

Qualité des eaux de forage utilisées sur le campus d'Abomey-Calavi au Bénin

AGASSOUNON, D. T. M.¹, KÈLOMÈ, N. C.², LAWIN, A. E.², AYI, F. L.¹,
ANAGO, D. G.¹, MAMA, D.², BOCODAHU, O. B. M.L.²,
CAPO-CHICHI, R.¹ & AHANHANZO, C.¹

¹FAST, Université d'Abomey-Calavi, 01BP1636 RP Cotonou, Bénin

²Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA/FAST/UAC), BP 526 Cotonou, Bénin
Corresponding author : nkelome@yahoo.fr

Abstract - One of the Millennium Development Goals is the satisfaction of needs of drinking water for all social strata. In this context the subsequent challenge to mobilization is the question of quality of water supply. The present study that focuses on the student population of the largest campus of Benin was conducted to assess the quality (chemical and bacteriological) of the water served to them by the drinking water supply system. Preliminary investigations revealed that the water is not treated before being distributed. Thirty (30) samples were taken at various levels of the distribution network and analyzed. Chemical parameters were evaluated by chromatography and bacteriological parameters according to standard methods of the Beninese Agency for Standardization (ABeNor). The results were discussed in comparison with national and World Health organization (WHO) standards. The results lead to chemical compliance (nitrate, nitrite, phosphate, sulphate, ammonia, calcium, potassium, sodium, magnesium, bicarbonate, chlorine). In bacteriological terms, compliance was 100% for *E. coli* and streptococci, but for other germs, it was 6.67% (Flora aerobic revivifiable), 36.66% (Total Coliforms) and 90% (*Clostridium perfringens*). Apart from the two (02) samples taken directly from the water castle, the rest were found not to comply. Thus, the results of bacteriological analysis revealed that the quality of the water supplied on the largest Campus of Benin is unsafe and risky when we consider the huge amount of the student population that uses it. However, this can be easily corrected by implementing a maintenance and disinfection plan of the water distribution network.

Keywords - borehole water, chemical analyses, bacteriological analyses, water risk.

Résumé - L'un des objectifs du millénaire pour le développement vise la satisfaction des besoins en eau potable de toutes les couches sociales. Dans ce cadre le défi majeur subséquent à la mobilisation est la question de qualité de l'eau fournir. La présente étude qui s'intéresse à la population estudiantine du plus grand Campus du Bénin a pour but d'évaluer la qualité (chimique et bactériologique) de l'eau desservie par le système d'approvisionnement en eau potable. Les enquêtes préliminaires révèlent que l'eau ne subit aucun traitement avant d'être mise en distribution. Trente (30) échantillons ont été prélevés à divers niveaux du réseau de distribution et analysés. Les paramètres chimiques ont été évalués par chromatographie et les paramètres bactériologiques par les méthodes standards de l'Agence Béninoise de Normalisation (ABeNor). Les résultats obtenus ont été discutés par comparaison aux normes nationales et celles de l'OMS. Il en résulte une conformité chimique (nitrates, nitrites, phosphate, sulfates, ammoniac, calcium, potassium, sodium, magnésium, bicarbonate, chlore) de l'eau. Du point de vue bactériologique la conformité est de 100% pour *E. coli* et Streptocoques ; mais pour les autres germes, elle est de 6,67% (Flores Aérobie Revivifiables) ; 36,66% (Coliformes Totaux) ; 90% (*Clostridium perfringens*). En dehors des deux (02) échantillons prélevés directement sur le château, tous les autres échantillons se sont révélés non conformes. Ainsi, les résultats de l'analyse bactériologique indiquent que l'eau distribuée sur le Campus d'Abomey – Calavi est d'une qualité qui présente un risque hydrique inquiétant, vu la taille de la population estudiantine qui l'utilise. Cependant ce risque peut être facilement corrigé par la mise en œuvre d'un plan d'entretien/désinfection du réseau de distribution.

Mots clés - eaux de forage, analyses chimiques, analyses bactériologiques, risque hydrique.

INTRODUCTION

L'eau, est une ressource naturelle vitale et représente l'une des ressources naturelles les plus sensibles et fragiles. Elle est un facteur de développement économique et social qui n'a pas de substitut. L'eau, source de vie peut devenir source de maladies de part sa qualité bactériologique et/ou chimique. Par conséquent, l'eau de consommation doit satisfaire à des critères de qualité hygiénique, chimique et même organoleptique (Agassounon *et al.*, 2010). Lorsque les eaux de consommation ne répondent pas aux normes de qualité, elles peuvent provoquer des infections d'origine hydrique (Ait Melloul *et al.*, 2002 ; OMS, 2004 ; Hassoune *et al.*, 2006 ; Agassounon *et al.*, 2007 ; El Haissoufi *et al.*, 2011), notamment le choléra, les diarrhées sanglantes, la dysenterie, les hépatites, les maladies osseuses, dentaires, neuromusculaires, rénales, les contractions cardiaques anormales, la fièvre typhoïde et certaines viroses.

