

Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique des ressources en eaux souterraines du continental Hamadien/Intercalaire de la région de Tahoua (Sud-Est du Niger)

Mahamadou Hima Abdoulaye¹, Yabouza Zaneidou², Amadou Haoua³

¹University of André Salifou, Zinder, Niger, .

² Faculty of Education Sciences, University of Djibo Hamani, Taboua, Niger,

³Faculty of Sciences and Technology, University of Abdou Moumouni, Niamey, Niger,

Résumé

Les eaux souterraines constituent l'une des principales sources d'approvisionnement en eau potable de la population de la région de Taboua. La présente étude s'intéresse à la qualité des eaux de deux aquifères (le continental Hamadien et le continental intercalaire) de la région de Taboua. L'objectif est d'améliorer les connaissances sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de ces aquifères. Une série d'analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées sur des échantillons d'eaux de forages a été réalisée. Le traitement de ces données montre que ces eaux sont basiques ($6,48 < \text{pH} < 8,48$) et moyennement minéralisées dans l'ensemble avec une conductivité électrique variant de 76,45 à 1332,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Les paramètres chimiques de qualité sont pour la plupart en dessous de la norme de potabilité OMS, excepté en quelques points où des teneurs en Fer total, et bicarbonates sont élevées et dépassant parfois largement la norme. Les résultats des analyses microbiologiques indiquent une prolifération incontrôlée de bactéries indicatrices de contamination d'origine fécale (Coliforme Totaux et Fécaux). Cette étude montre que les eaux du continental Hamadien et intercalaire sont impropres pour la consommation humaine. Elles doivent faire l'objet de traitement chimique et bactériologique avant consommation.

Mots-clés : Eaux de forages, Continental intercalaire et Hamadien, microbiologie, Tahoua.

Monitoring the physico-chemical and microbiological quality of groundwater resources in the Hamadian/Intercalary continental region of Tahoua (southeast Niger)

Abstract:

Groundwater is one of the main sources of drinking water for the population of the Taboua region. This study focuses on the water quality of two aquifers (the Hamadian continental and the intercalary continental) in the Taboua region. The aim is to improve knowledge of the physico-chemical and bacteriological quality of the water in these aquifers. A series of physico-chemical and microbiological analyses were carried out on borehole water samples. These data show that the water is basic ($6.48 < \text{pH} < 8.48$) and moderately mineralized overall, with electrical conductivity ranging from 76.45 to 1332.3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Chemical quality parameters are for the most part below the WHO drinking water standard, except at a few points where FeT and bicarbonate levels are high, sometimes exceeding the standard by a wide margin. The results of microbiological analyses indicate an uncontrolled presence of bacteria indicative of contamination of fecal origin (Total and Fecal Coliform). This study shows that the waters of the Hamadien and Hamadien continental are unfit for human consumption. They require chemical and bacteriological treatment before consumption.

Key Words: Drilling water, Continental intercalary, Continental Hamadien, quality, Tahoua.

¹ Corresponding author: abdoulayemahamadouhima@gmail.com

I. INTRODUCTION

L'eau est indispensable à la vie et tous les hommes doivent disposer d'un approvisionnement satisfaisant en eau, suffisant, sûr et accessible (OMS, 2017). Dans les pays en développement, obtenir de l'eau saine pour la consommation humaine est devenu un sérieux problème du fait d'un manque de protection de l'environnement (Matini, 2009), notamment les pollutions agricoles, industrielles et / ou urbaine (Bricha et al., 2007). L'approvisionnement non permanent en eau potable par le réseau de distribution nationale a conduit les populations à recourir aux eaux souterraines. En effet l'eau de consommation dans les ménages en milieu rural est sujette à une pollution chimique et/ou bactériologique ; la première due à la contamination naturelle des eaux par des éléments contenus dans les roches, dans les effluents industriels, dans les alliages et les conservateurs de bois, dans les combustibles fossiles..., et la deuxième due à la contamination fécale d'origine humaine ou animale, directe ou indirecte (Gustave, 2013).

Ces pathogènes peuvent provoquer des maladies de gravité variable, la gastro-entérite bénigne, la dysenterie, le choléra, des diarrhées sévères voire même mortelles, fièvre typhoïde, hépatite, Dracunculose, Schistosomiasis, Onchocercose Ces maladies dites hydriques tuent environ 5 millions de personnes chaque année et 2,3 milliards en souffrent.

