



ETUDE COMPARATIVE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE 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, SEID ALI M.¹, NGAKOU A.²

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

² Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de NGaoundéré, Cameroun

RESUME

La majeure partie de la Région du Logone oriental n'est pas desservie par les réseaux d'adduction d'eau potable. Par conséquent, les communautés qui y vivent ont souvent recours à l'eau de puits, de forages et de rivières, surtout en zones rurales. Ce présent travail a été entrepris en vue d'évaluer la qualité physico-chimique des ressources en eaux consommées par ces populations. Au total 30 échantillons d'eau de forages, de puits et de rivières ont été prélevés selon un dispositif complètement randomisé, soit 10 prélèvements par sources d'eau. Pour apprécier la qualité de ces différentes sources d'eau, les paramètres physico-chimiques comme le pH, la température, la conductivité électrique, les ions NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , F^- , Cl^- et Zn^{2+} ont été analysés. Les résultats obtenus montrent que, du point de vue physique, les eaux de puits et de forages ont un pH à tendance acide et du point de vue chimique, les eaux de forages et de rivières présentent des teneurs en ions nitrates supérieures à la norme de l'OMS. Sur la base des paramètres analysés, la qualité de ces différentes sources d'eau est chimiquement acceptable.

Mots clés : Eaux de puits, forages, rivières, paramètres physiques et chimiques, bassin pétrolier de Doba, Tchad

SUMMARY

The major part of Logone Oriental region is not supplied by the adduction of potable waters. Consequently, community living around mostly those from the rural areas often fetches water from the well, fountains and rivers. This study was conducted to evaluate the quality of physico chemical resources in terms of waters consumed by those people. 30 sampled waters from the well, fountains and rivers were taken randomly according to the device sets. About 10 sources of water were selected each. To appreciate the quality of each sources selected, physico chemical parameters such as pH, temperature, electric conductivity, ions NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , F^- , Cl^- and Zn^{2+} were analyzed. The results from the physical point of view show that waters from the well and fountains have a pH which tend to be acid, from the chemical view point, fountains and rivers content ion nitrates above the WHO norms. Based on the parameters analyzed, the quality of each.

Key words: waters from well, fountains, rivers, physic chemical parameters, oil field of Doba, Chad.

INTRODUCTION

L'eau est nécessaire à toute forme de vie, mais aussi un élément de promotion de la santé des individus et du développement socio-économique des collectivités humaines (Amin *et al.*, 2008). Parmi les sources en eaux exploitées, les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable car sont plus à l'abri des polluants que les eaux de surface (Guergazi *et al.*, 2005). Dans les zones rurales, l'eau provient soit d'une source d'eau superficielle (rivière, mare, marigot), soit d'un puits traditionnel (Ghislain, 2013). L'utilisation des eaux polluées à des fins alimentaires présente un danger pour la santé (Laferriere *et al.*, 1996). Selon l'OMS (2008), 10 à 25 millions de décès, dont 5 millions d'enfants dus à la diarrhée, peuvent être attribués au manque d'eau et aux mauvaises conditions sanitaires.

Dans certaines localités du Sud du Tchad, en particulier dans la région du Logone Oriental, les eaux de puits traditionnels, les eaux de surface (fleuve, marigots) et les eaux de pluies qui sont le plus souvent contaminées restent les principales sources d'eau de consommation. Dans les zones inondables, les nappes phréatiques sont très superficielles de sorte que pendant les saisons des pluies, certains puits ouverts sont submergés par les eaux. La qualité de ces eaux est une préoccupation grandissante. Ce travail vise donc à apprécier la qualité physico-chimique de ces différentes sources d'eau consommées dans le bassin pétrolier de Doba.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

