

Étude préliminaire de la pollution bactériologique des eaux des aquifères discontinus du socle du département de Tera /Liptako nigérien

Boureima OUSMANE^{1*}, Soumana DJIBO², Issa SOUMANA³ et Amadou SOUSSOU²

¹Département de géologie, Faculté des Sciences, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

²Centre de Recherche sur les Méningites et les Schistosomiasés (C.E.R.M.E.S.), Niger

³Projet d'Appui au CNEDD, Niger.

* Correspondance, courriel : bousmane48@yahoo.fr

Résumé

Dans le cadre de l'étude destinée à la recherche des facteurs qui seraient à la base de la désaffectation de plusieurs points d'eau modernes (puits et forages) par les populations bénéficiaires, parallèlement aux prélèvements des eaux pour les analyses chimiques, il a été pris 25 échantillons pour des analyses bactériologiques. Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur les eaux de ces 25 forages sur les 27 forages échantillonnés, ont révélé que près de 32 % parmi elles ont des teneurs bactériologiques (germes totaux, coliformes totaux et fécaux, et streptocoques fécaux) qui dépassent les normes bactériologiques pour les eaux de boisson.

Ainsi, ces eaux sont inaptes, sur le plan bactériologique, à la consommation humaine. Cette étude a permis de mettre en évidence l'existence effective d'une pollution bactériologique, de grande ampleur, des eaux des points d'eau modernes, jusque là insoupçonnée. Cette pollution bactériologique, en plus de son impact négatif sur le taux de desserte en eau potable des populations du Département de Tera, déjà très faible, 31%, par rapport à la moyenne nationale estimée à 53 %, montre la persistance des risques des maladies d'origine hydrique liées à ce type de pollution dans la région.

Mots-clés : *aquifère discontinu, taux de desserte, pollution bactériologique, maladie hydrique.*

Abstract

Preliminary study of bacteriological pollution of water from discontinuous aquifers of the basement in the department of Tera / Liptako Niger

In the framework of the study carried out to determine factors that would be at the basis of the disaffection of many modern water points (wells and boreholes) by the beneficiary populations, together with water sampling for chemical analysis. In addition 25 samples have been taken for bacteriological analysis. The results of bacteriological tests conducted on the waters from 25 wells of the 27 sampled wells, showed that nearly 32 % of them have bacterial levels (total germs, total coliforms and fecal streptococci and coliform) that exceed the bacteriological standards for drinking water. Thus, on the bacteriological point of view, these waters are not suitable for human consumption.

This study has highlighted the existence of an unsuspected large-scale bacteriological pollution of modern water points. The bacteriological pollution, in addition to its negative impact on the rate of drinking water supply of populations from the Department of Tera, already very low, 31 %, compared the national average estimated at 53 %, shows the persistence of disease risk waterborne related to this type of pollution in the region.

Keywords : *discontinuous aquifer, rate of supply, bacteriological pollution, waterborne disease.*

1. Introduction

La lutte contre la forte prévalence des maladies d'origine hydrique, premières causes de mortalités et de morbidités dans les zones rurales des pays en développement, dues à la consommation des eaux de boisson de mauvaises qualités physico-chimique et/ou bactériologique, est l'un des objectifs des programmes d'hydraulique villageoise. Malheureusement, plusieurs points d'eau modernes (puits et forages), réalisés par l'État avec l'appui des partenaires au développement dans le Département de Téra, pour améliorer et pérenniser l'accès à l'eau potable aux populations, depuis la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA 1980-1990), sont désaffectés par les populations bénéficiaires. Il s'agit d'une réelle préoccupation pour les pouvoirs publics et les populations de cette région, car le taux de couverture en eau potable est l'un des plus faibles du pays, 31 % contre 53 % pour la moyenne nationale. Aussi, il a été entrepris dans le cadre du Projet de l'Expérimentation de la GIRE au Niger, dans l'Unité de Gestion des Eaux du Fleuve Niger/Liptako, une étude de contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de 27 forages sélectionnés, afin de déterminer les causes des abandons des points d'eau modernes. Cet article, qui porte sur l'analyse des paramètres bactériologiques des eaux de 25 des 27 points d'eau modernes (forages et puits), sélectionnés, vise à cerner l'état de la qualité bactériologique des eaux souterraines du Département de Téra et son rôle éventuel dans la désaffectation de certains ouvrages.

