

Évaluation des risques sanitaires liée à l'utilisation de l'eau de pluie récupérée et stockée dans une cuve en béton: Cas du site de stockage Ivory sud, Fianarantsoa, Madagascar

[Assessment of health risks linked to the use of rainwater collected and stored in a concrete tank: Case of the storage Ivory sud, Fianarantsoa, Madagascar]

Andry Hariniaina RABEARISOA¹, Anasthasie Miharisoa JIBO², Hajandrainy RABEARISOA¹, Bruno RAZANAMPARANY², Sedravola Nasolo RANDIMBIARISON¹, Ravo Victoire NASOLOMAMPIONONA¹, and Faralahy Paul RAMALAZA¹

¹Sciences et technologies, Ecole Normale Supérieure, Fianarantsoa, Madagascar

²Laboratoire de chimie, Université d'Ankatso, Antananarivo, Madagascar

Copyright © 2023 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: Numerous studies have shown the variability of the physico-chemical and microbiological characteristics of meteorite waters collected and stored in recovery tanks. This variability can have negative impacts for users, physico-chemical and microbiological analyzes reflecting the quality of rainwater collected downstream from the roof and stored in a concrete tank were carried out. The chosen site is a rainwater tank whose use is not limited to laundry, some households use it for washing, for domestic uses in the kitchen, and even for drinking. The objective of this work is to assess the risks to which users are exposed when consuming collected and stored rainwater. The hydrogen potential analysis revealed an average content of 7.05. The turbidity value is less than 5NTU. The conductivity has an average value of 0,01005 µs/cm. The quantity of chloride ion is very varied for each sample analyzed, with an average of 227.47 mg/l in Cl⁻. The samples show considerable number of total coliforms.

KEYWORDS: rainwater, recovery, physicochemical quality, health risk.

RESUME: Nombreuses études ont montré la variabilité de la caractéristique physico-chimique et microbiologique des eaux météorites collecté et stockée dans des cuves de récupérations. Cette variabilité pouvant avoir des impacts négatifs pour les utilisateurs, des analyses physico-chimiques et microbiologique traduisant la qualité d'une eau pluviale collectée en aval de toiture et conserver dans une cuve en béton ont été effectué. Le site choisi est un réservoir d'eau de pluie dont l'usage ne se limite pas à la lessive, certains ménages l'utilisent pour la toilette, pour les usages domestiques en cuisine, et même pour la consommation. L'objectif de ce travail est d'évaluer les risques auxquels s'exposent les usagers à la consommation de l'eau de pluie récupéré et stockée. L'analyse du potentiel hydrogène a révélé une teneur moyenne de 7,05. La valeur de la turbidité est inférieure à 5NTU. La conductivité a une valeur moyenne de 0,01005µs/cm. La quantité d'ion chlorure est très varié pour chaque échantillon analysé, avec une moyenne de 227,47 mg/l en Cl⁻. Les échantillons présentent un nombre considérable de coliformes totaux.

MOTS-CLEFS: eau de pluie, récupération, qualité physico-chimique, risque sanitaire.

1 INTRODUCTION

L'eau est vitale pour tout être vivant sur terre, d'où l'importance de l'avoir en quantité suffisante [1]. Le problème de sécheresse lié au changement climatique, provoquant le manque d'eau prolongé pourrait entraîner de nombreuses victimes. Dans ce contexte, l'une des principales exigences de la vie sur terre est l'économie en eau [2]. Selon des études, une économie de la consommation d'eau du réseau public serait possible grâce aux systèmes de récupération des eaux pluviales [3]. En Europe, ainsi que dans d'autres pays développés, tels que l'Australie et les Etats-Unis, dans le cadre d'un développement durable et d'une gestion plus rationnelle des ressources en eau, la récupération des eaux de pluie gagne du terrain et est vitalement nécessaire face à des épisodes de sécheresse fréquents [4]. Le taux moyen à l'utilisation de l'eau de pluie récupérée en Australie est de 11% au niveau national, 3,2% dans le capital et 24,3% dans les autres régions [5]. Pour pallier les problèmes de rareté de l'eau, aussi que ce taux est beaucoup plus élevé dans les îles de l'océan pacifique: 69% pour l'île de Marshale; 67% pour Palau et 49% au Micronésie [6], [7].

Cependant, son utilisation pour la consommation humaine pourrait présenter des risques. Des cas de maladie hydrique liée à l'usage domestique des eaux de pluie stockée ont été observés dans l'étude menés par Dovounou et son équipe au sud du Bénin, dans la commune de Toffo [8].

Le but de la recherche est donc d'observer les éventuelles détériorations de l'eau de pluie stockée dans une cuve en béton afin d'évaluer le degré de pollution ainsi que les risques auxquels les usagers s'exposent à l'utilisation de cette eau.

