure 8**) (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 avec pour pH 5,18 ; 5,51 ; 5,19 ; 5,38 ; 5,15 ; 5,42 ; 5,44). Ces valeurs ne respectant pas la norme qui est comprise entre 6.5 et 8.5. Cela peut être dû au fait que dans les zones tropicales chaudes et humides les eaux souterraines sont douces et agressives régions tropicales [25]. Et aussi de dissolution de certains minéraux acides tels que le sulfure de fer (pyrite) aux alentours direct des puits, contribuant à acidifier l'eau. Après filtration, on note une augmentation du pH des eaux, ce qui peut s'expliquer par une alcalinisation des eaux au contact avec le calcaire présent dans la cartouche de filtration. Sachant que l'eau potable doit avoir un pH compris entre 6,5 et 8,5 nous remarquons ici que toutes les eaux ont un pH compris dans cet intervalle après filtration comme le montre la figure. Confirmation le bon choix de la masse de calcaire ainsi que de la forme et la hauteur du module filtrant.

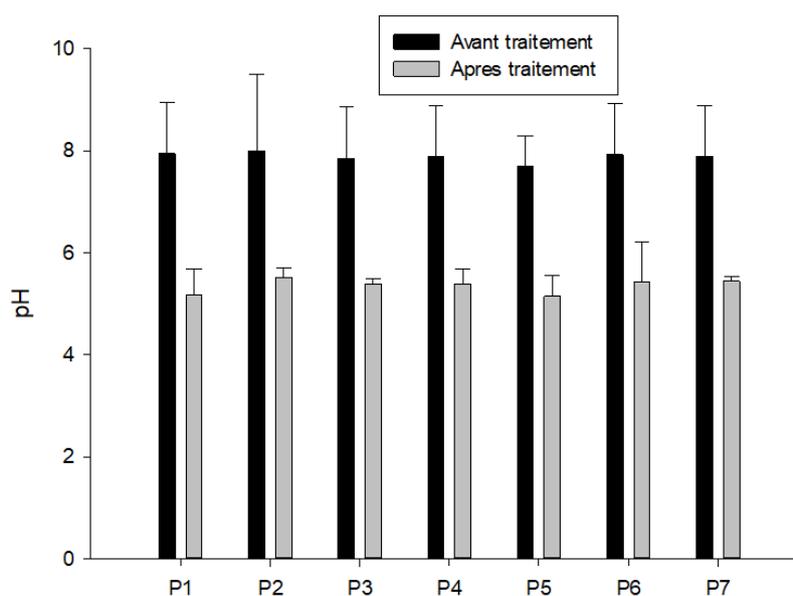


Figure 8 : pH des différents échantillons d'eau avant et après filtration

3-4-3. Matière organique

Les valeurs de concentration en matière organique avant et après les essais de filtration à l'aide de la cartouche présente une diminution de celle-ci (**Figure 9**). Ce qui confirme l'efficacité de la cartouche à éliminer une partie de la matière organique, probablement par adsorption sur le charbon actif [40]. Cette situation peut être due au fait que les déchets organiques provenant de plantes, d'animaux, de microorganismes et d'autres sources organiques se décomposent naturellement dans l'eau, libérant des composés organiques dissous. Aussi, l'activité biologique n'est pas en reste car les microorganismes présents dans l'eau, tels que les bactéries, les algues et les champignons, peuvent produire des composés organiques en métabolisant des substances organiques ou en sécrétant des composés organiques. En général, la présence de matière organique dans l'eau n'est pas nécessairement nocive en soi, mais elle peut favoriser la croissance de microorganismes pathogènes ou contribuer à la formation de sous-produits indésirables lors du traitement de l'eau. C'est pourquoi il est important de contrôler et de maintenir des niveaux appropriés de matière organique dans l'eau potable pour assurer sa qualité et sa sécurité pour la consommation humaine.