En effet La compréhension des propriétés hydrauliques des couches aquifères et la caractérisation hydro-chimique de l'eau qu'elles contiennent sont nécessaires pour la planification et la gestion des ressources en eau souterraine (Hama et al., 2019).

La présente étude s'intéresse à la qualité des eaux de deux aquifères (le continental Intercalaire et le continental Hamadien) de la région de Tahoua. L'objectif est d'améliorer les connaissances sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de ces aquifères afin d'éviter des causes mortelles des populations liées à la mauvaise qualité de ces eaux. La méthodologie appliquée est basée sur des analyses physicochimiques et bactériologiques au laboratoire et de proposer des traitements spécifiques des eaux contaminées.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

La région de Tahoua, d'une superficie d'environ 114 425 Km² s'inscrit entre 13°20' et 18°40' de Latitude Nord et entre 3°50' et 7° de Longitude Est [6]. Elle a une population de 3 328 365 habitants. Elle est limitée au Nord par la région d'Agadez, à l'Ouest par les régions de Tillabéri et Dosso et par la république du Mali, à l'Est par la région de Maradi, et au Sud par la République Fédérale du Nigéria [7].

Le climat de la région de Tahoua est de type sahélo-saharienne, caractérisé par deux saisons. Une sèche, dominée par des vents chauds et secs, l'Harmattan, qui soufflent du nord et nord-est vers le sud et sud-ouest et une humide, en saison pluvieuse, avec des vents issus de la mousson en provenance de l'Atlantique au sud et circulant vers le nord-est.

Le réseau hydrographique est composé par des larges vallées dont : la Tarka, la Maggia, la vallée de Badaguichiri, de Zourourou, d'Abalak, du Tadiss, et de l'Azaouak. Elles ne sont actives que pendant les saisons pluvieuses. On note aussi plusieurs marres temporaires, semi-permanentes et permanentes [6].

En ce qui concerne l'hydrogéologie de notre zone d'étude, on distingue du bas en haut les aquifères suivants :

- **L'aquifère du Continental Intercalaire/Continental Hamadien**, c'est un système aquifère transfrontalier, partagé entre le Niger, le Mali, le Nigeria et accessoirement le Bénin. Il a une grande potentialité hydrique, il est très exploité pour l'alimentation en eau de la population [8] ; [6]. Cet aquifère est à nappe libre à l'est de l'axe Tassara-Abalak est capté à faible profondeur. Par contre, il devient captif dans le reste de la région, avec des profondeurs de captage importantes ;
- **L'aquifère du Crétacé supérieur marin**, il est d'extension limitée, les débits sont dérisoires avec une forte minéralisation des eaux. Cet aquifère localisé essentiellement dans la partie nord de la région de Tahoua est peu sollicité [6] ;
- **L'aquifère du Paléocène**, il est contenu dans des couches calcaires, d'extension très limitée, il est capté à faible profondeur, et les débits sont très faibles ;

- **Le système aquifère multicouche du Continental Terminal (CT)**, comprenant trois nappes, CT₁ et CT₂ qui sont captives et CT₃ qui est libre. Seules les nappes du CT₁ et CT₂ sont exploitables dans la région de Tahoua avec des débits pouvant avoisiner les 20 m³.h⁻¹ localement ;
- **Les aquifères du Quaternaire, à nappes phréatiques**, sont captés par des forages de faible profondeur et par des puits (cimentés et traditionnels). Ils sont facilement accessibles aux populations, à cause de leurs faibles profondeurs. Cependant, ces aquifères sont très sensibles aux pollutions, liées aux différentes activités anthropiques (utilisation intensive d'engrais chimiques et pesticides).

2.2. Matériels

Les mesures sur le terrain ont été faites à l'aide d'un appareil multi paramètres de marque HANNA HI9820 (figure 2). Ces mesures concernent : la température (T°C), le potentiel d'hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE) et la turbidité.