Les eaux de consommation sont de plusieurs types et d'origines diverses. Ainsi, l'eau de distribution publique (eau de robinet) peut provenir soit des nappes ou sources souterraines ; soit du captage d'eaux superficielles. La mobilisation des ressources en eau souterraines se fait selon diverses techniques dont l'une est le forage. La technologie de forage représente un progrès sensible en matière d'hygiène pour la fourniture d'eau.

Mais, malheureusement, il existe des facteurs de pollution non négligeables entre l'exhaure de l'eau et sa consommation. Ainsi, un contrôle régulier et permanent du système de distribution de l'eau doit être effectué afin de détecter à temps toute défaillance pouvant induire une pollution de l'eau afin de garantir la sécurité des consommateurs.

Sur le campus d'Abomey-Calavi, il n'existe à ce jour, aucune donnée scientifique récente sur la qualité de l'eau fournie par le système de distribution. La présente étude s'intéresse donc à la qualité de l'eau distribuée sur ce campus, non seulement pour combler ce vide mais aussi compte tenu de la taille de sa population estudiantine (près de 100 000 usagers dont plus de 70.000 étudiants en 2011) ainsi que de l'âge moyenne de cette population qui constitue la relève de l'élite pour le développement du pays. Le campus d'Abomey – Calavi, situé dans la ville d'Abomey-Calavi à environ 15 km de

Cotonou (fig. 1), la capitale économique du Bénin, a été créé en 1974, sur une superficie de 99ha et représente la plus grande université du Sud-Bénin.

MATERIEL ET METHODES

Enquêtes sur le Campus d'Abomey-Calavi

Le campus d'Abomey – Calavi est alimenté en eau par un château connecté à un forage. Des enquêtes ont été réalisées au niveau de tous les usagers du campus (personnel administratif, enseignant, commerçant divers, étudiants, restaurateurs publics et privés, gardiens et agents d'entretien) dans le but d'identifier et de déterminer les traitements pré-distribution de l'eau puis, les traitements post-distribution réalisés par les utilisateurs avant l'usage. Ainsi, des fiches d'enquête ont été produites et remplies suivant la méthode d'interview directe suivie de constat (Mayling, 1983).

Modalités de prélèvements et réseau d'échantillonnage

Compte tenu de la configuration du réseau de distribution de l'eau sur le campus, trente (30) échantillons d'eau ont été prélevés dont deux (2) issus directement du château. Les vingt huit (28) autres échantillons ont été répartis de manière à prendre en compte l'ensemble des groupes d'activités liées à l'usage de l'eau du forage. La figure 2 présente la configuration spatiale du réseau d'échantillonnage.

Les prélèvements ont été faits de manière aseptique pour les analyses bactériologiques suivant la méthode classique normalisée. Des flacons en verre de 500 mL stérilisés et munis de bouchons ont servi à recueillir les échantillons. Chaque prélèvement a été reparti dans 5 flacons stériles, portant chacun un code (Tableau 1), suivi des chiffres 1, 2, 3, 4 ou 5 pour désigner l'unité d'échantillon et accompagné d'une fiche de prélèvement référencée portant tous les renseignements (date, point de prélèvement, heure et numéro de l'échantillon). Les prélèvements ont été ensuite acheminés au laboratoire dans une glacière munie de réfrigérant pour analyse. Les échantillons destinés aux analyses chimiques ont été prélevés dans des flacons propres, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, et fermés hermétiquement sans emprisonnement de bulles d'air ; puis marqués comme précédemment.

