



ISSN: 0976-3031

Available Online at <http://www.recentscientific.com>

International Journal of Recent Scientific Research
Vol. 7, Issue, 6, pp. 12236-12243, June, 2016

**International Journal of
Recent Scientific
Research**

Research Article

EVALUATION DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DES EAUX DE PUIITS, DE FORAGES ET DE RIVIERES CONSOMMEES DANS LE BASSIN PETROLIER DE DOBA AU TCHAD

Maoudombaye T^{1,2*}, Ndoutamia G.¹ and Ngakou A.²

¹Faculté des Sciences et Techniques, Université de Doba, Tchad

²Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Cameroun

ARTICLE INFO

Article History:

Received 05th March, 2016

Received in revised form 21st April, 2016

Accepted 06th May, 2016

Published online 28th June, 2016

Key Words:

Water, bacteriological quality, oil field of Doba, Chad

ABSTRACT

The present work was focused on the bacteriological quality of drinking water originated from wells, drillings and rivers within the oil field of Doba-Chad. In fact, the rural population inhabiting this basin is not provided with a safe and convenient system of drinking water. Therefore, they get their drinking water from available sources such as wells, drillings and rivers. *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, fecal Streptococcus and *Salmonella* strains were evidenced from 10 samples each of these waters sources based on French norms V08-057-1, NF V08-053, NF T 90-416 and ISO 657/A1. The average number of strains detected in 100 ml were *Staphylococcus aureus* (697, 2385, 527); *E. coli* (137, 74, 36), fecal Streptococcus (6275, 4171, 1654), respectively from wells, forages and rivers. The contamination rate of *Salmonella* in different sources varied from 10% in wells, 20% in rivers, to 30% in drillings. The elevated number of these microorganisms is more than values recommended by OMS directives for the quality of drinking water. Corrective and urgent measures are needed to improve the quality of these water resources rich in pathogens that are the sanitary risks, and the causes of infectious diseases such as gastro-enterite, diarrhoea, typhoid, and skin diseases.

Copyright © Maoudombaye T., Ndoutamia G and Ngakou A., 2016, this is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCTION

L'eau est essentielle pour la vie, mais elle peut transmettre et transmettre des maladies dans les pays de tous les continents, des plus pauvres aux plus riches. Garantir aux pauvres une eau de bonne qualité est une mesure efficace de protection de la santé (OMS, 2003). L'accès à une eau de boisson saine est incontestablement bénéfique pour la santé (Degbey *et al.*, 2011). La grande majorité des problèmes de santé manifestement liés à l'eau résultent d'une contamination microbienne (bactéries, virus, protozoaires, et autres). Les conséquences de certaines contaminations, en particulier celles bactériologiques, sont telles que les mesures préventives et les traitements correctifs sont d'une importance capitale et ne doivent faire l'objet d'aucun compromis (OMS, 2008). Toutefois, la contamination par des produits chimiques de l'eau de boisson peut aussi entraîner un certain nombre de problèmes graves pour la santé (OMS, 2004). Près de 90% de décès d'enfants causés par les maladies diarrhéiques sont directement liées à une eau contaminée, un manque d'assainissement, ou une mauvaise hygiène (Santé Canada, 2013). Pour chaque enfant qui meurt de maladies hydriques, d'innombrables autres personnes souffrent d'une mauvaise santé et manquent des opportunités d'emploi et d'éducation (CAWST, 2013).

Au Tchad, la Société Tchadienne des Eaux (STE), capable d'effectuer un traitement efficace de l'eau, dessert quasi exclusivement les zones urbaines. Dans les zones rurales, les sources d'eau naturelles restent d'actualité. Sur 19 000 personnes, environ 15 900 enfants de moins de 5 ans meurent chaque année de diarrhée, 90% de ces décès étant presque directement attribués à l'impureté de l'eau et au manque d'assainissement et d'hygiène (WSP, 2012). En zones rurales, 81% de la population ne dispose d'aucune installation sanitaire et pratique la défécation à l'air libre. Dans la région du Logone Oriental, ce chiffre dépasse 80% (MICS Tchad, 2010). De plus, le bassin pétrolier de Doba connaît par moments un phénomène d'inondation dont la conséquence est l'infiltration de l'eau de ruissellement qui contamine la nappe phréatique, cette nappe étant la principale source d'approvisionnement en eau de consommation de la population. La présente étude a pour objectif l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits, des forages et de rivières consommées par les populations dans le bassin pétrolier de Doba au sud du Tchad. La maîtrise de l'état sanitaire de ces eaux pourra contribuer à la réduction des infections bénignes ou graves liées à l'eau, à l'instar de gastro-entérite, diarrhée, typhoïde, et maladies cutanées.