Les paramètres chimiques analysés sont : les ions hydrogénocarbonates ou bicarbonates (HCO₃⁻), les ions calcium (Ca²⁺), les ions magnésium (Mg²⁺), potassium (K⁺), sodium (Na⁺), les ions nitrates (NO₃⁻), les ions chlorures (Cl⁻), les ions fluorures (F⁻), Fer total (FeT) ; Mn²⁺ et les ions sulfates (SO₄²⁻)

Le matériel utilisé pour déterminer la teneur de tous ces paramètres est le suivant :

- ✓ spectrophotomètre photolab spectral WTW;
- ✓ Spectrophotomètre hach DR 1900.
- ✓ du matériel de laboratoire

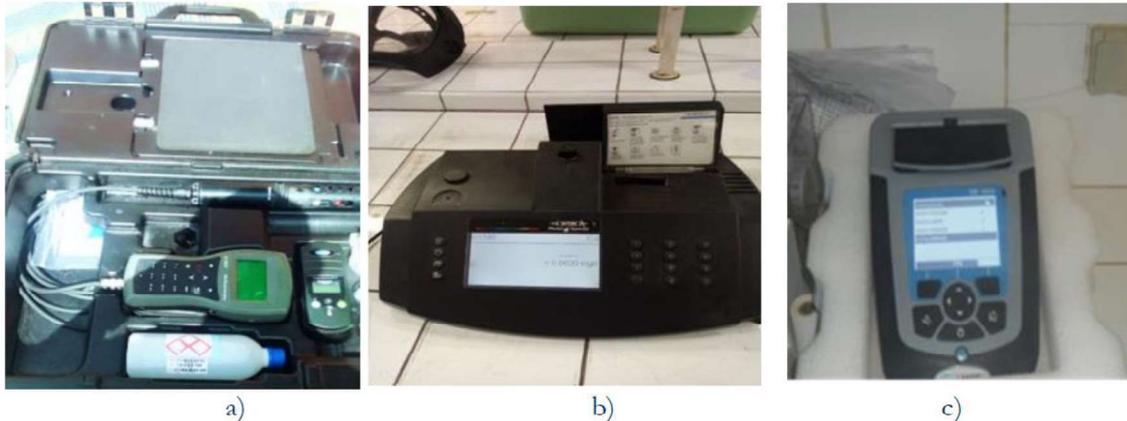


Figure 2 : a) Multi paramètres de marque HANNA HI9820 b) spectrophotomètre photolab spectral WTW ; c) spectrophotomètre hach DRI 900

Les paramètres microbiologiques que nous nous sommes intéressés pour notre étude sont : les coliformes (Totaux et Fécaux) et les streptocoques fécaux (*Escherichia Coli*).

Les matériels utilisés pour cette analyse sont :

- ✓ les boîtes à pétri et tubes gélosés : milieu de culture des microbes ;
- ✓ les filtres de 0,45µm pour retenir les microbes;
- ✓ les pipettes ;
- ✓ l'autoclave pour stériliser les pipettes ;
- ✓ le bec bunsen pour travailler à l'abri des microbes ;
- ✓ l'étuve de 37°C : lieu d'incubation des bactéries sauf *E. coli*;
- ✓ l'étuve de 44°C : condition de culture d'*E. coli*
- ✓ les entonnoirs ;
- ✓ la pince ;
- ✓ la rampe filtrante ou fiole à vide ;
- ✓ la plaque chauffante pour chauffer le tube gélose viande foie qui retient les bactéries sulfite-réductrices;
- ✓ l'éthanol pour stériliser la paillasse ;
- ✓ l'eau distillée pour inhiber le milieu de culture ;
- ✓ compteur des microbes.

2.3. Méthodologie

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées sur les eaux de forages captant les nappes du Continental Hamadien et du continental Intercalaire.

Les échantillons d'eau nécessaires à l'analyse physico-chimique ont été prélevés selon la méthode décrite par [9] dans des flacons polyéthylène stérilisés de capacité un (01) Litre et conservés à 4°C dans une glacière, ensuite analysés dans les 24 heures qui suivent. Pour le prélèvement d'eau nécessaire à l'analyse bactériologique, nous avons utilisé des flacons en verre stérilisés de capacité 250 mL. Tout d'abord, le bout du robinet est soigneusement nettoyé à l'alcool à l'externe comme à l'interne, puis les mains sont désinfectées avec un gel désinfectant, par la suite le robinet est flambé après on effectue le prélèvement en prenant soin d'ouvrir le flacon à côté du champ crée par le chalumeau et prélever au $\frac{3}{4}$ du volume du flacon. L'échantillon est conservé à la fin dans les glacières portées à 4°C, analysés juste après la campagne de prélèvement dans les 24h.