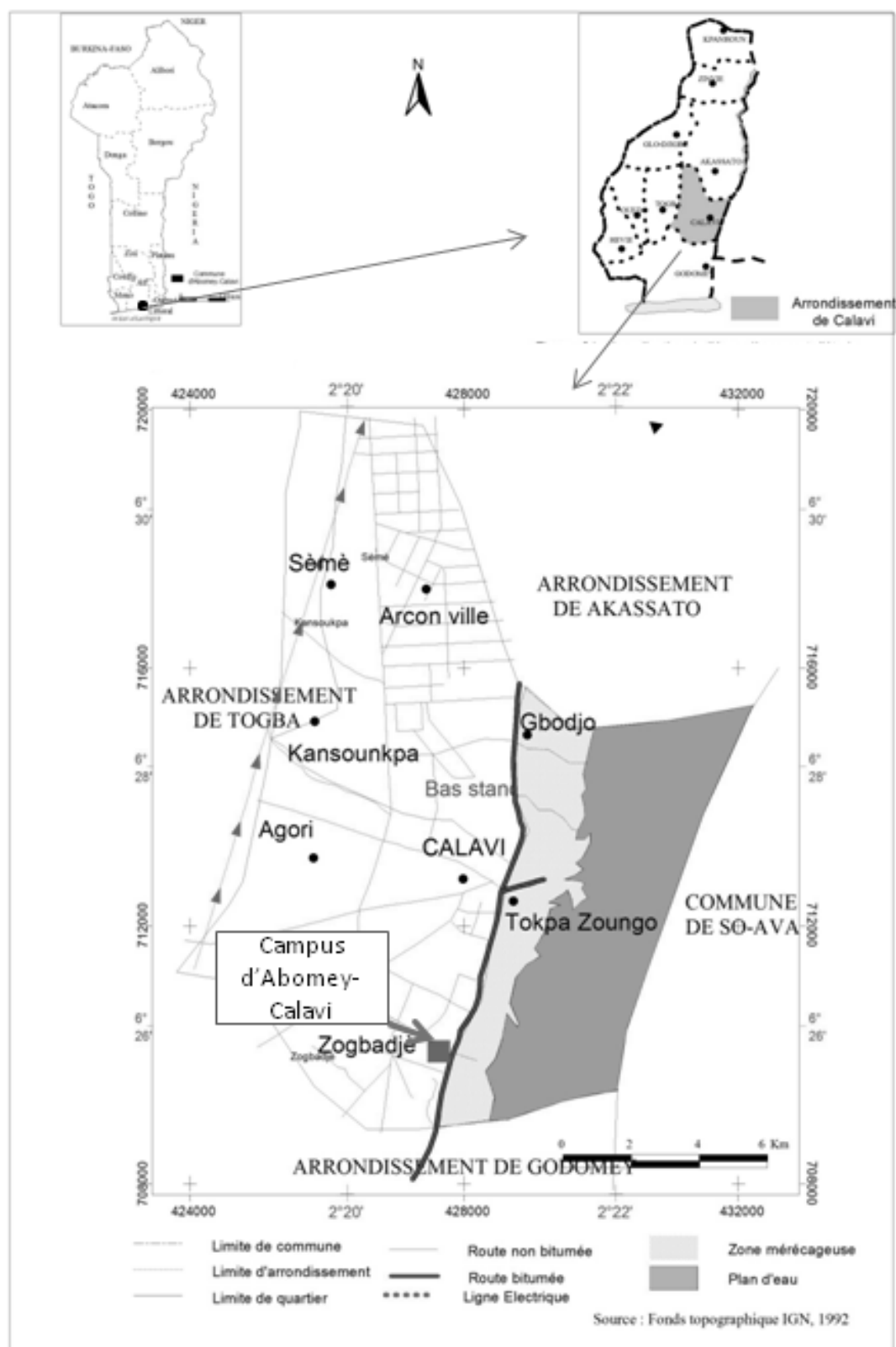


Fig. 1. Localisation du site d'étude

Fig. 1. Location of the studied area.

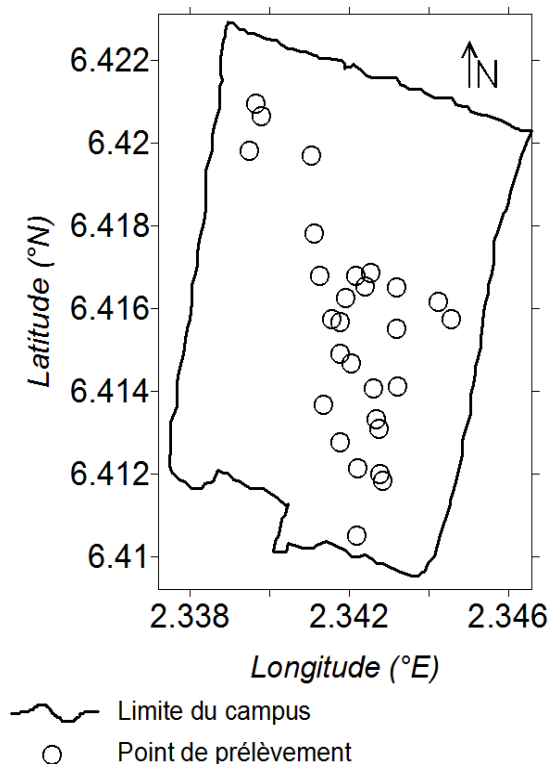


Fig. 2. Réseau de prélèvement à l'intérieur du campus

Fig.2. Sampling network within the campus

Analyses chimiques

Les teneurs des composés chimiques tels que : nitrites, nitrates, phosphates, sulfates, ammonium, calcium, magnésium, potassium, sodium et chlore ont été déterminées par chromatographie selon la méthode AFNOR NFT90-042 (1998) à l'aide du chromatographe DIONEX ICS-1000. Pour réaliser les mesures sur les échantillons, un étalonnage a été effectué avec de l'eau distillée. Dès que le système est équilibré, 1mL de l'échantillon est injecté dans le chromatographe ; puis l'ordinateur de pilotage affiche après 15 min les résultats. Une courbe indiquant les composés minéraux présents ainsi que leurs concentrations en mg/L s'affiche. Les bicarbonates ont été dosés par volumétrie et la charge organique totale a été obtenue par oxydabilité au KMnO_4 .

Les résultats ont été interprétés sur la base des critères béninois (ABeNor, 2001), et de l'OMS (2004), relatifs à l'eau potable. Des figures ont été tracées pour apprécier la compatibilité des ions.