*Corresponding author: Maoudombaye T

Faculté des Sciences et Techniques, Université de Doba, Tchad

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

Le choix de la zone d'étude est guidé par la proximité de celle-ci aux puits pétroliers et par le fait que le problème d'approvisionnement en eau potable se pose avec acuité. Elle n'est pas desservie par les réseaux d'adduction d'eau potable. Les populations ont souvent recours à l'eau qui se trouve à leur portée. La région du Logone Oriental est située au sud du Tchad entre le 8^{ème} et le 9^{ème} parallèle de latitude Nord et le 16^{ème} et 17^{ème} parallèle de longitude Est. Sa superficie s'élève à 28.035 km² et elle compte une population totale estimée à 796.453 habitants avec une densité de 28,4 habitants au km². Elle compte enfin 1027 villages, 42 cantons, 23 sous-préfectures répartis dans 6 départements (CIRAD, 2005). Dans le Logone oriental, le paysage se présente sous forme de plateaux profondément entaillés par les fleuves. Les formations sédimentaires, anciennes appelées «koro» très étendus, alternent avec de larges vallées encaissées de 40 à 60 mètres (Pias, 1963). La région est constituée d'une plaine alimentée par des rivières et cours d'eau, dont les principaux sont la Pendé et ses affluents, à savoir la Nyan et la Loulé, deux cours d'eau qui rejoignent la Pendé en provenance de l'ouest (plateaux de l'Adamaoua). Le bassin pétrolier bénéficie d'un régime particulièrement humide et propice à l'agriculture. Les précipitations moyennes annuelles varient entre 800 et 1200 voire 1500 mm, dans les années de bonnes pluviométries (Djémon, 2010). La présente étude est effectuée dans les chefs lieu du canton Bérou, des Sous-préfectures de Komé Ndolébé et de Miandoum, et la zone de «Koro» constituée des villages Béguere, Moundouli, Bao 1 et 2, Mékab, Manboye, Dogoi, Ndôheuri et Dandain. Le terme « Koro » est souvent utilisé pour désigner une localité où l'eau est rare et où les nappes phréatiques sont profondes (Maoumbaye *et al.*, 2015). Administrativement, ces différentes localités appartiennent aux Départements de la Nyan et de Monts de Lam.

forme la plus simple, un trou creusé à la main dans le sol. Généralement, une margelle en terre séchée protège le trou. Les puits traditionnels sont exempts de périmètres de protection et les margelles, quand elles existent, sont plus ou moins planes. Par contre, ce que l'on appelle puits moderne ressemble au puits traditionnel, il est donc souvent creusé à la main mais le recouvrement intérieur et la margelle sont bétonnés (Robidoux *et al.*, 1998).

Les caractéristiques physiques de ces puits, en l'occurrence la profondeur de la nappe phréatique, la nature de la margelle, le dessus de la margelle et l'état de la paroi du puits ont été évaluées. Les forages visités sont équipés de pompe immergée à motricité humaine et recouverts pour la plupart d'une petite dalle en béton (figure 2). Les rivières sont la Loulé, la Nyan et la Pendé.

Prélèvement

L'échantillonnage a été réalisé selon un dispositif en blocs complets randomisés avec trois traitements et dix répétitions chacun, soit au total 30 échantillons. Les traitements sont les eaux de puits, de forages manuels et de rivières. Les prélèvements ont été effectués dans chaque point d'eau pour l'analyse microbiologique selon de normes de l'OMS (1971). Pour les eaux de rivières, les prélèvements ont été réalisés à la hauteur des agglomérations en des endroits où les activités anthropiques sont fréquentes. Les échantillons ont été mis dans des flacons en verre de 1000 ml préalablement stérilisés (Belghiti *et al.*, 2013). Ces échantillons d'eau ont été soigneusement étiquetés et conservés dans une glacière à une température de 4°C. Ils ont été ensuite acheminés au laboratoire accompagnés d'une fiche de prélèvement portant tous les renseignements tels que l'origine et la date du prélèvement, les conditions sanitaires du point de prélèvement (El Ouali *et al.*, 2014).

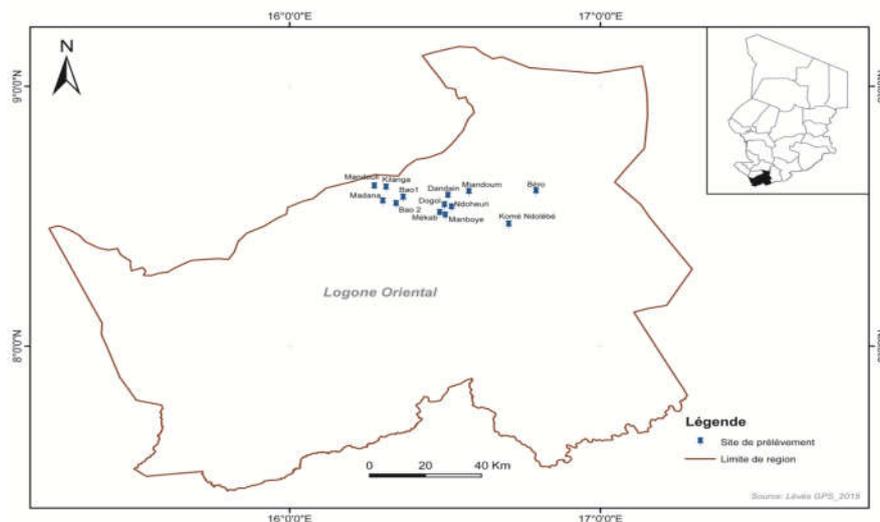


Figure 1 Carte de sites de prélèvement : Bérou, Miandoum, Komé Ndolébé, Béguere, Moundouli, Bao 1, Bao 2, Mékab, Manboye, Dogoi, Ndôheuri et Dandain

Caractéristiques des sources d'eaux

Les sources d'eaux consommées par les populations de la zone d'étude sont les eaux de puits dits traditionnels et modernes, les eaux de forages et de rivières. Le puits traditionnel est sous sa

