



Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux utilisées dans les écoles de la préfecture de Zio (Togo)

M. D. T. GNAZOU^{1,2*}, K. ASSOGBA³, B. E. SABI¹ et L. M. BAWA²

¹Département de Géologie, Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo.

²Laboratoire de Chimie des Eaux, Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo.

³Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger.

*Auteur correspondant ; E-mail : mgnazou@yahoo.fr, Tel : 0022890223945

RESUME

Durant la période de décembre 2013, des enquêtes ont été menées dans les écoles de l'Inspection d'Enseignement Primaire et Préscolaire de Zio-Sud dans la région Maritime pour analyser le degré de couverture en eau potable des écoles. Sur un total de 65 écoles recensées dans cette inspection, seulement 8 écoles disposent d'ouvrages d'approvisionnement en eau potable dont quatre (04) forages, un (01) puits et trois (03) citernes qui sont fonctionnels ; soit un taux de couverture de 12%. Malgré ce faible taux de desserte, les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont montré que les eaux de certains ouvrages sont impropres à la consommation. Les teneurs en ions Fe^{2+} , Na^+ , K^+ , NO_3^- du forage de l'école primaire publique de Tsikplonou Kondji (F2) et du puits de l'EPP Gbama-hlan (P1) sont supérieures aux normes recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les eaux des citernes issues des précipitations sont par contre très faiblement minéralisées et très pauvres en chlorures. Du point de vue bactériologique, les eaux des citernes, du puits et du cours d'eau présentent une forte charge en germes totaux et constituent un risque sanitaire important pour les apprenants.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Ecoles, eau, qualité, physicochimie, bactériologie, Zio.

INTRODUCTION

L'école représente après la famille, le lieu d'instruction propice à l'acquisition de nouvelles connaissances théoriques et pratiques dans divers domaines pour les enfants qui la fréquentent. Cette vision est partagée et promue par l'Etat togolais dans sa politique éducative. La suppression en 2008 des frais de scolarité dans le préscolaire et le primaire dans toutes les établissements publics du Togo, a permis l'ouverture de l'école à un nombre important d'enfants issus des couches défavorisées avec pour conséquence une augmentation du taux de scolarisation sur toute l'étendue du territoire (DPEE, 2012). L'accès à l'eau et à l'assainissement constitue

un vecteur de développement et un levier de scolarisation. Le déficit d'infrastructures hydrauliques favorise non seulement l'apparition et la diffusion de maladies hydriques, mais aussi rend extrêmement précaires les conditions d'apprentissage des élèves. Au Togo, on estime la consommation quotidienne d'un élève à 10 litres d'eau par jour (hygiène et boisson). Dans la préfecture de Zio, malgré les efforts consentis par l'Etat et les organisations non gouvernementales (ONG), le taux d'accès à l'eau potable des populations est l'un des plus faibles du pays. La préfecture de Zio compte trois Inspections d'Enseignement Préscolaire et Primaire (IEPP) dans lesquelles le problème

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.43>

d'alimentation en eau potable des écoles se pose avec acuité. La situation de l'Inspection de Zio Sud reste préoccupante, car c'est 88% des écoles qui ne bénéficient d'aucun équipement hydraulique (Assogba, 2013). Deux contraintes, l'une naturelle et l'autre financière sont à l'origine de cette faible desserte. Les inspections ne disposent pas de moyens financiers pour réaliser des forages dans les aquifères profonds de la région. Face à cette situation, les eaux de surface dont celles de la rivière Zio et des pluies sont de plus en plus sollicitées.

L'objectif de cette étude est d'apprécier la qualité physico-chimique et bactériologique des différentes sources d'eau utilisées dans les écoles de la préfecture de Zio et leurs impacts sur la santé des apprenants.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

Située au Nord de Lomé, la préfecture du Zio est localisée entre 0°54' et 1°24' de longitude Est et entre 6°10' et 6°50' de latitude Nord. D'une superficie de 2191,5 km², elle est limitée au Nord par la préfecture de Haho, au Sud par celle du Golfe, à l'Est par la préfecture de Vo et du Yoto, à l'Ouest par celle de l'Avé (Figure 1). Selon les résultats du recensement de la population de 2010 (Direction Nationale de la Statistique, 2010), la population de la préfecture du Zio est estimée à 295177 habitants dont 240 703 en milieu rural.

Le relief de la préfecture du Zio est monotone et très peu contrasté avec des altitudes décroissantes du Nord au Sud. Il est constitué par un ensemble de plateaux compartimentés par les vallées fluviales et la dépression de la Lama. La préfecture jouit d'un climat subéquatorial de type guinéen à quatre saisons : deux saisons sèches alternées avec des saisons de pluies. Le régime pluviométrique est donc bimodal, avec deux extrema : le premier en juin et le second en septembre-octobre. La grande saison des pluies dure cinq mois en moyenne et débute en mars. Les hauteurs mensuelles de pluie connaissent une croissance progressive et régulière jusqu'en juin où elles atteignent leur maximum (243,5 mm), puis commencent un fléchissement en juillet et s'achève en août. La

deuxième saison de pluies, très courte, va de septembre à novembre (Figure 2). La grande saison sèche débute en novembre et finit en mars avec le début de la grande saison des pluies. Le mois de janvier est le plus sec et connaît l'arrivée de l'harmattan. La petite saison sèche, très courte, est centrée sur le mois d'août. Contrairement à la grande saison sèche, moins pluvieuse et plus chaude, la petite saison est fraîche avec des coups de vents fréquents.

