

Qualité microbiologique des eaux de puits et forages de Noumoubougou dans la commune de Tienfala, au Mali

Agnès TOGO^{1*}, Farmata K. YARO^{1,2}, Hanni KONE^{1,3}, Amadou MAIGA², Mariam KONE³
et Issiaka BAGAYOKO⁴

¹*Laboratoire National des Eaux, BP4161, Bamako, Mali*

²*Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (FST-USSTB), Faculté des Sciences et Techniques, Mali*

³*Institut National de la Santé Publique, BP1771, Bamako, Mali*

⁴*Institut des Economie Rurales, Laboratoire de biotechnique, BP258, Bamako, Mali*

(Reçu le 09 Août 2025 ; Accepté le 03 Octobre 2025)

* Correspondance, courriel : agnestogo9@gmail.com

Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer la qualité microbiologique des différentes sources d'eau couramment utilisées, notamment les puits et les forages de Noumoubougou et de Tienfala. Afin d'examiner la qualité microbiologique des eaux souterraines (puits et forages), le taux de pollutions des germes de Coliformes Totaux (CT), Fécaux (CF) et Escherichia coli (E. coli) de ces eaux a été analysé. Ces trois paramètres ont été déterminés par des incubateurs Dry-Line à des différentes températures. Pour y parvenir, des prélèvements d'eau ont été effectués au cours des campagnes d'échantillonnage dans la commune de Tienfala. Les analyses microbiologiques ont été réalisées par la technique de filtration sur membrane. Les résultats des analyses microbiologiques ont montré une contamination de Cent pour cent (100 %) par les coliformes totaux, fécaux et 86 % par les E. coli. Ces résultats révèlent que ces eaux présentent des valeurs au-dessus de la norme, entraînant ainsi des risques de maladies hydriques à la population. Il est avantageux d'élargir des stratégies propices pour assurer la diminution du taux de pollution microbiologiques de ces eaux.

Mots-clés : *qualité microbiologique, eaux, commune Tienfala, Koulikoro.*

Abstract

Microbiological quality of well and borehole water in Noumoubougou in the municipality of Tienfala, Mali

The objective of this study is to determine the microbiological quality of various commonly used water sources, including wells and boreholes in Noumoubougou and Tienfala. In order to examine the microbiological quality of groundwater (wells and boreholes), the pollution levels of Total Coliform (TC), fecal coliforms (FC), and Escherichia coli (E. coli) in these waters was analyzed. These three parameters were determined using Dry-Line incubators at different temperatures. To achieve this, water samples were taken

during sampling campaigns in the municipality of Tienfala. Microbiological analyses were performed using membrane filtration. The results of the microbiological analyses showed 100 % contamination by total coliforms, fecal coliforms and 86% contamination by E. coli. These results reveal that these waters have values above the standard, thus leading to risks of waterborne diseases for the population. It is advantageous to expand strategies conducive to ensuring a reduction in the level of microbiological pollution of these waters.

Keywords : *microbiological quality, water, municipality of Tienfala, Koulikoro.*