2. Présentation de la zone d'étude

Le département de Téra, situé dans l'extrême Ouest du pays, le Liptako nigérien, entre 12°15' et 15° de latitude Nord et 0°15' et 1°45' de longitude Est, couvre une superficie de 14 828 km² pour une population d'environ 450.000 habitants. Au plan administratif, le Département de Téra appartient à la région de Tillabéry, il comprend deux postes administratifs, Gothey et Bankilaré, et huit communes dont une urbaine et sept rurales. Elles sont réparties dans les cinq cantons et quatre groupements nomades (*Figure 1*).

Le climat du Département, de type sahélien, est caractérisé par une saison pluvieuse de 3 à 4 mois (juin à septembre) suivie d'une longue saison sèche d'octobre à mai-juin. Les hauteurs pluviométriques annuelles, très variables dans l'espace et dans le temps, ont des valeurs moyennes interannuelles variant de 537 mm dans la partie extrême sud du Département à 309 mm dans l'extrême nord. La température moyenne annuelle est de 30°C avec des valeurs moyennes annuelles maximales qui dépassent les 45°C en avril-mai. La hauteur moyenne inter-annuelle de l'évapotranspiration potentielle est de 2096.7 mm pour la période 1978-1994, à la station synoptique de Tillabéry. Ces facteurs climatiques sévères limitent la recharge directe des nappes et favorisent la reprise rapide des eaux de surface.

Sur le plan hydrologique, la région est arrosée par le fleuve Niger, bordant toute sa limite Est et par trois de ses principaux affluents de la rive droite : le Gorouol, le Dargol et la Sirba, dont les volumes des

écoulements annuels sont respectivement de $120 \cdot 10^6$, de $160 \cdot 10^6$ et de $680 \cdot 10^6$ m³. Par ailleurs, on dénombre plusieurs mares permanentes, semi-permanentes et temporaires, ainsi que des retenues artificielles (barrages, ponts-barrages et seuils d'épandage) dans la région.

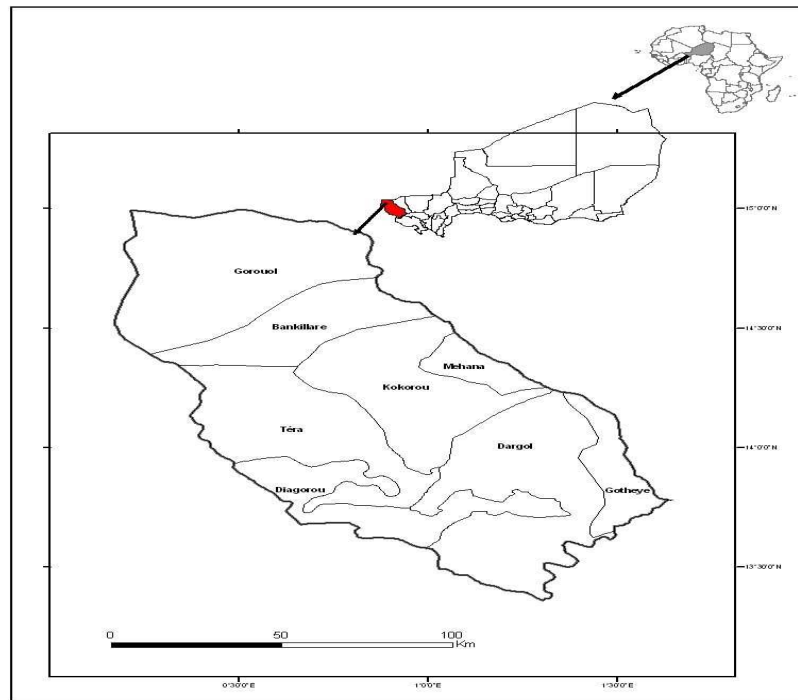


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

Sur le plan géologique, le Département de Téra appartient au socle précambrien du Liptako, extrémité nord orientale de la dorsale de Man [1] (Figure 2).