Recherches des paramètres bactériologiques

Les paramètres microbiologiques (flores revivifiées, coliformes totaux et thermotolérants (CTh), *Escherichia coli* (*E. coli*), *Clostridium Anaérobies Sulfito-Réducteurs* (*Clostridium perfringens*) ; ASR)) ont été recherchés en ensemençant d'une part 1 mL d'échantillon et d'autre part en filtrant sur une membrane de porosité de $0,45\mu\text{m}$ (Joffin et Joffin, 2003) des aliquotes homogènes de 20 et de 100 mL dilués dans de l'eau peptonée stérile, de façon à obtenir un nombre d'Unité Formant Colonie (UFC) compris entre 30 et 300. Les membranes ont ensuite été placées sur des milieux sélectifs provenant des Laboratoires Bio-Mérieux pendant 24 heures à 37°C et 44°C . Les colonies (UFC) ont été dénombrées. L'interprétation des résultats a été faite en comparaison aux critères de la réglementation béninoise du 03 et du 20 février 2001 ; repris dans les documents de l'Agence Béninois de Normalisation et de Promotion de la Qualité (ABeNor, 2001) basés sur celles de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) de 1996. Quelques colonies bactériennes après leur repiquage sur le milieu Plate Count Agar (PCA) ont été appréciées par la coloration de Gram et soumis au test de catalase.

Tableau 1. Codes des échantillons d'eau prélevée pour les analyses*Table 1. Codes of water sample for analysis*

N°	Echantillons	Codes	N°	Echantillons	Codes
1	Echantillon du château	C ₁	16	Restaurant Universitaire Principale	RUP ₁
2	Echantillon du château repris	C ₂	17	Restaurant Universitaire Annexe	RUA
3	Echantillon du château au robinet avec les machines	CS ₁	18	Centre Commerciale de l'EPAC	CCE
4	Laboratoire FAST 1	LF ₁	19	Centre Commerciale du Rectorat annexe robinet 1	CCR ₁
5	Laboratoire FAST 2	LF ₂	20	Centre Commerciale du Rectorat annexe robinet 2	CCR ₂
6	Laboratoire FAST 3	LF ₃	21	Centre Commerciale ENAM Robinet 1	CCER ₁
7	Laboratoire EPAC 1	LE ₁	22	Centre Commerciale ENAM Robinet 2	CCER ₂
8	Laboratoire EPAC 2	LE ₂	23	Cantine de Professeurs FSA	CP
9	Laboratoire EPAC 3	LE ₃	24	Cabine MK2 1 ^{er} étage	CM ₁
10	Laboratoire FSA1	LS ₁	25	Cabine MK2 2 ^{ème} étage	CM ₂
11	Laboratoire FSA2	LS ₂	26	Cabine I	CI
12	Laboratoire FSA3	LS ₃	27	Cabine Bâtiment A	CB
13	Faculté FASEG	FF	28	Tanks de Stockage 1	TS ₁
14	Faculté FLASH	FL	29	Tanks de Stockage 2	TS ₂
15	SNACK bar	S	30	Infirmierie	INF

RESULTATS

Divers usages et traitements de l'eau

Il ressort des enquêtes menées, qu'en dehors des eaux conditionnées vendues dans le centre commercial du campus, l'eau utilisée par la majorité des usagers du campus universitaire est celle pompée directement du château et distribuée. Les enquêtes montrent aussi que cette eau ne subit aucun traitement, ni pré-distribution, bien qu'un dispositif de traitement soit installé, ni post-distribution par les divers usagers. Elle sert à tous usages domestiques aux étudiants en résidence universitaire ou logés aux environs du campus, au personnel administratif et académique, ainsi qu'aux usagers des centres commerciaux. Cette eau est en outre utilisée pour la production d'eau distillée dans les laboratoires ainsi que pour le jardinage.

Paramètres chimiques dosés

Les résultats des différentes analyses effectuées en rapport avec les paramètres chimiques dosés (Tableau 2) montrent clairement qu'il n'existe pas de nitrites, de phosphores, d'ammonium, ni de chlore dans l'eau distribuée. En revanche, on note la présence de nitrates dans l'eau consommée sur le campus. Mais leurs teneurs (Figure 3) sont compatibles aux critères de potabilité utilisés (ABeNor, 2001). Les autres composés chimiques dosés sont aussi dans des proportions acceptables comme le montrent les figures 3 et 4.

Par ailleurs, la charge organique totale obtenue par oxydabilité au KMnO₄ varie entre 0 et 0,26 mg/L.