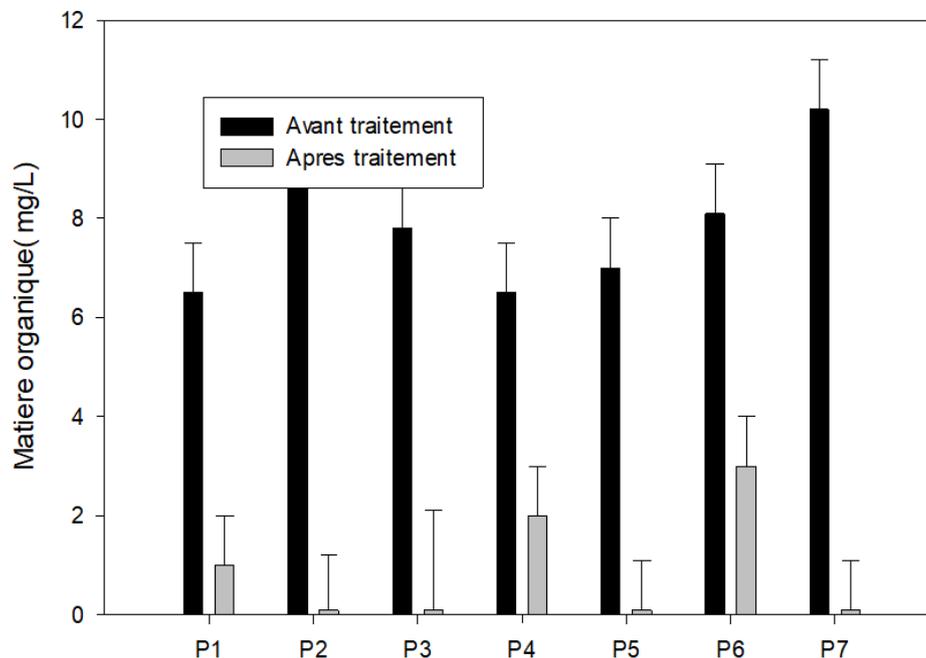


Figure 9 : Concentrations en matière organique des différents échantillons d'eau avant et après filtration

3-4-4. Caractéristiques microbiologiques des eaux de puits avant et après filtration

Les Coliforme totaux, Escherichia coli, Streptocoques fécaux, Salmonella sp. , Sulfo réducteur sont présents dans les 7 puits avant traitement (**Tableau 2**). Montrant ainsi la contamination par les microorganismes de ces eaux. La présence des Coliforme totaux et Escherichia coli sont la preuve d'une contamination fécale. Confirmant ainsi le risque que les populations en creusant les latrines non loin des puits. Et la résultante c'est les risques de contamination potentielle et de maladies que s'exposent les populations qui consomment cette eau. Après filtration, (**Tableau 3**) l'analyse des différents filtrats pendant 15 jours, présente une absence microbienne. Cette absence peut être due au phénomène d'adsorption et d'inhibition induite par le charbon actif et les bionanoparticules d'argent [24].

Tableau 2 : Caractéristiques microbiologiques des eaux de puits avant filtration (+ : Présence)

Germe	(UFC/mL) 10 ⁴						
	1	2	3	4	5	6	7
Coliforme totaux	1,6 ± 0,4	4,1 ± 0,1	5,3 ± 0,5	2,2 ± 0,3	3,3 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,3 ± 0,2
Escherichia coli	0,9 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,2
Streptocoques fecaux	9 ± 0,5	3 ± 0,7	1,3 ± 0,4	6 ± 0,2	/	0,3 ± 0,2	3 ± 0,-
Salmonella sp.	/	/	/	/	/	/	/
Sulfo réducteur	/	+	/	/	/	+	+

Tableau 3 : Caractéristiques microbiologiques des eaux de puits après filtration (+ : Présence)

Germe	(UFC/mL) 10 ⁴						
	1	2	3	4	5	6	7
Coliforme totaux	/	/	/	/	/	/	/
Escherichia coli	/	/	/	/	/	/	/
Streptocoques fecaux	/	/	/	/	/	/	/
Salmonella sp.	/	/	/	/	/	/	/
Sulfo réducteur	/	/	/	/	/	/	/

4. Conclusion

En définitive, l'objectif de ce travail avait pour but de mettre en œuvre une cartouche de filtration pour améliorer la qualité de l'eau des puits de la localité de Ngaoundéré III^{ème} en tenant compte des contraintes économiques de la population. Ce présent travail a permis de développer un système de filtration des eaux à l'aide d'une cartouche filtrante composée de calcaire, de charbon actif greffé aux nanoparticules et du sable modifié. Les essais de filtration ont démontré l'efficacité de à ajuster le ph, la turbidité, la matière organique aux normes d'une eau potable et d'éliminer totalité des microorganismes au bout de 15 jours de filtration. Ces résultats obtenu donne à ce filtre une probable utilisation dans les zones ou les eaux de puits sont consommées. Ouvrant ainsi une voie potentielle dans l'amélioration des eaux du réseau de distribution.

