

EVALUATION OF THE CHEMICAL AND BACTERIOLOGICAL PARAMETERS OF WELL AND BOREHOLE WATERS IN THE CITY OF NATITINGOU IN THE NORTH WEST OF BENIN

Evariste Tossou¹, Waris Kéwouyèmi Chouti^{1,2,*} and Sèmiyou Ossen³

¹Laboratoire de Chimie Inorganique et de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi, BP : 4521 Cotonou, Bénin,

²Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau (INE), Université d'Abomey-Calavi 01 BP : 526 Cotonou, Bénin,

³Laboratoire Kabba de Recherche en Chimie et Applications (LaKReCa), ENS- Natitingou

Received: 26 June 2022 / Accepted: 23 August 2022 / Published: 01 September 2022

ABSTRACT

The general objective of this research is to study the physico-chemical and bacteriological quality of the water supply sources in the Municipality of Natitingou. The methodological approach adopted revolves around the collection of data on sources of drinking water supply, water sampling, socio-anthropogenic data. The analysis of the results shows that water resources are not very diversified and are limited to rainwater and groundwater. The factors that explain the bacteriological pollution of these waters are linked to the conditions of transport and storage of water, the environment, the almost total absence of a wastewater management system and the behavior of the population. Chemical pollution is due to chemicals used in socio-economic activities and released into nature.

Key words: Municipality of Natitingou, drinking water, physico-chemical and bacteriological parameters, water-borne diseases, modes of contamination

Author Correspondence, e-mail : warischouti@yahoo.com

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.1253>



1. INTRODUCTION

L'eau de boisson est un élément vital pour l'homme, les sources d'approvisionnement de ces eaux de boissons sont très diversifiées. La potabilisation de ces eaux constitue pour l'homme un des enjeux majeurs. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes ne signifie pas qu'elle est exempte des matières polluantes, mais que leurs concentrations ont été jugées suffisamment faibles pour ne pas mettre la santé du consommateur en danger [1]. Les recherches précédentes de l'OMS ont montré que l'eau polluée contient des germes et agents pathogènes qui sont responsables de beaucoup d'affections d'origine hydrique [2]. Ces maladies d'origine hydrique empêchent de mener une vie saine et entraînent la mort des enfants de moins de cinq ans surtout [3]. Les maladies hydriques engendrées par ces problèmes d'eau sont liées à la pénurie [4].

Ainsi, la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson utilisée par la population a fait l'objet de nombreuses études qui ont montré les risques sanitaires et l'impact de la consommation d'une eau de qualité douteuse sur la santé humaine [5,6].

Le département de l'Atacora fait partie des zones où le taux d'accès à l'eau potable demeure faible. La commune de Natitingou se retrouve dans un département où les taux d'accès à l'eau potable sont les moins élevés du pays ; c'est aussi une Commune où le milieu urbain et le milieu rural cohabitent et se caractérisent chacun par ses propres modes d'approvisionnement. Pour répondre aux besoins en eau de ces populations, les acteurs du secteur ont recours à des puits, forages, borne fontaines et autres. Si ces ouvrages règlent à priori la question de la disponibilité de l'eau, la qualité de la ressource n'est pas toujours garantie. En outre, L'agriculture, via les intrants agricoles, contribue à la dégradation de la qualité des nappes et cours d'eau dans les zones périurbaines et rurales, [7,8]. Dans cette commune, la qualité de l'eau peut être considérablement détériorée, notamment en raison de l'intensification de l'agriculture et des types des pratiques culturales.

Diverses activités menées par les populations ne respectent donc pas les normes environnementales requises et par conséquent, fournir de l'eau saine pour la consommation humaine devient de plus en plus un problème au Bénin en l'occurrence, du fait de la contamination chimique des nappes [9]. Il importe donc que des actions soient entreprises

pour remédier à ce problème dans la ville de Natitingou située au nord-ouest du Bénin, la Commune de Natitingou s'étend entre les parallèles 10°07' et 10°30' de latitude nord et entre les méridiens 1°15' et 1°30' de longitude est.

La présente étude vise à analyser les paramètres chimiques et bactériologiques des eaux des puits et forages de la ville de Natitingou.

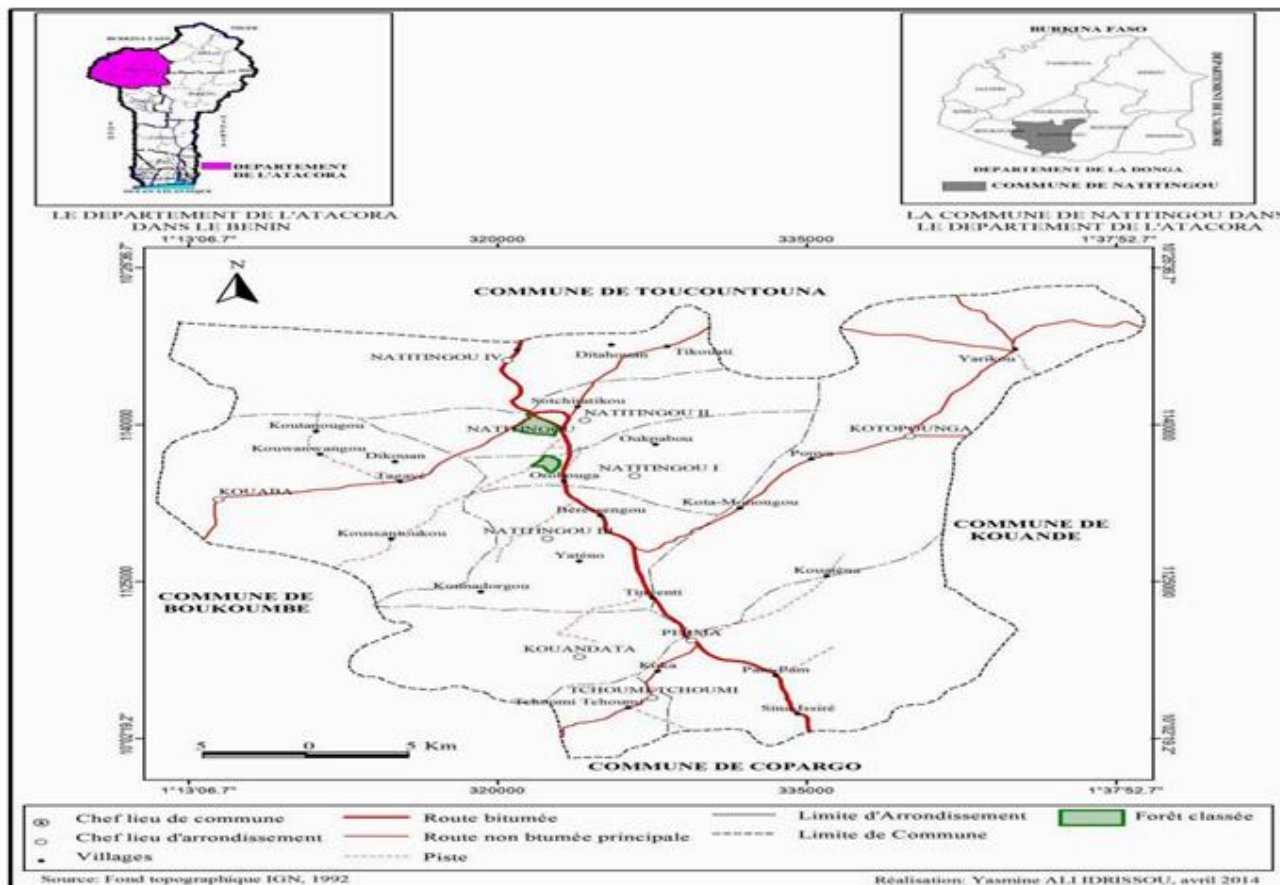


Fig.1. Situation géographique de la Commune de Natitingou

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES UTILISÉES

Dans le cadre de la présente étude, l'échantillonnage a pris en compte les trois arrondissements urbains de la ville de Natitingou. Au total, trente échantillons ont été prélevés dans vingt-six puits et quatre forages à savoir : huit (08) échantillons dans le premier arrondissement, dix-sept (17) échantillons dans le deuxième arrondissement et cinq (05) échantillons dans le troisième arrondissement et ce en fonction de la présence de ces puits et forages sur l'étendue du cadre de l'étude. Des sachets whirl-pack de 100 ml et des bouteilles

plastiques d'un litre ont servi respectivement à prélever les échantillons destinés aux analyses microbiologiques et aux analyses physicochimiques. Les échantillons prélevés sont stockés dans un réfrigérateur à 5 °C avant les analyses. Quant à la population étudiée, elle est constituée des chefs de ménage, de quelques autorités et de personnes ressources telles que des infirmiers pouvant répondre aux questions de santé liées à l'usage de l'eau.