La température maximale moyenne mensuelle la plus élevée, est observée en mars et elle est de l'ordre de 33,6 °C, tandis que la moyenne mensuelle minimale est de 22,8 °C en août. L'amplitude thermique moyenne mensuelle n'est pas très élevée et varie entre 10,8 °C en janvier et 6,6 °C en juillet.

La géologie de la zone (Figure 3) est répartie en deux grandes unités : le socle appartenant aux unités internes de la chaîne des Dahomeyides, et le bassin sédimentaire côtier. Le socle cristallin d'âge éburnéen remobilisé au Panafricain occupe le Nord de la préfecture. Il s'agit essentiellement d'une série gneisso-migmatitique. Sur ce socle cristallin polycyclique, reposent les formations du bassin sédimentaire côtier. Cet ensemble d'âge méso-cénozoïque présente un pendage faible vers le Sud où il s'épaissit considérablement. Ces formations sont coiffées par les faciès du Continental terminal d'âge mio-pliocène (Johnson, 1987 ; da Costa, 2005). Enfin, le quaternaire est formé des dépôts récents fluviaux et lacustres le long des cours d'eau, des lacs et lagunes.

Sur le plan structural, la pile sédimentaire et son substratum sont recoupés par des failles à l'origine d'une subsidence différentielle. La plus importante de ces failles est celle d'Adina située à plus de 3000 m de profondeur (Sylvain et al., 1986).

Les différentes sources d'approvisionnement en eau de la région sont les eaux de pluie, les eaux des cours d'eau et les eaux souterraines.

Les eaux de pluie sont collectées par des gouttières à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des citernes. A l'origine ces eaux pures sur le plan chimique, sont pauvres en composés minéraux indispensables à la santé et à la croissance des

apprenants. Les quantités d'eau recueillies dans les citernes sont fonction de la pluviométrie annuelle, et ne couvrent pas souvent les besoins annuels de l'école. Les enquêtes menées sur le terrain ont montré que des élèves de certains établissements parcourent chaque jour entre 500 m à 1 km pour chercher de l'eau (Figure 4). Certaines écoles construisent dans leur enceinte des réservoirs en béton pour leur alimentation en eau. Ces réservoirs (communément appelés buses et citernes) servent à recueillir l'eau de pluie à travers les toits des bâtiments, ou sont remplis d'eau par les élèves (Assogba, 2013). Les citernes ont en outre une durée de vie très courte : trois (03) seulement sont fonctionnelles sur les neuf (09) que compte l'inspection.

Les eaux de surface sont celles des cours d'eau du Zio et du Lili qui sont des cours d'eau temporaires. Ces cours d'eau sont alimentés par les eaux pluviales et coulent dans les vallées peu profondes du plateau continental où la perméabilité des formations sablo-argileuses du sédimentaire favorise leur infiltration. Le Zio et le Lili développent des zones d'inondation dans leurs cours inférieurs. Des enquêtes de terrain, il ressort que 26% des revendeuses dans les établissements utilisent l'eau du fleuve Zio pour préparer la nourriture qu'elles vendent aux apprenants. Ceci constitue un grand danger à la santé des élèves en les exposant aux maladies hydriques.

Les eaux souterraines dans la région proviennent essentiellement des aquifères du Crétacé (Maestrichtien), du Paléocène et du Continental terminal (DHE, 1984 ; Gnazou, 2008). Les nappes alluviales sont localement exploitées à travers les puits (PNUD, 1975, 1982).

Méthodes

Les travaux de terrain se sont déroulés durant le mois de décembre 2013 correspondant à la période de basses eaux. L'étude a concerné huit écoles de l'inspection sud de la préfecture de Zio. Les effectifs des écoles enquêtées sont compris entre 118 et 1153 élèves (Tableau 1). L'approvisionnement en eau potable de ces écoles est assuré par 4 forages (F), un puits

(P) et 3 citernes (C) (Figure 5). Ces données montrent que le problème d'eau dans les écoles se pose avec acuité dans la région, car seulement 12% des écoles de cette inspection sont alimentées par des sources d'eau améliorées.

