

IMPACT DES COMPORTEMENTS SUR LA QUALITÉ DES EAUX DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE D'ABOMEY- CALAVI : CAS DE L'ARRONDISSEMENT DE HÊVIÉ

**Flavien Edia DOVONOU^{1*}, Clément BALOGOUN¹,
Mathieu HOUNSOU², Marlyse NICOUE¹ et Daouda MAMA¹**

¹*Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) à l'Institut National de l'Eau de
l'Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

²*Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME) à l'Institut
National de l'Eau de l'Université d'Abomey-Calavi,
01 BP 526 Cotonou, Bénin*

* Correspondance, e-mail : dovflav@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Pour étudier l'impact des comportements sur la qualité des eaux, 21 ménages ont été enquêtés et leur eau stockée échantillonnée. Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés suivant des méthodes standardisées. Les coliformes totaux, les *E. coli* et les Streptocoques fécaux témoins d'une pollution fécale ont été dénombrés par la méthode de filtration sur membrane dans des milieux de culture spécifiques. Les paramètres physico-chimiques montrent que la turbidité, le pH, la température, la conductivité des puits et des autres sources (AEV et forage) ne respectent pas les normes de l'OMS. L'analyse microbiologique montre que 14 puits sont pollués par les coliformes totaux, et les streptocoques fécaux. Cette étude montre que dans l'arrondissement de Hêvié il se pose le problème de la qualité des eaux de consommation

Mots-clés : *qualité, ménages, consommation, transport, stockage.*

ABSTRACT

**Impact of behaviours on the quality of drinking water in the
municipality of Abomey-Calavi : case of the district of Hêvié**

To study the impact of behaviours on water quality, 21 households were surveyed and their stored water sampled. Physico-chemical parameters were

determined according to standardized methods. Total coliforms, E. coli, and fecal Streptococci with fecal pollution were counted by the membrane filtration method in specific culture media. Physico-chemical parameters show that turbidity, pH, temperature, conductivity of wells and other sources (AEV and drilling) do not meet WHO standards. Microbiological analysis show that 14 wells are polluted by total coliforms, and fecal streptococci. This study show that in the district of Hêvié there is the problem of the quality of drinking water

Keywords : *quality, households, consumption, transport, storage.*

I - INTRODUCTION

L'eau est essentielle pour la vie, cependant chaque année, plus de personnes meurent de maladies liées à l'insalubrité de l'eau [1]. Le Programme des Nations unies pour le développement estime que chaque année 1,8 millions d'enfants meurent d'infections dues à l'eau insalubre [1]. Si les maladies liées à l'eau ont largement été éliminées dans les pays développés, elles restent l'une des causes les plus importantes de décès dans les pays du Sud [2]. Ainsi, dans les pays en développement, 80 % des maladies sont représentées par les maladies d'origines hydriques [3]. La lutte contre les maladies liées à l'eau de consommation reste un enjeu majeur dans les pays en développement, où les diarrhées sont la deuxième cause de mortalité infantile [3]. L'eau constitue donc une ressource fragile et précieuse menacée par diverses sources de pollutions d'origine chimique, biologique et bactériologique. La consommation d'une eau potable, facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau, doit bénéficier d'une attention particulière.

En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé [4]. Au Bénin, les maladies diarrhéiques représentent la première cause de consultation soit 56,8 % chez les enfants de 0 à 5 ans [5]. Autrement dit, ces maladies diarrhéiques ont une forte incidence chez les enfants. Cette persistance des maladies d'origine hydrique au Bénin caractérisée par de nombreux cas de maladies diarrhéiques et outre gastroentérite, entraîne la réflexion sur les problèmes de la qualité de l'eau de consommation avec une emphase sur le respect des règles d'hygiène associé à la chaîne de collecte (transport et stockage) et ceux relatifs au lavage des mains le cas échéant. A l'instar des autres quartiers périphériques de la commune d'Abomey-Calavi, l'arrondissement de Hêvié, présente divers problèmes liés à qualité de l'eau consommée dans les ménages. Son faible niveau d'équipement en