Tableau 2. Qualités chimiques des eaux échantillonnées*Table 2. Chemical quality of sampled water.*

Codes	Paramètres chimiques dosés										
	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	HCO ₃	NH ₄	Ca	Mg	K	Na	Cl
C ₁	0	3,146	0	11,05	13,35	0	8,050	6,54	0,750	50,35	0
C ₂	0	3,146	0	11,04	13,34	0	8,040	6,54	0,760	50,36	0
CS ₁	0	3,148	0	11,04	13,35	0	8,090	6,54	0,770	50,38	0
LF ₁	0	3,236	0	11,29	10,06	0	8,115	6,33	0,680	50,35	0
LF ₂	0	3,227	0	10,40	18,8	0	10,720	7,57	0,685	51,21	0
LF ₃	0	3,238	0	11,44	18,8	0	8,433	6,42	0,637	51,40	0
LE ₁	0	3,209	0	11,07	18,8	0	8,024	6,60	0,633	49,12	0
LE ₂	0	3,106	0	11,02	33,58	0	7,991	6,70	0,651	49,88	0
LE ₃	0	3,220	0	11,27	18,00	0	7,967	6,71	0,633	49,13	0
LS ₁	0	3,179	0	11,06	23,68	0	7,546	6,11	0,590	44,86	0
LS ₂	0	3,148	0	10,92	10,04	0	8,578	7,10	0,658	52,24	0
LS ₃	0	3,240	0	10,07	10,03	0	8,574	7,01	0,658	51,21	0
FF	0	3,262	0	11,08	38,32	0	8,526	6,50	0,640	48,83	0
FL	0	3,201	0	11,05	38,31	0	9,040	6,40	0,641	52,24	0
S	0	3,150	0	10,96	38,21	0	9,333	6,48	0,616	51,21	0
RUP ₁	0	3,200	0	10,87	38,15	0	9,627	6,50	0,633	51,40	0
RUA	0	3,041	0	10,89	10,01	0	9,920	7,08	0,651	48,83	0
CCE	0	3,201	0	10,92	9,56	0	8,072	6,62	0,642	49,03	0
CCR ₁	0	3,263	0	11,23	8,28	0	7,885	6,46	0,656	48,90	0
CCR ₂	0	3,211	0	10,94	12,92	0	7,913	6,53	0,633	49,31	0
CCER ₁	0	3,219	0	11,18	18,80	0	7,824	6,31	0,642	48,47	0
CCER ₂	0	3,527	0	11,03	38,32	0	7,924	6,46	0,618	49,02	0
CP	0	3,232	0	12,51	10,50	0	8,103	6,49	0,694	50,70	0
CM ₁	0	3,336	0	11,13	13,92	0	11,19	6,81	0,668	50,84	0
CM ₂	0	3,451	0	11,12	13,40	0	7,824	6,62	0,642	48,03	0
CI	0	3,220	0	11,71	13,21	0	7,924	6,46	0,637	53,01	0
CB	0	3,201	0	11,25	13,25	0	8,024	6,11	0,590	49,40	0
TS ₁	0	3,145	0	10,44	13,92	0	7,991	7,10	0,658	53,07	0
TS ₂	0	3,205	0	10,50	13,65	0	7,967	7,57	0,685	52,05	0
INF	0	3,200	0	10,51	13,58	0	7,983	6,46	0,637	47,63	0
CMA*	3,2	45	5	500	--	0,5	100	50	--	--	250
Minima	0	3,041	0	10,04	8,28	0	7,546	6,11	0,590	44,86	0
Moyen	0	3,216	0	11,05	18,68	0	8,439	6,64	0,660	50,06	0
Maxima	0	3,527	0	12,51	38,32	0	11,19	7,57	0,770	53,00	0
%de C	100%	100%	100%	100%	--	100%	100%	100%	--	--	100%

CMA* : concentration maximale admissible selon la norme béninoise (ABENOR, 2001).

-- : non précisé.

% de C : pourcentage de conformité.

Analyses bactériologiques des eaux

Les résultats obtenus (Tableau 3) révèlent que tous les échantillons d'eau analysés contiennent la Flore Aérobie Revivifiable (FAR) en nombre élevé, à l'exception des deux (2) échantillons prélevés directement au niveau du château (C₁ et C₂). Pour l'ensemble des échantillons, le nombre des UFC Flore Aérobie

Revivifiable/ml varie de 36 (C₁) à 2,6.10⁶ UFC/mL (RUA) tandis que celui des coliformes totaux est compris entre 0 et 10³ UFC/mL. - Pour les Anaérobies Sulfitoréducteurs (ARS), leurs concentrations varient de 0 à 11 UFC/mL. En revanche, les *E. coli* et les Streptocoques sont absents. Les quelques colonies identifiées sont des bacilles trapus (*Bacillus sp.*) et de très long bacilles à Gram positifs et catalase positive.