Sur le terrain, un GPS du type Garmin a servi à relever les coordonnées des points d'eau ; une fiche d'enquête pour recueillir les informations sur la problématique de l'eau, les maladies liées à l'eau dans la zone d'étude. Un pH-mètre et un conductimètre de type WTW ont permis de mesurer *in situ* tels que le pH et la conductivité des eaux. Les prélèvements au niveau des forages sont effectués après flambage du robinet avec du coton imbibé d'alcool et un pompage prolongé dans le but d'avoir un échantillon représentatif de qualité permanente. Pour les prélèvements au niveau des puits et citernes l'échantillonneur et la ficelle sont à chaque fois stérilisés à base d'alcool avant tout prélèvement. Les échantillons d'eau sont recueillis dans des flacons en verre de 500 ml conservés pour les analyses bactériologiques et dans des flacons en polyéthylène de 1,5 litre en ce qui concerne les analyses physico-chimiques. Afin d'éviter les variations des paramètres physico-chimiques et bactériologiques à déterminer, les échantillons ont été stockés au frais dans des glacières et ramenés au laboratoire pour les analyses. Les analyses physico-chimiques des échantillons d'eau ont été réalisées au Laboratoire de Chimie des Eaux alors que les analyses bactériologiques ont été effectuées au Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires de l'Université de Lomé. Les méthodes d'analyses utilisées par ces deux laboratoires sont celles normalisées tirées de l'AFNOR (AFNOR, 1996) et sont résumées dans le Tableau 2.

Pour le contrôle de la cohérence des résultats d'analyses physico-chimiques, le logiciel « Diagrammes » (Simler, 2005) a été utilisé pour le calcul de la balance ionique. Les résultats des analyses physico-chimiques ont été jugés satisfaisants, lorsque l'erreur commise sur la balance ionique est inférieure à plus ou moins 5%.

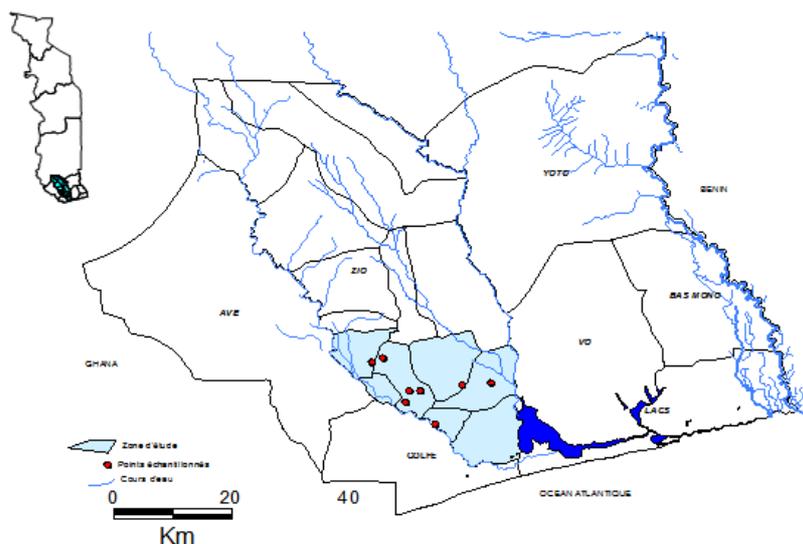


Figure 1 : Localisation des sites et hydrographie de la zone d'étude.

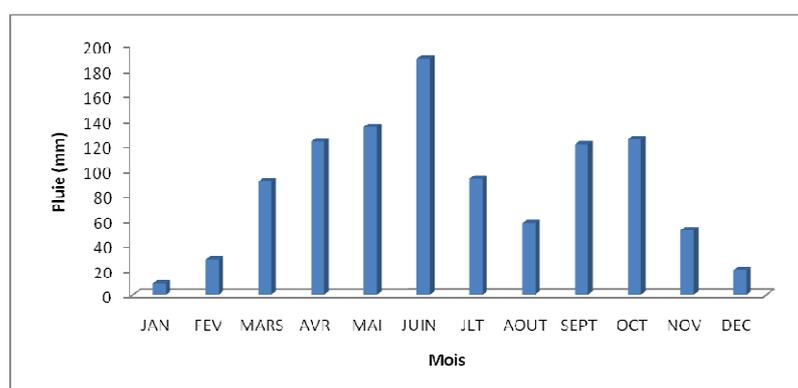


Figure 2 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Tsévié (2002-2012).

Tableau 1: Ouvrages des écoles enquêtées.

Ecoles	Code ouvrage	Type d'ouvrage	Effectif de l'école
Hagblevou	F ₁	Forage	144
Tsikplonou Kondji	F ₂	Forage	195
Adétikopé A, B, E, F	F ₃	Forage	1153
Adétikopé C, D	F ₄	Forage	644
Gbama Hlan	P ₁	Puits	305
Agbeedevi Kopé	C ₁	Citerne	118
Assomé	C ₂	Citerne	313
Alangbadja Bame	C ₃	Citerne	180