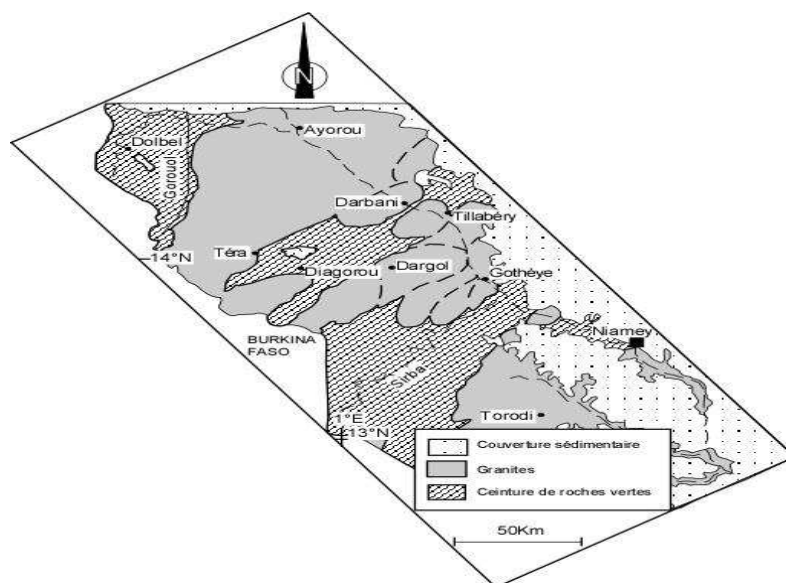


Figure 2 : Carte représentant les principaux ensembles géologiques du Liptako [3].

Les formations du socle comprennent :

- des migmatites, des leptynites, des granites variés appartenant au Pré-Birimien, qui sont très souvent en enclaves dans les formations du Birimien;
- des granitoïdes (granodioritiques, de diorites quartzitiques, et des granites variés), des séries vertes (schistes paradérivés, metabasites, méta-ultrabasites) qui sont attribués, au Birimien (2300 à 2000 Ma);
- des grès arkosiques, des grès quartzitiques et des conglomérats appartenant à l'Infracambrien ou au néo-Protérozoïque.

On y trouve, au dessus du socle, des roches de couverture composées par des grès, des argiles plus ou moins sableuses et des formations oolithiques, attribuées au Continental Terminal (CT3), d'âge Mio-Pliocène (23 à 2 Ma) [1], cependant elles sont peu développées dans la zone de l'étude.

Enfin, on trouve des dépôts superficiels reposant en discordance, localement, sur les formations du socle et/ou sur les roches de couverture. Ils sont constitués par des colluvions, de la cuirasse latéritique, des sables et des argiles plus ou moins sableuses.

La principale structuration des formations du socle du Liptako est liée à la mise en place des plutons granitoïdiques [2,3]. L'étude des fractures cisailantes dextres et sénestres et des failles inverses ou normales ont permis de mettre en évidence quatre (4) phases de déformations notées de D1 à D4, correspondant à des épisodes compressifs avec les directions : NW-SE, E-W et N-S, et à un épisode extensif de direction : N-S [2].

Sur le plan hydrogéologique, on trouve deux systèmes aquifères dans le Département de Téra qui sont : les aquifères discontinus du socle et les aquifères superficiels.

- Les aquifères discontinus, ils sont contenus dans les horizons fracturés, fissurés et/ou altérés des formations granitoïdes et des roches vertes du socle précambrien. Les taux de réussite varient de 50 à 91 % dans les formations granitoïdes et de 80 à 98 % dans les roches vertes. Les débits moyens varient respectivement de 2,3 à 4,1 m³/h et de 3,7 à 7,6 m³/h. Les profondeurs des différents ouvrages varient de 24 à 85 m, avec une puissance de 0 à 9 m pour les altérités et de 0,5 à 12 m pour les dépôts superficiels. Les niveaux piézométriques, peu profonds, varient de 0,36 à 15 m. Enfin, les paramètres physico-chimiques des eaux des différents aquifères sont très variables d'un aquifère à l'autre ou au sein d'un même aquifère [4-6].
- Les aquifères superficiels sont localisés dans les alluvions du Fleuve Niger et des fonds des cours d'eau temporaires, koris, et des mares. Les épaisseurs et la lithologie de ces alluvions peuvent varier d'un point à l'autre, ce qui confère à ces aquifères des propriétés hydrodynamiques et hydro chimiques très différentes. Ces aquifères, très sensibles aux précipitations annuelles et aux diverses sources de pollutions, continuent à être très sollicités pour divers usages, dont l'alimentation eau des populations, l'abreuvement des animaux et la petite irrigation.