1. Introduction

L'eau souterraine, jugée plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Elle est très vulnérable et peut être polluée par les décharges, les activités anthropiques, la nature des sols et la croissance démographique. Les activités humaines polluent les milieux naturels, touchent les réservoirs d'eau souterraine et impactent sur l'environnement. L'eau douce, principal enjeu, ne représente que 3 % de la ressource mondiale, dont les ¾ sont stockés sous forme de glace. Les eaux souterraines représentent environ 97 % de l'ensemble des eaux douces continentales. La quantité d'eau douce sur terre n'augmente guère, mais les besoins en eau des humains depuis le début de ce siècle ont été sept fois plus rapides que la croissance [1]. Les eaux souterraines contenues dans les sols constituent la principale source d'eau douce utilisée par l'être humain et représenteraient environ $4,2 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ dans les 2,5 premiers kilomètres de profondeur. Leur stockage se fait via l'infiltration d'eau dans les sols et les échanges avec les eaux superficielles [2]. La santé humaine dépend de sa disponibilité en qualité et en quantité. 36000 personnes meurent quotidiennement de par le monde par manque d'eau potable et/ou par défaut d'assainissement et des millions de décès, notamment de décès des enfants dus à la diarrhée, peuvent être attribués au manque d'eau et aux mauvaises conditions sanitaires [3]. Il est donc essentiel de bien connaître cette ressource précieuse, de la préserver et de la gérer judicieusement pour assurer sa durabilité à long terme [4]. En effet, les facteurs environnementaux sont l'une des principales causes de décès, de maladie et d'invalidité, en particulier dans les pays en développement. On estime que les impacts qui en résultent produisent environ 25 % des décès et des maladies dans le monde et atteignent près de 35 % dans des régions telles que l'Afrique subsaharienne [5]. La pénurie et la mauvaise gestion de l'eau entraînent des catastrophes mondiales dans plusieurs domaines notamment économique, sanitaire, énergétique, alimentaire, politico-sécuritaire, social, et climatique [6]. L'ONG Solidarité Internationale indique qu'en 2018, un tiers de la population mondiale buvait de l'eau insalubre et 2,6 millions de personnes mouraient chaque année de maladies hydriques [7]. Au Mali, comme dans la plupart des pays en développement, la gestion des ressources en eau devient de plus en plus problématique [8]. Le Mali est l'un des pays en voie de développement où l'accès à l'eau potable reste un défi à relever. La couverture nationale reste encore faible avec 63,8 %. Ainsi, près de cinq millions de maliens sur quinze n'ont pas accès à l'eau potable (DNH, 2014) ainsi, le taux d'accès à l'eau potable dans la région de Koulikoro est estimé à 55 % des points d'eau modernes au Mali 2016. L'utilisation des eaux souterraines et des eaux de surface est essentielle pour répondre aux besoins en eau potable des populations et soutenir le développement des activités socio-économiques. L'accès à une eau propre et en quantité suffisante, tant pour la consommation que pour l'agriculture, est une condition indispensable pour le développement durable et la vie [9]. Les ressources en eau souterraine sont confrontées à des menaces croissantes à savoir la pollution de l'environnement due à l'utilisation des pesticides, la contamination de la décharge, des sols par les déjections des animaux et les rejets d'égouts par les industries de transformation [10]. À cela s'ajoute les tas d'ordures incontrôlés des différents quartiers de la rive gauche du fleuve Niger, acheminées vers un

centre d'enfouissement technique dans le village Noumoubougou. La population d'une telle localité, en réaction à la pénurie d'eau pendant les périodes de saison sèche ou celles de saison humide, consommait les eaux des puits domestiques (ou traditionnels) ou celles de forages sans aucun traitement préalable. Les populations utilisaient ces eaux souterraines comme principale source car le mètre cube (m^3) revenait cher en raison des conditions de distribution (d'adduction d'eau potable de Massala). Cet état de manque de moyens amène les populations des quartiers périphériques à se préoccuper plus de l'accès à l'eau à moindre tarif sans penser aux conséquences qui pouvaient en résulter. La qualité des eaux de consommation dépend du contexte géographique et économique (région agricole, urbaine ou industrielle). Ainsi, chaque jour, 650 personnes mourraient en Afrique par suite de diarrhées imputées à la qualité de l'eau consommée [11]. Aujourd'hui, en Afrique, 320 millions de personnes n'ont toujours pas accès à de l'eau potable répondant aux normes d'hygiène de base. La mauvaise qualité de l'eau serait ainsi responsable de 70 à 80 % des maladies sur le continent, avec un lourd tribut payé aux pathologies diarrhéiques — comme le choléra — qui constituent l'une des principales causes de la mortalité infantile [12]. En 2022, au moins 1,7 milliard de personnes dans le monde utilisaient une source d'eau potable contaminée par des matières fécales. La contamination microbienne de l'eau potable due à la contamination par des matières fécales constitue le plus grand risque pour la salubrité de l'eau potable [13]. La contamination des eaux souterraines deviendra inévitable à long terme, car le fond de la décharge de Noumoubougou est en dessous de la nappe phréatique. Une telle pollution des eaux souterraines pourrait durer des décennies ou des siècles, constituant ainsi une grave menace pour la sécurité des eaux souterraines [14]. Cette évaluation contribue à atténuer les problèmes liés à la qualité et à la quantité des eaux souterraines, à lutter contre la dégradation et la surexploitation, et à réduire les risques de dégradation des eaux [15].