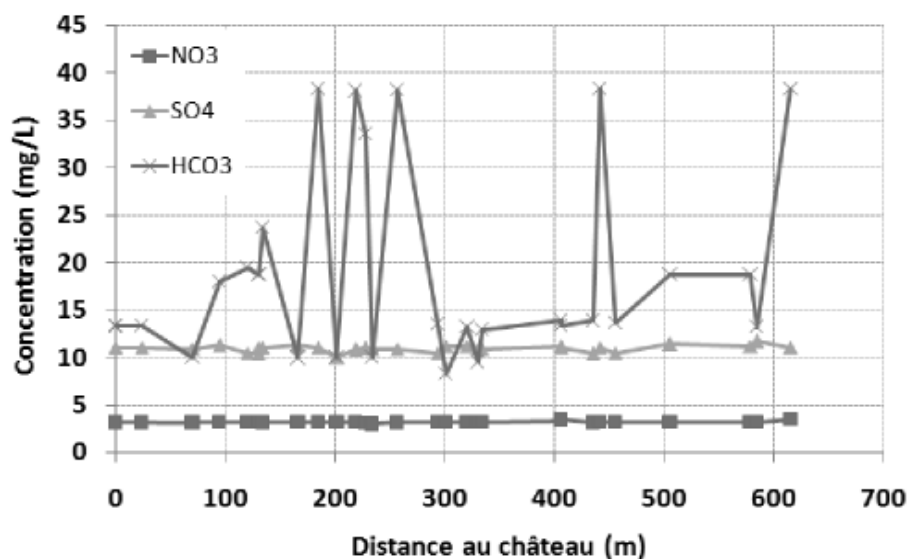


Fig. 3. Variation de la concentration des anions en fonction de la distance des points de prélèvement au château

Fig. 3. Anion concentration variation depending to the distance from the water castle

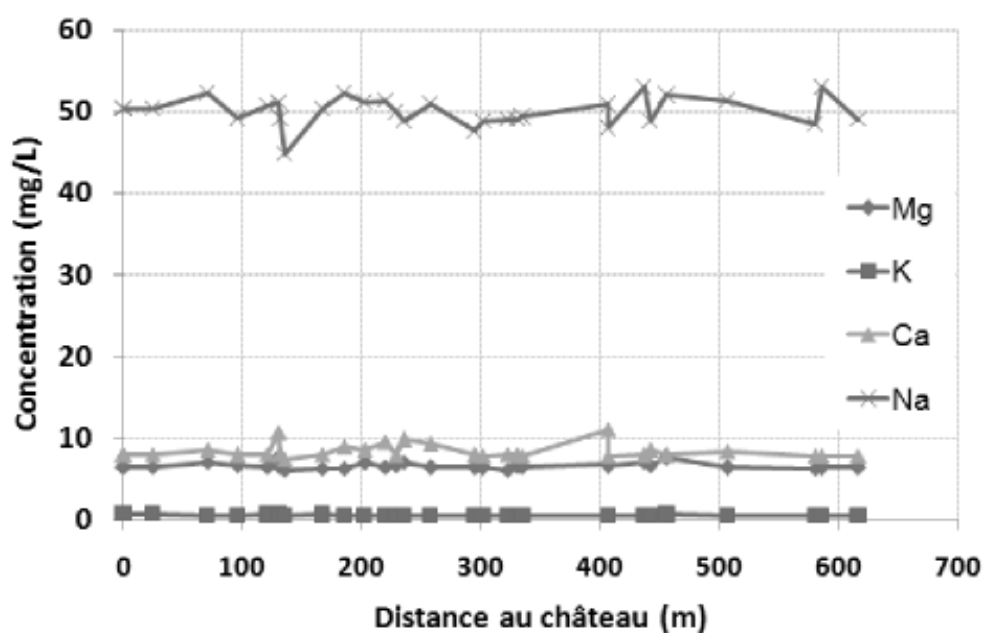


Fig. 4. Variation de la concentration des cations en fonction de la distance des points de prélèvement au château

Fig. 4. Cation concentration variation depending to the distance from the water castle

Tableau 3. Qualité bactériologique des eaux desservies sur le campus d'Abomey – Calavi*Table 3. Bacteriological quality of water supplied in the Abomey - Calavi campus*

Codes	Paramètres bactériologiques					Observations
	Flores aérobies	Coliformes totaux	C. Th (<i>E. coli</i>)	Strepto- coques	ASR	
C ₁	36	<1	<1	<1	<1	Satisfaisante
C ₂	48	5	<1	<1	<1	Satisfaisante
CS ₁	2.10 ²	47	<1	<1	<1	Non satisfaisante
LF ₁	4,8.10 ⁵	<1	<1	<1	<1	Non satisfaisante
LF ₂	1,1.10 ²	5	<1	<1	<1	Non satisfaisante
LF ₃	5,7.10 ⁴	3.10 ²	<1	<1	<1	Non satisfaisante
LE ₁	7,5.10 ⁴	3.10 ²	<1	<1	<1	Non satisfaisante
LE ₂	1,7.10 ⁴	1,26.10 ²	<1	<1	<1	Non satisfaisante
LE ₃	1,25.10 ⁴	<1	<1	<1	<1	Non satisfaisante
LS ₁	1,6.10 ³	1,01.10 ²	<1	<1	<1	Non satisfaisante
LS ₂	4,9.10 ⁴	1,72.10 ²	<1	<1	<1	Non satisfaisante
LS ₃	3,5.10 ³	10 ³	<1	<1	<1	Non satisfaisante
FF	2,7.10 ⁵	9	<1	<1	5	Non satisfaisante
FL	4,4.10 ⁵	62	<1	<1	<1	Non satisfaisante
S	9,6.10 ⁵	2	<1	<1	<1	Non satisfaisante
RUP ₁	3,7.10 ⁵	19	<1	<1	<1	Non satisfaisante
RUA	2.6.10 ⁶	54	<1	<1	<1	Non satisfaisante
CCE	1,9.10 ⁵	3.10 ²	<1	<1	<1	Non satisfaisante
CCR ₁	1,2.10 ⁴	11	<1	<1	<1	Non satisfaisante
CCR ₂	1,82.10 ⁴	<1	<1	<1	11	Non satisfaisante
CCER ₁	5,1.10 ⁴	54	<1	<1	<1	Non satisfaisante
CCER ₂	1,1.10 ⁴	3.10 ²	<1	<1	<1	Non satisfaisante
CP	1,5.10 ³	16	<1	<1	<1	Non satisfaisante
CM ₁	6,5.10 ⁴	03	<1	<1	<1	Non satisfaisante
CM ₂	4,2.10 ⁵	03	<1	<1	<1	Non satisfaisante
CI	1,4.10 ⁵	46	<1	<1	2	Non satisfaisante
CB	5.10 ⁴	63	<1	<1	<1	Non satisfaisante
TS ₁	1,5.10 ⁴	2,24.10 ²	<1	<1	<1	Non satisfaisante
TS ₂	1,6.10 ⁴	5	<1	<1	<1	Non satisfaisante
INF	3,4.10 ⁴	12	<1	<1	<1	Non satisfaisante
CMA*	50,00	10	<1	<1	<1	
Minima	36,00	<1	<1	<1	0	
Moyenne	2,15.10 ⁵	108	<1	<1	0,566	
Maxima	2,6.10 ⁶	10 ³	<1	<1	11	