Références

- [1] - Y. YAMMAD and H. BADDIH, *Revue Française d'Economie et de Gestion*, ISSN : 2728- 0128, Vol. 5, N° 8
- [2] - ONU, " Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2021 : La valeur de l'eau". UNESCO, Paris, (2021)
- [3] - Institut National de la Statistique (INS), "Première enquête nationale sur l'accès à l'énergie (enace-1),a l'eau et a l'assainissement au Cameroun en 2021", Cameroun, (2022) 173 p.
- [4] - H. KENGFACK, E. NOUBISSI DOMGUIA et F. KAMAJOU, "Analyse des déterminants de l'offre de l'eau potable au cameroun ", hal-01510111, (2017)
- [5] - Ministère de la santé publique, "Rapport de situation n° 1 épidémie de cholera dans la région de l'extrême nord ". Cameroun, (2019) 54 p.
- [6] - I. R. ABUBAKAR, *Utilities Policy*, 58: 40-51, <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.03.005>
- [7] - A. KOPA NJUEYA, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (4) 1874 - 1894, <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- [8] - A. D. NYALUNDJA, P. M. BUGEME, A. B. NTABOBA, V. U. HATU'M, G. S. ASHUZA, J. L. TAMUZI, D. NDWANDWE, C. IWUJAJA and C. S. WIYSONGE, *Vaccines*, 12,444.<https://doi.org/10.3390/vaccines12040444>