L'eau contaminée microbiologiquement est une source potentielle d'infections entériques humaines et indique un mauvais entretien des infrastructures liées à l'hygiène, ainsi que des problèmes dans la mise en œuvre des mesures de contrôle [16]. Cependant, la prolifération incontrôlée des forages est souvent perçue comme une menace. Le développement de ces forages rend plus difficile la prévision de la demande en eau future [17]. Les travaux de Patrick Aaniamenga Bowan et al (2022) ont montré au Ghana une contamination dans les eaux de forages sur l'étude de l'*Evaluation de la qualité de l'eau des forages dans le district de Bole*. Ces chercheurs ont mis en évidence la pollution bactériologique des eaux souterraines dans la région de Koulikoro (Banamba, Dioila, et Kati) excepté Noumoubougou Fougadougou et Manambougou. Les résultats confirment que la plupart des eaux souterraines analysées dans le cercle de Koulikoro étaient contaminées par des coliformes fécaux. Ces résultats confirmaient que la plupart des eaux souterraines analysées par Coumare K, Diallo T, Siby L, Haidara A, Traoré M, Coulibaly M sur *La qualité bactériologique des eaux de consommation (forages et puits) dans trois cercles de la région de Koulikoro, Mal. 2018*. Bamako étaient contaminées par des coliformes fécaux. L'insuffisance des points d'eau potable pour le revêtement de la zone d'étude en eau, bonne qualité microbiologique selon la norme Malienne et en quantité satisfaisante pour la consommation humaine, est l'un des problèmes actuels du milieu d'étude. C'est dans le but de relever ce grand défi que la présente étude s'intéresse à la qualité microbiologique des eaux de puits et forages utilisées comme eau de boisson dans la commune de Tienfala.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation de la zone d'étude

La présente étude s'est déroulée dans la commune de Tienfala, sur la RN27 de Koulikoro. Le village de Tienfala est situé à une trentaine de km au nord-est de Bamako. Il abrite une décharge de déchets solides appelée décharge de Noumoubougou dont les coordonnées géographiques sont $12^{\circ}44'38.7312''N$ et

7°0.3204" W. La décharge de Noumoubougou se trouve à 55m du village Noumoubougou, à 1,4 km du village de Fougamougou, et 2,4 km de Manambougou. La commune de Tienfala s'étend sur une superficie de 3.001,25 km² (environ 300 000 hectares). Le climat est un climat soudano-sahélien avec deux saisons, une saison sèche qui dure huit mois (octobre-mai) et une saison des pluies qui dure quatre mois (juin-septembre). Un climat chaud et sec, allant d'octobre- mai avec une température de 40 à 39°C, la deuxième humide allant de juin-septembre avec une température 28°C. La moyenne de niveau statique mesuré dans l'ensemble des puits domestiques est de 6,99 ± 1,41m (nappes phréatiques). La profondeur de l'ensemble de ces puits domestiques varie de 03,68 à 11m. Ils sont généralement individuels ou semi collectifs, dispersés de part et d'autre de la RN27.



Figure 1 : Eau du lixiviat de la décharge de Noumoubougou. Source :(Agnès TOGO, 2022)

2-2. Matériel

Pour cette étude, plusieurs dispositifs ont été mis en œuvre pour un bon accomplissement du travail, il s'agit des bouteilles stérilisées de 5 00L utilisés pour le prélèvement des échantillons d'eau sur le terrain avec des glacières contenant des carbo glaces pour transporter. Un GPS EXTREX, GARMIN 64 a permis pour géo référencer les points et de collecter les échantillons. En outre, les incubations Dry-Line, Milieux de cultures (Coliforme totaux-Coliforme fécaux-E Coli), les boîtes de pétri, les compteurs de colonies Panasonic et Autoclave SAFELY SALVE etc., sont utilisés au laboratoire pour l'accomplissement des analyses.

2-3. Méthodes

2-3-1. Méthodes de prélèvement et de conditionnement des échantillons.

Le prélèvement des échantillons a été effectué une fois par mois de janvier à mars 2022 dans chaque point d'eau pour l'analyse microbiologique. Les lieux concernés sont Tienfala village, Tienfala gare, Noumoubougou, Fougamougou, Manambougou et Djinkoni. Ces eaux sont destinées à satisfaire les besoins domestiques (boisson, cuisson, toilette, abreuvage des animaux, jardinage ou maraîchage etc.) des populations respectives.