Les paramètres chimiques déterminés pour cette étude sont les concentrations en NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , F^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mn , Fe , HCO_3^- , Mg^{2+} , Cl^- , et TH. Les méthodes d'analyses utilisées sont d'une part, la méthode de la titrimétrie (Ca^{2+} , Mn , HCO_3^- , Mg^{2+} , Cl^- et TH) et d'autre part, la méthode spectrophotométrique pour les autres.

Les paramètres bactériologiques des eaux de puits sont déterminés par la méthode de filtration sur une membrane filtrante. Après ensemencement sur le milieu de culture, puis incubation à 44,5 °C, chaque bactérie retenue sur la membrane donne naissance à une colonie. Les milieux de culture utilisés pour la recherche des germes sont : le milieu à base de Coliforme Agar pour les coliformes totaux et fécaux et celui à base d'Agar Sélectif pour les streptocoques fécaux.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Paramètres physicochimiques

Le tableau 1 donne les valeurs des paramètres physicochimiques étudiés.

Tableau 1. Paramètres physicochimiques

| Echantillons | | Température | pH | CE | TDS | Turb | Sal |
|--------------|----|-------------|------|-------|-------|------|-----|
| Nati 1 | S1 | 29,1 | 7,49 | 113,4 | 56,7 | 30,4 | 0 |
| | S2 | 29,2 | 7,18 | 51,5 | 25,75 | 5,62 | 0 |
| | S3 | 29 | 7,43 | 30,1 | 15,05 | 1,77 | 0 |
| | S4 | 29,1 | 7,55 | 53,9 | 26,95 | 0,68 | 0 |
| | S5 | 29,1 | 7,01 | 21,3 | 10,65 | 0,63 | 0 |
| | S6 | 29,1 | 6,92 | 36,4 | 18,2 | 1,15 | 0 |
| | S7 | 29,4 | 7,21 | 115,7 | 57,85 | 3,49 | 0 |
| | S8 | 29,4 | 7,8 | 152,7 | 76,35 | 8,57 | 0 |
| Nati 2 | S1 | 29,3 | 6,7 | 263 | 131,5 | 1,25 | 0 |

| | | | | | | | |
|--------|-------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
| | S2 | 29,5 | 6,73 | 245 | 122,5 | 1,85 | 0 |
| | S3 | 29,6 | 7,19 | 332 | 166 | 1,63 | 0 |
| | S4 | 29,5 | 6,98 | 196 | 98 | 0,9 | 0 |
| | S5 | 29,4 | 7,22 | 210 | 105 | 1,02 | 0 |
| | S6 | 29,5 | 7,61 | 58,1 | 29,05 | 3,09 | 0 |
| | S7 | 29,5 | 7,84 | 14,9 | 7,45 | 4,17 | 0 |
| Nati 3 | S1 | 29,5 | 7,7 | 146,8 | 73,4 | 2,06 | 0 |
| | S2 | 29,6 | 7,96 | 16,4 | 8,2 | 1,12 | 0 |
| | S3 | 29,5 | 7 | 28,8 | 14,4 | 1,41 | 0 |
| | S4 | 29,6 | 7,72 | 60,5 | 30,25 | 2,06 | 0 |
| | S5 | 29,7 | 7,84 | 80,4 | 40,2 | 6,6 | 0 |
| | Moyenne | 29,38 | 7,35 | 111,34 | 55,67 | 3,97 | 0 |
| | Ecart-type | 0,21 | 0,391 | 94,0761029 | 47,0380514 | 6,57998982 | 0 |

Le pH varie de 6,7 à 7,96 avec une moyenne de 7,35. La température varie très peu de 29 à 29,7. La conductivité électrique (CE), les TDS et la turbidité sont très faibles et indiquent que les eaux sont très peu chargées. La salinité est nulle : les eaux de Natitingou ne subissent aucune influence marine.

3.2. Etude de la répartition spatiale des paramètres chimiques

3.2.1. Les ions majeurs

La répartition spatiale du magnésium dans les arrondissements urbains de Natitingou montre des valeurs comprises entre 0,41 et 2,4 mg/L (Figure 5). Les faibles valeurs de Mg sont observées au voisinage de Ourbouga et au Nord des localités Bocoro et Kantchagou-Tamou tandis que les valeurs élevées s'observent au centre-ville de Natitingou.

Le calcium, quant à lui, varie de 0 à 12 mg/L. Comme le magnésium, les faibles valeurs du calcium Ca^{2+} sont observées au voisinage de Ourbouga et au Nord des localités Bocoro. Les plus fortes valeurs sont nettement observées au voisinage de Kantchagou-Tamou (Figure 6).