Les paramètres: PH, température, Turbidité, conductivité, quantité d'ion chlorure; ainsi que les coliformes totaux ont été analysés sur les 20 échantillons prélevés.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La province de Fianarantsoa se situe dans la région Haute Matsiatra, dans le centre de Madagascar, en Afrique de l'Est. Elle regroupe 7 districts (Fianarantsoa I, Ambohimasoana, Ikalamaovony, Ambalavao, Isandra, Vohibato, Lalangina). Le prélèvement des échantillons a été effectué dans le district de Fianarantsoa I, village Ivory Sud. La cuve de récupération de l'eau de pluie se situe dans la cour d'une école, le lycée Luthérien RAKOTO Andrianarijaona, un établissement d'enseignement secondaire se situant à proximité de l'institut luthérien pour la santé (SALFA). Elle est localisée à 21°27.108'Sud et 047°05.665' Est (fig.1).

2.2 PRÉSENTATION DU SYSTÈME

L'eau de pluie récupérée provient de la toiture inclinée d'environ 45° d'une maison d'une hauteur d'à peu près 6 m. Cette toiture est en tôle ondulé et présente de la rouille. Un arbre à feuilles se situe à sa proximité. Cependant, ils sont à la même hauteur; les feuilles ne risquent pas de tomber sur le toit ainsi que dans la gouttière sauf en cas de vent fort. La gouttière ouverte située à la bordure du toit est en zinc, tandis que le tuyau dirigeant l'eau récupéré vers le point de stockage est en plastique (fig.2). La cuve a été fabriquée avec du béton. Une majeure partie est visible à la surface et la partie restante est enfouie dans le sol. L'ouverture située sur la surface supérieure possède un couvercle en bois. Un bassin où les usagées font leurs lessives, se trouve sur une des côtés. Le robinet se trouve à l'extrémité de l'une des autres côtés (fig.2).