CMA* : Concentration Maximale Admissible selon la norme béninoise (ABENOR, 2001).

DISCUSSION

La présence des nitrates dans les échantillons d'eau (Tableau 2) est un signe de pollution chimique qui pourrait être liée à l'infiltration/intrusion des eaux usées (Aghzar *et al.*, 2001) d'origine humaine ou industrielle. Rejsek (2002) avait que les nitrates présents dans l'eau souterraine pourraient disparaître au cours de la distribution, grâce à l'assimilation par des microorganismes présents. Mais, dans le cas présent, ces nitrates sont présents dans tout le réseau de distribution depuis le château, bien qu'étant en quantité faible. Il se pourrait qu'il y ait eu une pollution de la nappe par infiltration, par les activités humaines sur le campus,

notamment les huiles de vidange, la graisse, les hydrocarbures qui se versent par terre au garage de l'Ecole Polytechnique d'Abomey – Calavi (EPAC), les urines à l'air libre des étudiants, les déjections d'animaux (surtout les bœufs) de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA). Tous ces éléments polluants peuvent être entraînés par infiltration de l'eau de pluie dans le sol et participer à un ensemble complexe de réaction libérant les nitrates. Selon Chippaux (2002), l'origine des pollutions peut être attribuée à diverses causes : défaut d'assainissement et de collecte des ordures ménagères, transfert de polluants à partir des couches superficielles, conditions de puisage et structure des installations.

Cependant, le fait que la charge organique obtenue par oxydabilité au KMnO_4 varie entre 0 et 0,26 mg/L indique que tous les échantillons sont très faiblement chargés en matière organique oxydable et répondent aux critères fixés par l'OMS (2004) qui est de 5 mg/L. Des études antérieures (Agassounon *et al.*, 2010) sur les eaux souterraines conditionnées d'origine béninoise ont également montré des valeurs faibles en matière organique oxydable au KMnO_4 .

Ainsi, en résumé, l'eau du château utilisée à l'Université d'Abomey-Calavi est d'une qualité chimique acceptable au regard des normes.

Par ailleurs, étant donné que les résultats d'analyses bactériologiques montrent que seuls les deux (02) échantillons (C_1 et C_2) prélevés directement du château répondent aux critères fixés à 50 UFC/mL (Tableau 3) pour les Flores Aérobie Revivifiables (FAR), cela prouve ainsi qu'il existe une pollution biologique dans le réseau de distribution due surtout aux FAR et aux Coliformes Totaux (CT), dont le nombre maximal en ces germes est respectivement $2,6 \cdot 10^6$ UFC/mL (RUA : Restaurant Universitaire Annexe) et 10^3 UFC (LS₃ : Laboratoire FSA3).

Ainsi, l'eau consommée en sortie du réseau de distribution par les usagers est non conforme du point de vue bactériologique. La présence en nombre élevé de Flore Aérobie Revivifiable et de Coliformes Totaux pourrait être due à une contamination des eaux par la formation de biofilms microbiens dans le réseau de distribution, comme l'explique Block (1996), à cause de l'absence d'une politique d'assainissement. Bien que l'absence de *E. coli* et des streptocoques indique qu'il n'y a pas de risque sanitaire majeur, la présence cependant, des FAR à un taux supérieur à 10^6 UFC (alors que la norme est 50 UFC/mL) conduit à des produits pouvant provoquer des cas de toxicité ou de gastroentérite (Bourgeois et Leveau, 1991 ; Payment *et al.*, 1997 ; Agassounon, 2007).

Ces résultats montrent clairement que la qualité bactériologique de l'eau recueillie à partir du réseau de distribution à divers niveaux sur le campus universitaire d'Abomey-Calavi est non conforme. L'absence de chlore, qui est un agent désinfectant (Leclerc *et al.*, 1981), justifie la présence de ces FAR et coliformes totaux.