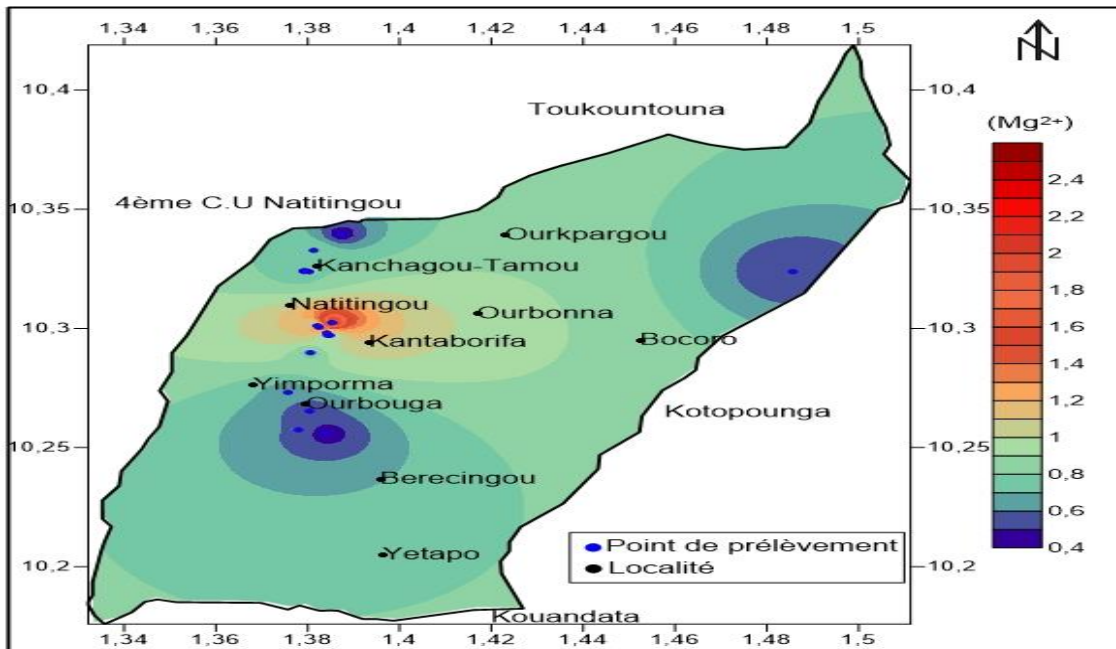


Fig.5. Répartition spatiale des taux de magnésium

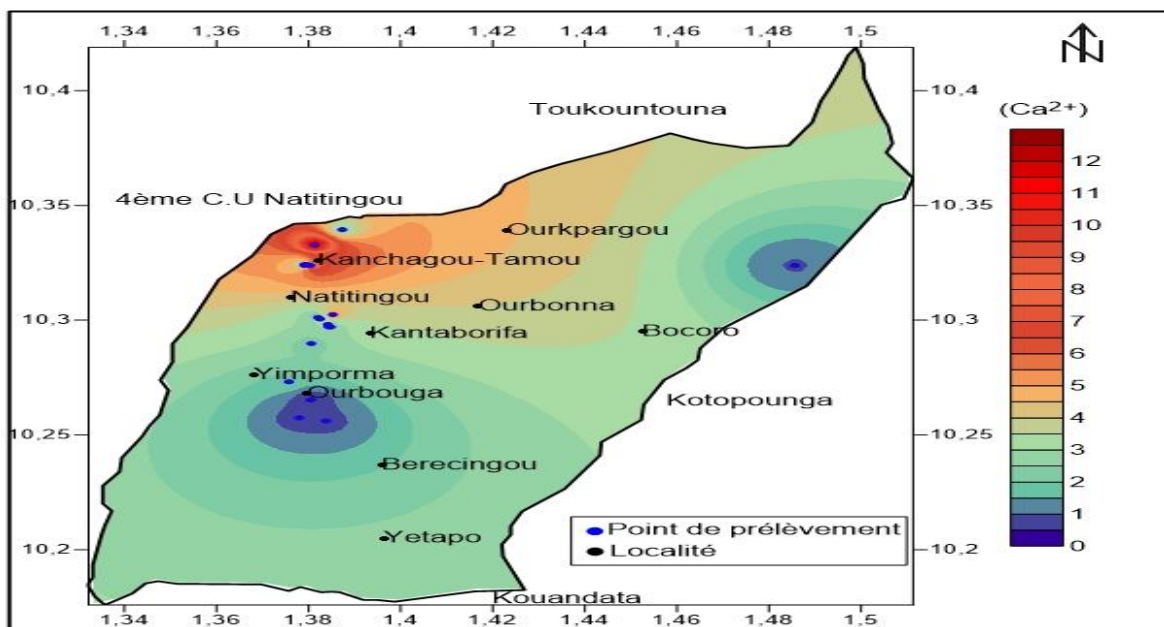


Fig.6. Répartition spatiale des concentrations de calcium

Il découle de la figure 7 que le titre hydrotimétrique (TH) des eaux souterraines est compris entre 2 et 34 mg/L. Les faibles valeurs de TH s'observent au voisinage de la localité de Ourbouga et au Nord des localités Bocoro, et les valeurs élevées sont enregistrées au voisinage de la localité de Kantchagou-Tamou et au centre-ville de Natitingou (Figure 7).

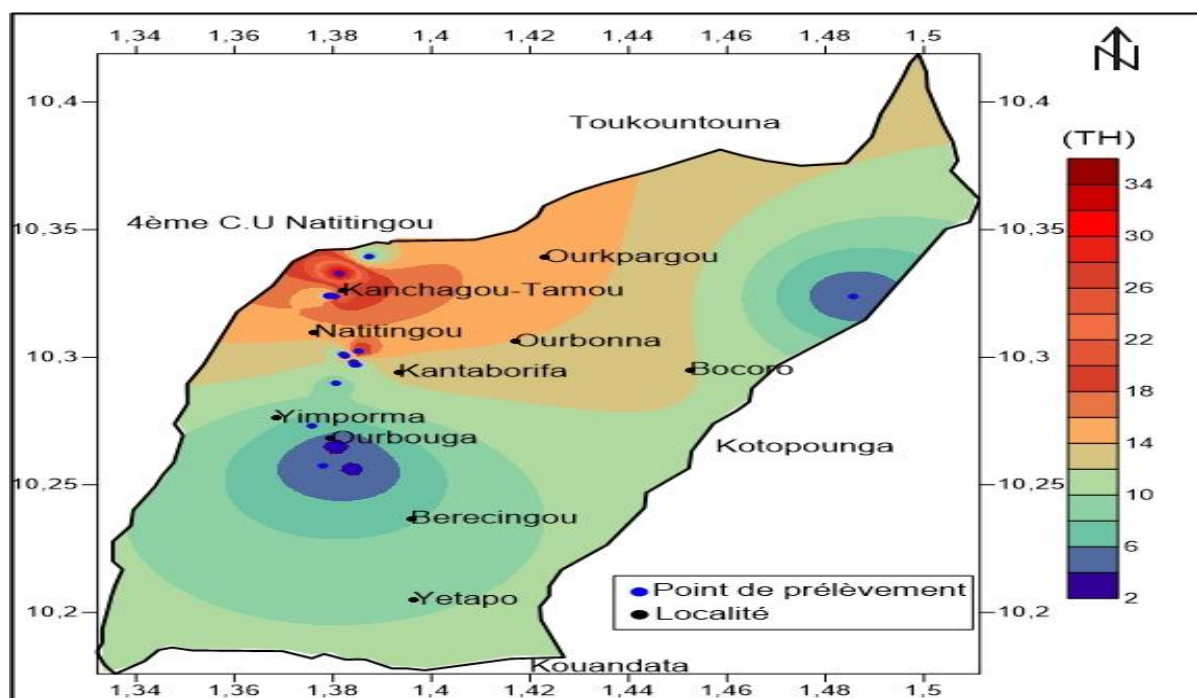


Fig.2. Répartition spatiale de la dureté TH

La répartition spatiale des ions chlorures dans les arrondissements urbains de la commune de Natitingou montre des valeurs qui sont comprises entre 3 et 18 mg/L. Les faibles valeurs de Cl^- sont observées dans les localités de Ourbouga et Yimporma tandis que les valeurs élevées le sont à Bocoro, Kantaborifa et Kantchagou-Tamou (Figure 8).