infrastructures d'approvisionnement en eau potable entraine l'utilisation des bidons et des barriques par les ménages comme moyens de collecte et de stockage de l'eau de consommation. Cet état de fait nous amène à nous interroger sur la potabilité de l'eau de consommation, en l'occurrence la qualité microbiologique de l'eau. Les pratiques actuelles de la population ont-elles des effets sur la qualité de l'eau de consommation dans les ménages? Pour répondre à cette question, cette étude se propose de diagnostiquer la qualité microbiologique des eaux consommées dans la zone tout en évaluant l'impact des pratiques quotidiennes des usagers sur la qualité finale de cette eau. L'objectif principal de cette étude étant d'identifier les comportements susceptibles de détériorer la qualité de l'eau lors de sa gestion et d'apporter des approches de solutions aux populations afin de leur permettre d'avoir une eau de consommation de bonne qualité.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Localisation

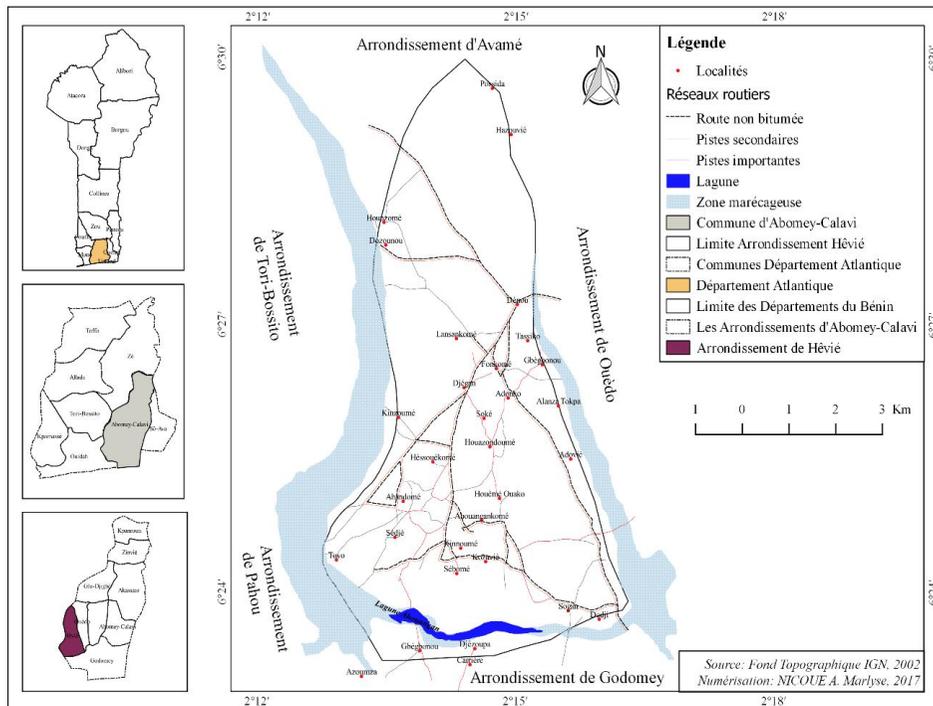


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

L'arrondissement de Hêvié est situé au Sud-Ouest du département de l'Atlantique, dans la commune d'Abomey-Calavi. Il couvre une superficie de 39 km² et est limité au Nord-ouest par l'arrondissement de Houèdo, au Sud par l'arrondissement de Godomey et à l'Ouest par la commune de Tori-Bosito. Il compte 5 villages à savoir : Adovié, Akossavié, Dossounou, Houinmè et Zongo (*Figure 1*). L'arrondissement à un relief peu accidenté. Les principaux traits caractéristiques sont : une bande sablonneuse avec des cordons littoraux, un plateau de terre de barre et des dépressions.

II-2. Matériel de prélèvement et d'analyse

II-2-1. Matériel de terrain

Le *Tableau 1* présente les matériels utilisés dans le cadre de cette étude ainsi que leurs rôles respectifs.