La présente étude est effectuée dans le chef lieu du canton Béro, dans les 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. Il est important de noter que le terme « Koro » est souvent utilisé pour désigner une localité où l'eau est rare et où les nappes phréatiques sont profondes. Administrativement, ces différentes localités appartiennent aux Départements de la Nyan et de Monts de Lam, Région du Logone oriental. Les caractéristiques de ces localités correspondent de manière générale à celles de la Région du Logone Oriental dont elles relèvent. En effet, la région du Logone Oriental est caractérisée par un climat intermédiaire entre soudano-sahélien et soudano-guinéen avec une moyenne pluviométrique variant entre 800 et 1000 mm. La température est très variable en fonction des saisons ; les mois les plus chauds sont situés en mars et avril ; tandis que les mois les plus froids sont les mois de décembre et de janvier. La température maximale est de 40°C et le minimal est de 12°C (STUDI International, 2010). La région dispose de potentialités agro-pastorales très importantes. Les populations autochtones sont des sédentaires qui pratiquent les cultures pluviales. Ces populations autochtones font également de l'élevage, surtout des petits ruminants et des bovins. L'élevage pastoral y est également pratiqué.

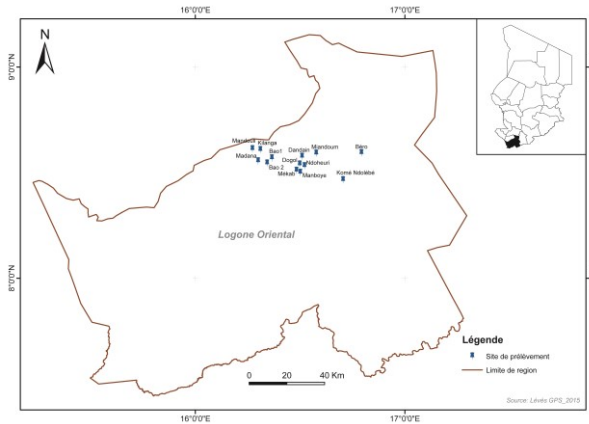


Figure 1 : Carte de sites de prélèvement

Prélèvement

L'échantillonnage a été réalisé selon un dispositif complètement randomisé avec trois traitements et dix répétitions chacun, soit au total 30 échantillons. Les traitements sont les eaux de puits, eaux de forages manuels et eaux de rivières. Les échantillons d'eau ont été collectés dans des bouteilles en polyéthylène de 1L (Pacheco *et al.*, 2001). Ces bouteilles ont été préalablement lavées au détergent, rincées à l'eau de robinet puis à l'eau distillée. Avant le prélèvement, chaque bouteille a été rincée avec l'eau à analyser. Les échantillons d'eau ont été conservés dans une glacière à une température de l'ordre de 4°C et transportés jusqu'au laboratoire.



Komé (a)

Béguere (b)

Moundangara (c)

Figure 2 : Différentes sources d'approvisionnement en eaux de consommation dans la zone d'étude. (a) : puits peu profond de 3,5m, à la paroi effritée, sans margelle, sans périmètre de protection avec à côté une truie dans la boue juste sous le bois faisant office de margelle ; (b) : forage manuel de l'école primaire ; (c) : eau de rivière, la seule traversant le village.

Méthodes

Sur chaque échantillon ont été testés trois paramètres physiques que sont le pH, la conductivité électrique et la température, et six paramètres chimiques tels les ions nitrates, nitrites, ammonium, chlorures, fluorures et zinc. Les paramètres physiques ont été déterminés in situ à chaque prélèvement. Les appareils sont mis sous tension, puis plongés dans l'échantillon d'eau prélevé et la valeur s'affiche à l'écran. Le pH a été mesuré à l'aide du pH/°C mètre INSTRUCTIONS: WAG-WE30020 et la conductivité, par le TESTEUR Conductivité: WAG-WE30055. Les paramètres chimiques ont été analysés à l'aide de la chromatographie ionique DIONEX-ICS-1600.

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. Le logiciel XLSTAT 2007.8.04 a été utilisé pour l'Analyse en Composantes Principales (ACP).

Résultats et discussion

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sont présentés dans le tableau I et II. Les normes de qualité pour l'eau de boisson de l'OMS ont servi de base à l'interprétation des résultats.