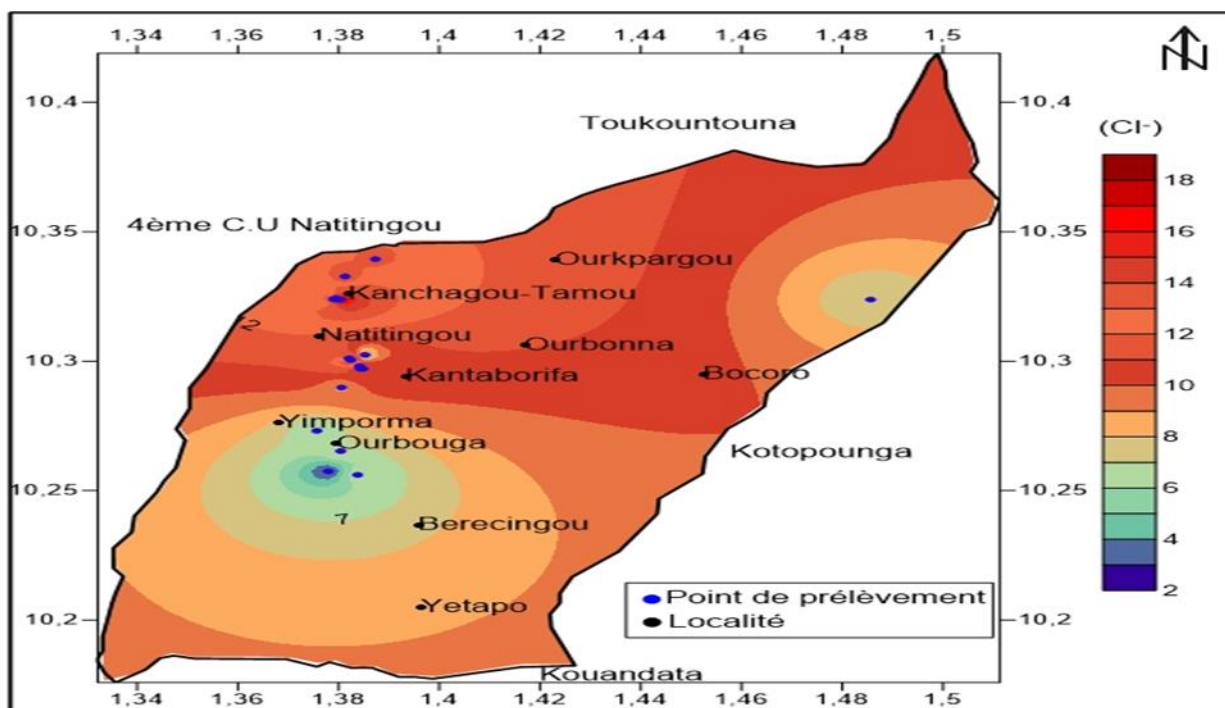


Fig.8. Répartition spatiale des ions chlorures

La figure 9 présente la répartition spatiotemporelle de l'ion fluorure dans les eaux souterraines avec des concentrations comprises entre 0,02 à 0,48 mg/L. Les faibles valeurs sont enregistrées au voisinage de la localité de Kanchagou-Tamou et au Nord de Bocoro. Les valeurs élevées sont enregistrées au voisinage de la localité de Ourbougou.

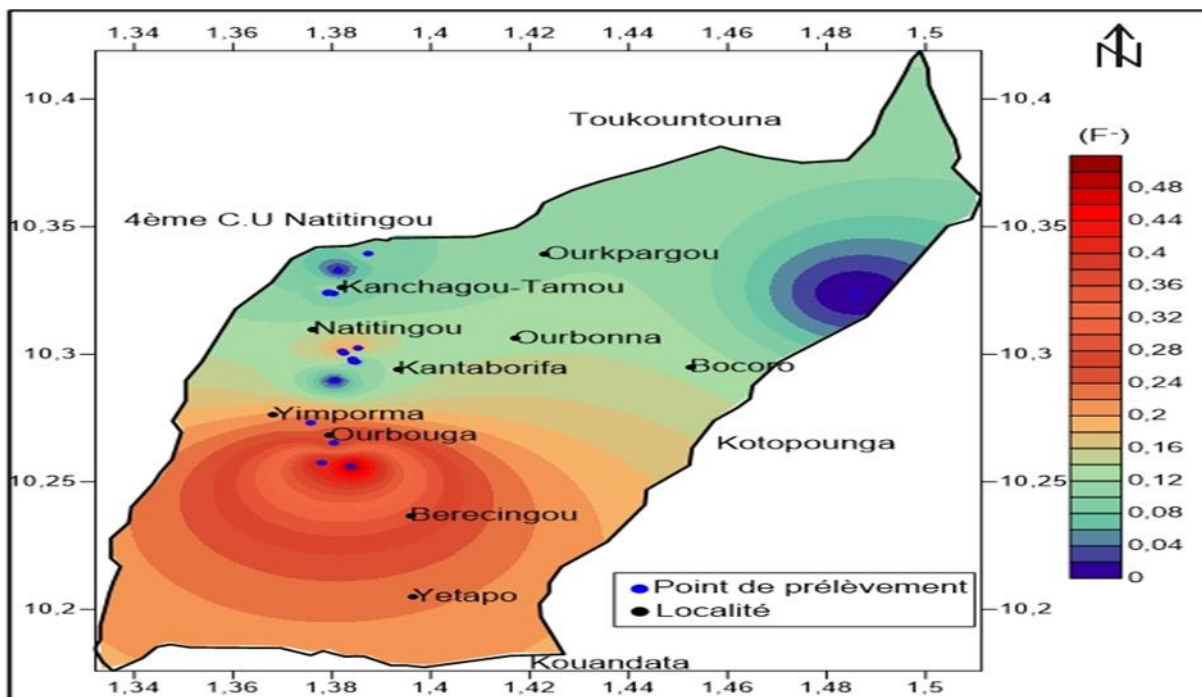


Fig.9. Répartition spatiale des ions fluorures

3.2.2. Les Eléments Traces Métalliques

La répartition spatiale du fer dans les arrondissements urbains de la commune de Natitingou montre des valeurs qui sont comprises entre 0 et 0,6 mg/L (Figure 10). Les faibles valeurs sont enregistrées sur l'ensemble du secteur d'étude à l'exception du Nord de Kantchagou-Tamou qui présente une valeur élevée du Fer.

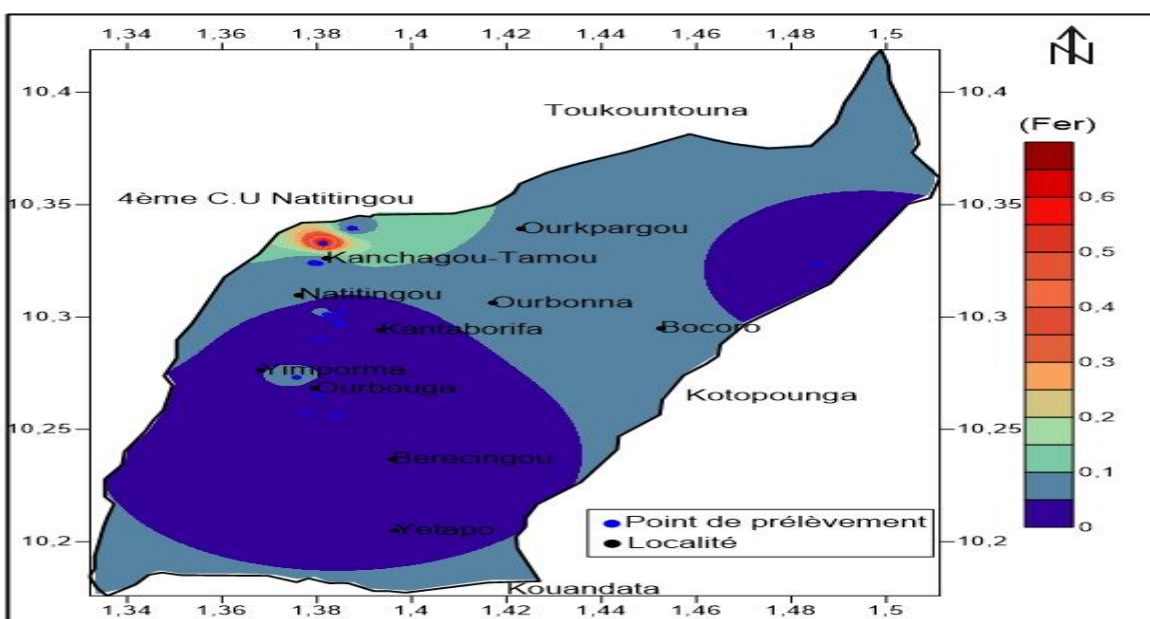


Fig.3. Répartition spatiale du fer dans les eaux

D'après la figure 11, on constate que le manganèse présente une même répartition spatiale que le fer. Ainsi, il varie de 0 à 0,9 mg/L. Les valeurs sont généralement faibles sur l'ensemble de la zone d'étude avec des valeurs élevée au voisinage du centre-ville de Natitingou.