Tableau 1 : Matériels et rôles

Matériels	Rôles
GPS	A permis de prendre les coordonnées des différents sites d'échantillonnages
Flacon en plastiques de 1L	A permis de prélever l'eau pour l'analyse physicochimique
verres borosilicaté de 100 mL contenant thiosulfate de sodium	A permis de prélever l'eau pour l'analyse bactériologique
une glacière avec blocs réfrigérants $\pm 5^{\circ}\text{C}$ de température	A permis de conserver l'échantillon intacte jusqu'au laboratoire
Un multi-paramètre	A permis de mesurer des paramètres in-situ comme : le pH, la température, la conductivité
Un appareil photo numérique	A permis de prendre des photos
Un marqueur et un papier adhésif	Pour étiqueter les échantillons
Un stylo et un cahier	Pour relever les valeurs in-situ

II-2-2. Matériel de laboratoire

Le *Tableau 2* présente les réactifs et les verreries utilisées pour les différentes analyses.

Tableau 2 : Réactifs et verreries utilisée pour le dosage des différents paramètres

Paramètres	Réactifs et milieux de culture	Verreries
TAC	Indicateur mixte, Hcl 1/25	Erlenmeyer 250 mL, pipette graduée pour le dosage de Hcl 1/25
Ca ²⁺ - Mg ²⁺	Tachiro, Murexide, Soude 400g, Hcl 1/3, EDTA, Ammoniac, Indicateur NET	Erlenmeyer 250 mL, pipette graduée, burette graduée.
NO ₃ ⁻	Azoture de sodium, Alkali, Acide sulfurique pur, Acide acétique, Salicylate de sodium	FiOLE jaugée de 100 mL, pipette graduée
E-coli	RAPID E-coli	Erlenmeyer 500 mL, bécher, Spatule
BHR	Gélose nutritive	Erlenmeyer 500 mL, bécher, Spatule
Recherche présomptive des coliformes	BLBV	Erlenmeyer 500 mL, bécher, Spatule
Streptocoques	SLANETZ-BARTLET	Erlenmeyer 500 mL, bécher, Spatule

II-3. Méthodes d'investigation

II-3-1. Recherche documentaire

Afin de mieux cerner tous les contours du problème et de trouver les directives à suivre pour mener à bien notre recherche, il a été nécessaire de passer par la recherche documentaire, une démarche exploratoire qui a marqué toutes les étapes de la recherche. Elle nous a permis de mieux cerner la problématique et à faire l'état des lieux des connaissances capitalisées dans ce domaine. Ainsi, des mémoires de master, de DEA et des thèses de Doctorat voire même des documents scientifiques et articles ayant abordé la même problématique dans le monde, en Afrique et en particulier au Bénin ont été consultés dans les bibliothèques de différentes entités de l'Université d'Abomey-Calavi.

II-3-2. Enquête de terrain

Elle a consisté au questionnement de la population sur la base d'un questionnaire élaboré à cet effet. Cette enquête de terrain a permis de recueillir la perception des populations sur les pratiques de gestion de l'eau de consommation dans l'arrondissement de Hêvié.

II-3-3. Echantillonnage d'eau sur le terrain

L'échantillonnage est réalisé de façon raisonnée. Les quartiers qui souffrent de problème d'eau ont été priorisés. Le **Tableau 3** présente les quartiers retenus, le nombre de ménage et le nombre de personne enquêté par quartier. La **Figure 2** présente la localisation géographique des sites de prélèvement d'eau de puits.