Méthodes d'analyses bactériologiques

Sur chaque échantillon ont été testés la présence de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, streptocoques fécaux et *Salmonella spp.* Ces différents germes bactériens ont été

testés par la méthode de la membrane filtrante (OMS, 1971) avec une phase de revivification dans une solution d'Eau Peptonée Tamponnée (EPT) (ISO 657/A1). La méthode de la membrane filtrante de numération des bactéries présentes dans l'eau a consisté à filtrer 100ml d'eau de l'échantillon à travers une membrane de pore de dimension $0,45\mu\text{m}$ (OMS, 1971). Toutes les bactéries ont été retenues à la surface de la membrane. Cette membrane a été placée ensuite dans une solution d'EPT, suivie d'une phase d'incubation à la température du laboratoire pendant 30 mn pour permettre la revivification des bactéries filtrées. A partir de cette solution mère, une dilution a été faite à 10^{-1} , puis à 10^{-2} dans une solution d'EPT (ISO 657/A1). Chaque dilution a été homogénéisée à l'aide d'un agitateur électrique, vortex (Toporix FB 15024). La solution de dilution à 10^{-2} a été utilisée pour la détermination des différents germes bactériens selon les normes suivantes:

Escherichia coli: dénombrement à la glucuronidase positive (pathogène) par comptage des colonies obtenues à 44°C selon la norme française V08-053. Le milieu Tryptone Bile X (TBX) a été utilisé pour ce dénombrement à une incubation à $44^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24 h.

Staphylococcus aureus: dénombrement à la coagulase positive par comptage des colonies à 37°C selon la norme française V08-057-1. Le milieu utilisé est le Baird Parker (BP) avec une période d'incubation à 37°C pendant $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$. Les colonies caractéristiques sont confirmées par les tests de catalase et de coagulase.

Streptocoques fécaux: dénombrement selon NF T 90-416. La gélose nutritive (GN) a été utilisée pour le dénombrement avec une période d'incubation à 37°C pendant $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$.

Salmonella spp: recherche des Salmonella selon la norme ISO 657/A1. L'enrichissement a été fait sur le milieu Rappaport-Vassiliadis (RV); l'isolement sur Hectoen (H); l'identification sur gélose nutritive (GN); et la caractérisation biochimique par le test de Kligler. Toutes ces étapes étant incubées à $37^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant $24\text{ h}\pm 3\text{ h}$.

Traitement des données

Le logiciel Statgraphics plus 5.0 a été utilisé pour l'analyse de variance (ANOVA) et le test de comparaison multiple de DUNCAN pour les différences significatives. La signification statistique a été définie pour $p < 0,05$. Les histogrammes ont été tracés grâce au logiciel Excel.



Figure 2 Différentes sources d'approvisionnement en eaux de consommation dans la zone d'étude. (a), (b) et (c) puits traditionnels avec les bois et les pneus usés faisant office de margelle; (d), (e), (f) puits modernes aux margelles bien hautes et à paroi interne en béton; (g), (h), (i) forages à motricité humaine; (j), (k), (l) points d'eau de rivières.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Caractéristiques des sources d'eaux et leur environnement

Les investigations montrent que dans les localités disposant de forages, l'eau de forage est utilisée comme boisson, et quelquefois pour la préparation de nourriture. Les eaux de puits et de rivières sont utilisées pour les autres activités ménagères. Le chef-lieu du canton Béro dispose de 96,77% de puits traditionnels et 3,22% de puits modernes, et un forage manuel fonctionnel. Le chef-lieu de la sous-préfecture de komé Ndolébé possède 95,65% de puits traditionnels, et 4,34% de puits modernes. Le chef-lieu de la sous-préfecture de Miandoum ne renferme que les puits de type traditionnel et 2 forages manuels. Par contre, dans la zone de Koro, Béguere, Mandouli, Madana, Bao 1 et Bao 2 se rencontrent respectivement un puits moderne et 2 forages fonctionnels; un puits moderne et 4 forages; un puits moderne; un puits moderne et un forage; et un puits moderne. Les puits modernes sus-cités ont été réalisés dans le cadre de programmes de renforcement de l'alimentation en eau. Les villages Dandain, Manboye, Mékapti, Ndôheuri et Dogoi ne disposent que de puits traditionnels. De plus, les Villages Moundangara, Mbaya, Doheuri et Mayédé n'ont pour source d'approvisionnement en eau de consommation que de l'eau de rivières.

Profondeurs des nappes phréatiques

Les profondeurs des nappes phréatiques de Béro, Komé Ndolébé et Miandoum sont respectivement de $4,44 \pm 1,37$ m, $4,50 \pm 0,75$ m et $2,42 \pm 0,61$ m. Ces trois profondeurs sont sensiblement égales entre elles, mais significativement inférieures ($p < 0,05$) à celle de la zone de Koro qui est de $22,60 \pm 7,05$ m (Figure 3). De façon générale, les puits de surface sont plus facilement endommagés que les puits profonds, ce qui les rend encore plus susceptibles d'être contaminés. Les aquifères profonds sont les plus souvent naturellement potables (Degbey, 2011). Comparé aux puits de la zone de Koro, tous les autres puits ont une profondeur \leq à 4,50m, donc sont superficielles, et par conséquent prédisposés à la contamination, tout puits de moins de 15 m de profondeur étant considéré comme un puits de surface (Santé Canada, 2001). Des puits de profondeur \leq à 2,00m à Bangui se sont révélés tous souillés par les germes fécaux, à un degré de pollution plus accentué si le point d'eau est situé à basse altitude (Mokofio *et al.*, 1991). Ainsi, ces auteurs ont stipulé que la pollution bactériologique de la nappe profonde est plus inquiétante, car elle pourrait signifier une insalubrité générale des eaux souterraines de la ville, due à la percolation verticale des polluants contenus dans les niveaux superficiels.