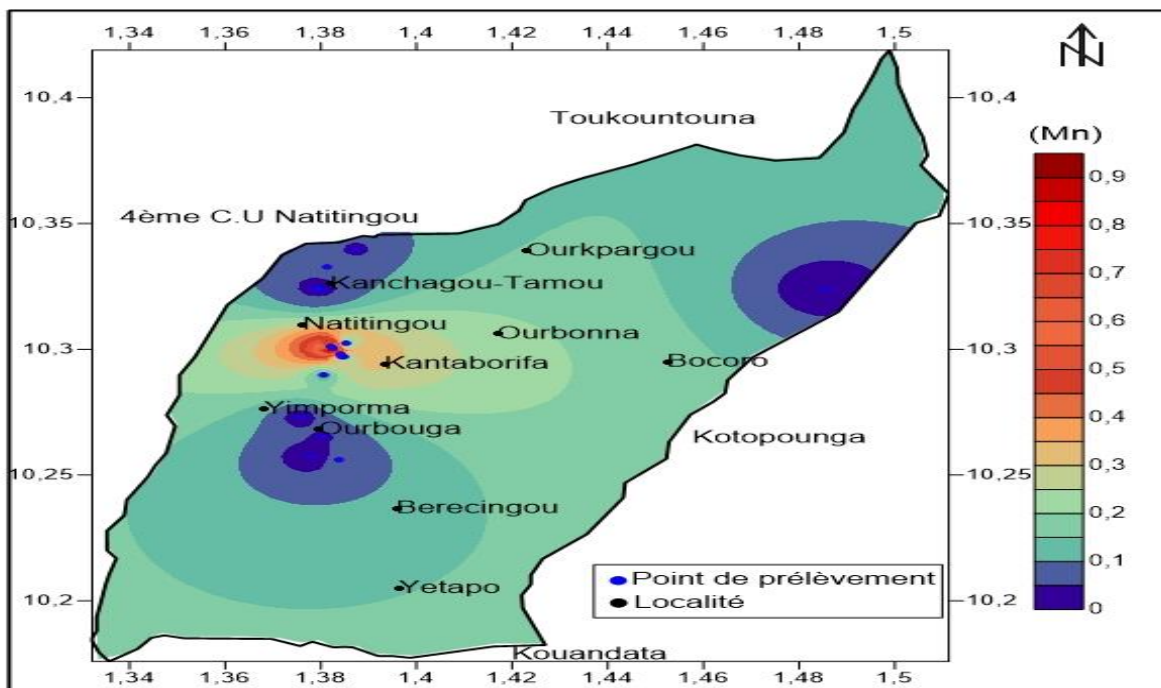


Fig.4. Répartition spatiale du manganèse dans les eaux

3.2.3. Les nutriments

La répartition spatiale de l'ammonium dans les eaux souterraines montre des valeurs comprises entre 0,03 et 0,23 mg/L. Les valeurs de NH_4^+ sont élevées dans les localités de Kantaborifa, Natitingou et Yimporima au centre et quasi nulles dans le reste du secteur d'étude (Figure 12).

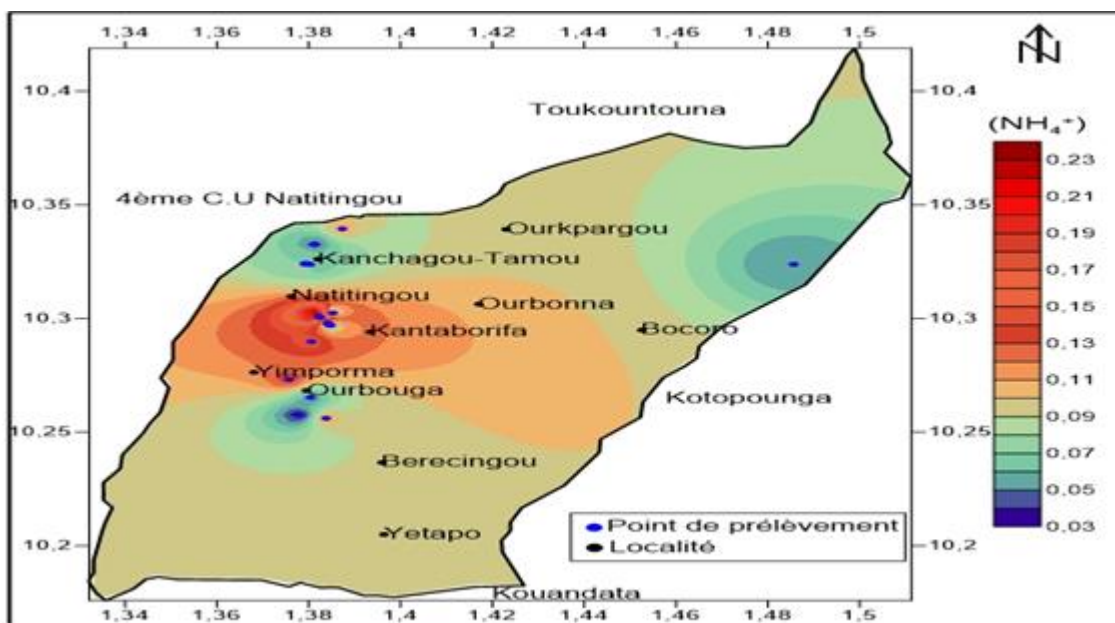


Fig.5. Répartition spatiale de l’ammonium

La figure 13 présente la répartition spatiotemporelle des nitrites dans les eaux avec des valeurs très faibles dans la zone d’étude oscillant entre 0 et 0,06 mg/L. Les valeurs un peu plus élevées se retrouvent au Nord de Kanchagou-Tamou et au Nord-Est de Bocoro.

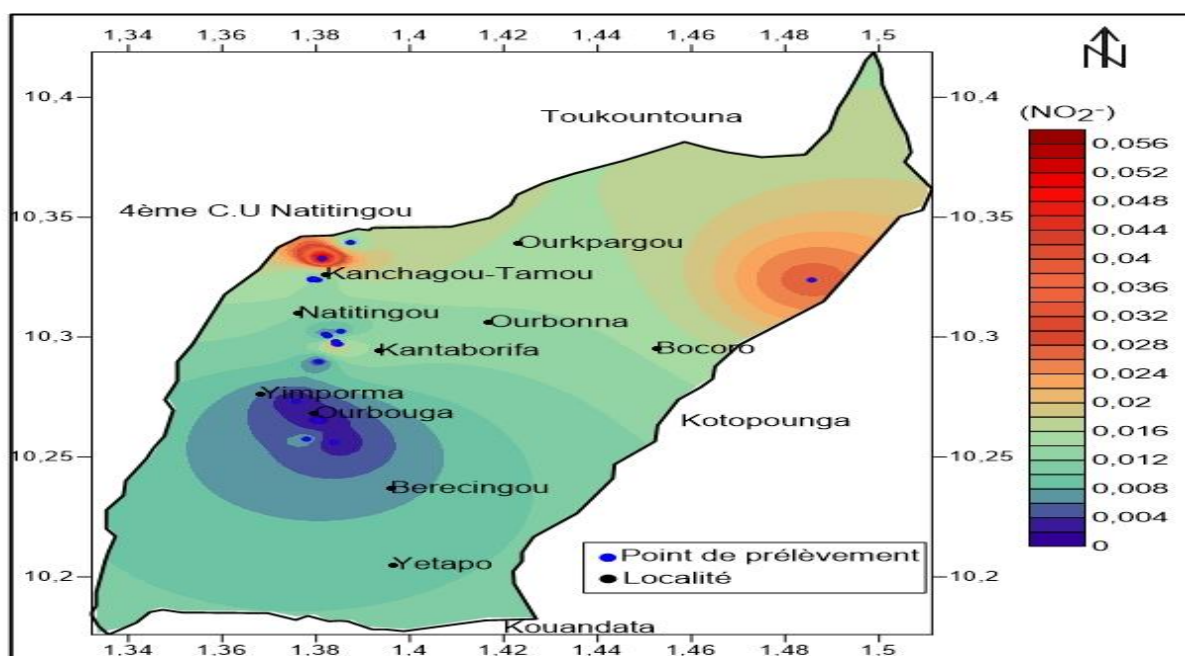


Fig.6. Répartition spatiale des nitrites

La figure 14 présente la répartition spatiotemporelle des nitrates avec des valeurs oscillant entre 0 et 12 mg/L. Les valeurs de NO_3^- sont faibles dans la région de Kanchagou-Tamou et au Nord du Bocoro. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au centre-ville de Natitingou vers la partie sud de la zone d'étude.