Les échantillons d'eau destinés aux analyses chimiques et bactériologiques ont été prélevés dans 12 communes (dans les douze départements) en raison d'un échantillon pour les analyses physico-chimiques et un échantillon pour les analyses microbiologiques par commune de la région de Tahoua (Figure I), donc ce qui fait au total 24 échantillons. Les points d'eau de prélèvement ont été choisis à partir d'un maillage représentatif pour la région de Tahoua, de manière à avoir une image d'ensemble de la qualité de l'eau de la région. Les aquifères échantillonnés ont été répartis comme suit :

- Le continental Hamadien avec six (6) forages à Inkinkaran (Keita) Katoria (Malbaza), Tabani (Keita), Tassak Tajae (Keita), Goundouroum et Tarwada ;
- Le continental Intercalaire avec six (6) forages à Bakin zango, Bibila, Imboukar Nekalan, Irguine, Kitambahou et Mini Mini ont été échantillonnés.

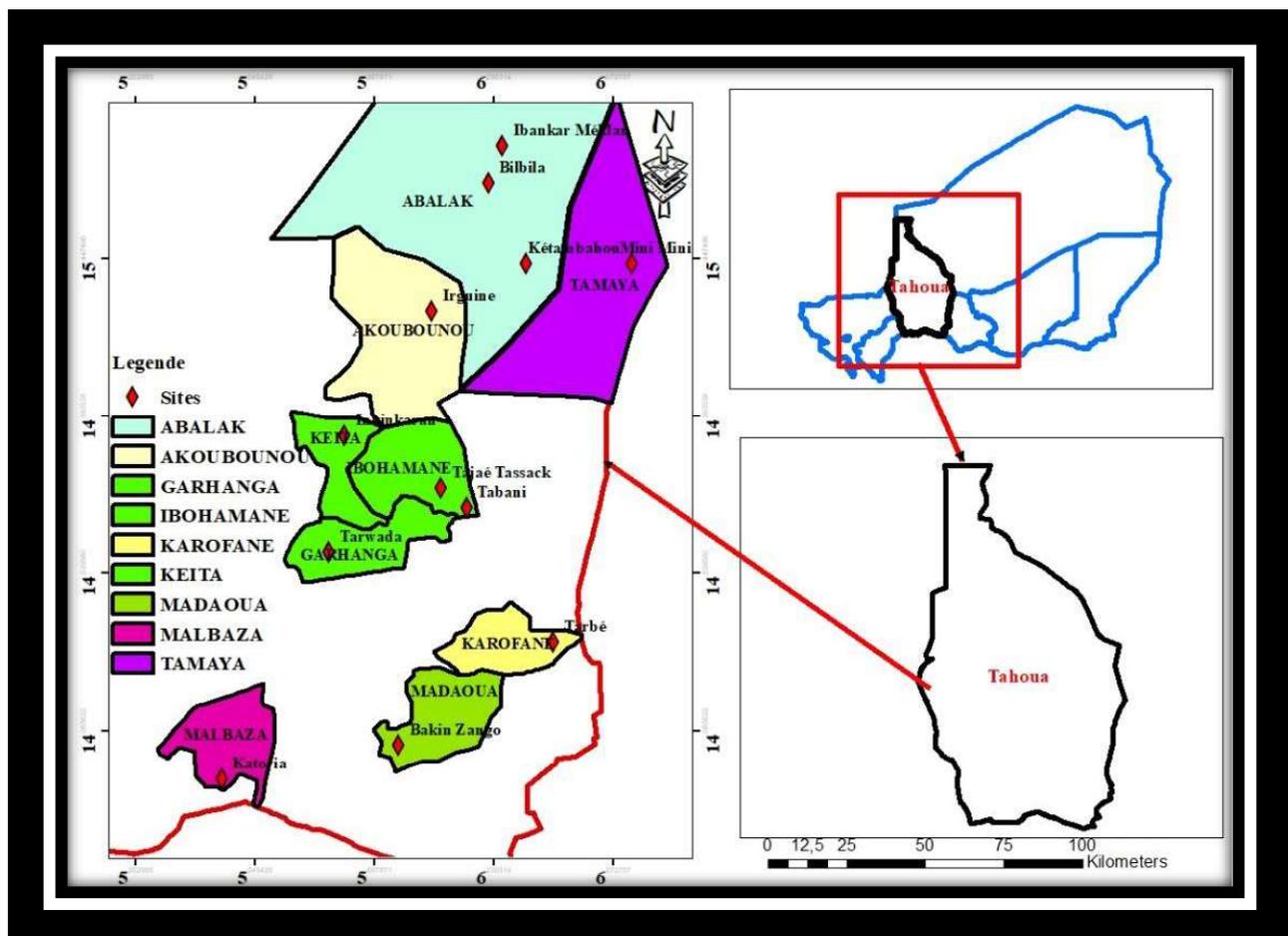


Fig. I - Localisation des points de prélèvement d'eau souterraine.

3. Résultats

3.1. Résultats des paramètres physicochimiques

La profondeur des eaux souterraines du continental Hamadien/continental intercalaires de notre zone d'étude varie entre 750m et 150m avec une moyenne de 450m, de ce fait ces eaux sont profondes.

L'eau qui constitue un élément incontournable pour le développement socio- économique est menacée de contamination. Il convient donc de connaître et suivre la qualité de cette ressource.

Les résultats des analyses physicochimiques réalisées sur les ressources en eau du continental Hamaden/continentinental Intercalaire sont présentés dans le Tableau 1.

Les températures enregistrées dans les eaux du continental Hamadien/continental Intercalaire varie entre 20,6 et 36°C avec une moyenne de 27,5°C. Ces valeurs sont similaires avec ceux trouvées par [10] dans la ville de Tahoua avec une moyenne de 31,4°C. Ces températures reflètent celles des températures atmosphériques moyennes observées dans les régions arides à semi arides : 15 à 35°C [5]. Cela prouve que cette température est moyennement bien répartie dans l'espace.