3. Matériel et méthodes

3.1 Matériel

Vingt cinq (25) sur les vingt sept (27) forages échantillonnés à partir des critères de sélection des ouvrages, basés essentiellement sur les appréciations des propriétés organoleptiques de leurs eaux par les consommateurs, ont fait l'objet de prélèvement pour l'étude de la qualité bactériologique de leurs eaux.

3-2. Méthodes

3-2-1. Conditions de prélèvement et de transport des échantillons d'eau pour les analyses bactériologiques

Dans chaque ouvrage, il été prélevé un échantillon d'eau dans deux bouteilles en verre lavées et stérilisées de 250 ml, en observant toutes les précautions protocolaires prévues à cet effet, pour éviter toute contamination éventuelle. Ces flacons sont aussitôt placés dans une glacière à une température de 2 à 4°C jusqu'au laboratoire, où ils ont été conservés au réfrigérateur à 4°C en attendant leurs analyses.

3-2-2. Analyses bactériologiques

Les échantillons sont filtrés sur 4 membranes (Sartorius) en raison de 100 mL/litre. Les membranes sont ensuiteensemencées dans des boîtes sur les milieux de cultures (Sartorius) suivants :

- 1 milieu Standard (pour le dénombrement des germes totaux) ;
- 1 milieu Azide (pour le dénombrement des streptocoques fécaux) ;
- 2 milieux Tergitol TTC (pour le dénombrement des coliformes totaux et la recherche des coliformes thermo-tolérants);

Les milieux (Standard, Azide et 1 milieu Tergitol TTC) sont incubés à 37°C pendant 24 heures. Un milieu Tergitol TTC est incubé à 44°C pendant 24 heures.

Après les 24 heures d'incubation, on procède à la lecture des boites et à l'identification biochimique des éventuelles colonies d'Escherichia Coli par galerie API 20E à partir des colonies suspectes de la boîte incubée à 44°C. Après 72 heures on procède à la lecture de la galerie API 20E.

Les résultats sont exprimés Unités de Formes de Colonies par 100 ml (UFC/100 mL).

3-2-3. La caractérisation des bactéries et hygiène du milieu

Les caractéristiques des quatre paramètres microbiens sont les suivantes :

- les germes totaux, flore aérobie mésophyte totale, permettent une appréciation du degré de pollution d'une eau. En effet, l'excès des germes totaux est la preuve d'une contamination initiale importante de l'eau ;
- les coliformes, Entérobactéries, comprennent les coliformes totaux et les coliformes fécaux ou thermo tolérants, dont l'Escherichia Coli est l'un des types ;
- les streptocoques fécaux, Entérocoques, font partie de la flore commensale de l'intestin.

Les coliformes et les streptocoques sont des bactéries intestinales, leur présence dans l'eau est une preuve d'un contact anormal, sur le plan hygiénique, entre les matières fécales et l'eau.

3-2-4. Les normes bactériologiques de l'eau de boisson

Les normes bactériologiques pour la qualité des eaux de boisson d'après le Centre de Recherche sur les méningites et les Schistosomiasés (CERMES) au Niger, sont les suivantes :

- Eau bactériologiquement de très bonne qualité :
 - germes totaux < 1000 colonies ;
 - absence de coliformes totaux ;
 - absence d'Escherichia Coli ;
 - absence de streptocoques fécaux.

- Eau bactériologiquement de bonne qualité :
 - germes totaux < 1000 colonies;
 - coliformes totaux < 10 colonies;
 - absence d'Escherichia Coli ;
 - absence de streptocoques fécaux.

- Eau bactériologiquement de moyenne qualité (contamination ancienne) à surveiller :
 - germes totaux < 1000 colonies;
 - coliformes totaux < 10 colonies;
 - absence d'Escherichia Coli ;
 - présence de streptocoques fécaux.

- Eau bactériologiquement de qualité médiocre (contamination fécale récente) à surveiller et à traiter:
 - germes totaux > 1000 Colonies;
 - coliformes totaux > 10 colonies;
 - présence d'Escherichia Coli ;
 - présence de streptocoques fécaux.