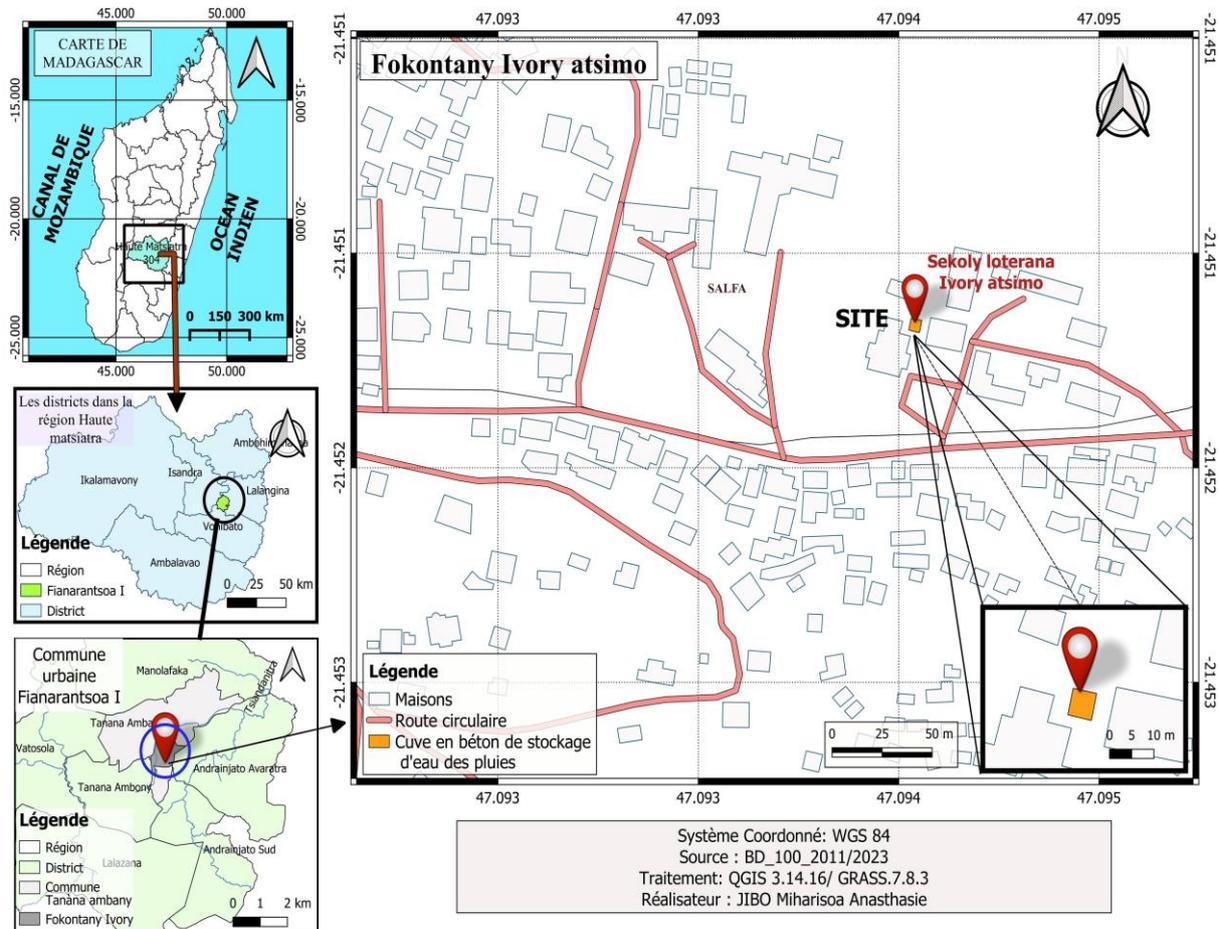


Fig. 1. Cartographie de la zone d'étude



Fig. 2. Caractéristiques de la toiture et de la cuve

2.3 ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage a été effectué durant 2 semaines. Deux échantillons par jours ont été prélevés dont: un échantillon la matinée vers 8h, et un autre l'après-midi vers 15h. Le but est de voir si dans une même journée, les paramètres changent. Les 14 premiers prélèvements ont été faits 7 jours successifs du 13 Mars 2023 au 19 Mars 2023. Les 6 derniers échantillons ont été prélevés à un écart de 6 jours après les 14 premiers échantillons; du 25 Mars 2023 au 27 Mars 2023; afin d'évaluer la variabilité de la qualité de l'eau de pluie stockée dans un intervalle de jours plus large. Le robinet est hors service. Les prélèvements ont été effectués à l'aide des sceaux d'eau muni d'une corde que les usagers utilisent pour puiser l'eau dans la cuve. le but étant d'utilisé le matériel qui est en contact régulière avec l'eau stockée afin d'éviter le risque de contamination nouvelle. Les échantillons prélevés ont été ensuite mis dans des bouteilles plastiques d'eau minérale de capacité 1L, préalablement désinfecté puis rincé trois fois avec l'eau à prélever. Les bouteilles remplies sont ensuite placées dans une glacière munie d'un bloc de glace et conservé à une température inférieure à 10°C, afin de le transporter jusqu'au laboratoire et sera conservé à 4°C avant que les analyses soient effectués. Durant tout le procédé, tout contacte de l'échantillon avec le rayonnement solaire a été évité pour la préservation de celui-ci d'une potentielle modification des paramètres causés par le rayon UV.

2.4 PARAMÈTRES ET MÉTHODES D'ANALYSE

Les paramètres choisis pour les analyses sont les fréquemment utilisés pour déterminer la qualité d'une eau destinée à des fins d'usages humaine. La température et la CE ont été analysées à l'aide de l'appareil E-1 TDS and EC meter multifonction. L'analyse de la turbidité a été faite à l'aide de l'appareil Turbidimètre marque palintest®. Le pH a été mesuré sur un pH-mètre marque pH-S. Le dosage titrimétrie effectué en laboratoire a permis de connaître les concentrations des ions chlorures présent dans les échantillons. La méthode utilisée pour l'analyse microbiologique se réfère au protocole ISO 9308-1: 2000; les principes étant: le Filtration sur membrane, puis l'Incubation à 37 °C, ensuite le dénombrement des colonies confirmées. Les méthodes d'analyse correspondent aux protocoles AFNOR et ISO.

3 RESULTATS

3.1 PH

L'eau de pluie est naturellement acide, elle a une PH comprise entre 5 et 6. Après analyse des échantillons prélevés dans la cuve de stockage en béton, l'eau de pluie stockée a, en générale, une PH comprise entre 6,66 et 7,23 avec une moyenne de 7,05. La majorité des échantillons se situe entre 6,96 à 7,11. Professeur J. POUQUET a insisté sur l'instabilité du PH des eaux pluviales [9]. L'évolution de PH d'un même échantillon de PH acide vers un PH neutre a été observée dans une recherche menée par Frederic Magin. Ce même auteur a pu constater durant ces études sur la récupération d'eau de pluie qu'avec le temps, le PH évolue toujours d'une valeur acide vers une valeur moins acide [10]. Pour une eau destinée à la consommation humaine, la norme de potabilité malagasy décrète qu'une eau potable doit avoir une PH de 6 à 9,0 [11]. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), cette valeur doit se situer entre 6,5 à 8,5 [12]. Conformément à ces normes, l'eau de pluie stockée dans la cuve en béton analysé entre dans cette catégorie.