Tableau 1 : Variations des paramètres physiques en fonction des sources d'eaux

Sources d'eaux	pH	T (°C)	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Eaux de puits	5,47±0,54 ^a	28,43±0,68 ^a	189,65±82,52 ^a
Eaux de forages	5,76±0,54 ^a	31,95±2,24 ^b	49,28±21,69 ^b
Eaux de rivières	6,8±0,50 ^b	30,75±1,92 ^b	30,45±13,67 ^b

Pour chaque paramètre physique ou chimique, les valeurs affectées de la même lettre en exposant ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

pH

L'intervalle acceptable du pH varie de 6,5 à 8,5 pour l'eau potable (Santé et Bien-être social Canada 1979a). Il n'existe aucune différence significative entre les valeurs du pH des eaux de puits ($5,47 \pm 0,54$) et des eaux de forages ($5,76 \pm 0,54$). Ces valeurs sont en deçà de l'intervalle de l'OMS (6,5 à 8,5). Ces résultats montrent que les pH de ces eaux sont à tendance acide. Les caractéristiques des pH sont liées à la nature géologique des formations aquifères et aux terrains traversés (Boubakar, 2010). Les valeurs des pH des eaux de forages et des eaux de puits sont significativement différentes de celle du pH des eaux de rivières ($6,8 \pm 0,50$). Le pH des eaux de rivières est compris dans l'intervalle de pH admis par l'OMS.

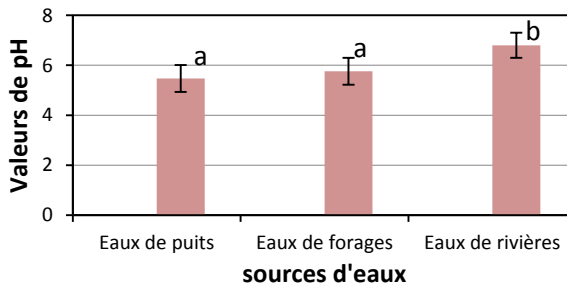


Figure 3 : Variations de pH en fonction des sources d'eau

Température

La température de l'eau est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques (Leynaud, 1968). La température idéale de l'eau est comprise entre 6° et 12°C (Degbey, 2011). La température des eaux de puits ($28,43 \pm 0,68$) diffère significativement de celles de forages ($31,95 \pm 2,24$) et de rivières ($30,75 \pm 1,92$) au seuil de 0,05%. Toutefois, elles sont toutes au-dessus de la température acceptable de l'OMS qui est de 25°C. Les températures élevées pourraient s'expliquer par l'influence de la chaleur ambiante sur les eaux prélevées et aussi par le gradient géothermique de la zone (Degbey et al., 2010). Elles ne sont pas très différentes des valeurs comprises entre 23,5 et 31,9°C rapportées par Mickael *et al.* (2010) à Cotonou au Bénin. Toutefois, les valeurs élevées de température ne seraient pas néfastes pour la santé humaine, mais posent un problème d'acceptabilité car une eau fraîche est généralement plus agréable au goût qu'une eau tiède (Degbey, 2011).