4. Résultats et discussion

Les résultats analytiques (*Tableau 1*) montrent que :

- les teneurs en germes totaux dans les eaux des forages varient de 50 à 2000 colonies par 100 mL ;
- les teneurs en coliformes totaux dans les eaux varient de 0 à 200 colonies par 100 mL ;
- les teneurs en E. Coli varient de 0 à 12 colonies par 100 mL ;
- les teneurs en streptocoques fécaux varient de 0 à 60 colonies par 100 mL.

Les teneurs en germes bactériens des eaux des vingt (25) forages permettent de les classer en eau de bonne à très bonne qualité bactériologique, et en eau de qualité bactériologique mauvaise à médiocre (*Tableau 2*). Ainsi, les eaux de 32 % des ouvrages sont de qualité mauvaise à médiocre sur le plan bactériologique (*Tableau 3*), celles-ci sont, par conséquent, peu aptes voire impropres à la consommation humaine. La mise en évidence, pour la première fois, d'une telle pollution bactérienne des eaux des aquifères discontinus du Département de Téra, constitue une réelle préoccupation. En effet, en plus de ses impacts négatifs sur les taux de desserte en eau potable des populations, cette pollution bactériologique risquerait d'annihiler les efforts déployés par l'État nigérien et ses partenaires au développement pour réduire les maladies d'origine hydrique grâce aux programmes d'hydraulique villageoise.

Les eaux de qualité médiocre (20 % des points d'eau) sont caractéristiques d'une pollution récente, tandis que celles présentant une qualité moyenne (12 % des points d'eau), traduisent une pollution ancienne (*Tableau 3*). Cette pollution bactériologique des eaux, dont il est actuellement difficile, à l'absence d'étude épidémiologique, de connaître ses impacts sur la santé des populations, pourrait être à la base de certaines mauvaises propriétés organoleptiques (odeur désagréable, goût de savon, etc.) ayant amené les bénéficiaires à désaffecter certaines eaux.

Tableau 1 : Teneurs en germes bactériens des eaux des forages échantillonnés dans le cadre de cette étude dans le département de Téra
(Analyse effectuée par le CERMES : Centre de Recherche sur les Méningites et les Schistosomiasés)

Localités	Germes	Coliformes	E. Coli/100 mL	Streptocoques
	totaux/100 mL	totaux/100 mL		fécaux /100 mL
Alkondji	200	6	0	0
Bandio	50	0	0	0
Bankilaré	100	0	0	0
Bégorou Tondo	300	5	0	0
Boukarikoira	2000	44	2	20
Dargol	1000	80	10	60
Garbey Kourou	1500	60	8	10
Goundey	800	200	0	10
Harikouka	150	0	0	0
Kolman	200	5	0	0
Kouaralami	1000	50	0	8
Lassia	200	0	0	0
Loga	900	60	0	20
Méhana 1	700	9	0	0
Méhana 2	1200	50	10	30
Saba	250	10	0	0
Saya	2000	200	12	30
Tallé	100	0	0	0
Tégey	500	8	0	0
Tessa	350	0	0	0
Waizébongou	600	8	0	0
wanzarbé	300	4	0	0
Yatakala 1	200	0	0	0
Yatakala 2	500	4	0	0
Yelwani	400	2	0	0

Certes, les causes de la dégradation bactériologique des eaux souterraines dans la région de Téra restent encore peu connues, néanmoins la composante essentielle de cette pollution bactériologique des eaux des forages du Département de Téra pourrait résulter des deux principaux processus suivants : la recharge directe et/ou indirecte des nappes par les eaux, parfois dégradées, des précipitations et/ou de surface [5]. Il s'agirait de la cause principale de la pollution bactériologique des nappes superficielles et profondes [7-10].

L'infiltration et/ou la percolation le long des tubages des forages, jusqu'à la nappe ou à l'eau de l'ouvrage, des eaux usées stagnantes autour de la grande majorité des points d'eau, à cause des très mauvaises conditions hygiéniques (*Tableau 4*). Cela pourrait être l'une des causes probables de cette pollution bactériologique.