- [9] - S. C. LENGAY, J. B. BOMANGAYEN SONGUELE, J. M'BOLIGUIPA et R. MOUANGUE, *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*, Vol. 15 N° 2
- [10] - A. AGUIZA, M. NGASSOUM, A. OMBOLO and A. MBAWALA, *Revue Internationale des Sciences et Technologie*, Vol. 10, N° 4 (2014)
- [11] - B. NGOUNOU NGATCHA, L. SARA et G. EKODECK, *Editor. Advis. Board E*, 18, 223 - 230
- [12] - G. SEKA SEKA, S. R. N'KPOME KOUAO, T. M. DIABIA et P. KOUASSI ANOH, *Revue espace géographique et société marocaine*, N°87 (2024)
- [13] - D. KOHNERT, "L'eau, une bénédiction et une malédiction : comment résoudre les conflits liés à l'eau en Afrique de l'Ouest?" <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssaar-88149-7>, (2023)
- [14] - L. COSSEC, C. LAURENT, A. M. PERSON, A. ROUVIE-LAURIE and C. BEAUBESTRE, *Pollution atmosphérique*, (228) 73 - 86
- [15] - N. BEAUCHAMP NICOLAS, "Opération adaptative des systèmes d'eau potable par le suivi de l'absorbance UV afin de minimiser l'exposition aux sous-produits de la désinfection, Thèse Université de Laval, (2019) 251 p.
- [16] - L. TSAMBA, "Modélisation prédictive de la formation de sous-produits de chloration dans des ambiances confinées Applications aux piscines couvertes", Thèse Université de Bretagne Loire, (2018) 180 p.
- [17] - I. KAYIBA, C. NSIMANDA, T. LUBALEGA, L. MWAMBA NKONGOLO, B. NDOY et C. MUYAYA IYUNA, *Revue-IRS*, 2 (5), ISSN : 2958-8413
- [18] - A. H. RABEARISOA, P. R. FARALAHY, B. MANJOLONGO, H. N. VOARY, H. RABEARISOA, B. RAZANAMPARANY, N. S. RANDIMBIARISON, M. A. JIBO et R. V. RASOLOMAMPIONONA, *Sciences de l'Environnement et de l'Eau*, Vol. 7, N° 3 (2023)
- [19] - A. SULASTRI and L. RAHIMIDAR, *Journal indonésien des sciences et technologies*, 1 (1) 115 - 131
- [20] - F. KHELAFIA, S. HAZOURLI, S. NOUACER, H. RAHIMA and M. ZIATI, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 114 (2016) 76 - 86
- [21] - M. R. GREGORY, *Biological Sciences*, (2009) 364 p.
- [22] - C. G. ALIMBA and C. FAGGIO, *Toxicol. Pharmacol.*, 68 (2019) 1 - 164 p.
- [23] - C. WILCOX, M. PUCKRIDGE, S. QAMAR, K. TOWNSEND and B. D. HARDESTY, *Scient. Reports*, 8 : 12536
- [24] - M. KAMENI, J. J. NSOE, V. AMBA, G. KOFA, S. NDI and J. KAYEM, *Journal of Chemistry*, (2025) 11 p., ID:2260823, <https://doi.org/10.1155/joch/2260823>
- [25] - T. NGUENTUE NGUENTUE, F. NDIAPA, J. J. NSOE, G. KOFA and J. KAYEM, B. LARTIGES, J. P. NGUETNKAM, L. A. DJIETO, R. KAMGA, *J. Mater. Environ. Sci.*, 14 :11.1323-1335
- [26] - T. N. NGUENTUE, R. KAMGA, J. M. SIELIECHI and J. KAYEM, *Scientific African*, 10 (2020) e00601, <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00601>
- [27] - K. S. NDI, N. L. MBUNDAPONG, L. TATSADJIEU, A. ALI and J. KAYEM, *J. Eng. Appl. Sci.*, 5 (6) 430 - 434
- [28] - K. NDI, D. DIHANG, P. AIMAR et J. KAYEM, *Separation sciences and technology*, Vol 43, 1621 - 1631 p.
- [29] - L. E. CLAÚDIO, A. G. NDI WAMBA, P. S. THUE, J. C. VAGHETTI et S. L. DIAS, *Int. Cl*, BR 102017014207-8 A2, <http://hdl.handle.net/10183/188491>
- [30] - A. NDI WAMBA, E. C. LIMA, S. K. NDI, *Environ Sci Pollut Res*, 24, 21807 - 21820, <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9825-4>
- [31] - J. RODIER, B. LEGUBE, N. MERLET et R. BRUNET, "L'analyse de l'eau-10^e édition : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer" France, Dunod, (10^e édition), Directives sur la qualité de l'eau de boisson : 4^e éd. intégrant le premier additif, (2019)
- [32] - OMS (Organisation mondiale de la Santé), "Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. incorporating first addendum", Genève, (2017), CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- [33] - Z. O. SIAGI and M. MBARAW, *Hazardous Mater*, 163, 678-682
- [34] - D. HASSON and O. BENDRIHEM, *Desalination*, Vol. 190, Issues 1–3, 15 (April 2006) 189 - 200 p.

- [35] - G. TREFALT, I. SZILÁGYI and M. BORKOVEC, *Colloid Polym Sci*, 298 (2020) 961 - 967.
<https://doi.org/10.1007/s00396-020-04665-w>
- [36] - A. VILLABONA-ORTÍZ, C. TEJADA-TOVAR and D. L´OPEZ-BARBOSA, *South African Journal of Chemical Engineering.*, 39 (2022) 97 - 105
- [37] - K. BALPURVINS, B. ROBERT, L. GEAFFREY and S. ALAN, *Environmental science et technology*, 30 (3) 939 - 944
- [38] - H. HU, X. LI, P. HUANG, Q. ZHANG et W. YUAN, *Journal of Environmental Management*, 203 : 1 - 7
- [39] - A. M. ZHIZHAEV, E. N. MERKULOVA and I. V BRAGIN, *Russian journal of applied chemistry*, 80 (10) 1632 - 1635
- [40] - J. GUDE, F. SCHOONENBERG KEGEL, W. J. VAN DE VEN, P. J. DE MOEL, J. Q. VERBERK et J. C. VAN DIJK, *Aqua*, 60 (8) 469 - 477