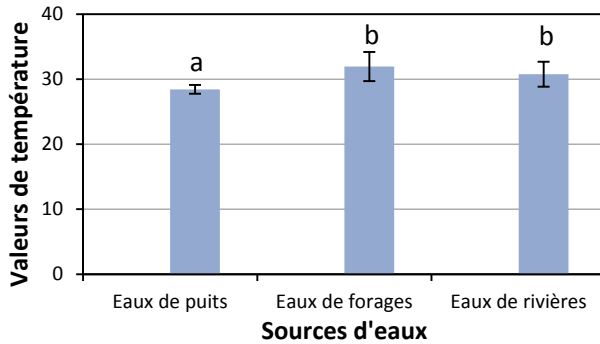


Figure 4 : Variations de température en fonction des sources d'eau

Conductivité

Les contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration (GHAZALI D *et al.*, 2013). Elle permet aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Pescod, 1985 ; Rodier, 1984). La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (IBGE, 2005). L'OMS retient une valeur 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme la norme. La valeur de la conductivité électrique des eaux de puits ($189,65 \pm 82,52$) diffère significativement des valeurs de celles des eaux de forages ($49,28 \pm 21,69$) et de rivières ($30,45 \pm 13,67$) ($p < 0,05$). Des grands écarts sont observés entre les valeurs de la conductivité des eaux de puits (fig.5). Le contexte géomorphologique, la profondeur des niveaux captés et la nature géologique des formations du sol sont autant de facteurs qui influencent les variations de la conductivité (Boubakar, 2010). Les valeurs de 13,90 à 52,65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ont été rapportées par Ngaram dans les eaux du fleuve Chari au Tchad.

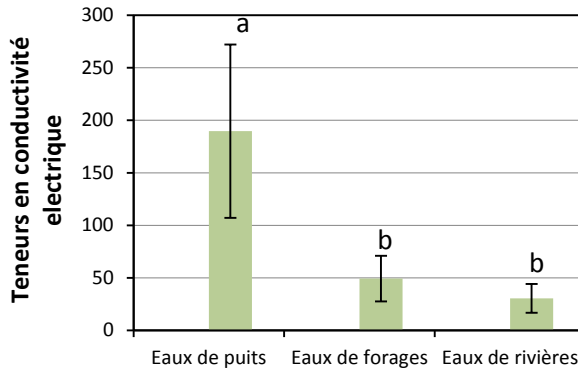


Figure 5 : Variations de la conductivité en fonction des sources d'eaux

Tableau 2 : Valeurs de paramètres chimiques en fonction des sources d'eaux

Sources d'eaux	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	Zn ²⁺ (mg/l)
Eaux de puits	24,97±17,61 ^a	0,86±0,50 ^a	0,78±0,35 ^a	0,61±0,14 ^a	0,72±0,35 ^a	4,08±0,55 ^a
Eaux de forages	49,17±6,86 ^b	0,97±0,20 ^a	0,80±0,13 ^a	0,69±0,12 ^a	0,39±0,17 ^b	3,63±0,67 ^{ab}
Eaux de rivières	56,73±7,95 ^b	1,08±0,17 ^a	0,87±0,15 ^a	0,65±0,16 ^a	0,63±0,35 ^a	3,21±0,32 ^a

Pour chaque paramètre physique ou chimique, les valeurs affectées de la même lettre en exposant ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

IONS NITRATES

La présence de nitrates peut résulter de l'épandage excessif d'engrais ou de la lixiviation des eaux usées ou d'autres déchets organiques vers les eaux de surface et les eaux souterraines (OMS, 2004). La valeur de 50 mg/l est indiquée par l'OMS pour l'eau de consommation. La valeur moyenne pour les eaux de puits (24,97±17,61) diffère significativement de celles de forages (49,17±6,86) et de rivières (56,73±7,95). Les valeurs des ions nitrates des eaux de forages et de rivières sont à la limite supérieure de la norme de l'OMS. Aka *et al.*, (2013) ont obtenu une moyenne de 52,8±24,5 dans les eaux des nappes d'Altérites sous

climat tropical humide : Cas du Département d'Abengourou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire).