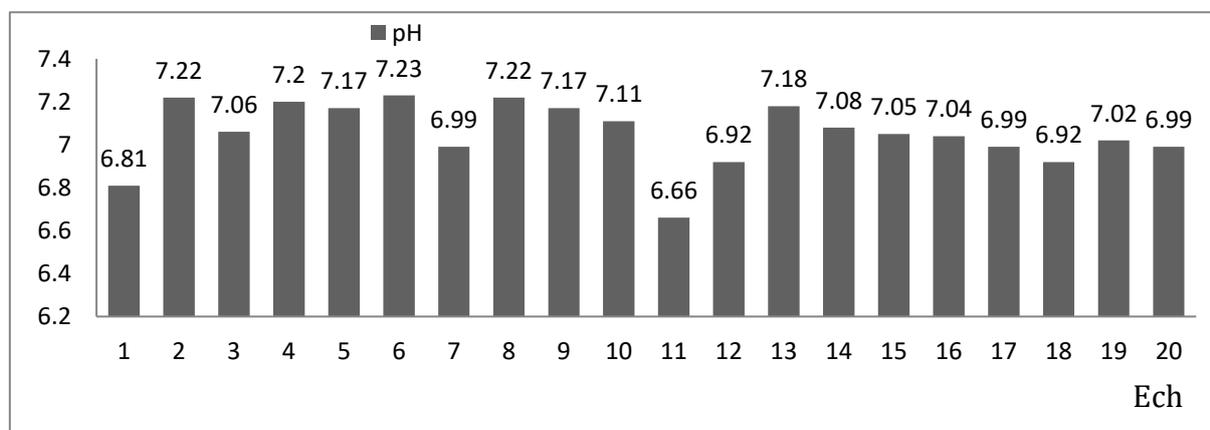


Fig. 3. Valeurs du pH de chaque échantillon

3.2 LA TEMPÉRATURE

La température est un paramètre de confort pour les usagers. Celles des échantillons analysés oscillent entre 11,09°C minimum et 22,37°C maximum, avec une valeur moyenne de 17,24°C. La majorité se situe à température entre 16,73 à 18,61. Les valeurs obtenues sont généralement conformes à la norme fixée par l'OMS qui ne doit pas dépasser les 25°C pour les eaux destinées à l'usage humaine [12].

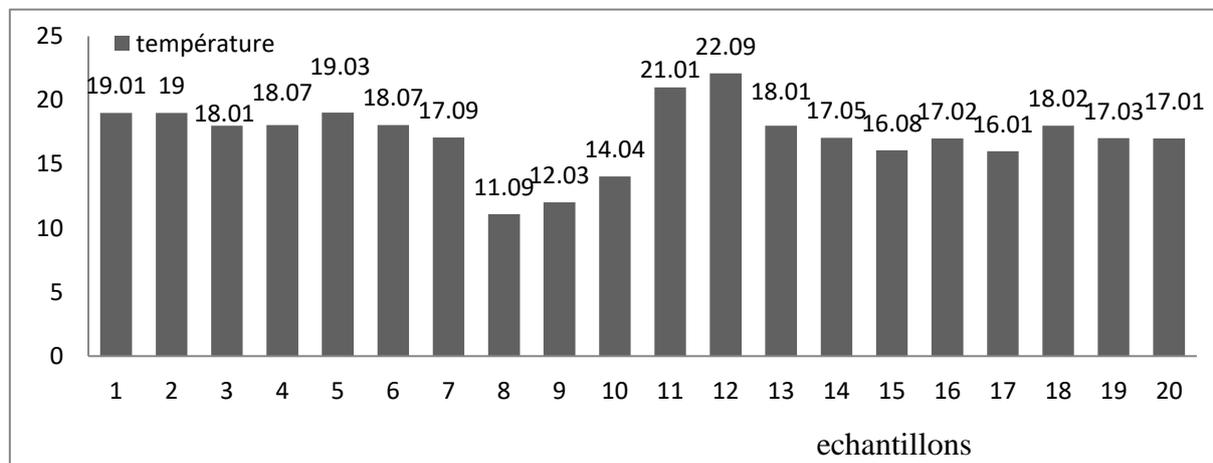


Fig. 4. Valeurs de la température de chaque échantillon

3.3 LA TURBIDITÉ

La turbidité correspond à la quantité de matières en suspensions permettant de surveiller la qualité esthétique de l'eau. Lors d'un traitement de l'eau, il est nécessaire de connaître cette valeur parce qu'il peut agir comme protection des virus et des agents pathogènes [13]. Selon les normes de potabilités, la turbidité de l'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas dépasser 5NTU (Néphélogétrie Turbidity Unit) [12]. La norme malagasy décrète la même valeur [11]. La valeur maximum de la turbidité sur les échantillons analysés est de 4,18 NTU, avec une valeur minimum de 0,02NTU et une moyenne de 1,39NTU. Elle est donc conforme à ces normes.