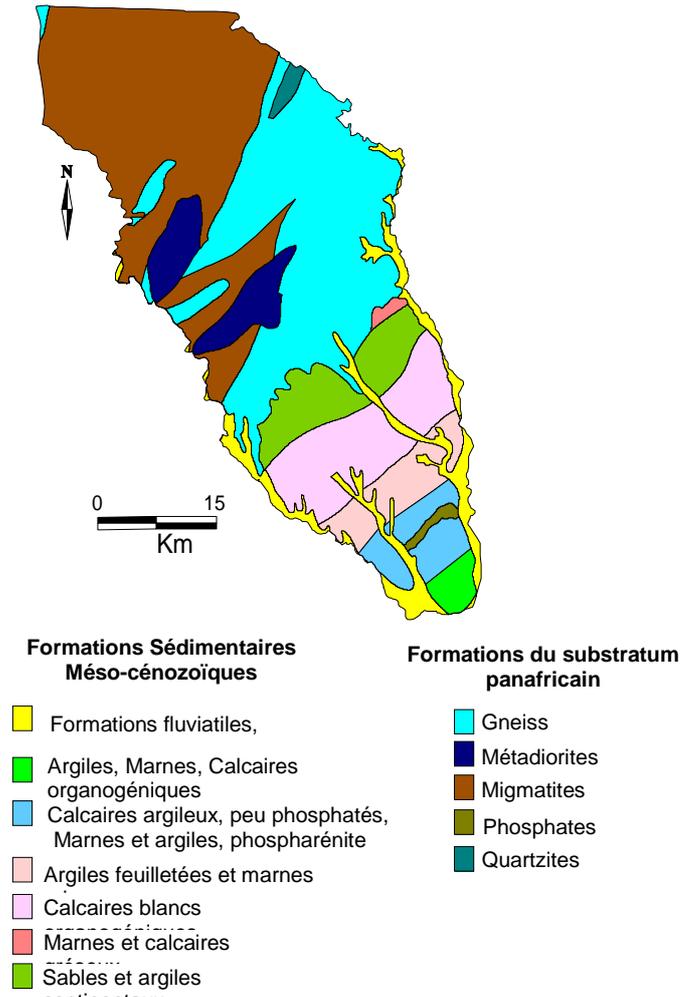


Figure 3 : carte géologique de la région (Sylvain et al., 1986, modifiée).



Figure 4 : Elèves ravitaillant les classes en eau potable.



Citerne d'eau de l'EPP Assomè



Forage à l'EPP Kpomé-Agomé



Puits à l'EPP Gbama-hlan

Figure 5 : Les différents types d'ouvrages hydrauliques rencontrés dans les écoles.

Tableau 2 : Matériel et méthodes utilisés pour le dosage des paramètres physico chimiques et microbiologiques.

Paramètres	Méthodes	Norme AFNOR	Matériel
pH	Electrométrie	NFT 90-008	pH- mètre WTW pH 330i
Turbidité	Néphélométrie	NFT 90-33	Turbidimètre DRT100B model 20012
Conductivité (CE)	Conductimétrie	NFT 90-031	Conductimètre WTW Cond 330i
Ca ²⁺	Complexométrie à l'EDTA	NFT 90-016	-
Mg ²⁺	Complexométrie à l'EDTA	NFT 90-016	-
Na ⁺	Spectrophotométrie d'absorption atomique	NFT 90-20	Spectrophotomètre Perkin Elmer model 2380
K ⁺	Spectrophotométrie d'absorption atomique	NFT 90-20	Spectrophotomètre Perkin Elmer model 2380
NH ₄ ⁺	Spectrophotométrie d'absorption moléculaire	NFT 90-015	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
Fe _T	Spectrophotométrie d'absorption moléculaire	NFT 90-017	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
Mn ²⁺	Spectrophotométrie d'absorption moléculaire	NFT 90-024	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
Cl ⁻	Argentimétrie	NFT 90-014	-
HCO ₃ ⁻	Acidimétrie	NFT 90-036	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
SO ₄ ²⁻	Néphélométrie	NFT 90-009	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
NO ₃ ⁻	Spectrophotométrie d'absorption moléculaire	NFT 90-012	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
NO ₂ ⁻	Spectrophotométrie d'absorption moléculaire	NFT 90-013	Spectrophotomètre Digitron Elvi 675
Germes totaux	Incubation à 30°C	NF V08-051	Incubateur
Coliformes totaux	Incubation 30°C	NF V08 016	Incubateur
Coliformes thermotolérants	Incubation 44°C	NF T90-411	Incubateur
Anaérobies sulfito-réducteurs	Incubation 44°C	XP V08-061	Incubateur
Streptocoques fécaux	Incubation 37°C	NF T90-411	Incubateur
<i>E.Coli</i>	Incubation 44°C		Incubateur

RESULTATS

Concernant la caractérisation physico-chimique des eaux, les paramètres suivants (Tableau 3) ont été mesurés. Il s'agit de la température, du pH, de la turbidité et des ions tels que Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- et NH_4^+ .

Les températures des eaux varient entre 29.1 °C et 33.2 °C. Les températures les plus basses sont rencontrées au niveau des forages et des puits, alors que celles les plus élevées sont rencontrées au niveau des citernes.

Les valeurs du pH varient entre 5.84 et 8.83 et montrent que les eaux sont acides à basiques. Les eaux alcalines contenant parfois des ions carbonates sont rencontrées essentiellement dans des citernes.

Les valeurs de la conductivité électrique oscillent entre 70.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans la citerne C3 et 1756 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans le puits. Les eaux utilisées pour l'AEP se situent dans la tranche des eaux à minéralisation très faible à élevée. Les eaux les moins minéralisées sont celles des citernes et de la rivière Zio qui sont alimentées par les eaux de pluies, alors que l'eau du puits est la plus minéralisée.