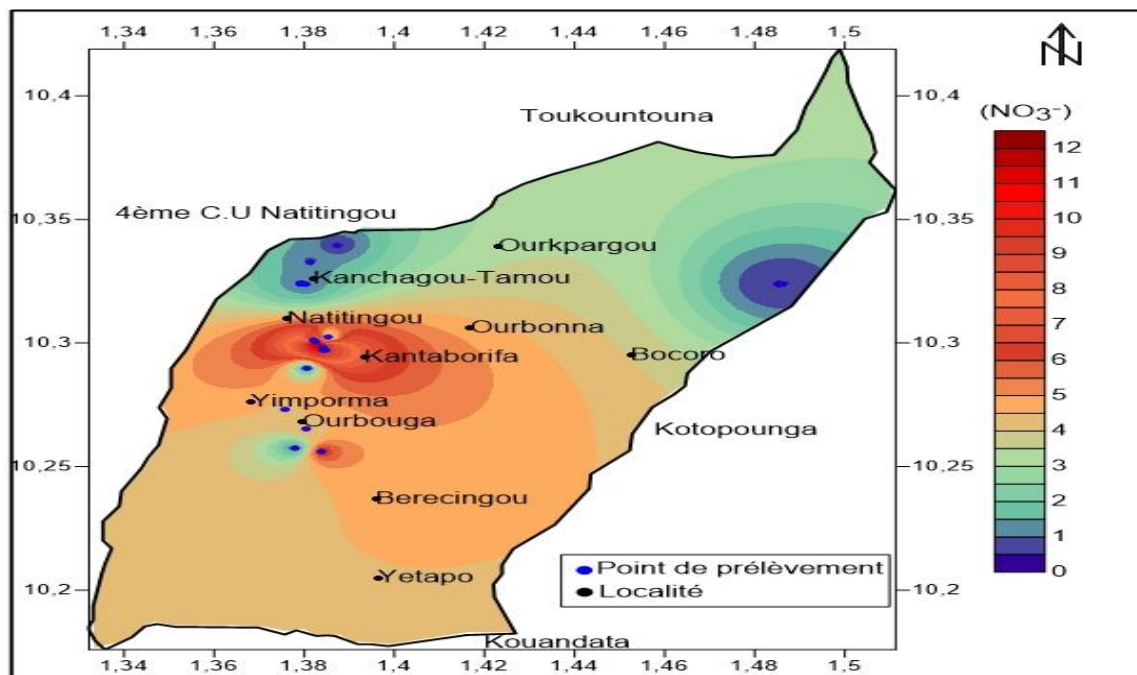


Fig.7. Répartition spatiale des nitrates

La figure 15 présente la répartition spatiotemporelle des phosphates dans les eaux. On constate que Les valeurs sont comprises entre 0,05 et 1,15 mg/L. Les valeurs PO_4^{3-} sont faibles dans la plupart des régions de la zone d'étude. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au sud de Ourbouga.

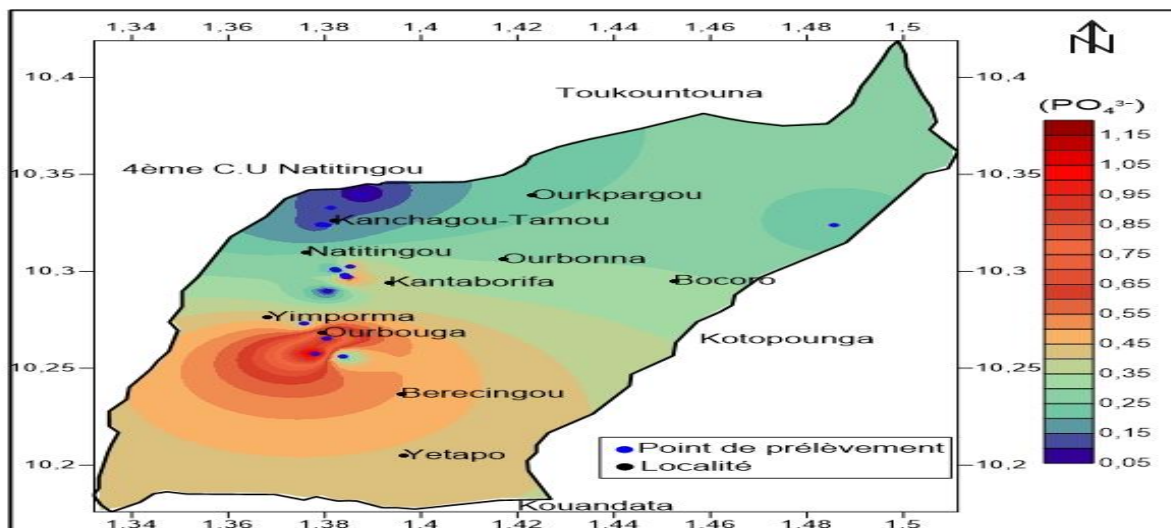


Fig.8. Répartition spatiale des Phosphates

D’après la figure 16 les ions sulfates varient de 0 à 6mg/L. Les eaux très faibles en SO_4^{2-} s’observent sur l’ensemble de la zone d’étude à l’exception du point situé au Nord de Kantchagou-Tamou qui présente des valeurs élevées.

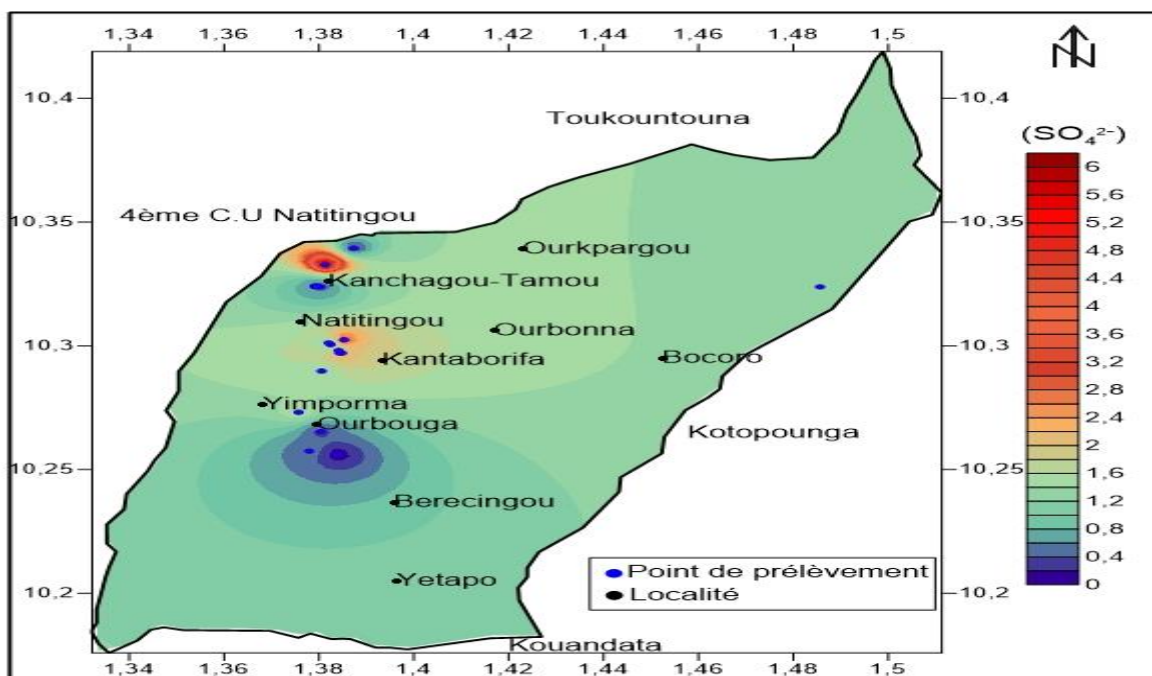


Fig.16. Répartition spatiale des sulfates

3.3. Analyse en composantes principales Normées (ACPN)

L'étude statistique à partir de l'ACPN donne de nombreux résultats.