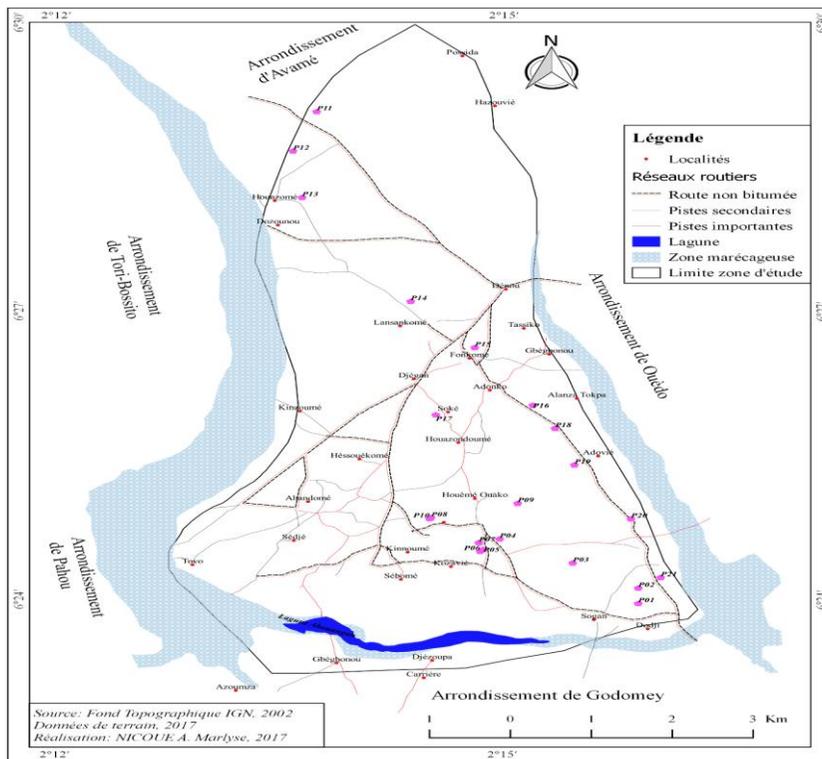


Figure 2 : Localisation des différents sites échantillonnés

Tableau 3 : Les quartiers retenus, le nombre de ménage et le nombre de personne enquêté par quartier

Arrondissement	Villages	Nombre de ménages	Nombre de personnes enquêtées	
			Hommes	Femmes
Hévié	Adovié	5	2	3
	Akossavié	3	0	3
	Houinmè	7	2	5
	Dossounou	4	0	4
	Zoungo	2	0	2

Le **Tableau 4** présente les différentes sources d'eau échantillonnées par village

Tableau 4 : Différentes sources d'eau échantillonnées par village

Villages	AEV	PEAP	Puits
Adovié	2	0	3
Akossavié	0	1	2
Houinmè	1	1	5
Dossounou	2	0	2
Zoungo	0	0	2
Total	5	2	14

II-3-4. Analyse des paramètres physico-chimiques *in-situ*

Les paramètres physico-chimiques mesurés *in situ* dans les échantillons d'eau prélevés sont le pH, la température et la conductivité. Le pH et la température ont été mesurés *in situ* avec une sonde multi-paramètres de marque WTW 3110. Pendant cette mesure l'électrode est plongée dans l'échantillon et les valeurs des différents paramètres sont lues directement sur l'écran de l'appareil. La conductivité est mesurées par un conductimètre de marque HACH HQ40d. Par contre, la turbidité a été mesurée avec le turbidimètre. La turbidité représente la quantité de matière contenue dans un échantillon et qui le rend trouble.

II-3-5. Travaux de laboratoire

Le **Tableau 5** présente les paramètres chimiques et bactériologiques analysés, les méthodes de dosage et les références de ces méthodes.

Tableau 5 : Paramètres chimiques et bactériologiques analysés, les méthodes de dosage et les références de ces méthodes

TAC	Volumétrie	NF EN ISO 9963-1. Février 1996
Ca ²⁺ - Mg ²⁺	Titrimétrie	NF T90- 003 Aout 1984
NO ₃ ⁻	Spectrophotométrie	FD T90-045 Juin 1989
E-coli	Filtration sur membrane	NF T 90- 414 Octobre 1985
Streptocoques fécaux	Filtration sur membrane	NF T 90- 414 Octobre 1985
BHR	Méthode par incorporation en gélose	XP T 90- 401 Janvier 1996
Recherche présomptive des coliformes	Ensemencement en milieu liquide	NF T 90- 413 Octobre 1985

III - RESULTATS

Les résultats sont ceux provenant des informations basées sur: L'enquête auprès des ménages au sujet du mode de gestion des eaux ; Les analyses de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux; Les traitements statistiques des données.

III-1. Enquête auprès des ménages au sujet du mode de gestion des eaux

III-1-1. Transport de l'eau et les gestions connexes

III-1-1-1. Couverture de l'eau transportée par la population

La **Figure 3** représente la proportion des ménages qui couvrent l'eau transportée et des ménages qui ne couvrent pas l'eau lors du transport de la source vers les habitations. Elle montre que 86 % des enquêtés ne couvre pas l'eau lors du transport contre 14 %.

III-1-1-2. Fréquence de nettoyage des récipients utilisés pour le transport de l'eau

La **Figure 4** présente la fréquence de nettoyage des récipients utilisés pour le transport de l'eau. 14% des enquêtés reconnaissent laver les récipients de transport une fois par jour contre 38% qui le font moins d'une fois par semaine.