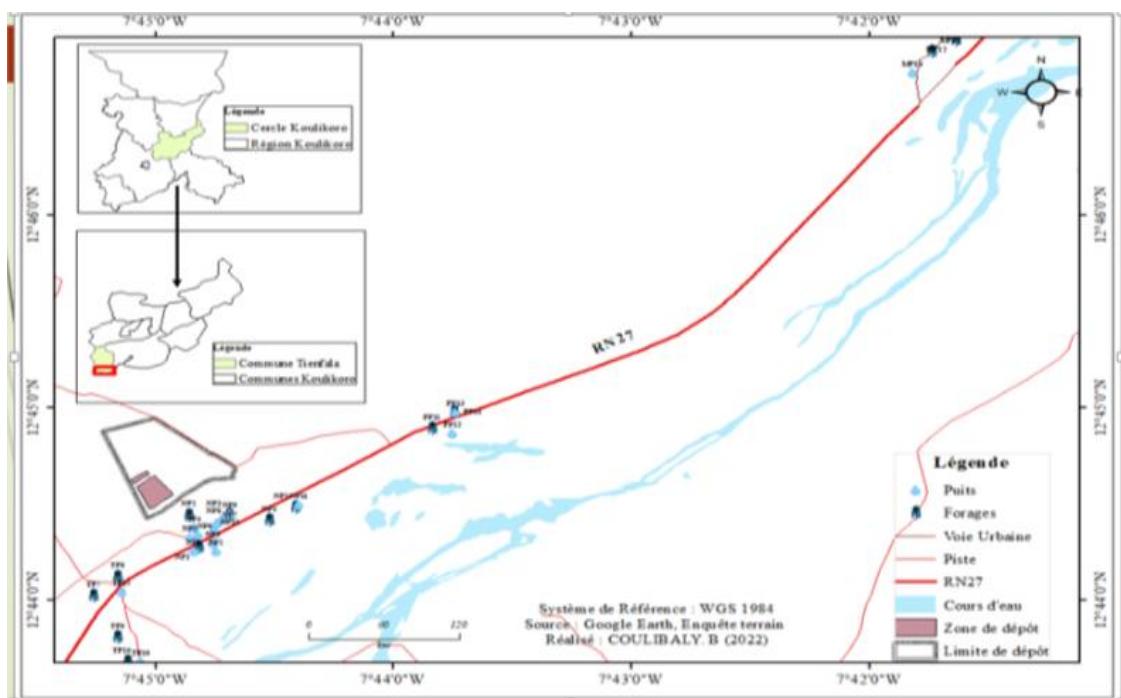


Figure 2 : Points de prélèvement des eaux souterraines

Les échantillons des puits ont été prélevés à l'aide de seaux (la nappe phréatique). Les échantillons des forages ont été prélevés après un pompage de 5 min car la profondeur moyenne des forages est de 50 m à 180 m (aquifère). Les échantillons d'eau ont été collectés dans des bouteilles en polyéthylène de 500mL et conservées dans une glacière à une température comprise entre 0°C et 4°C. Chaque échantillon d'eau ainsi prélevé a été automatiquement codé au moyen d'une fiche de prélèvement référencée (date, lieu, numéro, heure du prélèvement). Les codes des échantillons ont été formulés à partir de l'initial de la première lettre du nom du site échantillonné suivi des lettres P (Puits domestique) ou F (forage) et des numéros d'ordre des échantillons. L'ensemble des échantillons microbiologiques est ensuite acheminé au Laboratoire National des Eaux (LNE) avant 24 heures.

2-3-2. L'analyse des paramètres microbiologiques

L'analyse microbiologique permettait de mettre en évidence la présence de contaminants fécaux dans l'eau. En effet, elle reposait sur la recherche dans les eaux de consommation des germes témoins de contamination fécale. Les prélèvements ont été effectués dans chaque point d'eau pour l'analyse microbiologique (coliformes totaux, coliformes fécaux et E.Coli) selon la norme Malienne de l'eau potable appliquée en 2011 au Laboratoire National des Eaux (LNE). La méthode de filtration sur membrane a été utilisée pour le dénombrement des coliformes et Escherichia coli. Les différentes étapes de préparation des milieux de culture ont été réalisées conformément aux instructions des fabricants.

➤ **Les Coliformes Totaux et fécaux**

Pour préparer l'Endo agar pour la recherche de coliformes totaux et fécaux, mélanger la poudre déshydratée avec de l'eau. Pour y parvenir, 4,5 g de poudre sont versés dans un (1) litre d'eau distillée. Laisser ensuite le milieu couler dans des boîtes de Pétri stériles pour obtenir la gélose solidifiée, ensemencer les boîte de pétri en position horizontale à la température ambiante pendant environ 15min. Placer ces boîtes de Petri en position inversée dans les incubateurs respectifs 35°C ±1°C pour CT et 44°C 45°C ±1°C pour CF durant 24 h.

➤ *Escherichia coli*

Après filtration de 100 ml d'échantillon, m-ColiBlue24® Brother a été coulé dans la boite de pétri après solidification du milieu, avec une pince stérilisée. Le filtre quadrillage a été déposé à la surface de la gélose. Ensemencer pendant 15m jusqu' à l'imprégnation totale de l'inoculum par la gélose. Placer ces boîtes de Petri en position inversée dans l'incubateur sous une température de $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24heures ± 2 h. Les colonies caractéristiques étaient de couleurs rouges pour m.-Endo Total et m-FC et bleue pour *Escherichia coli* (m-ColiBlue24® Brothres). Le compteur de colonie (Counter Panasonic LC2H) a permis de dénombrer les unités de formation des colonies (UFC). Les résultats obtenus sont exprimés en nombre d'unités formant des colonies par unité de volume (UFC/100 mL).