Concernant le pH des eaux, il varie entre 6,73 et 7,66 avec une moyenne de $7,25 \pm 0,30$, ce qui indique que ces eaux sont basiques. Ces valeurs de pH sont conformes à la norme OMS 2017 (Tableau 2).

Les eaux du continental Hamadien/Intercalaire sont moyennement minéralisées avec une conductivité électrique qui varie entre 76,45 et 1332,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ avec une moyenne de 288,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Les eaux à fortes conductivité électriques sont celles du village de Bilbila Abalak (13332,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), les fortes valeurs en conductivités en zone du socle méritent une attention particulière car certaines sont synonymes d'éléments indésirables en l'occurrence les nitrates. La grande variabilité de la conductivité serait due à la nature des terrains traversés par l'eau lors de son ruissellement avant de s'infiltrer et pendant l'infiltration. Les paramètres chimiques de qualité sont pour la plupart au-dessous de la norme de potabilité OMS 2017, excepté en quelques points où des teneurs en FeT, et bicarbonates sont élevées et dépassant parfois largement la norme.

Une surcharge de l'organisme humain en fer peut entraîner une hémochromatose primitive (mauvaise régulation de l'absorption du fer par l'intestin) et même une cancérisation hépatique [11]. Aux concentrations supérieures à 0,3 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, la présence du fer dans l'eau affecte les qualités organoleptiques de l'eau (gout désagréable, odeur, couleur) et est responsable avec le temps des dépôts corrosifs dans les canalisations. Ces dépôts formés peuvent être le siège des colonies bactériennes très toxiques [12]. La teneur en fer total de notre zone d'étude varie entre 0,07 et 4,5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ avec une moyenne de 1,56 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ces résultats sont similaire avec ceux trouvés par Abdoulaye et al., 2024 dans la région de Tahoua (3,6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), ce qui prouve que dans l'ensemble la teneurs en FeT est élevée.