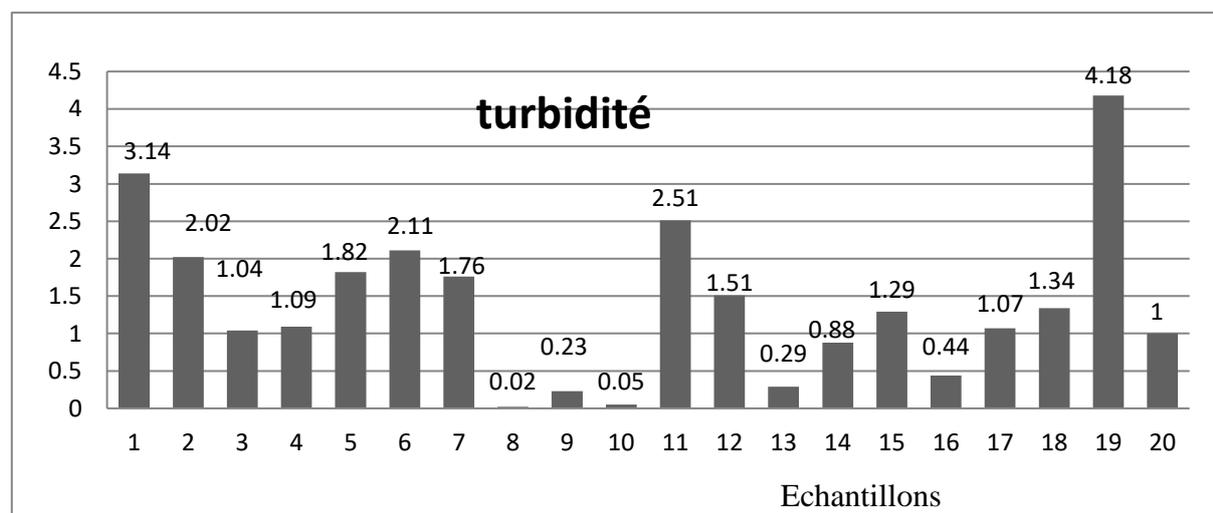


Fig. 5. Valeurs de la turbidité de chaque échantillon

3.4 LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE

Ce paramètre traduit le degré de minéralisation. Sur les échantillons analysés, les valeurs moyennes d'EC sont de 0,01005µs/cm, avec un minimum de 0,006 µs/cm et un maximum de 0,013µs/cm. Une faible valeur de conductivité peut être traduite par le fait que l'eau de pluie ne s'est pas chargée en matière organique et minérale dissoute [8]. La valeur limite de l'OMS sur la CE pour l'eau utilisée à la consommation est de 1000 µs/cm [12]. Les échantillons analysés montrent des résultats inférieurs à ce seuil.

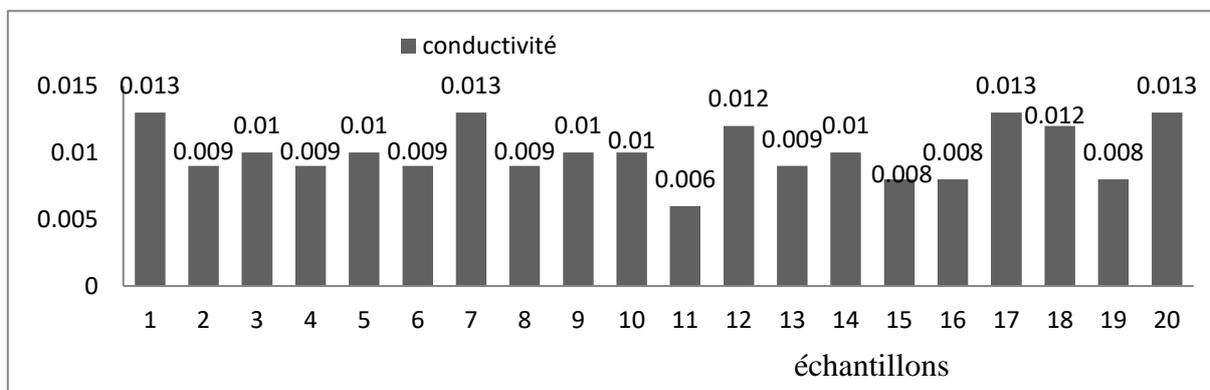


Fig. 6. Valeurs de l'EC de chaque échantillon

3.5 LES IONS CHLORURE

Souvent utilisées comme un indicateur de polluant, ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux [14]. La norme de l'OMS, ainsi que le décret malagasy fixent à 250mg/l de Cl⁻ pour les eaux destinées à l'usage humaine [11], [12]. La quantité maximum d'ion Cl⁻ dans l'eau de ruissellement de toiture analysés est de 799,02 mg/l, dépassant largement la norme de potabilité. La valeur minimum est à 50,73mg/l. conformément à cette norme, l'analyse montre que l'eau de pluie de cette cuve ne suit pas le standard de potabilité de l'eau par variation de la quantité de chlorure.