3. Résultats

3-1. Caractéristiques des sources souterraines du village Noumoubougou et environs

Les observations faites sur le terrain ont confirmé que la majorité des puits domestiques est exposée à la pollution liée aux nombreuses activités humaines (jardinage, lessivage, maraîchage, abreuvement des animaux etc.). Les résultats obtenus sur terrain ont montré que 81,25 % des puits domestiques et 14,29 % de forages répertoriés sont mal entretenus par les usagers. De même que 63 % des puits domestiques ne sont pas couverts. La moyenne de niveau statique mesuré dans l'ensemble des puits domestiques était de $6,99 \pm 1,41\text{m}$. Les eaux des puits traditionnels étaient plus contaminées que celles des forages. Les profondeurs variaient entre 50 et 180 mètres.

3-2. Résultats des analyses microbiologiques des échantillons des eaux souterraines

➤ *Les eaux de puits*

Tableau 1 : Moyenne des valeurs des analyses microbiologiques des échantillons d'eau de puits (janvier-mars 2022)

Code de puits	CT	CF	E. coli
NP1	372	86	1
NP2	342	48	1
NP3	146	3	2
NP4	18	3	1
NP5	8	4	1
NP6	22	1	2
NP7	21	5	1
NP8	11	3	1
NP9	12	5	2
NP10	15	4	1
NP11	123	37	28
FP12	14	5	3
FP13	110	25	8
MP14	26	7	3
TP15	30	9	4
DP16	28	11	1
Norme Malienne	< 10UFC/100ml	OUFC/100ml	OUFC/100ml

Légende : CT : Coliformes totaux, E. coli : *Escherichia coli*.

Les eaux de puits avaient présenté une variation des concentrations. Les CT variaient respectivement entre 8UFC/100ml à 372UFC/100ml par rapport à la norme Malienne < 10UFC/100ml ; Les CF oscillaient entre 1UFC/100ml à 86UFC/100ml par rapport à la norme 0UFC/100ml et les E. coli se situaient entre 1UFC/100ml à 28UFC/100ml par rapport à la norme 0UFC/100ml. Sur les 48 prélèvements (16 puits ont été prélevés 3 fois). Les eaux des puits échantillonnés avaient des non-conformités majeures par rapport à tous les paramètres étudiés. Les eaux de puits étaient à 100 % non conformes. Eau de Mauvaise Qualité Microbiologique pour la Consommation Humaine (EMQMCH).

➤ *Les eaux de forages*

Tableau 2 : Moyenne des valeurs des analyses microbiologiques des échantillons d'eau des forages (janvier-mars 2022)