Une désinfection du réseau par traitement s'impose alors pour éliminer le risque

d'intoxication alimentaire sur le campus d'Abomey – Calavi. Par ailleurs, les consommateurs du centre commercial et des laboratoires peuvent traiter l'eau prise au robinet par des produits chlorés (eau de Javel; comprimés Aquatabs, etc.) à des doses normalisées (Bremondi *et al.*, 1998) avant toute utilisation.

CONCLUSION

Cette étude prospective a visé l'évaluation de la qualité de l'eau du système d'approvisionnement en eau potable du campus d'Abomey-Calavi au Bénin. Les résultats obtenus indiquent que cette eau est utilisée pour des fins allant de la consommation directe à l'utilisation pour la cuisine, les activités de ménage, de laboratoire, de jardinage puis de construction de bâtiment. L'analyse chimique a révélé que l'eau distribuée est conforme au regard des normes en vigueur dans le pays et des normes de l'OMS. Par contre, du point de vue bactériologique, l'eau à la sortie du réseau de distribution est non conforme aux normes puisqu'elle contient des concentrations très élevées des Flores Aérobie Revivifiables puis des Coliformes Totaux. Cette pollution est liée au non respect des conditions de traitement de l'eau, d'assainissement et d'hygiène. Ainsi, il urge de mettre en œuvre un plan d'entretien/désinfection du réseau de distribution de l'eau sur le campus. Par ailleurs, le système de prétraitement de l'eau avant distribution devra être aussi mis en exploitation afin d'éliminer les risques d'intoxication pour la consommation de l'eau distribuée par le château.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABeNor. 2001. Décret N°2001-94 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin, 11 p.
- Agassounon, D. T. M., Toukourou, F., Ahanhanzo, C., Agbangla, C., Soncy, M., Souza, C. 2007. Evaluation des risques infectieux liés à l'utilisation des flaques d'eau. *Climat et Développement* **4**, 114-120.
- Agassounon, D. T. M., Alassane, A., Mama, D., Ahanhanzo, C., Toukourou, F., Agbangla, C. 2010. Contrôle des paramètres physicochimiques des eaux en bouteille vendues à Cotonou. *SOACHIM* 007, 131-138.
- Aghzar, N., Bellouti, H., Soudi, B. 2001. Pollution nitrique des eaux souterraines au Tadla (Maroc) *Revue Science Eau* **15** (2), 459-492.

- Ait Melloul, A., Amahmid, O., Hassani, L., Bouhoum, K. 2002. Health effect of human wastes use in agriculture in El Azzouzia (the wastewater spreading area of Marrakech city, Morocco) *International Journal of Environment and Health Research* **12**, 17-23.
- Block, J. C. 1996. Diversité microbiologique des réseaux de distribution d'eau potable, *Bulletin de la Société Française de Microbiologie* **11**, (HS), 7-10.
- Bourgeois, C. M., Leveau, J. Y. 1991. Technique d'analyse et contrôle dans les industries agroalimentaires. *Contrôle microbiologique*. Tome **3**, 327-334.
- Bremondi, B., Pillier, O., Koubska, P. 1998. Modelization of the behaviour of chlorine dioxide in a drinking water supply. *Proceeding of First IWSA international conference on master plans for water utilities*. (Praha, Czech Republic). 17-18.
- Chippaux, J.-P., Houssier, S., Gross, P., Bouvier, C., Brissau, D, F. 2002. Étude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger, *Bulletin de la Société Pathologique Exotique* **94** (2), 119-123.
- El Haissoufi, H., Berrada, S., Merzouki, M., Aabouch, M. L., Bennani, M., Benlemlih, M. I., Zanibou, A., Bennis, Y., El Ouali Lalami, A. 2011. Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. *Revue Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnement* **5** (1), 37-68.
- Hassoune, El. M., Bouzidi, A., Koulali, Y., Hadarbach, D. 2006. Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie* **28**, 61-71.
- Joffin, C., Joffin J. 2003. *Microbiologie Alimentaire*. 5^{ème} Ed., CRDP Aquitaine, France, 212 p.
- Leclerc, H., Ohusson, M., Wattre, P., Jakubczak, E. 1981. *Microbiologie générale*. Doin, 2^e Ed., 2^e tirage. 267 p.
- Mayling, S. H. 1983. Méthodologie d'enquête socioculturelle pour des alimentations en eau et assainissement. Groupe Consultatif pour la Technologie (TAG), *Note technique N°1 du TAG* Washington, D.C.20433, USA, 5-12.
- OMS 2004. Guidelines for drinking-water quality. Vol.1. Recommendations, 3rd Ed. World Health Organization. Geneva.
- Payment, P., Siemiatycki, L., Richardon, G., Renaud, E. F., Prevost, M. W. 1997. A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water. *International Journal of Environment and health research*. **7**, 5-31.
- Rejsek, F. 2002. *Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques*. Aquitaine, Bordeaux, France, 358 p.