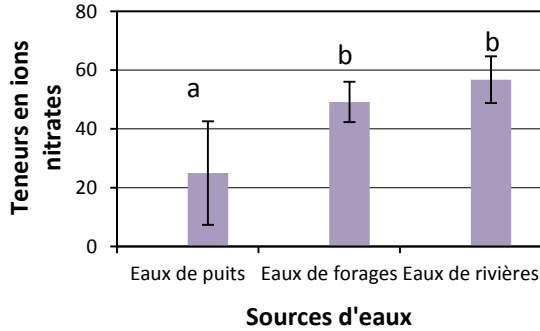


Figure 6 : Variations des ions nitrates en fonction des sources d'eau

Ions nitrites

Les nitrites sont normalement absents des eaux de surface, mais leur présence est possible dans les eaux souterraines. La chloration les oxyde rapidement en nitrates (Santé et Bien-être social Canada, 1982). L'OMS retient la valeur de 3 mg/l comme norme de qualité pour l'eau de consommation. Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs de nitrites des différentes sources d'eau étudiées. Toutes ces valeurs sont inférieures à la valeur norme de l'OMS. Lagnika *et al.*, (2014) et Mickael *et al.*, (2010) ont rapporté respectivement des moyennes de $0,072 \pm 0,14$ et $5,01 \pm 1,7$.

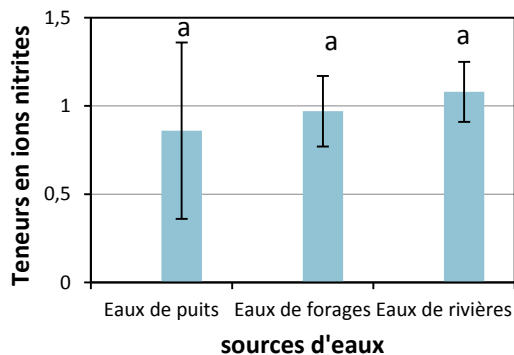


Figure 7 : Variations des ions nitrites en fonction des sources d'eau

Fluorures

Le fluor ne se présente pas à l'état élémentaire dans la nature, mais plutôt sous forme de fluorures que l'on retrouve partout : dans le sol, l'air et l'eau, de même que dans les plantes et les animaux (Degbey, 2011). La valeur indicative de l'OMS a été fixée à 1,5 mg/L. Il y a une différence significative entre la valeur des eaux de forages ($0,39\pm 0,17$) et celles de puits ($0,72\pm 0,35$) et de rivières ($0,63\pm 0,35$). Toutefois, toutes ces valeurs sont en deçà de la valeur norme de l'OMS. Lagnika *et al.*, (2014) ont rapporté une valeur moyenne de $0,142\pm 0,13$.

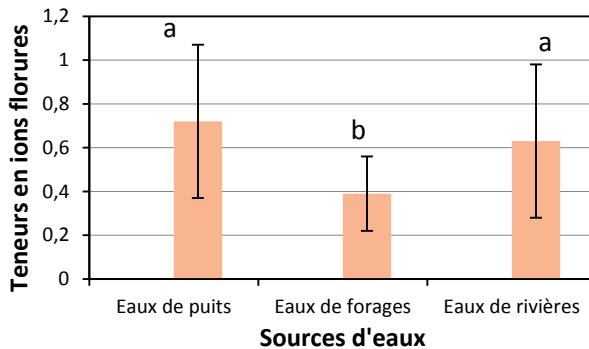


Figure 8 : Variations des ions fluorures en fonction des sources d'eaux

Ions ammonium

Les eaux souterraines sont fréquemment utilisées comme eau de boisson, et ne subissent aucun traitement avant leur consommation (OMS IPCS, 1986). Toutefois, les eaux souterraines peuvent subir des infiltrations de produits polluants. L'utilisation d'engrais dans le traitement de terres agricoles peuvent constituer des facteurs de pollution (Gilliam *et al.*, 1974). L'OMS recommande une valeur de 0,5 mg/l pour l'eau de consommation. Les valeurs de nos sources d'eaux ne sont pas statistiquement différentes. Toutefois, elles sont toutes légèrement supérieures à la valeur de l'OMS. Lagnika *et al.*, (2014) et Mickael *et al.*, (2010) ont rapporté respectivement des moyennes de $0,193\pm 0,28$ et $39,8\pm 13,31$. Abdoulaye *et al.*, (2013) ont obtenu des teneurs en ions ammonium allant 0,02 mg/l à 1,29 mg/l au mois de novembre et 0,03 mg/l à 0,36 mg/l au mois de juillet dans l'eau de la rive droite du Fleuve Senegal.