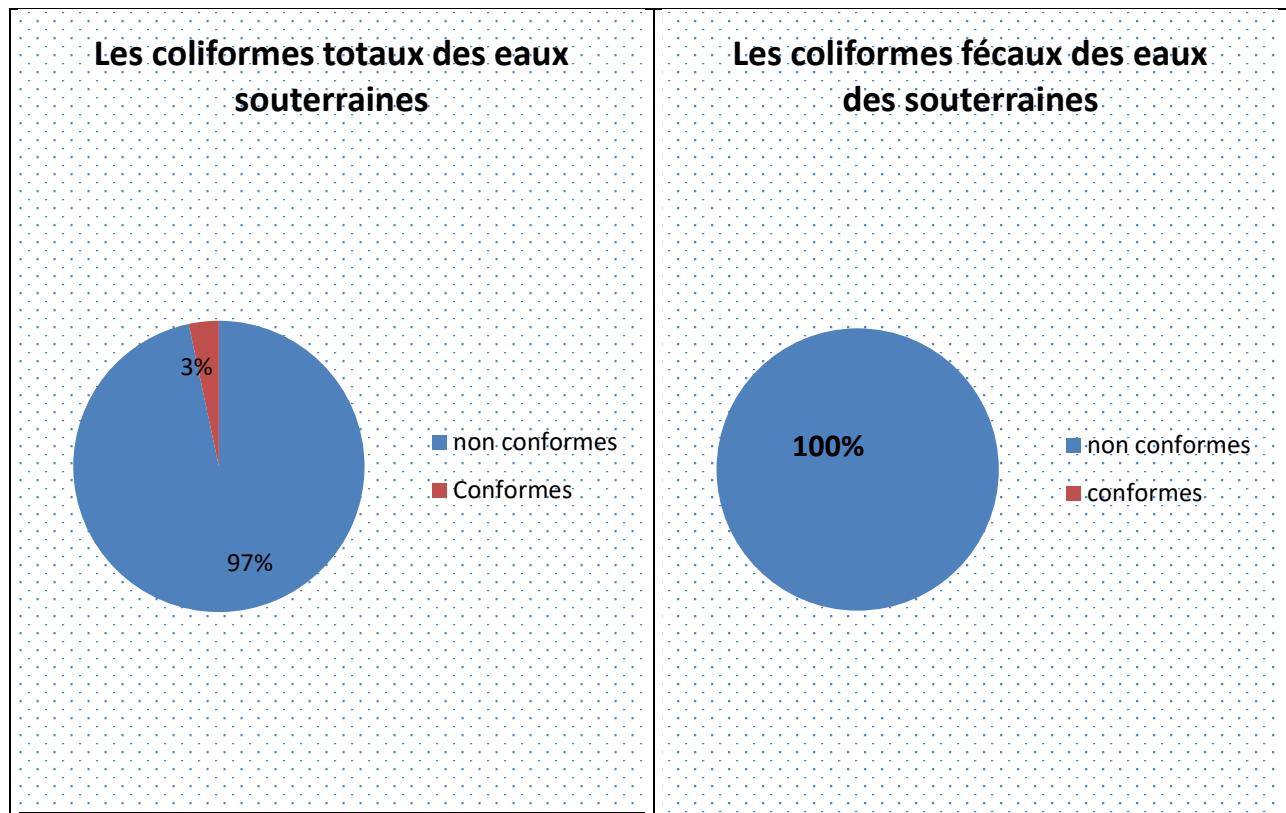
Code de forages	CT	CF	:E. coli
NF1	23	3	1
NF2	12	1	0
NF3	12	6	2
NF4	175	7	3
NF5	28	5	0
TF6	26	4	2
TF7	15	3	1
TF8	19	5	1
TF9	13	4	1
TF10	152	4	1
DF11	100	1	0
M F12	166	1	0
M F13	115	2	0
FF14	12	3	0
Norme Malienne	< 10UFC/100ml	0UFC/100ml	0UFC/100ml

CT: Coliformes Totaux ; CF: Coliformes Fécaux ; E. : Escherichia coli

Sur les 42 échantillons prélevés (14 forages ont été prélevés 3 fois), les résultats des eaux de forages avaient montré des concentrations supérieures à la norme de CT et CF (*Tableau 2*). En outre, les E. coli oscillaient entre 0 UFC/100ml à 3 UFC/100ml par rapport à la norme qui est de 0 UFC/100ml. Les forages NF2, NF5, DF11, MF12, MF13 et FF14 étaient conformes à la norme Malienne des E. coli. Les 14 forages avaient présenté 100 % de non-conformité en CT et CF à l'exception de E. coli qui s'élevait à 57 %. Les analyses microbiologiques des eaux souterraines ont révélé qu'elles contiennent d'importantes proportions de microorganismes indicateurs de pollution fécale. Il serait donc important de veiller au contrôle de qualité de ces sources, car la présence des coliformes, Escherichia coli ou autres microorganismes ont prouvé une eau de mauvaise qualité microbiologique. Les résultats de l'analyse microbiologique réalisée sur les eaux souterraines sont présentés (*Tableau 2 ci-dessus*)