La turbidité des eaux des forages varie de 1,0 NTU au forage F4 à 32,8 NTU au forage F2. L'eau du fleuve présente une turbidité de 6,5 NTU.

Pour apprécier les teneurs en matières organiques oxydables des eaux, nous avons mesuré l'oxydabilité au permanganate de potassium. Dans les eaux de citernes, ce paramètre varie entre 1,4 et 1,6 mgO_2/l . Les valeurs les plus élevées ont été mesurées dans le puits (4,2 mgO_2/l) et dans le cours d'eau Zio (12,4 mgO_2/l). Ce paramètre présente des valeurs nulles dans les eaux des forages.

Les cations majeurs mesurés dans les eaux étudiées sont les alcalino-terreux Ca^{2+} , Mg^{2+} , et les alcalins K^+ , Na^+ . Le plus abondant de ces éléments est le calcium qui représente 47.3% du total cationique alors que le sodium est le moins représenté avec 1%. Concernant les alcalins, les résultats montrent que les eaux des citernes sont très pauvres en sodium dont les concentrations sont comprises entre 1,1 à 2 mg/l . Dans les forages, ces teneurs oscillent entre 12,4 à 36 mg/l ; par contre dans l'eau de puits, elles s'élèvent à

182 mg/l . Tout comme le sodium, les eaux de citernes présentent des teneurs plus faibles en potassium. Dans tous les cas, cet élément est moins présent dans tous les échantillons et varie entre 0,6 à 2,4 mg/l . Les alcalino-terreux représentés par le calcium et le magnésium permettent d'apprécier la dureté totale de l'eau. Parmi les échantillons étudiés, les eaux les plus dures sont rencontrées dans les ouvrages captant l'eau souterraine (puits forages). La dureté dans ces ouvrages est comprise entre 5,6 à 38,2°F, par contre, les eaux des citernes sont moins dures avec une moyenne de 4°F. Le calcium est présent dans tous les ouvrages échantillonnés mais plus abondant au niveau du forage F2 (107 mg/l) et dans le puits (91 mg/l). Les eaux de citernes ont des teneurs en magnésium presque nulles. Comme pour tous les autres cations, le puits présente les teneurs les plus élevées en magnésium (36 mg/l).

Les anions majeurs dosés dans les eaux sont les hydrogénocarbonates, les carbonates, les sulfates et les chlorures. Les bicarbonates représentent les anions les plus importants avec 49 % du total anionique. Les fortes concentrations en hydrogénocarbonates (supérieures à 100 mg/l) sont signalées uniquement dans les ouvrages captant l'eau souterraine (puits et forages). Ces concentrations en hydrogénocarbonates sont plus faibles dans les eaux des citernes où sont détectés par contre des carbonates. Les teneurs en chlorures oscillent entre 14 à 55 mg/l dans les eaux des forages et dans le Zio. Les eaux des citernes en sont moins chargées avec des concentrations comprises entre 1 et 2 mg/l alors qu'elles sont de 435,48 mg/l dans l'eau du puits. Les sulfates sont moins présents et représentent 6% du total anionique. Leurs teneurs dans les eaux oscillent entre 3 et 31 mg/l .

Pour mesurer l'impact des activités anthropiques sur la qualité physico-chimique des eaux, les minéraux azotés et les éléments métalliques ont été dosés. Les éléments azotés pris en compte sont les nitrates (NO_3^-) les nitrites (NO_2^-) et l'ammonium (NH_4^+). Les résultats du Tableau 3 révèlent de fortes teneurs en nitrates (53,82 mg/l) et nitrites (5,57 mg/l) dans l'eau du puits P1. Les nitrites sont inexistantes dans les eaux de forages et

des citernes. À l'exception de l'eau du cours d'eau (0.5 mg/l), les teneurs en ion ammonium dans les eaux sont toutes inférieures au seuil de détection (0,05 mg/l).

Concernant les éléments métalliques seule l'eau du cours d'eau présente des teneurs élevées en manganèse (2,57 mg/l). D'importantes concentrations en fer sont également retrouvées dans l'eau du forage F2. Ces deux éléments sont presque absents dans les eaux de citernes.

Les analyses microbiologiques ont concerné les germes totaux, les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants, les streptocoques fécaux, les anaérobies sulfite-réducteurs et *Escherichia coli*. Les résultats sont consignés dans le Tableau 4. Le nombre de germes totaux varie de 60 UFC/ml dans le forage F3 à 78 UFC/ml dans la citerne C1. Les eaux du puits, des citernes et du cours d'eau sont plus contaminées en germes totaux et les coliformes thermotolérants. Par contre, les eaux de tous les forages sont de qualité satisfaisante car dépourvues de coliformes fécaux. Parmi les coliformes thermotolérants, *Escherichia coli* est signalé dans l'eau du Zio, dans le puits et les citernes. Les coliformes thermotolérants sont indicateurs de pollution récente, et peuvent avoir pour origine la pollution atmosphérique. Les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) qui sont des germes telluriques et qui se développent dans des conditions d'anaérobiose, sont absents dans tous les ouvrages échantillonnés. Les streptocoques fécaux sont rencontrés principalement dans le cours d'eau et dans faibles proportions dans les citernes et les puits.