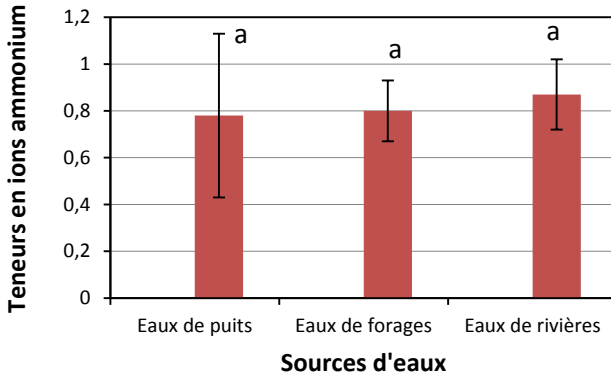


Figure 9 : Variations des ions ammonium en fonction des sources d’eaux

Ions Chlorures

La présence de chlorures dans les eaux est due le plus souvent à la nature des terrains traversés. On les retrouve dans presque toutes les eaux naturelles (Degbey, 2011). L’OMS recommande l’intervalle de valeurs allant de 0,5 à 2 mg/l pour le chlore résiduel libre dans l’eau de consommation. Il n’y a pas de différence significative entre nos différentes valeurs obtenues. Elles sont toutes comprises dans l’intervalle de valeurs recommandé par l’OMS, ce qui est sans conséquences pour la santé des consommateurs.

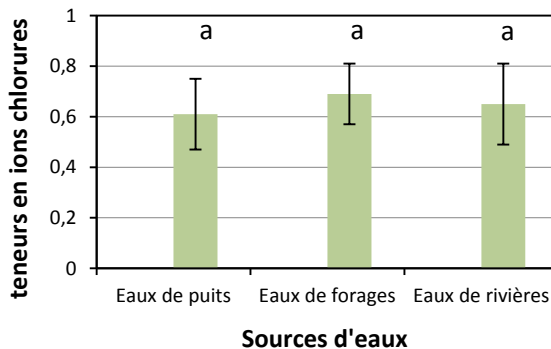


Figure 10 : Variations des ions chlorures en fonction des sources d’eaux

Ions zinc

Le zinc est un oligo-élément nécessaire au métabolisme des organismes vivants, essentiel pour de nombreux métallo enzymes et les facteurs de transcription qui sont impliqués dans divers processus cellulaires tels que l'expression des gènes, transduction du signal, la transcription et la réplication (Ricardo, 2013). Le Zinc est un des métaux les moins toxiques et les problèmes de carence sont plus fréquents et plus graves que ceux de toxicité (Ricardo, 2013). Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (aspect, goût), l'OMS recommande comme valeur limite pour le zinc 3 mg/L. La teneur en ions zinc des eaux de puits ($4,08 \pm 0,55$) est statistiquement identique à celle des eaux de forages ($3,63 \pm 0,67$) et diffère significativement de celle des eaux ($3,21 \pm 0,32$). Par contre, il n'y a pas de différence significative entre la teneur en ions zinc des eaux de forages et celle des eaux de rivières. Ces valeurs sont légèrement supérieures à celle de l'OMS mais ne s'avèrent pas dangereuses pour la santé humaine.

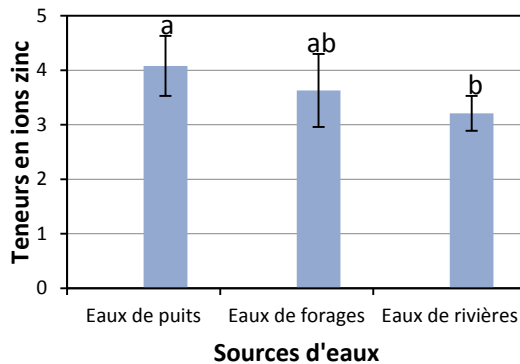


Figure 11 : Variations des ions zinc en fonction des sources d'eaux

Analyse en composante principale

La méthode de l'analyse en composantes principales (ACP) est largement utilisée pour interpréter les données hydrochimiques (Bennasser, 1997). Pour le traitement des données en analyse en composantes principales, 9 variables ont été utilisés en occurrence le pH, la conductivité électrique et la température et les ions NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Cl^- , F^- , Zn^{2+} .