Tableau 2 : *Qualité bactériologique des eaux des forages échantillonnées dans le cadre de la présente étude*

Localités	Qualité bactériologique de l'eau
Alkondji	Bonne
Bandio	Très bonne
Bankilaré	Très bonne
Bégorou Tondo	Bonne
Boukarikoira	Médiocre
Dargol	Médiocre
Garbey Kourou	Médiocre
Goundey	Moyenne
Harikouka	Très bonne
Kolman	Bonne
Kouaralami	Moyenne
Lassia	Très bonne
Loga	Moyenne
Méhana 1	Bonne
Méhana 2	Médiocre
Saba	Bonne
Saya	Médiocre
Tallé	Très bonne
Tégey	Bonne
Tessa	Très bonne
Waizébongou	Bonne
wanzarbé	Très bonne
Yatakala 1	Très bonne
Yatakala 2	Bonne
Yelwani	Bonne

Tableau 3 : *Classification des eaux de Téra en fonction de leurs caractéristiques bactériologiques*

		Nb. De points d'eau	% des points d'eau
1. Eau de très bonne qualité bactériologique	Germes totaux < 1000 colonies Absence de coliformes, d'Escherichia coli et de streptocoques fécaux	8 échantillons/25 échantillons	32 %
2. Eau de bonne qualité bactériologique	Germes totaux < 1000 colonies Coliformes totaux < 10 Absence de coliformes, d'Escherichia coli et de streptocoques fécaux	9 échantillons/25 échantillons	36%
3. Eau de moyenne qualité bactériologique	Germes totaux < 1000 colonies Coliformes totaux < 10 Absence d'Escherichia coli Présence de streptocoques fécaux	3 échantillons/25 échantillons	12 %
4. Eau de qualité bactériologique médiocre	Germes totaux > 1000 colonies Coliformes totaux > 10 Présence d'Escherichia coli et de streptocoques fécaux	5 échantillons/25 échantillons	20 %

Tableau 4 : État et condition d'hygiène aux analyses des forages échantillons paramètres physiques des eaux

IRH	Localités	Paramètres physico-chimiques		État aménagement				
		T°	C.E	Anti boubier	Mur de clôture	Rigole	Puits perdu	Aire assainie autour du forage
28476	Kouara Lami	32°3	2 280	Propre	Bon état	Bon état	Boubier	Ancien dépotoir
28342	Baba G. Kouara	32°2	660	Propre	Bon état	Bon état	Boubier	Ancien dépotoir
20601	Koso Ramey	30°8	380	Propre	Bon état	Bon état	Boubier	Ancien dépotoir
20617	Yélléwani	32°1	313	Propre	Bon état	Bon état	Boubier	Ancien dépotoir
20615	Yélléwani	32°1	463	Sale	Bon état	Bon état	Boubier	Ancien dépotoir
20616	Yélléwani	Panne	Panne	Sale	Cassé	Absente	Boubier	Ancien dépotoir
28329	Kogoney	31°8	337	Propre	Bon état	Bon état	Boubier	Ancien dépotoir
28338	Tessa	32°2	442	Propre	Bon état	Bon état	Boubier	Env. propre
28336	Tessa	32°2	859	Sale	Bon état	Bon état	Boubier	Env. Propre
28340	Lassia	32°1	1 724	Sale	Bon état	Bon état	Boubier	Malpropre
	Moulaye Kouara	30°1	644	Propre	Bon état	Bon état	Boubier	Malpropre
18540	Méhana	32°1	325	Sale	Bon état	Bon état	Boubier	Malpropre
18539	Méhana	32°1	321	Sale	Bon état	Bon état	Boubier	Malpropre
18541	Méhana	36°1	350BF	Propre	Bon état	Bon état	Boubier	Malpropre
	Loga	36°2	2 640	inutilisé	Bon état	0	Boubier	Malpropre
18535	Loga	Panne	Panne	Sale	Bon état	0	Boubier	Malpropre
	Loga	32°7	870	Sale	Bon état	0	Boubier	Malpropre

Ces résultats, certes limités, montrent la nécessité d'une détermination préalable de la qualité bactériologique des eaux des forages, comme cela se fait pour la qualité physico-chimique, avant leur mise à la disposition des populations. Ceci permettra de connaître l'état initial de la qualité bactériologique des eaux et son évolution au cours de l'utilisation des ouvrages. Par ailleurs, cette pollution bactériologique risque de mettre en cause l'un des principaux objectifs de l'hydraulique village, à savoir, la lutte contre les maladies d'origine hydrique, principalement microbiologique, l'une des causes principales de mortalité et de morbidité dans le monde en général et en particulier dans les pays en développement [11].