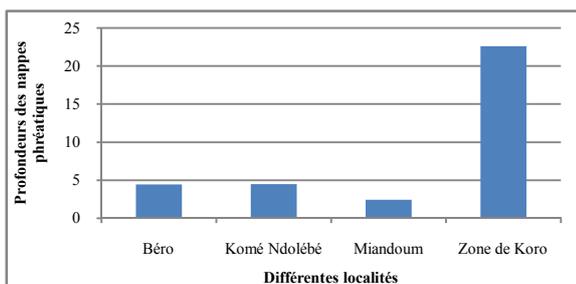


Figure 3 Variation de la profondeur des nappes phréatiques en fonction des sites

Nature des margelles

Les puits traditionnels sont exempts de périmètres de protection et les margelles, quand elles existent, sont plus ou moins planes. Des troncs d'arbres, des pneus usés font parfois office de margelles (Boubakar, 2010). Ces ouvrages sont souvent mal protégés, ce qui accentue fortement le degré de contamination de ces eaux. Béro, Komé et Miandoum disposent respectivement de 82,25%, 60,86% et 68,25% de puits avec margelles. Ces margelles sont faites de terre battue, de briques cuites, de briques cuites cimentées, ou de matériaux en fer. De plus, Béro et Miandoum disposent respectivement de 11,290% et de 1,587% de margelles en pneus. Les pneus, sur l'ouverture de puits, peuvent constituer une source permanente de contamination pour la qualité de l'eau sous-jacente en hébergeant une flore et une faune variée. Dans la zone de koro, seuls les puits modernes ont des margelles cimentées bien hautes alors que les troncs d'arbres font office de margelles sur les autres puits. Pour faire obstacle aux souillures venant de l'ouverture, un bon puits doit être équipé d'une margelle et d'un couvercle, d'une dalle en ciment; d'un récipient de puisage bien propre et toujours accroché; et d'une clôture, maintenant le bétail à distance (Vincent *et al.*, 2009). L'étape à laquelle l'eau est contaminée déterminera aussi la propagation de l'infection: si la contamination se produit après la collecte de l'eau, une transmission intrafamiliale sera favorisée, tandis qu'une contamination à la source affectera la communauté de façon générale (Degbey, 2011). L'eau potable à la source a été révélée souillée dans 38 % des canaris de transport, dans 62 % des jarres de stockage et dans la totalité des calebasses de prélèvement (Bissonet *et al.*, 1992). Les eaux de boisson les plus contaminées sont les eaux de puits, tandis que la contamination de l'eau de robinet dépend surtout du type de stockage (Curtis *et al.*, 2009).

Etat de parois de trous

La majorité des puits de la zone d'étude ont des parois non cimentées, de sorte qu'elles s'effritent facilement. A Béro, 6,45% de puits ont leurs parois cimentées, tandis que 3 puits sont dans un état de dégradation avancé; 4,34% de puits à paroi cimentée à Komé et 0% de puits à paroi cimentée à Miandoum. Les parois des puits modernes de la zone de koro sont bien bétonnées et les parois des autres puits ont un revêtement intérieur naturel plus ou moins dégradé. Les parois de puits non cimentées constituent des abris pour la faune sauvage et la flore. Il a été démontré que les puits de la Région du kori (sud-ouest du Niger) entretiennent une faune et une flore variée (chauve-souris, crapauds, vers rouges, algues vertes, ou même des poissons) pouvant favoriser la contamination (Favreau, 2000).

Revêtement des margelles

Un couvercle sécuritaire empêche les eaux de surface, la poussière, les débris et la vermine de pénétrer dans le puits (Hugh Simpson, 2007). Un couvercle sur le puits le protège des saletés, des eaux de drainage ou autres formes de pollution (Vincent *et al.*, 2009). Béro et Miandoum disposent respectivement de 4,83% et 6,34% de puits couverts. Ces couvercles sont faits de matériaux en fer, en tôle ou en morceau de planche. Par contre, komé ne dispose d'aucun puits avec couvercle. Dans la zone de koro, aucun puits n'est couvert.

Environnement des sources d'eaux

Dans les cas de puits traditionnels ou modernes, l'eau est puisée à l'aide de seaux, de bidons ou de marmites accrochés à des cordes. L'accès est un facteur pouvant avoir un effet important sur la qualité de l'eau, car les cordes et les récipients qui étaient au sol peuvent contaminer l'eau de puits lors du puisage. Un accès en béton est normalement plus facile à entretenir et à nettoyer qu'un accès en sable. L'eau puisée est transférée dans des bassines en plastique ou en fer et transportée par les femmes jusqu'au foyer. Elle est généralement conservée à domicile dans des jarres en terre cuite appelées «canaris». Les conditions de recueil, de transport, de stockage et de manipulation de l'eau de boisson peuvent contribuer à la contamination. Lors de la collecte des échantillons, plusieurs animaux ont été observés aux alentours des sites de prélèvement (chiens, chèvres, ânes, bœufs, poules), ce qui représente un potentiel de contamination assez important. Certaines localités de la zone d'étude sont sujettes à de fréquentes inondations, qui accentuent les conditions précaires d'hygiène et d'assainissement.

Paramètres bactériologiques

La figure 4 montre les images des cultures bactériennes. Les normes de potabilité pour l'eau de boisson de l'OMS servent de base pour l'interprétation des résultats.

différence significative entre le nombre de staphylocoques des eaux de puits et celui des eaux de rivières au seuil de 0,05%. Par contre, les eaux de forage sont significativement plus contaminées de staphylocoques que les eaux de puits et de rivières. La présence de staphylocoques dans les eaux témoigne d'une contamination fécale, car ils ont tous un habitat fécal (Degbey, 2011). Chez l'homme, la propagation directe peut se faire soit par le revêtement cutané; soit par diffusion sanguine qui peut prendre un caractère septicémique avec un polymorphisme symptomatique extrême (Degbey, 2011).