Interprétation du cercle des corrélations

L'analyse du plan factoriel F1 et F2 montre que 55,36% de variance sont exprimés. Le facteur 1 est exprimé à 28,27% et représenté principalement par les ions NO_3^- , NH_4^+ , NO_2^- , F^- mais aussi par les ions Cl^- , la température et le pH. Cet axe exprime une acidité et une pollution chimique d'origine environnementale ou anthropique. L'axe F2 est exprimé à 27,08% et représenté par la conductivité électrique et les ions Zn^{2+} . L'axe F2 exprime une légère minéralisation. Les taux de variance exprimés sont faibles par rapport à ceux de Lagnika *et al.*, (2014) et supérieurs à ceux d'Aka *et al.*, (2013) qui ont rapporté respectivement 66,8% et 49,25% de variance totale dans l'eau des puits de la commune de Pobé au Bénin et dans les eaux des nappes d'Altérites sous climat tropical humide : Cas du Département d'Abengourou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire).

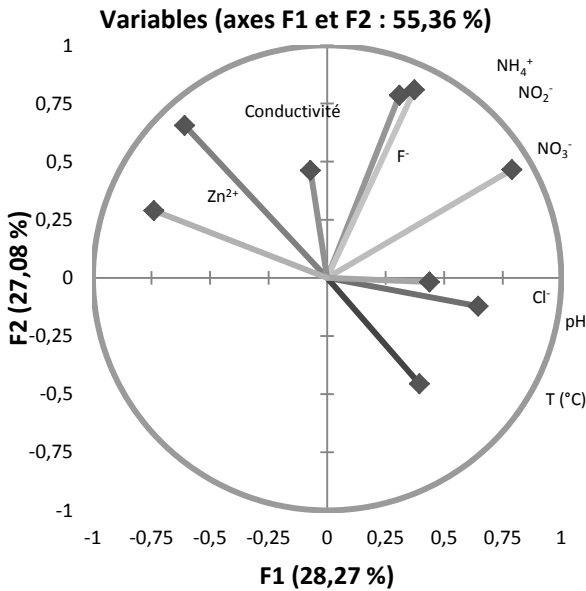


Figure 12 : Cercle des corrélations

CONCLUSION

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur la qualité physico chimique des eaux de consommation, notamment les eaux de puits, de forages et de rivières, il ressort que la quasi-totalité des paramètres analysés répond aux normes fixées par l'OMS. Cependant, du point de vue chimique on observe que les ions ammonium et zinc ont des valeurs supérieures à celles de l'OMS dans toutes les sources d'eaux ; les ions nitrates le sont dans les eaux de forages et de rivières. Sur le plan physique, des valeurs de pH acides sont relevées pour les eaux de puits et de forages mais sans danger pour la santé.

En dépit des valeurs des paramètres analysés qui restent dans les normes requises par l'OMS, il n'en demeure pas moins que ces différentes sources d'eau considérées dans ce travail, constituent des sources potentielles de contamination au vue de leur statut et de leurs modes d'exploitations. Par conséquent, un programme d'aménagement, de traitement, et d'assainissement de ces sources d'eau s'avère indispensable pour prévenir la population, des zones d'étude, des maladies hydriques. En plus, l'éducation de base des principaux exploitants des ressources en eau notamment les femmes et les enfants est essentielle pour minimiser les sources de contamination. Les études sur la qualité bactériologique de ces eaux, en cours, permettra une évaluation assez exhaustive des ressources en eau dans le bassin pétrolier de Doba et servira éventuellement d'outil d'aide à la décision.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre profonde gratitude à la Commission nationale chargée d'attribution des bourses et d'équipements des laboratoires de recherche sur le fonds formation des formateurs (CONFOFOR) pour avoir subventionné cette étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdoulaye D., Khadijettou M. et Mohamed O., 2013. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau de la rive droite du Fleuve Sénégal. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°12, Janvier 2013, pp.71-83