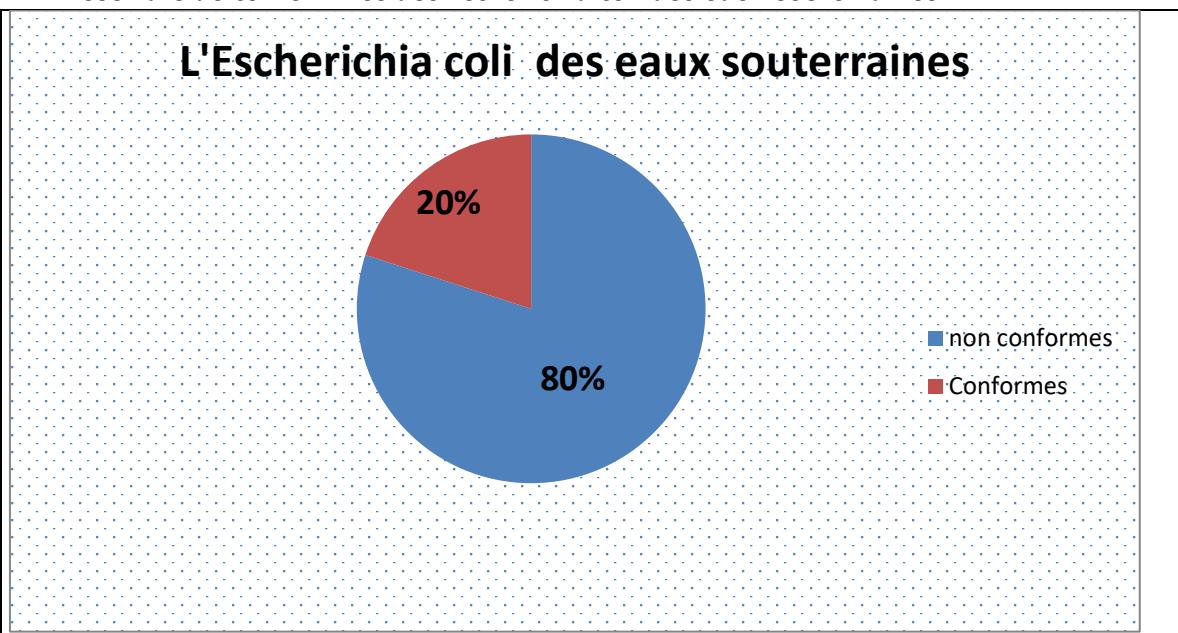
3-3. Classification des eaux souterraines basée sur les valeurs de pourcentage conformités

➤ *Résultats de conformités des coliformes totaux et coliformes fécaux des eaux souterraines de la zone étudiée*



Les coliformes totaux et les coliformes fécaux des eaux souterraines mettent en évidence respectivement un taux de 97 % et de 100 % de non conformités ; ce qui indique que ces eaux contiennent en majorité des coliformes totaux et fécaux à des concentrations supérieures à la norme malienne. Ces taux révèlent que les sources d'eaux souterraines sont impropre à la consommation et aux besoins ménagers. Cependant, elles doivent être traitées avant toute consommation. La présence de ces germes pourrait être due à la mauvaise protection et au non-respect des consignes sécuritaires.

➤ Résultats de conformités des *Escherichia coli* des eaux souterraines



Les Escherichia coli des eaux souterraines ont varié avec une évidence de 80 % de non-conformité contre 20 % de conformité. Ces résultats témoignent d'une contamination généralisée des eaux souterraines dont leur utilisation en boisson pourrait engendrer des risques sanitaires avec des conséquences regrettables.

4. Discussion

Les eaux prélevées dans les zones d'étude proche de la latrine, du cimetière et de la décharge étaient respectivement : NP1, NP11, FP13, FP15, TP15, TF9NP4 et NP10) et NP4, NP5, NP6, NP7, NP8, NP9, NP10. Ils doivent avoir un suivi de contrôle particulier car certaines sources ont une faible profondeur (3,68 m). Les résultats obtenus sur terrain ont montré que 81,25 % des puits domestiques et 14,29 % de forages répertoriés sont mal gérés par les usagers. La moyenne de niveau statique mesuré dans l'ensemble des puits domestiques était de $6,99 \pm 1,41$ m. Les eaux des puits traditionnels étaient plus contaminées que celles des forages. Cette forte pollution microbienne des eaux de puits est la même que celle [18]. Ces résultats rejoignent ceux de Coumare K et al, 2018 qui ont étudié La qualité microbiologique des eaux de consommation (forages et puits) dans le cercle de Koulikoro. La charge microbienne enregistrée était plus élevée à Noumoubougou, puits onze (E. coli, 28,00 UFC/100ml). Signalons que les eaux prélevées dans les zones d'étude proche de la latrine, du cimetière et de la décharge sont respectivement : NP1, NP11, FP13, FP15, TP15, TF9NP4 et NP10 et NP4, NP5, NP6, NP7, NP8, NP9, NP10. Ils doivent avoir un suivi de contrôle particulier car certaines sources ont une faible profondeur (TP15 : 3,68 m). La présence d'E. Coli dans les eaux fréquemment consommées par la population peut déclencher chez cette dernière des maladies comme des infections urinaires ou encore des gastro-entérites, des diarrhées infantiles et des vomissements.