DISCUSSION

Les fortes températures observées dans les eaux des citernes sont dues à leur exposition au rayonnement solaire. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau : débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc. Les valeurs de la turbidité enregistrées sur les échantillons montrent que les eaux sont claires (<5NTU) à l'exception de l'eau du forage F2 (32 NTU) et du cours d'eau qui sont troubles. La forte turbidité observée au niveau du forage F2 serait due aux fortes concentrations

en fer observées dans cet ouvrage. Des études antérieures ont montré que l'aquifère du Maestrichtien exploité dans la zone est très riche en fer (Merlin, 2007). Cette forte turbidité peut favoriser la prolifération des micro-organismes qui peuvent se fixer sur les particules en suspension. En dehors de ce forage, les autres ouvrages ont des turbidités inférieures à la valeur guide de l'OMS qui est de 5 NTU.

Les valeurs de l'oxydabilité au $KMnO_4$ enregistrées dans les eaux du puits et des citernes seraient dues à l'introduction de la matière organique dans le puits soit par les élèves ou lors des prélèvements d'une part et par une pollution atmosphérique d'autre part. La présence de $KMnO_4$ dans les citernes est due aux dépôts de poussières sur les toits des bâtiments qui sont ensuite relargués dans ces réservoirs d'eaux de pluies. Il faudra donc conseiller aux enseignants et apprenants de ne pas récolter les premières pluies et de recouvrir les puits.

Les eaux sont basiques dans les citernes, avec un pH moyen de 8,2, par contre elles présentent un caractère acide à neutre dans les eaux souterraines avec un pH moyenne de 6,45. L'acidité des eaux souterraines est due à l'infiltration de l'eau chargée de CO_2 provenant des sols et qui facilite l'hydrolyse des minéraux silicatés et la formation des ions HCO_3^- . Le caractère acide à neutre des eaux est comparable aux données de Akouvi (2000) qui trouve dans l'aquifère du Maestrichtien des pH entre 5,55 à 7,45 et des conductivités comprises entre 265 à 855 $\mu S/cm$.

Le pH des eaux des forages et du puits varie de 5,84 à 7,07 et sont donc acides à neutres. Les eaux des citernes sont basiques avec un pH compris entre 7,60 et 8,83. La tendance à l'alcalinité des eaux de citernes, est due à une importante dissolution des carbonates contenus dans le ciment utilisé pour la construction de ces réservoirs. L'OMS recommande des valeurs de pH comprises entre 6,5 à 8,5 pour l'eau de boisson. Nos résultats montrent que seuls 50% des forages et 67% des citernes respectent cette directive.

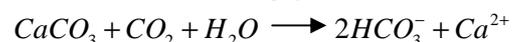
Tableau 3 : Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux.

Echantillons			Cond.	Turb.	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	KMnO ₄	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe	Mn ²⁺	NH ₄ ⁺
	pH	T (°C)	(µS/cm)	(NTU)	(mg/l)	(mg/l)	(mgO ₂ /l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
F1	6,99	32,3	550	2,38	0	305	0,0	0,0	0,0	32,03	26,02	70,4	13,2	30	2,2	0,72	0,0	0,03
F2	7,07	32,6	778	32,8	0	366	0,0	0,14	0,0	55,02	30,93	107,2	17,28	36	2,4	4,26	0,0	0,03
F3	6,13	32,3	195,5	2,28	0	85,4	0,0	1,18	0,0	19,02	6,93	20,4	2,88	14	1,4	0,17	0,0	0,02
F4	5,84	32,3	174,8	1,01	0	73,2	0,0	0,0	0,0	31,03	8,2	16,0	3,84	12,4	2,1	0,25	0,0	0,02
P1	6,24	32,4	1756	1,88	0	103,7	4,2	53,82	5,57	435,48	18,38	91,2	36,96	182	1,6	0,19	0,0	0,03
C1	8,39	31,9	104,3	4,10	6	67,1	1,6	0,0	0,0	1,001	6,75	19,6	0,0	1,1	0,6	0,17	0,0	0,02
C2	7,60	31,9	93,5	2,28	0	67,1	1,4	0,0	0,0	1,00	4,2	17,6	0,0	1,1	0,7	0,17	0,0	0,02
C3	8,83	32	70,5	1,52	6	36,6	1,5	1,61	0,0	2,00	3,29	12,0	0,0	2	1,1	0,07	0,0	0,02
Zio	6,5	27	215	6,5	0	97,6	12,4	1,13	0,02	14,01	10,6	15,2	10,08	14,6	4,4	0,12	2,57	0,50

Tableau 4 : Résultats d'analyses microbiologiques.