Escherichia coli (*E. coli*)

Il a été dénombré en moyenne 137 *E. coli* dans les eaux de puits, 74 dans les eaux de forages et 36 dans les eaux de rivières (Figure 6). Autrement dit, les eaux de puits sont significativement ($p = 0,05$) plus contaminées d'*E. coli* que les eaux de forages et de rivières, confirmant les résultats récents qui ont signalé la contamination plus notoire en *E. coli* des eaux de forages que celles de puits (Soney *et al.* 2015 ; Aka *et al.*, 2013). Une mauvaise qualité des eaux favorise l'accumulation des *E. coli* (GIP Loir Estuaire, 2005). La concentration maximale acceptable d'*E. coli* dans l'eau potable a été établie à «aucun micro-organisme détectable par volume de 100 ml», et donc, *E. coli* doit être totalement absent de l'eau de boisson (OMS, 2011).

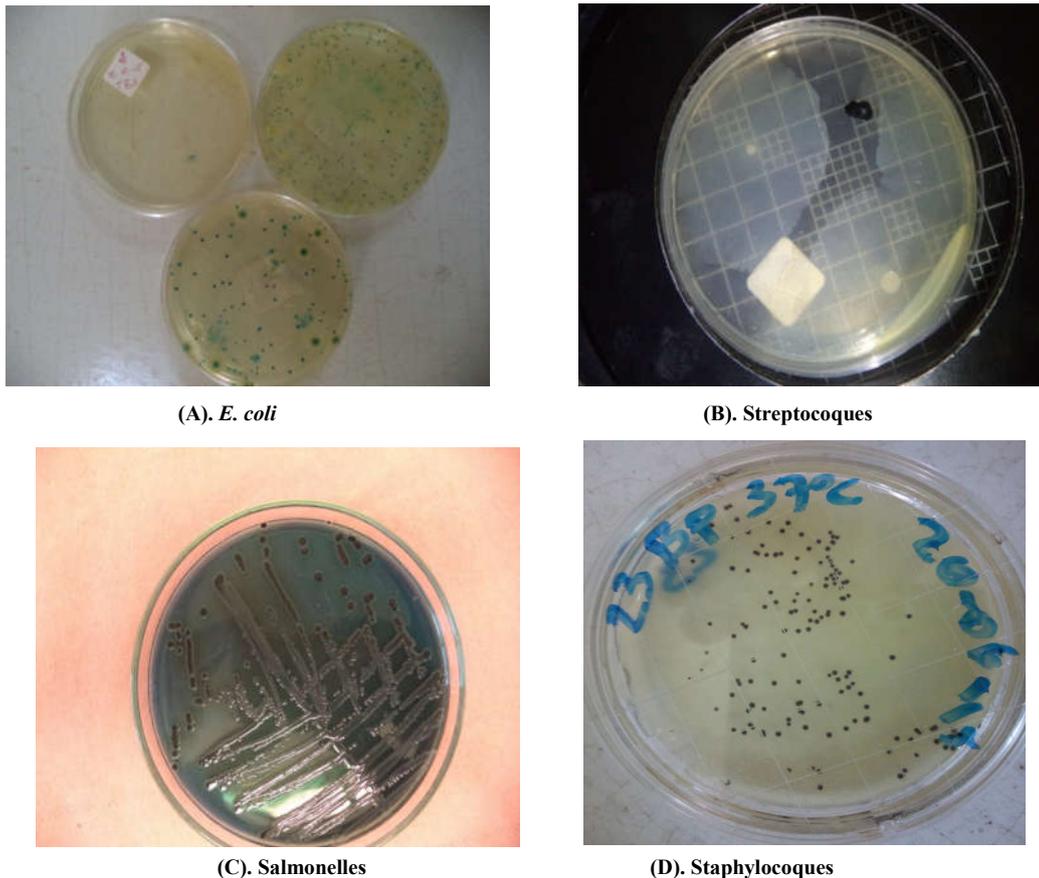


Figure 4 Aspects de différentes colonies bactériennes isolées en culture

Staphylocoques

Le nombre de staphylocoques dans 100ml d'eau est en moyenne de 698 dans les eaux de puits, de 2386 dans les eaux de forages et de 527 dans les eaux de rivières. Il n'y a pas de

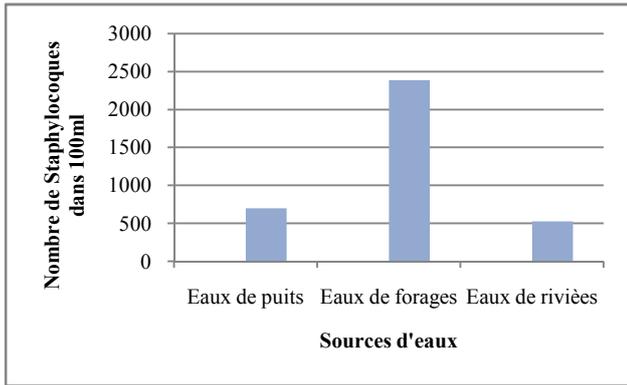


Figure 5 Variation du nombre de staphylocoques dans 100ml d'eau en fonction de la source

La souche *E. coli* 0157: H7 produit des toxines qui peuvent détruire les cellules de l'intestin humain et des reins, et dans les cas graves, déclencher des diarrhées sanguinolentes et des insuffisances rénales (Adingra *et al.*, 2011). La bactérie *E. coli* est reconnue comme le meilleur indicateur bactérien de contamination d'origine fécale en raison de sa spécificité (Degbey, 2011). Cependant, certaines souches d'*E. coli* sont essentielles dans la digestion des aliments et produisent les vitamines K et B (Adingra *et al.*, 2011). La contamination des eaux de puits a été attribuée à la mauvaise gestion des déchets solides et liquides provenant des activités humaines (Aissi, 1992). De plus, la contamination de la nappe de ces puits dépend de la perméabilité du sol, de la profondeur de la nappe, de l'absence ou l'inadaptation des ouvrages d'assainissement, de la mauvaise gestion des ordures et de la méthode de puisage (Yapo *et al.*, 2010; Degbey *et al.*, 2010; Coulibaly, 2005; Boubakar, 2010).