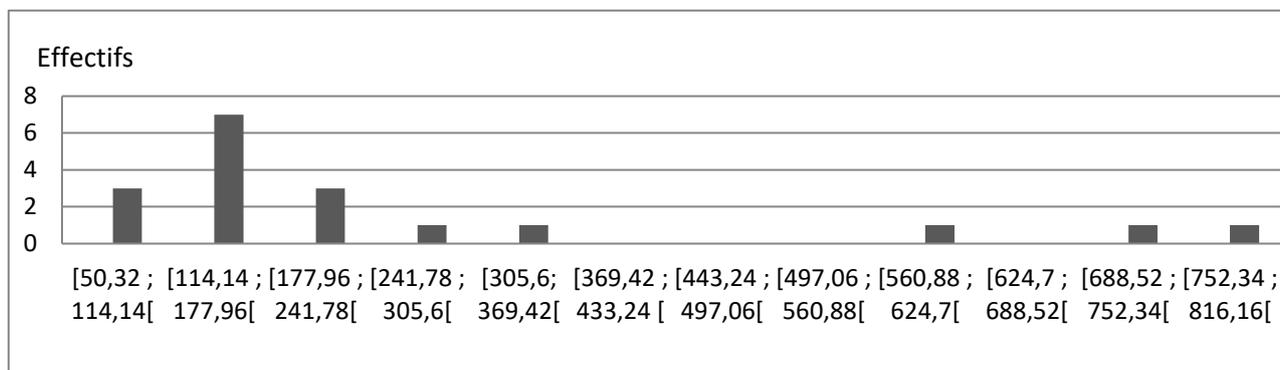


Fig. 7. Effectifs des échantillons par rapport à la quantité en ion chlorure

3.6 LES COLIFORMES TOTAUX

En générale, ils n'indiquent pas de contamination fécale. Cependant, cela est représentatif d'une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau. Le résultat conforme à la norme pour cette catégorie de bactérie doit être soit inférieure, soit égale à 0ufc/100ml d'eau [12]. Des colonies de coliformes totaux ont été observées. L'effectif moyenne de CT des échantillons analysés est de 46,50 ufc/100ml. La présence de bactérie dans l'eau de pluie récupérée n'est pas étonnante car la cuve de stockage est considérée comme un écosystème aquatique [15], [16]. En effet, l'origine significative de certain niveau de base de bactéries hétérotrophes est due à un développement normal des germes banaux environnementaux issus de la cuve et de la toiture [13].

4 DISCUSSION

Les eaux météorite sont connues pour leur caractéristique acide. Cependant, l'analyse de l'eau de pluie stockée dans la cuve en béton a montré une valeur de PH comprise entre [6,66 – 7,11] avec une moyenne de 7,05 (fig.4). Zhu et al se sont intéressés aux facteurs faisant augmenter le PH de l'eau de pluie stockée dans des citernes en béton et attribue la cause de cette augmentation à un relargage de carbonate de calcium par les parois de la cuve [17]. M.Makhoukh confirme que la présence de carbonate permet de tamponner les eaux [14]. Un article de Claude Daou, s'intéressant sur la qualité physico-chimique d'une eau de baignade a rapporté des valeurs moyenne seuil de potentiel hydrogène comprise entre 7,3 et 8,2. Selon cet auteur, cette valeur est favorable à la vie aquatique et ne présente pas de risque d'irritation cutanée pour les individus utilisant ces eaux pour les bains [18].

Connaitre la température d'une eau est primordiale car elle joue un rôle très important dans la solubilité des gaz et des sels [19]. Des pathogènes peuvent vivre et se développer dans des conditions de températures favorables. Et certains de ces pathogènes présentent alors des dangers pour l'homme. La température mesurée lors de l'analyse des échantillons ont montré une variation de 11,09°C à 22, 37°C (fig.5), avec une valeur moyenne de 17,24°C. Kouamé a écrit dans sa thèse que la condition de température favorable au développement bactérienne se situe entre 20°C à 40°C [20]. NhungBgyuyen a comparé, lors de son étude sur l'eau de pluie récupérée, la température de l'eau pluviale stockée dans une cuve enterrée et une cuve extérieure. Il a observé une variation entre les deux cuves de stockage durant des périodes différente : en printemps et en hiver, l'eau météorite stockée dans la cuve enterrée a une température oscillante entre 7°C à 15°C; tandis qu'elle est à 15°C dans la cuve externe durant la même période. En été et en automne, cette valeur augmente à 15°C et 16°C pour la cuve enterrée, et 19°C dans la cuve externe [21].

La turbidité de l'eau analysée a une valeur moyenne de 1,3895NTU, avec un minimum de 0,02NTU, et un maximum de 4,18NTU (fig.6). Dans l'étude de Nhung Bgyuyen-Deroche, la valeur de la turbidité de l'eau de pluie stockée dans une cuve enterrée est 0,69NTU à 3,41NTU [21]. Cette valeur se rapproche des résultats analysés sur l'eau pluviale stockée dans la cuve en béton. Un article de Douvenu qui traite également de la qualité des eaux pluviales stockées a rapporté des valeurs de turbidité allant de 0,67 NTU à 2,95 NTU, ce qui les a amenés à conclure que l'eau de la citerne comporte une faible quantité de matière en suspension. Elle pourrait donc être facilement traité avec du chlore et pourrait être considéré comme source d'eau de consommation [8]. Cependant, il est possible que des résidus de matières se maintiennent au fond de la cuve.