Echantillons	Germes totaux (UFC/ml)	Coliformes totaux (UFC/ml)	Coliformes fécaux (UFC/ml)	Anaérobies Sulfito- réducteurs (UFC/ml)	Streptocoques fécaux (UFC/ml)	<i>E. coli</i> (UFC/ml)
F1	520	18	0	0	0	0
F2	110	60	0	0	0	0
F3	60	0	0	0	0	0
F4	80	0	0	0	0	0
P1	73000	1500	36	0	5	35
C1	78000	98	30	0	5	2
C2	2800	100	25	0	7	12
C3	1420	59	0	0	0	0
Zio	67000	7100	41	0	26	8

Les eaux de boisson des écoles de la préfecture du Zio sont faiblement à excessivement minéralisées, avec des conductivités électriques qui varient entre 70 à 1756 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La forte conductivité observée dans le puits est due à une forte évaporation du fait de son grand diamètre d'une part et à son exposition aux pollutions anthropiques et atmosphériques d'autre part. Les eaux des citernes ne présentent pas les mêmes conductivités. La forte conductivité dans les citernes C1 et C3 s'accompagne d'une augmentation des ions bicarbonates et calcium d'une part et de l'apparition des ions carbonates d'autre part. Ces ions proviennent de la dissolution de la calcite du ciment utilisé pour leur construction, sous l'action des eaux de pluies chargées du CO_2 selon la réaction suivante (Banton et Bangoy (1997) :



Les eaux des forages ont des conductivités qui oscillent entre 174,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 778 $\mu\text{S}/\text{cm}$, celles des citernes entre 70,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 104,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1756 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau du puits. Ces valeurs correspondent à des minéralisations de 134,42 à 556,27 mg/l pour les eaux de forages et de 66,76 à 98,77 mg/l pour les eaux de citernes. Toutes les eaux des citernes et 50% des eaux des forages sont conformes à la valeur guide de l'OMS (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Par contre, l'eau du puits a une conductivité

supérieure à cette valeur guide. Les eaux moins minéralisées sont celles des citernes qui recueillent les eaux de pluie. Des études effectuées dans la région maritime montrent que les eaux de pluie ont des conductivités de l'ordre de 72 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les eaux des citernes sont moins dures que celles des forages et du puits, malgré les phénomènes de dissolution des carbonates observés à leur niveau. Ceci s'explique par le fait qu'elles sont pauvres en magnésium. Par contre au niveau des eaux souterraines, on note des teneurs plus importantes en magnésium et en calcium du fait de leur long temps de séjour dans l'aquifère.

Les eaux des citernes doivent être consommées avec modération car elles sont dépourvues de magnésium et de chlorures ; ce qui peut conduire à des carences chez les apprenants. L'eau de puits P1 contient une forte teneur en chlorures (435,48 mg/l) supérieure à la norme OMS qui est de 250 mg/l. Cette eau doit être déconseillée aux apprenants car pouvant créer des problèmes d'hypertension. Les eaux des forages ont une concentration en chlorures inférieure à celle de l'eau du puits bien que les deux types d'ouvrages captent des eaux souterraines. L'augmentation des teneurs en chlorures dans l'eau de puits serait due essentiellement à une

intense d'évaporation favorisée par son diamètre important qui l'expose au rayonnement solaire.

Les nitrates dans les eaux utilisées dans les écoles ont pour origine les activités anthropiques notamment l'agriculture. Ainsi la zone étant une zone de culture, l'utilisation des engrais et la décomposition de la matière organique seraient les principales sources de la pollution nitratée. L'eau du puits a une teneur en nitrates de 53,83 mg/l, donc légèrement supérieure à la directive de l'OMS qui est de 50 mg/l. Un suivi de la qualité de cette eau est indispensable, car une augmentation de la concentration en nitrates peut entraîner chez les petits apprenants la méthémoglobinémie. En effet, transformés en nitrites par l'organisme chez les enfants, les nitrates provoquent l'oxydation du fer II de l'hémoglobine en réduisant sa capacité de transfert de l'oxygène dans l'organisme. Les eaux des forages et des citernes sont à l'abri de cette pollution. La mauvaise qualité de l'eau du puits est due aux cordes et au sceaux utilisés lors du prélèvement. Par rapport aux eaux de forages, cette qualité peut être influencée par les infiltrations car les forages sont plus profonds et donc éloignés de la surface. Les fortes teneurs en fer (4,26 mg/l) dans le forage F₂ provoquent une saveur désagréable et a pour autre inconvénient de tacher le linge.

Les eaux de puits et des citernes présentent des charges très élevées en germes totaux et indiquent la présence d'une contamination bactériologique. Ce qui constitue une menace pour les élèves et les populations riveraines qui tirent l'eau nécessaire à leurs besoins de ces ouvrages.

La concentration élevée en germes microbiens dans les différentes citernes est favorisée par les dépôts de poussière sur toits des bâtiments scolaires. Les rapports CF/SF dans les eaux du puits, des citernes C1 et C2 sont supérieurs à 4 et démontrent que l'origine de la contamination de ces ouvrages est strictement humaine. Ces résultats confirment les observations de Jagals et al. (1995) qui ont noté qu'un rapport CF/SF >4 peut être

considéré comme un bon indice d'une contamination d'origine humaine et qu'un rapport faible montre une origine animale de la pollution.