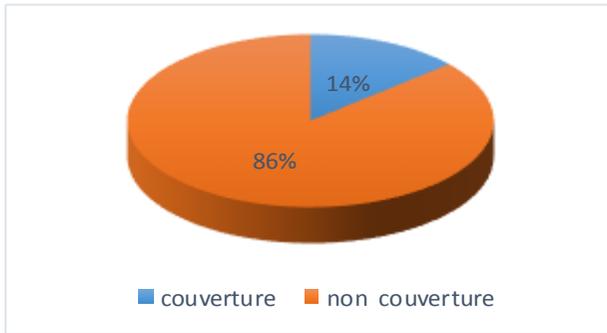


Figure 3 : Proportion des ménages qui couvrent l'eau transportée et des ménages qui ne couvrent pas

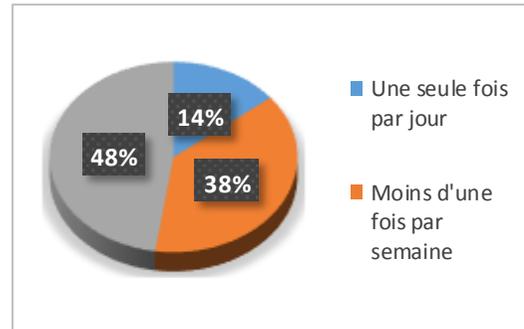


Figure 4 : Fréquence de nettoyage des récipients utilisés pour le transport de l'eau

III-1-1-3. Mode de lavage des récipients utilisés pour le transport de l'eau

La **Figure 5** présente, la proportion des ménages qui nettoient les récipients de transport avec simplement l'eau ou avec l'eau et du savon. Elle montre que 82 % des ménages lavent les récipients à l'eau et au savon contre 18 % qui font juste un rinçage des récipients à l'eau.

III-1-2. Stockage de l'eau et gestions connexes

III-1-2-1. Pratique du stockage de l'eau

La **Figure 6** présente, la proportion des ménages qui stockent de l'eau et des ménages qui ne stockent pas l'eau. Environ trois quart des ménages stockent l'eau dans les maisons contre le quart qui en font un usage instantané.

III-1-2-2. Couverture de l'eau stockée

La **Figure 7** représente les pourcentages de ménages qui couvrent l'eau stockée et des ménages qui ne couvrent pas l'eau stockée. Elle montre que 76 % des ménages couvrent l'eau stockée contre 24% qui n'en couvrent pas.

III-1-2-3. Durée de stockage de l'eau

La **Figure 8** présente, la proportion des ménages en fonction de la durée de stockage de l'eau. 28 % des enquêtés stockent l'eau pour une journée, 24 % la stockent plus d'une journée et 48 % la stockent pendant plus de trois jours.

III-1-2-4. Fréquence de nettoyage des récipients utilisés pour le stockage de l'eau

La **Figure 9** présente, les proportions des ménages en fonction de la fréquence de lavage des récipients de stockage

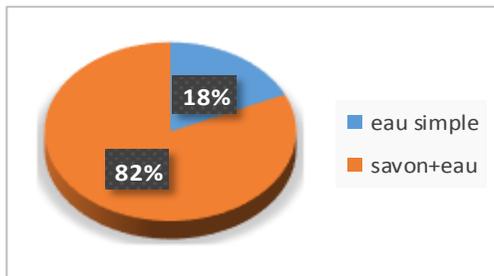


Figure 5 : Proportion des ménages qui nettoient les récipients de transport avec simplement l'eau ou avec l'eau et du savon

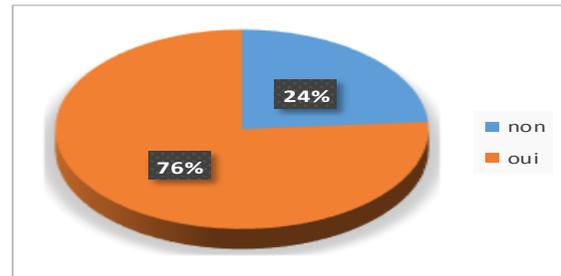


Figure 6 : Proportion des ménages qui stockent de l'eau et des ménages qui ne stockent pas l'eau