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

- Aka N., Bamba S., Soro G. et 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*, ISSN 1112-3680, n°16, Décembre 2013, pp. 31-52
- Amin N.C., Lekadou K.S., Attia A.R., Claon J.S., Agbessi K. et Kouadio K.I. 008. Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'adduction publique de huit communes en Côte d'Ivoire. *J.sci.pharm.biol.*, vol.9, n°1.
- BENASSER L., 1997. Diagnose de l'état de l'environnement dans la plaine du Gharb: suivi de la macro-pollution et ses incidences sur la qualité hydrochimique et biologique du bas Sebou. Thèse de doctorat d'état Es Science. Univ. Ibn Tofail; Kenitra, Maroc, 157p.
- Boubakar Hassane 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), 198 p.
- 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., Fayomi B. et 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* 2010;1:15-22.
- GHAZALI D., ZAID A., 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknes à Maroc). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 25-36
- Ghislain de Marsily, 2013. Les problèmes de l'eau en 26 questions. Livret sur l'environnement 2013. Institut de France, Académie de Sciences.
- Gilliam J.W., Daniels R.B. and Lutz J.F., 1974. Nitrogen content of shallow ground water in the North Carolina Coastal Plain. *J Environ Qual*, 3, 2, 147-151.
- Guergazi S., Achour S., 2005. *Larhyss Journal*. 4, 119.
- IBGE, 2005. Qualité physico- chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles" Novembre 2005.
- Laferrriere et al. 1996. L'industrie porcine et les risques liés à la santé humaine, *Bull. Information Santé Environnement*, Québec,1-4.
- Lagnika M., Moudachirou I., Jean-Pierre C., Valentin D. et Nestor G. 2014. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobé (Bénin, Afrique de l'Ouest). *Journal of Applied Biosciences* 79 : 6887-6897. ISSN 1997-5902.

- Leynaud G. 1968. Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.
- Mickael S., Boniface Y., Honoré S., Bankolé R. et 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.* (2010) 030, 79-91
- Ngram N., 2011. Contribution à l'étude analytique des polluants de type métaux lourds dans les eaux du fleuve Chari lors de sa traversée de la ville de N'djamena. Thèse de doctorat Ph.D. 164.
- OMS IPCS, 1986. Environmental Health Criteria n°54 : Ammonia. World Health Organisation, International Programme on chemical Safety . <http://www.inchem.org/fullist.htm>.
- OMS, 2004. Liens entre l'eau, l'assainissement, l'hygiène et la santé faits et chiffres - mise à jour de novembre 2004. Genève.
- OMS, 2008. Guidelines for drinking-water quality. Third edition incorporating the first and second addenda. Volume 1: recommendations. Geneva.
- Pacheco J., Marin L., Cabrera A., Steinich B. et Escolero O., 2001. Nitrate temporal and spatial patterns in Environmental Geology N° 40, pp 708-715.
- PESCOD M.B., 1985. Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. Ed Pescodand Arar, 93-114.
- Ricardo Nolasco A., 2013. Évaluation de la contamination actuelle de métaux lourds et certains composés organiques persistants chez des poissons d'intérêt sportif du Fleuve Saint-Laurent à Québec. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.). 83 p.
- RODIER J., 1984. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod Paris.
- Santé et Bien-être social Canada. 1979a. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada 1978. Approvisionnement et Services Canada, Hull.
- Santé et Bien-être social Canada. 1982. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada 1978. Pièces à l'appui. Approvisionnement et Services Canada, Hull.
- STUDI International, 2010. Actualisation de PUR de villes de Moundou, Sarh, Doba et élaboration de PUR de villes d'Am Timan, Pala, Bongor, Lai et Léré. Mission 1 : Rapport Préliminaire d'études. Bilan diagnostic : Ville de DOBA