Au vu des concentrations élevées en fer dans certains forages, il est impératif de prendre des dispositions visant à améliorer la qualité des eaux de consommation. Actuellement plusieurs méthodes d'élimination de fer sont développées. Parmi ces procédés on peut citer entre autres les procédés physico-chimiques basés sur l'emploi des oxydants plus ou moins forts (chlore, permanganate de potassium, l'oxygène et l'ozone), des procédés biologiques qui font intervenir des micro-organismes, des procédés catalytiques qui reposent sur un phénomène d'adsorption et d'oxydation à la surface d'un matériau spécifique et des procédés membranaires [8] ; [13] ; [14].

Table 1 : Résultats des analyses physicochimiques

Localités	Mn ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	F ⁻
Bakin Zango	0	21	1,7	0,02	6	28	0	0
Bibila	0	0	3,52	0,015	8	250	0	0
Imboukar Nekalan	0	2	7,48	0,24	0	34	0	0
Inkinkaran	0,48	7	8,8	0,02	0	108	0	0
Irguine	0,32	28	3,086	0	4	128	0	0
Katoria	0	26	3,52	0,02	0	104	0	0
Kitambahou	0,32	13	22,88	0,06	6	18	0	0
Mini Mini	0	24	5,28	0,03	8	386	0	0
Tabani	0,92	12	1,76	0,06	6	72	0	0
Tassak Tajae	1,14	11	24,2	0,099	0	20	0	0
Goundouroum	0	87	6,6	0,19	8	142	0	0
Tarwada	0,67	8	3,52	0	8	40	0	0

Table 1 (suite et fin) : Résultats des paramètres physico-chimiques

Localités	pH	CE	T°	Turbidité	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	FeT	Na ⁺
Bakin Zango	7,22	209,1	21,6	2,01	24,8	2,43	0	0,37	0
Bibila	7,29	1332,3	28	2,01	45,6	14,1	0	0,07	0
Imboukar Nekalan	7,5	152,8	30,7	2,01	3,2	3,89	0	0,1	0
Inkinkaran	7,63	116,5	23,6	2,46	3,2	8,26	0	4,47	0
Irguine	6,73	201,7	20,6	3,84	12	3,24	0	0,98	0
Katoria	7,19	209,1	34,6	1,86	17,6	0,48	0	0,56	0
Kitambahou	6,83	78,18	30,3	22,68	3,2	1,94	0	1,32	0
Mini Mini	6,94	433,2	28,4	3,86	0	6,04	0	0,31	0
Tabani	7,66	93,34	21,7	5,64	2,4	4,86	0	2,64	0
Tassak T	7,55	76,45	23,6	14,98	0	0,48	0	4,5	0
Goundouroum	7,27	460,8	36	1,46	13,6	19,94	0	0,96	0
Tarwada	7,25	98,55	31	5,98	6,4	1,94	0	2,47	0

Table 2 : Normes des paramètres physico-chimiques [1]

Paramètres	Unité	Directives [1]
pH	U	6,5-8,5
Température	°C	25 - 50
Conductivité	µs.cm ⁻¹	-
Turbidité	UNT	5
Mg ²⁺	mg.L ⁻¹	-
Ca ²⁺	mg.L ⁻¹	-
Na ⁺	mg.L ⁻¹	200
K ⁺	mg.L ⁻¹	-
SO ₄ ²⁻	mg.L ⁻¹	250
Cl ⁻	mg.L ⁻¹	250
HCO ₃ ⁻	mg.L ⁻¹	-
NO ₃ ⁻	mg.L ⁻¹	50
F ⁻	mg.L ⁻¹	1,5
FeT	mg.L ⁻¹	0,3

3. Résultats des paramètres microbiologiques des eaux

L'étude bactériologique a pour but la détection de la pollution fécale. Les défections humaines et animales constituent la principale source potentielle de germes pathogènes (causes d'entéropathies chez l'homme) [15].

La classification des eaux en fonction de la quantité de coliformes contenus dans celles-ci établie par l'OMS met en évidence trois classes :

✓ Classe I : eau de bonne qualité ; elle est représentée par des taux de coliformes inférieurs à 10 coliformes/100 mL. Cette eau peut être utilisable après désinfection ;

✓ Classe II : eau moins bonne ; le taux de coliformes est compris entre 10 à 100 coliformes/100 mL. Cette eau est polluée et ne doit être utilisée qu'après un traitement, approprié ;

✓ Classe III : eau de mauvaise qualité ; taux de coliformes supérieur à 100 coliformes/100 mL.