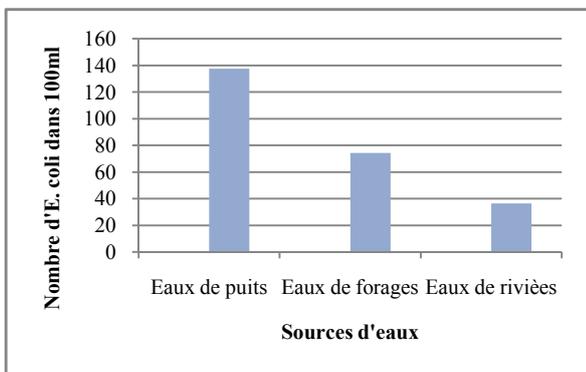


Figure 6 Variation du nombre d'*E. coli* dans 100ml d'eau en fonction de la source

Streptocoques fécaux

Les résultats de la figure 7 montrent qu'il y a significativement ($p < 0,05$) plus de streptocoques fécaux en nombre dans les échantillons d'eaux de puits (6275), que dans les eaux de forages (4171), et celles de rivières (1654). La présence de ces streptocoques dans les eaux de consommation a été considérée comme indicateurs d'une pollution fécale (Geldreich *et al.*, 1964; Leclerc *et al.*, 1992, OMS, 1994), et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. L'eau de rivière contiendrait 8.10^{10} germes totaux, 117 *E. coli* et 82 streptocoques fécaux dans 100 ml, tandis que l'eau de puits

renferme $1,52 \cdot 10^7$ germes totaux, 835 *E. coli* et 478 streptocoques fécaux dans 100 ml (Foma *et al.*, 1986).

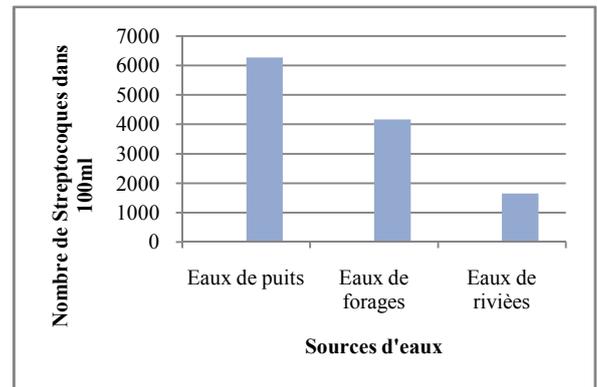


Figure 7 Variation du nombre de streptocoques fécaux dans 100ml d'eau en fonction de la source

Ce qui laisse croire que l'eau de rivière est moins contaminé en *E. coli* et streptocoques fécaux que l'eau de puits. Des études similaires à Cotonou au Bénin (Mickael *et al.*, 2010), et à Meknès au Maroc (Belghiti *et al.*, 2013) ont relevé la contamination simultanée de l'eau du puits par les coliformes et streptocoques fécaux. Cette contamination a été attribuée soit aux matières fécales (Soncy *et al.*, 2015), soit l'insuffisance de système d'assainissement viable (Chippaux *et al.*, 2002; Dieng *et al.*, 1999).

Salmonelles

Le taux de contamination des salmonelles dans les différentes sources varie de 10% dans les eaux de puits, 30% dans les eaux de forages à 20% dans celles de rivières (Figure 8). Les salmonelles ont été révélées dans les eaux d'égouts agricoles et domestiques, les eaux douces (potables et nappes phréatiques), ainsi que l'eau de mer (Rodier, 2009). En plus de ces sources, les effluents des usines de traitement des eaux d'égout, les effluents des usines de transformation des aliments et les eaux pluviales ont également été rapportés (Santé et Bien-être social Canada, 1982). De manière générale, l'eau de rivières paraît être de qualité supérieure à celle de la plupart des puits, à cause de l'effet de dilution et de circulation, que l'on ne retrouve pas pour les sources souterraines (Robidoux *et al.*, 1998, Chippaux *et al.*, 2002).

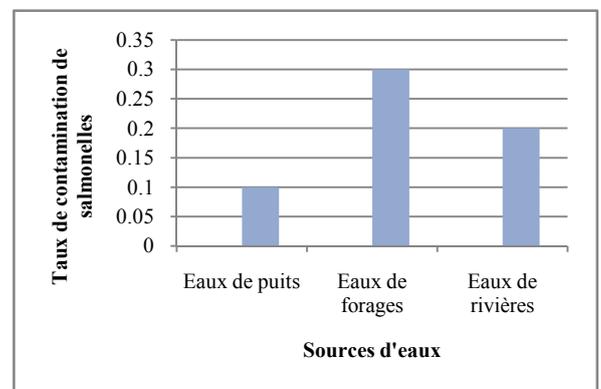


Figure 8 Pourcentage de contamination d'eau par les salmonelles en fonction de la source

CONCLUSION

Au terme de ce travail, les trois ressources en eau consommées par les populations de cette partie du bassin pétrolier de Doba que sont les eaux de puits, de forages et de rivières sont toutes inappropriées, mais à des degrés différents (qualité de l'eau de rivières > eau de forage > eau de puits). Les causes de leur contamination se sont révélées hygiéniques (mauvais entretien) ou bactériologiques (présence de *Staphylococcus aureus*, de streptocoques fécaux, d'*E. coli* et de *Salmonella spp*). Pour éviter des éventuels risques sanitaires, des mesures préventives (assainissement des points d'eau, transport et le stockage de l'eau), et de traitements correctifs (chloration) sont d'une importance capitale, et doivent être conseillées à la population. Au regard de ces résultats, il est important de trouver à court et à moyen termes des solutions hardies pour éradiquer ce grand fléau qu'est le manque d'eau potable qui mine la population.