Escherichia coli est le plus important des indicateurs fécaux (Rodier et al, 2009). Sa présence dans le puits et dans les citernes peut affecter la santé des élèves. Ce qui peut se traduire par des gastro-entérites chez les apprenants. Selon les déclarations des enseignants de certaines écoles, plusieurs élèves ont souffert de ces genres de maladies durant l'année scolaire. Ces pathologies constituent un frein pour les apprenants. Les enseignants interrogés témoignent également que par manque d'eau, les apprenants ne lavent pas les mains avant de manger et les revendeuses ne renouvellent pas souvent l'eau de vaisselle.

Conclusions

Cette étude a permis de présenter et d'analyser les différentes sources d'approvisionnement en eau des écoles de l'Inspection de Zio Sud dans la région Maritime. Il ressort de l'analyse des résultats que les conditions d'accès à l'eau dans les écoles posent d'énormes problèmes aux apprenants. Le déficit d'approvisionnement en eau potable dans les écoles du Togo est alarmant et ne permet pas l'installation d'infrastructures d'assainissement. Seulement 14% des 65 écoles de l'Inspection disposent de blocs sanitaires (latrines). Aucune école ne dispose d'un système de lavage de mains.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux sont variés. Ils peuvent être considérés admissibles pour les forages à l'exception du forage F2 et du puits P1 qui présentent des teneurs anormales en fer (F2), en chlorures et nitrates (P1).

Concernant la microbiologie, la qualité de l'eau n'est pas satisfaisante dans le puits et les citernes. Ces eaux devront subir un traitement préalable avant leur consommation. Les résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques ont montré que les ouvrages modernes les mieux adaptés pour l'approvisionnement en eau potable sont les

forages car sont bien protégés des pollutions de surface.

REFERENCES

- AFNOR. 1996. Eaux, méthodes d'essai. Ed. Afnor, 624p.
- Akouvi AE. 2000. Etude géochimique et hydrogéologique des eaux souterraines d'un bassin sédimentaire côtier en zone tropicale. Implications sur la gestion, la protection et la préservation des ressources en eau du Togo (Afrique de l'ouest). Thèse Doct., Univ. de Paris VI. 158p + annexes.
- Assogba K. 2013. Problématique de l'alimentation en eau potable des écoles primaires publiques : cas de l'Inspection d'Enseignement de Zio Sud dans la région Maritime au Togo. Mémoire de Master. Centre Régional AGRHYMET
- Banton O, Bangoy LM. 1997. *Hydrogéologie, Multiscience Environnementale des Eaux Souterraines*. Presse de l'Univ. du Québec/AUPEL : Québec ; 460.
- DHE. 1984. Alimentation en eau de Lomé. Modèle mathématique préliminaire des nappes du Continental Terminal et du Paléocène. Simulation de plusieurs scénarios d'exploitation. Rapport 84 AGE 008. 66p + annexes.
- Costa (da) DP. 2005. Biostratigraphie et Paléogéographie du bassin sédimentaire du Togo. Thèse Doct., Univ. de Lomé, 2 tomes, 476p.
- Direction Générale de la Statistique et de la Comptabilité Nationale. 2011. Recensement général de la population et de l'habitat : Résultats définitifs, 57.
- DPEE. 2013. Annuaire national des statistiques scolaires 2011-2012. 47^{ème} année. 117p.
- Gnazou MD-T. 2008. Etude hydrodynamique, hydrochimique, isotopique et modélisation de l'aquifère du bassin sédimentaire côtier du Togo. Thèse Univ. Lomé, 204p.
- Johnson AKC. 1987. Le bassin côtier à phosphates du Togo (Maestrichtien-Eocène). Thèse de Doct., Univ. Bourgogne (France), 360p.
- PNUD. 1975. Prospection des eaux souterraines dans la zone côtière (TOGO) : conclusions et recommandations. DP/UN/TOG-70-511/1. Nations Unies, New York, 83p + annexes.
- PNUD. 1982. Stratégie d'aménagement des eaux, ressources et besoins en eau. Laboratoire Centrale d'Hydraulique de France. 11 notices et 11 planches.
- Simler R. 2005. Logiciel d'hydrochimie/Diagrammes. <http://www.lha.univ-avignon.fr/logiciel.htm>
- Sylvain JP, Aregba A, Assih-Edeou P, Castaing C, Chevremont J, Collart J, Monciardini C, Marteau P, Ouasane I, Tchota A K. 1986. Notice explicative de la carte géologique à 1/200000. Feuille de Lomé. Mémoire n° 5 DGMG/BNRM 1e édition. 64p + 2 annexes.
- Rodier J, Legube B, Merlet N. 2009. *L'Analyse de l'Eau* (9e édition). Dunod : Paris ; 1526.
- Jagals P, Grabow WOK, De Villiers JC. 1995. Evaluation of indicators for assessment of human and animal faecal pollution of surface runoff ». *Wat. Sci. Tech.*, **31**: 235.