Dans le domaine de l'hygiène, les analyses bactériologiques concernent souvent, non pas des micro-organismes pathogènes, mais des germes jouant un rôle d'indicateurs sans que leur présence constitue nécessairement un risque en soi pour la santé publique (Rodier et al., 2009).

Sont ainsi distingués deux types principaux d'indicateurs : les indicateurs de Contamination fécale et les indicateurs d'efficacité de traitement. Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes intéressés aux indicateurs de contamination fécale appelés coliformes (Totaux et Fécaux) et les streptocoques fécaux (*Escherichia Coli*). La recherche de ces paramètres de contamination fécale est l'application générale pour le contrôle de la qualité bactériologique de l'eau [9].

Les résultats des analyses microbiologiques sur les eaux sont indiqués dans le tableau 3. Ces résultats montrent que parmi les 12 échantillons qui ont été analysés 5 (cinq) sont contaminés : il s'agit des échantillons de Bibla, Inkinkaran, Kitambahou, Mini Mini et Tabani.

Les eaux de Bibla, Inkinkaran et Mini Mini ont des taux de coliformes totaux respectivement de 05 ; 08 et 03 coliformes/100mL, ces valeurs sont inférieures à 10 coliformes/100mL, ce qui indique que ces eaux appartiennent à la classe I. Ces eaux sont de bonne qualité pour la consommation humaine mais elles doivent subir une désinfection avant utilisation. En ce qui concerne les eaux de forage de Tabani, la valeur de coliforme totaux est de 34/100mL. Le taux de coliformes est compris entre 10 à 100 coliformes/100 mL. Ces eaux appartiennent à la classe II, elles sont alors moins bonnes. Les eaux de Tabani sont polluées et ne doivent pas être utilisées qu'après un traitement approprié.

Les valeurs des coliformes fécaux et streptocoques fécaux dans les eaux de forage de Kitambahou dépassent les 100 coliformes/100mL. Elles appartiennent alors à la classe III, ce sont des eaux trop polluées donc de mauvaises qualités. Elles sont impropres à la consommation humaine, alors les eaux de Kitambahou ne doivent être consommées qu'après un traitement spécifique très poussé.

Table 3 : Résultats des analyses microbiologiques

Localités	Coliforme totaux	Coliforme fécaux	<i>Escherichia Coli</i>
Bakin Zango	00	00	00
Bibila	05	00	00
Imboukar Nekalan	00	00	00
Inkinkaran	08	00	00
Irguine	00	00	00
Katoria	00	00	00
Kitambahou	TNT	TNT	00
Mini Mini	03	00	00
Tabani	34	00	00
Tassak Tajaé	00	00	00
Goundouroum	00	00	00
Tarwada	00	00	00

CONCLUSION

Le contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique a été réalisé à partir des analyses physico-chimiques et bactériologique. Cette étude met en évidence les différentes caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de la zone d'étude.

Les analyses physicochimiques montrent que les eaux de notre zone d'étude sont basiques ($6,48 < \text{pH} < 8,48$) et moyennement minéralisées dans l'ensemble. Les paramètres chimiques de qualité sont pour la plupart au-dessous de la norme de potabilité OMS, excepté en quelques points où des teneurs en FeT, et bicarbonates sont élevées et dépassant parfois largement la norme. Au vu des concentrations élevées en fer dans certains forages, il est impératif de prendre des dispositions visant à améliorer la qualité des eaux de consommation. Actuellement plusieurs méthodes d'élimination de fer sont développées. Parmi ces procédés on peut citer entre autres les procédés physico-chimiques basés sur l'emploi des oxydants plus ou moins forts (chlore, permanganate de potassium, l'oxygène et l'ozone), des procédés de précipitations, des procédés biologiques qui font intervenir des micro-organismes, des procédés catalytiques qui reposent sur un phénomène d'adsorption et d'oxydation à la surface d'un matériau spécifique et des procédés membranaires.

Quant aux résultats des analyses bactériologiques, ils ont fait sortir une grande prolifération des bactéries indicatrices de contamination d'origine fécale (Coliformes Totaux et Fécaux) et la qualité bactériologique est donc médiocre. Des procédés d'éliminations de ces bactéries doivent être effectués avant consommation tels que la méthode de désinfection communément appelée chloration choc ou bien la chloration continue, la méthode de lumière ultraviolette.