Remerciements

Les auteurs remercient la Commission nationale chargée d'attribution des bourses et d'équipements des laboratoires de recherche sur le fonds formation des formateurs (CONFOFOR) pour le soutien financier et l'Institut de Recherche en Elevage pour le Développement (IREDD), pour leur avoir permis de réaliser les analyses de laboratoire.

Références

- Adingra, A.A., Kouadio, A.N. et Kouassi' A.M. 2011. Les *Escherichia coli* Entero-hémorragiques (EHEC) 0157:H7: Un problème de santé publique. F. Tech. & Doc. Vulg., 22-27.
- Aissi, M.J. 1992. Impacts des déchets domestiques sur la qualité de la nappe phréatique
- Aka, N., Bamba, S., Soro, G., Soro, N. 2013. Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d'Altérites sous climat tropical humide: Cas du Département d'Abengourou (Sud-est de la Côte d'Ivoire). Larhyss Journal, 16, 31-52. ISSN 1112-3680.
- Belghiti, L., Chahlaoui, A., El Moustaine, R., Bengoumi, D. 2013. Contribution à l'étude de la qualité bactériologique de l'eau des sources dans la ville d'Elhajib (Région De Meknès-Maroc). Larhyss Journal, 14, 37-47. ISSN 1112-3680.
- Bissonnet, P., Salzman, V., Monjour, L. 1992. Application d'un nouveau matériel de transport de stockage pour l'amélioration de la qualité de l'eau de boisson en milieu rural africain. Bulletin de la société de pathologie exotique, 85, 390-394.
- Boubakar, H.A. 2010. Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique: Cas de la communauté urbaine de Niamey (NIGER), Thèse de l'Univ, Abdou Moumouni de Niamey (Niger), 198p.
- CAWST (Centre for Affordable Water and Sanitation Technology) 2013. Introduction à l'Analyse de Qualité de l'Eau de Boisson. Manuel, 197p.
- Chippaux, J-P., Houssier, S., Gross, P., Bouvier, C., Brissaud, F. 2002. Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey. Niger. Bull Soc Pathol Exot., 94, 2, 119-123.
- CIRAD 2005. Plan de Développement Régional de la zone pétrolière, page 8 actualisé avec des informations hors de la CENI.
- Coulibaly, K. 2005. Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontostomatologie, Université de Bamako, 69p.
- Curtis, C et al. 2009. Fecal contamination of drinking water in a Brazilian shanty town: importance of household storage and new human fecal marker testing. J. Water Health, 7, 324-331.
- Degbey, C. 2011. Facteurs associés à la problématique de la qualité de l'eau de boisson et la santé des populations dans la commune d'Abomey-calavi au Bénin. Thèse de doctorat en Sciences de la santé publique. Ecole de santé publique. Université Libre de Bruxelles (ULB).
- Degbey, C., Makoutode, M., Agueh, V., Dramaix, M., De Brouwer, C. 2011. Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé - Facteurs associés à la qualité de l'eau de puits et prévalence des maladies hydriques dans la commune d'Abomey-Calavi (Bénin). Volume 21, numéro 1, Janvier-Mars 2011.
- Degbey, C., Makoutode, M., De Brouwer, C. 2010. La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey en 2009 au Bénin Afrique de l'Ouest. J Int Santé Trav, 1, 15-22.
- Dieng, Y., Tandia, A., Wane, A.T., Gaye, O., Diop, E.S., Diallo, S. 1999. Les parasitoses intestinales chez les habitants d'une zone périurbaine à nappe phréatique polluée par les nitrates d'origine fécale (Yeumbeul, Sénégal). Cahiers santé, 9, 351-356.
- Djémou, M. 2010. Evolution de l'activité agricole dans le bassin pétrolier de Doba (Tchad) de 2001 A 2010 : Cas des villages de Béro et de Mouarom. Mém. de Master, 185p.
- Duby, C., Robin, S. 2006. Analyse en Composantes Principales. Institut National Agronomique Paris – Grignon. Département O.M.I.P. 54p.
- El Ouali Lalami, A., EL-Akhal, F., Berrada, S., Bennani, L., Raiss, N., Maniar, S. 2014. Evaluation de la qualité hygiénique des eaux de puits et de sources par l'utilisation d'une analyse en composantes principales (ACP): Une étude de cas de la région de Fès (Maroc). J. Mater. Environ. Sci., 5 (S1), 2333-2344. ISSN: 2028-2508.
- Favreau, G. 2000. Caractérisation et modélisation d'une nappe phréatique en hausse au Sahel: dynamique et géochimie de la dépression piézométrique naturelle du kori de Dantiandou (sud-ouest du Niger). Thèse Sciences de la Terre. Université de Paris XI, Orsay, 258p.
- Foma, M., Tabu, B. et Sally, M.Liya. 1986. Détection et dénombrement des coliformes et streptocoques fécaux dans les eaux de consommation de la ville de Kisangani (République du Zaïre). TROPICULTURA, 4(2), 49-52.
- Geldreich, E., Kenner, A., Kabler, P. 1964. The occurrence of coliformes.fecal coliformes and streptococci on vegetation and insects. Applied Microbiology,512(1), 63-69.