5. Conclusion

Les résultats préliminaires sur les données bactériologiques des eaux du socle ont permis de mettre en évidence que près de 32 % des ouvrages modernes échantillonnés ont des eaux polluées sur le plan bactériologique, par conséquent, celles-ci sont inaptes à la consommation humaine sans traitement préalable. Cette situation est réellement préoccupante aussi bien sur le plan socio-économique, qu'environnemental. Aussi, en attendant des investigations plus approfondies, qui permettront de mieux

circonscrire les origines et les mécanismes de la pollution bactériologique des nappes du socle dans le Département de Téra, on peut envisager les mesures correctives et préventives suivantes :

- la sensibilisation et la formation des populations sur les relations entre l'eau et les maladies et sur l'importance de l'assainissement, autour des points d'eau modernes ;
- la formation sur les techniques simples de traitement bactériologique des eaux (chloration) ;
- le contrôle systématique de la qualité bactériologique des eaux de tout point d'eau (forage ou puits) nouvellement réalisé, avant de le livrer aux bénéficiaires, à l'instar de ce qui est actuellement fait sur le plan physico-chimique ;
- la sélection plus rigoureuse des sites d'implantation des futurs ouvrages hydrauliques, avec l'élimination des sites particuliers dont : les proximités des cimetières et des dépotoirs des villages, les points bas où s'accumulent des eaux pluviales et usées, les enclos et les zones de pacage des animaux, les bordures immédiates des mares et du fleuve Niger, etc.

Références

- [1] - E. MACHENS, «Contribution à l'étude des formations du socle cristallin et de la couverture sédimentaire de l'Ouest de la République du Niger». Mémoire du BRGM N°82, Éditions BRGM, Paris, (1973), 167 p.
- [2] - A. SOUMAILA, «Étude structurale, pétrographique et géochimique de la ceinture birimienne de Diagorou-Darbani, Liptako, Niger Occidental (Afrique de l'Ouest)». Thèse, Université de Franche Comté (France) (2000), 250 pages.
- [3] - A. SOUMAILA ET M. KONATE, «Caractérisation de la déformation dans la ceinture birimienne (Paléoproterozoïque) de Diagorou-Darbani (Liptako nigérien, Afrique de l'Ouest)». *Africa Geoscience Review*, Vol. 12, N°3, (2005) 161-178.
- [4] - G. BERNERT, «Hydraulique villageoise dans le Liptako (Niger): Exécution de 136 forages et mise en place de 110 pompes à motricité humaine». Orléans ; BRGM. (1981)
- [5] - B. OUSMANE, «Étude géochimique et isotopique des aquifères du socle de la bande sahélienne du Niger (Liptako, Sud-Maradi, Zinder-Est)». Thèse de Doctorat d'État ès Sciences Naturelles, Université de Niamey, (1988), 175p.et annexes.
- [6] - BTEGHS, «Contrôle de la pollution des eaux souterraines et détermination de son origine dans le Département de Téra». Rapport Cabinet du Premier Ministre/Secrétariat Exécutif du CNEDD/PNEDD, (2000).
- [7] - S. HOUSSIER, «La qualité de l'eau de la nappe du socle à Niamey». Étude bibliographique et suivi de 24 forages de la C.V.MR/E. (1999).
- [8] - J. P. CHIPPAUX, et al. «Étude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. *Bull Soc Pathhol Exot*, 94, 2, (2002), 119-123
- [9] - B. OUSMANE, et al. «Étude de la pollution des nappes superficielles et profondes de la Communauté Urbaine de Niamey (Niger)». Rapports intermédiaires et finaux de l'Équipe Nationale du projet UNESCO/PNUE, (2001-2005).
- [10] - B. OUSMANE, et al. «Origine de la pollution des nappes superficielles et profondes au niveau de la communauté urbaine de Niamey (Niger)». *Africa Geoscience Review*, Vol.14, N°4, (2007) 375-398.
- [11] - OECD, "Assessing microbial safety of drinking water: improving approaches and methods," IWA Publishing, (2003) 291.