Cette étude a donné des résultats certes intéressants mais méritent d'être complétés par d'autres investigations notamment une étude des paramètres chimiques des métaux lourds, les pesticides ainsi qu'une étude bactérienne complète. Ces travaux permettront de disposer d'une base de données pour un suivi de la qualité physico-chimique et bactérienne des eaux souterraines du continental Hamadien/continental intercalaire.

Références

- [1] OMS (2017) : Directives de qualité pour l'eau de boisson, 4eme édition. ISBN 978-92-4-254995-9.
- [2] Matini.L, J.M. Moutou et M.S.Kongo-Mantono, (2009) : Evaluation hydrochimique des eaux souterraines en milieu urbain au Sud-Ouest de Brazzaville, Congo. Afrique SCIENCE 05 (1) (2009) 82-98.
- [3] Bricha S., K. Ounine, S. Oulkheir, N. El Haloui Et B. Attarassi (2007) : Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra, Maroc. Afrique SCIENCE 03(3), 391 – 404.
- [4] Gustave Nkurunziza (2013) : Etude de la qualité de l'eau de boisson le long de la chaîne de l'eau dans les ménages de trois régions du Burkina Faso : cas des villages de Kamboinsé, Koubri, Sikoro et Bapla. Mémoire pour l'obtention du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement option : eau & assainissement.
- [5] Hama Adamou, Abdou Salam Manzola, Haoua Amadou and Mahaman Sani laouali (2019) : International Journal of Advanced Research; 2019 ; Vol. 7; n°8; 828-835.
- [6] Hassane Saley Abdel kader (2018) : Evaluation des ressources en eau de l'aquifère du continental intercalaire /Hamadien de la région de TAHOUA (bassin des lullemeden, Niger) : impacts climatiques et anthropiques. Thèse de Doctorat en science de l'université paris-Saclay et grade de Docteur en sciences de l'université Abdou Moumouni de Niamey .296p.
- [7] Bureau des Nations Unies pour la coordination des affaires Humanitaires (2021) : Analyse trimestrielle, OCHA, Niger-Région de Tahoua.
- [8] Amadou Haoua, Mahaman Sani Laouali, Abdou Salam Manzola (2014) : Caractérisation hydro chimique des eaux souterraines de la région de Tahoua (Niger), Int. J. Biol. Chem. Sci. 8(4): 1904-1916.
- [9] Rodier Bernard Legude, Nicole Merles et coll. (2009) : l'analyse de l'eau 9ieme Edition, Ed.Dunod, Paris 1579p.
- [10] Mahamadou Hima Abdoulaye, Yahouza Zaneidou, Abdou Goumar, Amadou Haoua, (2024) : Etude De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique Des Eaux De Forages Privés, Destinés A La

Consommation Humaine Dans La Ville De Tahoua (Niger). Journal of Applied Chemistry ISSN: 2278-5736. Volume 17, Issue 1 Ser. I PP 12-25.

[11] Ruitiny M., Bechir, B. T. (2015): Elimination Of Iron By Processes Of Oxidation And By Adsorption On Coal Of Pine. International Journal Of Innovation And Applied Studies, 694-700.

[12] Dangeti S, Roshani B, Rindall B, Mcbeth, J.M; Wonjae C. (2017): Biofiltration Field Study For Cold Fe(II) And Mn (II) Rich Groundwater: Accelerated Mn(II) Removal Kinetics And Cold-Adpted Mn(II) Oxidizing Microbial Populations. Water Quality Research Journal 52(4): 229 -242.

[13] OMS (2011): Guidelines for drinking water quality, fourth edition, Geneva, 541p.

[14] Yahouza Zaneidou (2020) : Contribution à l'étude des eaux de Dan Daji : Etude des Mécanismes de précipitation des oxydes de fer et de la prévention des phénomènes d'entartrage. Thèse de doctorat unique de l'université Abdou Moumouni. Spécialité : Chimie Physique Option Traitement des eaux .155p.

[15] Boubakar Hassane A. (2010). Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique: Cas de la communauté urbaine de Niamey (NIGER). Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, p. 249.