- GIP Loir Estuaire 2005. Sites contaminés par *E. coli*. Dynamique de la vie. L'eau support de vie. Cahier 2002 Indicateurs N° 1. <http://www.loire-estuaire.org/document.pdf> du 6 mars 2014.
- Hugh Simson 2007. Les puits d'eau privés en milieu rural. Ministère de l'Agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales. Fiche technique, ISSN 1198-7138. Imprimeur de la Reine pour ONTARIO. Hygiene at a Global Level. Environmental Health Perspectives, 110, 537-542.
- Lalanne, F. 2012. Etude de la qualité de l'eau le long de la chaîne d'approvisionnement au niveau des consommateurs dans 10 villages de la Province du Ganzourgou, (Région du Plateau Central, Burkina Faso). UNICEF, Fondation 2iE. 71p.
- Leclerc, H. 1982. Les coliformes, cours de microbiologie des boissons et des produits de la mer, Ins. Pas, lille, 116p.
- Maoudombaye, T., Ndoutamia, G., Seid, Ali M., Ngakou, A. 2015. Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits, de forages et de rivières consommées dans le bassin pétrolier de Doba au Tchad. Larhyss Journal, 24, 193-208. ISSN 1112-3680.
- Mickael, S., Boniface, Y., Honoré, S., Bankolé, R., Henri, S. 2010. Impacts des déchets de l'abattoir de Cotonou dans la dégradation de la qualité des eaux de la nappe phréatique. J. Soc. Ouest-Afr. Chim., 030, 79-91.
- MICS Tchad 2010. Enquête par grappes à indicateurs multiples TCHAD 2010. République du Tchad, Ministère du Plan, de l'Economie et de la Coopération Internationale ; INSEED ; UNFPA ; UNICEF, 364p.
- Mokofio, F., Renaudet, J., Opany, C., Bastard, G., Abeye, J., Yete, M.L., Touabe, J., Gondao, L., Vohito, J.A. 1991. Qualité bactériologique de l'eau des puits, des sources et de forages dans la ville de Bangui : Premiers Résultats et Perspectives. Médecine d'Afrique Noire, 38(11), 775-777.
- OMS 1971. Normes européennes applicables à l'eau de boisson ; 2^e édition.
- OMS 1994. Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2^e édition.
- OMS 2003. L'Eau et la santé - Directives de l'OMS sur la qualité de l'eau de boisson.
- OMS 2004. Directives des qualités pour l'eau de boisson (3^{ème} édition). Volume 1.
- OMS 2008. Appui à la mise en place d'un Système de Surveillance et de Contrôle de qualité pour l'eau de boisson dans les sites de déplacés et de camps de réfugiés à l'Est du Tchad. Rapport de mission, 60p.
- OMS 2011. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Quatrième édition. Publication Organisation Mondiale de la Santé. Genève, Suisse. pp.307-447.
- PIAS, J. 1963. Les sols du moyen et bas Logone, du bas-Chari, des régions riveraines du Lac Tchad et du bahr el Ghazal 438 p. 15 cartes. Mémoire O.R.S.T.O.M. no 2, Recommandations. © Organisation mondiale de la Santé 2004.
- Robidoux, L., Ghedin, E., Handschumacher, P., Hébrard, G., Schmit, J.P. 1998. Qualité de l'eau de consommation dans les périmètres irrigués de Diomandou et de Nianga. Influence de la source d'approvisionnement ORSTOM éditions, pp.88-102. ISSN : 0767-2896.
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. 2009. Analyse de l'eau, 9^e Ed. DUNOD (éditeur), Paris, France. 1579p.
- Santé Canada 2001. Résumé des recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, p. 7. www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/sommaire.pdf
- Santé Canada 2013. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: Document technique la turbidité, Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). (N° de catalogue H144-9/2013F-PDF).
- Santé et Bien-être social Canada 1982. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada 1978. Pièces à l'appui. Approvisionnements et Services Canada, Hull.
- Soncy, K., Djeri, B., Anani K., Eklou-Lawson M., Adjrah Y., Karou D.S., Ameyapoh Y., de Souza C. 2015. Évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de forage à Lomé, Togo. Journal of Applied Biosciences 91:8464 – 8469 ISSN 1997–5902.
- Vincent, W., Uhl Jaclyn, A., Baron, William, W., Davis, Dennis, B., Warner, C., Seremet, C. 2009. Exploitation des eaux souterraines. Concepts de base pour l'élargissement des Programmes d'hydraulique du CRS (Catholic relief services). Juillet. P. 81. Catholic Relief Services (Secours Catholique) • www.crs.org
- WSP (Water and Sanitation Program/Tchad) 2012. Impacts économique d'un mauvais assainissement en Afrique. Document WSP, 6p.
- Yapo, O.B., Mambo, V., Seka, A., Ohou, M.J.A., Konan, F., Gouzile, V., Tidou, A.S., Kouame, K.V., Houenou, P. 2010. Évaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire): Koumassi, Marcory, Port-Bouet et Treichville. Int. J. Biol. Chem. Sci., 4(2), 289-307.

How to cite this article:

Maoudombaye T., Ndoutamia G and Ngakou A. 2016, Evaluation De La Qualite Bacteriologique Des Eaux De Puits, De Forages Et De Rivieres Consommees Dans Le Bassin Petrolier De Doba Au Tchad. *Int J Recent Sci Res.* 7(6), pp. 12236-12243.