La mesure de la conductivité électrique a montré des quantités très faibles ; avec une moyenne de 0,010µs/cm, un minimum de 0,006µs/cm, et un maximum de 0,013µs/cm (fig.7). Or, la valeur enregistrée pour les eaux météorites est de 30µs/cm [22]. Comparé à cette valeur, l'eau de pluie stockée dans la cuve en béton a une faible conductivité électrique. Elle est aussi inférieure aux valeurs trouvées durant l'analyse d'eau de pluie stockée rapporté dans l'article écrite par DOVONOU et al qui a un minimum de 42,5µs/cm et un maximum de 151µs/cm [8]. Or, nombreux arguments se contredisent sur la consommation d'eau à faible minéralisation ou déminéralisé. Certaines disent que ces minéraux, lors de son ingurgitation, encombre les fonctions du corps et peuvent entraîner des maladies. D'autres déclarent que la consommation d'eau à faible minéralisation pourrait entraîner une carence minérale du au saisie des minéraux de notre corps [23].

Les échantillons ont relevé une quantité maximum de 794,01 mg/l, avec un minimum de 50,32 mg/l, et une moyenne de 227,647mg/l en ion chlorure (fig.8). Des calculs par influence des différents critères et en fonction de conditions géographique particulière ont rapportés des moyennes de 0,9 mg/l à 1,6 mg/l en chlorure dans les eaux météorite [24], [25]. En comparant ces valeurs, l'eau de pluie récupérée et stockée dans la cuve a une quantité plus importante en ion chlorure par rapport à l'eau de pluie naturelle. D'un autre côté, des études montrent que le chlorure ne présente aucuns effets néfastes pour la santé des consommateurs. Cela s'explique par la présence de chlorure en concentration bien réglées au moyen d'un système complexe faisant intervenir le système nerveux et le système hormonal. L'équilibre de chlorure dans le corps humain se maintient donc même après ingestion d'une quantité importante. Elle se maintient surtout par l'excrétion de chlorure dans l'urine [26]. D'après Celle-Jeanton, le fait est que la présence d'ion chlorure dans les eaux météorites pourrait provenir des aérosols marins, des activités humaines telles que les industries du papier, et de dissolution de dolomite (carbonates de magnésium) [27].

Les deux modes de contamination microbiologique des eaux de ruissellement de toiture sont l'activité directe d'insectes, d'oiseaux et petits mammifères et les dépôts atmosphériques d'organismes environnementaux [28], [29]. La diminution de la contamination peut s'expliquer par les températures plus faibles qui ne favoriseraient pas la croissance des microorganismes [30]. En outre, des articles parlent du fait de faible risque de contamination fécale d'origine humaine dans les eaux de pluie récupérée et stockée comparée à d'autres ressources en eau [15].

5 CONCLUSION

L'utilisation d'eau de pluie récupérée en aval de toiture et stockée dans une cuve de récupération semble être une contrainte qui vient compenser le manque d'eau provoqué par la sécheresse. La pratique se développe partout dans le monde sous des directives réglementaires. En effet, l'eau de pluie ne peut être considérée comme source d'eau potable. L'analyse des échantillons prélevés sur ce site a permis d'avoir des données sur les paramètres souvent utilisés comme indicateurs de qualité de l'eau. Les suivis de ces paramètres sont nécessaires pour surveiller l'évolution de la qualité et le respect des périmètres de sécurité pour l'eau destinée à la consommation humaine. Bien que certains résultats des analyses menées sur les échantillons prélevés dans cette citerne de récupération en béton ont montré des valeurs conformes à la norme fixée pour les eaux destinées à la consommation humaine; cela n'écarte pas d'éventuelles contaminations et de pollutions conduisant à des risques liés à la santé des usagers. Néanmoins, une faible teneur en turbidité est déterminante pour une efficacité de traitement en chloration. La même méthode pourrait en même temps éliminer la contamination en coliformes totaux.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le laboratoire CNRE (Centre Nationale de Recherche et de l'Environnement) d'Antananarivo, Madagascar pour avoir permis de procéder à l'analyse microbiologique dans leur institution.