Les variances exprimées pour chaque facteur sont : le facteur F1, avec une variance exprimée de 32,12 %, est le plus important de tous, ensuite viennent les facteurs F2, F3, F4 et F5, avec respectivement 20,15%, 13,93 %, 12,57 % et 7,27 % de la variance exprimée. Le cumul des cinq variances fait 86,04.

Dans le tableau I, les cinq facteurs traduisent l'essentiel des informations recherchées et permettent de représenter de manière significative le nuage de points car la somme de la variance exprimée par ces facteurs est de 86,04%. Chaque facteur est défini par un certain nombre de variables essentielles dans la mise en évidence du mécanisme de minéralisation des eaux. Ce tableau montre que le facteur F1, le plus important est défini par le TH et l'ion Ca^{2+} en opposition aux ions F^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ .

Tableau 2. Corrélations entre les variables et les facteurs

| Paramètres | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| NO_2^- | 0,30 | -0,08 | 0,16 | -0,65 | -0,41 | -0,11 |
| NO_3^- | 0,03 | 0,89 | 0,46 | 0,01 | -0,01 | 0,00 |
| NH_4^+ | -0,36 | 0,01 | -0,10 | -0,04 | 0,02 | -0,36 |
| PO_4^{3-} | -0,22 | -0,12 | 0,41 | 0,13 | -0,06 | 0,85 |
| Cl^- | 0,65 | 0,51 | -0,56 | -0,03 | 0,01 | 0,00 |
| SO_4^{2-} | 0,34 | -0,13 | 0,43 | -0,83 | -0,02 | 0,01 |
| F^- | -0,38 | 0,02 | 0,24 | 0,37 | -0,07 | 0,16 |
| Mn^{2+} | 0,17 | 0,83 | 0,18 | -0,08 | 0,24 | -0,21 |
| Fe^{2+} | 0,34 | -0,31 | 0,11 | -0,65 | -0,36 | -0,23 |
| Ca^{2+} | 0,99 | -0,11 | 0,00 | 0,01 | -0,13 | 0,00 |
| Mg^{2+} | 0,45 | 0,17 | 0,48 | -0,04 | 0,74 | 0,02 |
| TH | 0,99 | -0,07 | 0,08 | 0,01 | 0,02 | 0,00 |

3.4. Caractérisations bactériologiques des sources d’approvisionnement en eau

Les résultats obtenus après analyse bactériologique des échantillons d’eau au laboratoire sont consignés dans le tableau II. Ces résultats montrent que les eaux des arrondissements urbains de la commune de Natitingou sont contaminées par les germes banaux, coliformes fécaux et *Escherichia coli*.

Tableau 3. Taux de bactéries dans les eaux échantillonnées

| Zones | Echantillons | GB banaux (/100 mL) | Germes Coliformes fécaux (/100 mL) | <i>E coli</i> /100 UFC mL |
|--------|--------------|------------------------|--|---------------------------|
| Nati 1 | S1 | 2496 | 5860 | 180 |
| | S2 | 618 | 720 | 60 |
| | S3 | 360 | 960 | 20 |
| | S4 | 149 | 0 | 0 |
| | S5 | 788 | 14 | 0 |
| | S6 | 3580 | 1140 | 180 |
| | S7 | 320 | 1020 | 120 |
| | S8 | 280 | 360 | 300 |
| Nati 2 | S1 | 441 | 260 | 180 |
| | S2 | 1280 | 200 | 60 |
| | S3 | 1024 | 840 | 240 |
| | S4 | 824 | 180 | 100 |
| | S5 | 856 | 280 | 40 |
| | S6 | 1050 | 10 | 0 |
| | S7 | 2012 | 1640 | 840 |
| | S8 | 220 | 214 | 0 |
| | S9 | 640 | 2 | 0 |
| | S10 | 383 | 1260 | 430 |
| | S11 | 2880 | 4240 | 1360 |
| | S12 | 3090 | 3150 | 60 |

| | | | | |
|---------------|------------|------|------|------|
| | S13 | 192 | 210 | 20 |
| | S14 | 2432 | 630 | 100 |
| | S15 | 1744 | 1150 | 1080 |
| | S16 | 1940 | 840 | 600 |
| | S17 | 896 | 940 | 510 |
| Nati 3 | S1 | 897 | 1 | 0 |
| | S2 | 29 | 0 | 0 |
| | S3 | 12 | 0 | 0 |
| | S4 | 416 | 220 | 0 |
| | S5 | 491 | 320 | 60 |

3.5. Discussion

Les ressources en eau disponibles dans le monde sont exposées constamment à de forts prélèvements liés à la croissance démographique. La qualité de ces ressources en eau est donc compromise et réduit la possibilité de l’approvisionnement en eau potable. En effet, les résultats physico-chimiques obtenus au cours de cette étude ont révélé que les valeurs des paramètres testés (chlorures, Calcium, TH, fluorure, Nitrates, nitrites, ammonium, phosphate, sulfate manganèse, Fer) ne sont pas toutes conformes aux normes admises et par conséquent montrent que la quasi-totalité des puits et forage renferment des eaux d’une qualité physico-chimique assez douteuse. Les valeurs obtenues sont supérieures à celles enregistrées dans les eaux du forage de Hounhouè à l’exception du fer [6]. En outre, les fortes teneurs en fer dans les eaux souterraine sont dues aux formations géologiques de la région [10]. Donc la faible valeur du fer enregistrée est due à la nature géologique de la région. Le fer et le manganèse étant fortement liés, le manganèse présente une même répartition spatiale que le fer. Ainsi, leurs présences dans les eaux souterraines peuvent être dues au lessivage du sol observé au niveau du centre-ville de Natitingou. En revanche, dans la ville de Natitingou, on retrouve des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés en argile, lessivés en sesquioxides sur gneiss à muscovite et de grosses muscovites sur quartzite et micaschiste atacorians ou sur roches basiques ; des sols ferrugineux tropicaux lessivés concrétionnés sur matériaux

kaolinites issus de quartzites et micaschistes atacorien. La présence des ions calcium et bicarbonates dans l'eau provient de l'altération des carbonates [11].

La forte corrélation du TH et l'ion Ca^{2+} montre que la dureté des eaux est due à la forte concentration du calcium. L'hydrolyse des minéraux alumino-silicates, riches en Ca^{2+} comme l'anorthite est à l'origine de la minéralisation calcique des eaux du socle [12]. Ces minéraux enregistrés dans les eaux proviennent de l'hydrolyse des minéraux présents dans les roches qui constituent le substratum rocheux des aquifères qui abritent les eaux de la région : l'hydrolyse étant un processus lent. Les composés azotés proviennent de la dégradation de la matière organique par les microorganismes dans les couches superficielles du sol, avec production de CO_2 et entraînés ensuite en profondeur avec les eaux d'infiltration [13]. Mieux, les ions NO_3^- présents dans la nature et faisant partie du cycle de l'azote, représentent la forme la plus soluble de l'azote. Principalement utilisés comme engrais inorganiques pour la croissance des plantes et la synthèse de composés azotés organiques, les nitrates en excès peuvent se retrouver rapidement dans les eaux souterraines. Les déchets contenant de l'azote organique constituent aussi une source de nitrates obtenus à partir des différents processus biochimiques (ammonification et nitrification) [14-16]. Ce plan met en évidence les échanges superficiels qui se déroulent entre les eaux du site et les eaux de ruissellement issues des précipitations et du drainage des sols.