5. Conclusion

Cette étude a été réalisée à Noumoubougou précisément dans la commune de Tienfala sur la qualité microbiologique de l'eau de puits et forage pendant les mois de janvier, février et mars 2022. Les résultats de cette étude ont montré que les eaux des puits et forages sont polluées par la présence les coliformes totaux fécaux et Escherichia - coli. Soit 97 % de CT,100 % de CF et 80 % d'Escherichia coli en non-conformités pour ces eaux souterraines. Ces résultats obtenus mettent en évidence la mauvaise qualité microbiologique des eaux consommées par les populations. La présence de ces coliformes dans les eaux de consommation pourrait conduire à des risques pour la santé des populations concernées. Soit par ordre croissant en pollution par les germes pathogènes Noumoubougou> Tienfala> Fougamougou> Manambougou> Djinkoni. En somme, aucune eau des puits et forages étudiés ne doit être utilisée pour l'approvisionnement en eau de boisson sans être traitée au préalable.

Références

- [1] - GBESSOHELE JUSTINBEHANZIN, «Évaluation de la qualité microbiologique des eaux de puits et de forages dans la commune de Sèmè-Podji, Bénin,» 13 07 (2024)
- [2] - M. COSTANTINI, Étude de l'évolution de la ressource mondiale en eau dans un contexte de changement climatique, Toulouse : 'Université Toulouse 3 Paul Sabatier, (2023)
- [3] - WARIS KEWOUYEMI CHOUTI, «Caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux des postes d'eau autonomes (PEA) dans la commune d'Adjara : cas de l'arrondissement de Malanhoun, Sud-Bénin,» Benin, (2018)
- [4] - ADAMA SAWADOGO, Evaluation de la qualité des eaux de forage de la commune de Ouagadougou,, Burkina, (2023)
- [5] - MOUHAMADOU THIERNO GUEYE, «Etude De La Qualité Des Eaux Souterraines Utilisées Pour L'irrigation Et Eventuellement Pour La Boisson Dans La Zone Du Technopole De Pikine Sénégal », (1 Août 2022) 403 - 4015 p.

- [6] - SOULEYMANE SANOGO, «PROFIL DE LA QUALITÉ DES EAUX ANALYSÉES AU LABORATOIRE NATIONAL DE LA SANTÉ BAMAKOMALI DE 2012 A 2020,» Faculte de Pharmacie, Mali, (2021)
- [7] - A. GIRAUD, Baromètre 2018 de l'eau, de l'hygiène et de l'assainissement ;Solidarités International <https://www.solidarites.org> > uploads > 2018/03, (2018)
- [8] - MODY CISSE, «Évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de puits analysées au laboratoire national de la santé entre 2016 et 2019,» Bamako, (2023)
- [9] - HAROUN NOURADINE, «Évaluation des ressources en eau dans les aquifères de socle dans la région du Guéra (Tchad): combinaison d'approches géologiques, hydrogéologiques, géophysiques, géochimiques et d'apprentissage automatique. Hydrologie. Sorbonne Universi », Thad, (2023)
- [10] - U. NIRWOTHG, «Evaluation de la qualité bactériologique de l'eau de forage utilisé à l'Université Shalom de Bunia », (2025) 511 - 525 p.
- [11] - IBRAHIMA SIDI TRAORE, ÉVALUATION DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DES EAUX DE PUILS, DE FORAGES ET DE BORNES FONTAINES DE SENOU DANS LA COMMUNE VI DE BAMAKO, Bamako, (2020)
- [12] - Notre-planete.info, Un tiers de la population africaine privée d'eau potable <https://www.notre-planete.info> > actualites > 1846-eau, (2018)
- [13] - «Eau potable,» , <https://www.who.int>, (2023)
- [14] - DANIEL ABIRIGA et al, CONTAMINATION DES EAUX SOUTERRAINES PAR UNE DECHARGE MUNICIPALE : EFFET DE L'AGE, DE LA FERMETURE DE LA DECHARGE ET DE LA SAISON SUR LA CHIMIE DES EAUX SOUTERRAINES,science de l'environnement total,Volume 737, 1er octobre 2020, 140307 ; Daniel Abiriga et, Norvège, (2020)
- [15] - OTMAN EL MOUNTASSIR ORCID, «Évaluation de la qualité des eaux souterraines dans un environnement semi-aride : implications du changement climatique », (2024)
- [16] - O. TRAORE, « Qualité microbiologique et physicochimique des eaux souterraines et facteurs de risque de leur pollution à Ouagadougou, Burkina Faso », (2023)
- [17] - MAHAMADOU HIMA ABDOULAYE, Etude de la qualité physicochimique et Bacteriologique des eaux de forages privés ,destinés à la consommation humaine dans la ville de tahoma (niger) Mahamadou, IOSR6JAC, Niger, (2024)