REFERENCES

- [1] F Benrejda et H Ghoualem, «contribution à la caractérisation physico-chimique des eaux de pluie de la région de Tizi-Ouzou; traitement par filtres plantes», Larhyss journal, vol 12, no 3, pp. 41-52.2015.
- [2] C König «l'importance de l'eau pour l'homme et les autres êtres vivants», futura, 2016.
- [3] E L Villarreal et A Dixon «analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in ringdansen, Norrköping», building and environments, vol40, pp. 1174-1184.2005.
- [4] C VIALLE, : étude de comportement hydrologique, physico-chimique et microbiologique d'un système de récupération d'eaux de toiture. évaluation de l'empreinte environnementale.2011.
- [5] I. M Sinclair, S K Leder et H Chapman «public health aspects of rainwater tanks in urban Australia», CRC for water quality and treatment, ed.1, pp. 88.2005.
- [6] P Franz «a guide for rainwater catchment systems in the pacific». p. 20. 2002.
- [7] P Macomber «guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii» p. 15.2010.
- [8] D. E Flavien, H B Mathieu, S W Gédéron, A Constant, N Farida et M Daouda «qualité des eaux pluviales stockées dans les citernes pour la consommation dans la commune de Toffo: cas de l'arrondissement de Damé», journal of applied biosciences, vol 154, no 1, pp. 15871-15880.2020.
- [9] J. Pouquet *la pluie et ses effets (techniques de travail)*. Ann. Fac. Lettres d'Aix: Imp. Louis-Jean. Gap. 1956.
- [10] M Frederic «quelques évolutions sur le pH des eaux de pluie en provence. Methodes en premiers résultats», Méditerranée, vol 3, pp. 79-84.1984.
- [11] Décret n°2004-6, norme de potabilité malagasy, 2004.
- [12] OMS, surveillance de la qualité de l'eau de boisson, 2014.
- [13] T.L.N-Nguyen-Deroche, B.-G. F.-L.-G. «évaluation de la qualité de l'eau de pluie en vue de son utilisation; vers la définition des paramètres et de protocoles adaptés», européen journal of water quality, vol 44, pp.1-12,2013.
- [14] M Makhouk, M Sbaa, A Berraha et M Van-Clooster, «contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Mouloya (Maroc Orientale)», LarhyssJournal, vol8, no 2, pp. 149-169.2011.
- [15] C Evans, P Combes, R Dunstan et Harrison, T, «extensive bacterial diversity indicates the potential operation of a dynamic micro-écologie within domestic rainwater storage systems», science of the total environment, vol407, pp. 5206-5215.2009.
- [16] M Kim et M Han «composition and distribution of bacteria in an operating rainwater harvesting tank», water Sciences and technologie, vol 63, no 7, pp. 1524-30. 2011.
- [17] Zhu-K, Zhang-L, Hart-W, Liu-M, & Chen-H, «quality issues harvested rainwater in arid and semi-arid less plateau of northern China»; journal of arid environments, vol 57, pp. 487-303, 2011.
- [18] Claude Daou, R. M, «étude physico-chimique et microbiologique de la qualité des eaux de baignade au Liban», international conference on land-sea interactions in the coastal zone, pp.199-206, 2012.
- [19] M.Makhouk, M.Sbaa, A.Berraha, & M.Van-Clooster, «contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Mouloya (Maroc Orientale)», LarhyssJournal, vol8, no 2, pp.149-169.2011.

- [20] K Kouamé, «pollution physico-chimique des eaux dans la zone de la décharge d'Akouedo et analyse du risque de contamination de la nappe d'Abidjan par un modèle de simulation des écoulements et du transport des polluants», *Journal of water resource and protection*, vol 10, no 1, pp.212, 2007.
- [21] N Nguyen-Deroche, «évaluation de la qualité microbiologique de l'eau de pluie récupérée», *Européen journal of water quality*, vol44, pp. 1-12.
- [22] S Hababaze, A Nahli, A Sabbar, Badriw et M Chlaida, «diagnostic de la qualité des eaux pluviales des toitures en vue de leur réutilisation paysagère: cas d'un établissement public à cassablanca (Maroc)», *Larhyss journal*, vol12, no 4, pp.143-160,2015.
- [23] Kozisek, F. (2004). health risks from drinking demineralised water. p.148
- [24] V. Colandini, LCPC: «effets des structures réservoirs à revêtement poreux sur les eaux pluviales», 1999.
- [25] K.S Dembele, « étude de la maladie hémorroïdaire dans le service de chirurgie générale de l'hôpital somone dolo de mopti », thèse, faculté de médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie 2009.
- [26] Kahoul et Touhani, «évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie)», *Larhyss Journal*, vol 19, pp.129-138, 2014.
- [27] Celle-Jeanten, Travi, Loye-Pilot, et G H Bertrand, «rainwater chemistry at a mediterranean inland station (Avignon, France)», *Atmospheric Research*, vol 91, pp.118-126, 2009.
- [28] M Yaziz, H Gunting, N Sapari et A Ghazali, «variations in rainwater quality from roof catchments», *Water Research*, vol23, pp.761-765,1989.
- [29] C A Evans, P J Coobes, R H Dunstan et T Harrison, «identifying the major influences on the microbial composition of roof harvested rainwater and the implication for water quality», *Water Sciences and Technology*, pp. 245-53.2007.
- [30] C Despins, K Farahbakhsh et C Leidi, « assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada », (*J. o. Technologie-aqua*, Ed.), vol 58, no 2, pp. 117-134.2009.