Les résultats Bactériologiques obtenus au cours de cette étude ont révélé que les eaux de puits ou de forage consommé dans la Commune de Natitingou ne répondent pas en général aux normes de l'OMS. Cela peut être attribué aux mauvaises conditions d'hygiène enregistrées dans la Commune. La mauvaise qualité des eaux est due à la contamination de la nappe phréatique par la proximité des latrines, des ordures et des eaux usées. Ce dernier aspect, corrobore avec les résultats obtenus dans l'Atacora où sont identifiés les problèmes liés à l'hygiène et à l'assainissement des communautés rurales [17]. L'auteur a analysé également les comportements des communautés des zones rurales de l'Atacora face à l'eau de boisson. Il a ensuite établi des relations entre le manque d'hygiène et d'assainissement et les maladies surtout hydriques.

La contamination bactérienne, d'origine humaine et animale, de l'ensemble des eaux de

boisson dans le secteur d'étude, pourrait engendrer des effets néfastes sur la vie et la santé de la faune et de la flore [18, 19]. Elle peut aussi provoquer la transmission de nombreuses maladies infectieuses et parasitaires à transports hydriques notamment : le choléra, la typhoïde, l'hépatite, la bilharziose, le paludisme, la gastro-entérite, la shigellose [20] et des intoxications alimentaires par la consommation des cultures maraîchères [21]. Cette situation pose ainsi le problème de déficit des outils de gestion des ressources en eau et des déchets ménagers. Il urge donc de prendre des dispositions idoines pour une meilleure gestion des ressources en eau au Bénin en général et à Natitingou en particulier.

4. CONCLUSION

La présente étude s'est consacrée à la question de la qualité de l'eau consommée par les populations de la Commune de Natitingou. Les résultats physico-chimiques et bactériologiques obtenus au cours de cette étude ont révélé la présence de germes pathogènes d'origine fécale et animale dans la totalité des eaux non traitées. Les facteurs qui expliquent cette pollution bactériologique de ces eaux sont liés aux conditions de transport et de stockage de l'eau, à l'environnement, à l'absence quasi-totale d'un système de gestion des eaux usées et aux comportements de la population. Un partenariat entre les différents acteurs concernés, l'utilisation de moyens d'animation sanitaire adéquats et des méthodes participatives concourent à l'adoption de ces nouveaux comportements. Toutefois, une plus grande décentralisation et responsabilisation des acteurs locaux ne doit enlever à l'Etat sa responsabilité générale, notamment dans la mission qui lui revient d'assurer à tous le droit à l'eau.

5. REFERENCES

- [1] Lanjri F, Brigi J, El Cadi A, Khaddor M, and Salmoune F. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger (Physico-chemical and bacteriological characterization groundwater of Tangier). *Mater. Environ. Sci.*, **2014**, 5 (S1) (2014).
- [2] Agnadomi F. Aspects socio-sanitaires des projets d'approvisionnement en eau potable et

d'assainissement en milieu rural : cas du département de l'OUEME. **1999**, 82 p.

[3] OMS. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Quatrième édition. Publication Organisation Mondiale de la Santé. Genève, Suisse. **2011**, pp.307-447.

[4] Hodé B. A. Déterminants environnementaux des maladies liées à l'eau dans la commune de Sô-Ava. Mémoire de master, **2011**, 92p.

[5] Lagnika M, Moudachirou M, Montcho J, Wotto V, and Sakiti G. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè, Benin. *Journal of Applied Biosciences*, 2014, 79:6887 – 6897.

[6] Adekê H. Analyse des dépôts issus des eaux souterraines par la spéciation dans l'Arrondissement de Dêkin, Commune de Dangbo (Sud-Bénin), **2017**, 77 p.

[7] Bricha S, Ounine K, Oulkheir S., El Haloui N, and Attarassi B. Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de la nappe phreatique M'nasra, Maroc. *Afrique SCIENCE* 03(3), **2007**, 391 – 404.

[8] Aka N, Bamba S, Soro G, and Soro N. (**2013**). Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d'alterites sous climat tropical humide : cas du departement d'abengourou (sud-est de la cote d'ivoire). *Larhyss Journal*, 16, 2013, 31-52.

[9] N'Tcha T. Hydrogéochimie des aquifères et des sols dans la commune de Natitingou et état de leur pollution par les métaux toxiques. Diplôme D'Etudes Approfondies, FAST, UAC, **2010**, 100p.

[10] Ahoussi K, Youan M, Loko S, Adja M, Lasm T, and Jourda J. Étude hydrogéochimique des eaux des aquifères de fractures du socle Paléoproterozoïque du Nord-Est de la Côte d'Ivoire : Cas de la région de Bondoukou. *Afrique SCIENCE* 08(3), **2012**, 51 – 68.

[11] Gbolo P, López D. Chemical and geological control on surface water within the Shade River watershed in southeastern Ohio. *Journal of Environmental Protection*, 4, **2013**, 1-11.

[12] Ahoussi K, Koffi Y, Kouassi A, Soro G, Soro N, and Biemi J. (Étude des caractéristiques chimiques et microbiologiques des ressources en eau du bassin versant du N'zi : cas de la commune de N'zianouan (Sud de la Cote d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(4), **2012**, 1854-1873.

[13] Ahoussi K. Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eau dans le sud de la

Cote d'Ivoire. Application de l'hydrochimie et des isotopes de l'environnement a l'étude des aquifères continus et discontinus de la région d'Abidjan-Agboville, mem. de thèse de l'Univ. de Cocody, option hydrologie, hydrogéologie, **2008**, 270 p.

[14] Tindall J, Petrusak R, and Mc Mohan P. Nitrate transport and transformation process in unsaturated porous media. *J. Hydrol.*, 169, **1995**, 51-94.

[15] Aghzar N, Bellouti H, and Souidi B. Pollution nitrique des eaux souterraines au Tadla (Maroc). *Rev. Sci. Eau*, 15(2), **2001**, 459-492.

[16] Amadou H, Mahaman S, and Abdou S. Caractérisation hydro chimique des eaux souterraines de la region de Tahoua (Niger). *Journal of Applied Biosciences* 80, **2014**, 7161 – 7172.

[17] Sama J. La problématique de l'hygiène et de l'assainissement face à la consommation d'eau potable en milieu rural dans le département de l'Atacora. Mémoire de DEA, EDP/FLASH/UAC, **2006**, 128p.

[18] Koukal B, Dominik J, Vignati D, and Arpagaus P. Environnement pollution, 131, **2004**, 163-172.

[19] Sohounnon M. Qualité de l'Eau de Boisson et Risques Toxicologiques dans la Commune d'Allada au Bénin. Thèse de Doctorat, UAC, **2017**, 211 p.

[20] OMS. Impact de la décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement sur les maladies diarrhéiques. Genève, **1990**, 17 p.

[21] Talouizte H, Merzouki M, and El Ouali L. Evolution de la charge microbienne de la laitue irriguée avec les eaux usées urbaines de la ville de Fès au Maroc. *Tribune de l'eau*, 624, **2008**, p. 51-61.

EVALUATION DES PARAMETRES CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES DES EAUX PUIITS ET FORAGES DE LA VILLE DE NATITINGOU AU NORD OUEST DU BENIN

RÉSUMÉ

L'objectif général de cette étude a été d'étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des puits et forages de la ville de Natitingou. L'approche méthodologique adoptée s'est articulée autour de la collecte des données sur les puits et forages, les prélèvements d'échantillon d'eau, les données socio-anthropiques. Il ressort de l'analyse des résultats que, les ressources en eau sont peu diversifiées et se résument aux eaux pluviales et souterraines. Les facteurs qui expliquent la pollution bactériologique de ces eaux sont liés aux conditions de transport et de stockage de l'eau, à l'environnement, à l'absence quasi-totale d'un système de gestion des eaux usées et aux comportements de la population. La pollution chimique quant à elle, est due aux produits chimiques utilisés dans les activités socioéconomiques et rejetés dans la nature.

Mots clés : Commune de Natitingou, eau de consommation, paramètres physico-chimique et bactériologique, maladies hydriques, modes de contamination.