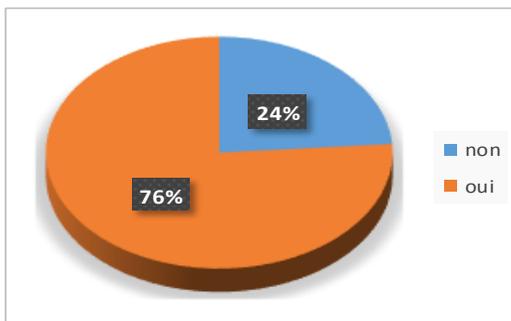


Figure 7 : Proportion des ménages qui couvrent l'eau et des ménages qui ne couvrent pas l'eau stockée

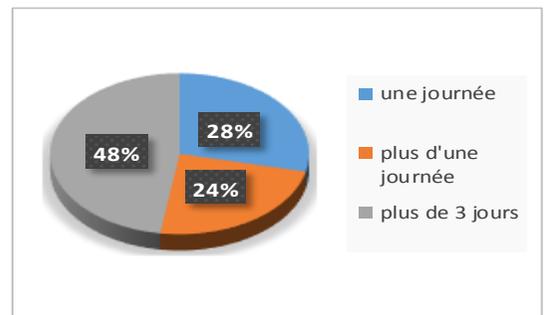


Figure 8 : Proportion des ménages en fonction de la durée de stockage de l'eau

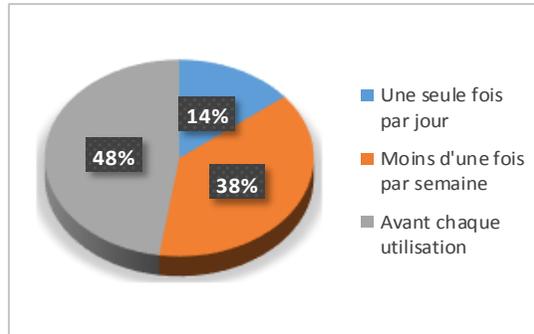


Figure 9 : Proportions des ménages en fonction de la fréquence de lavage des récipients de stockage

III-1-3. Les puits

Parmi les ménages qui consomment l’eau de puits, la majorité des puits ne possèdent pas de couvercle ou possèdent un couvercle rudimentaire. Cette situation est une source de pollution des eaux de ces puits ouverts.

III-2. Analyses de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux

III-2-1. Analyses de la qualité physico-chimique des eaux

Tableau 6 : Paramètres physiques de l’eau des puits et au point de consommation

N° Puits	pH à la source	pH au stockage	Température à la source (°C)	Température au stockage (°C)	Conductivité à la source (µs/cm)	Conductivité au stockage (µs/cm)	Turbidité à la source (NTU)	Turbidité au stockage (NTU)
M2 P1	5,22	5,54	27,5	26,5	57,3	56,8	3,43	4,33
M4 P2	5,46	5,45	27,5	27,6	95,1	94,9	2,84	3,11
M5 P3	5,16	5,42	28,1	27,5	78,2	68,6	3,08	2,93
M7 P4	5,16	5,40	27,7	28	60,5	68,9	5,43	3,89
M8 P5	5,81	5,80	27,7	27,9	164,4	165,7	5,58	5,96
M9 P6	5,45	5,42	27,9	27,8	190,5	154,4	13,5	13,5
M10 P7	4,91	4,81	28,1	28,3	261	262	5,81	4,55
M13 P8	5,30	5,48	27,2	27,3	81,5	80,7	4,82	6,83
M14 P9	5,64	5,59	27,0	27,5	61,5	61,6	10,6	18,6
M15 P10	4,75	4,74	27,3	26,8	290	291	6,14	4,84
M17 P11	5,44	5,41	27	26,7	41,5	77,3	9,40	2,59
M18 P12	5,70	5,99	27,8	27,7	53,6	51,9	6,89	4,79
M19 P13	5,84	5,64	27,9	27,8	55	51,5	10,2	3,22
M20 P14	5,08	6,07	28,1	27,7	111	121,4	3,53	4,42

Les différentes analyses de la qualité physico-chimique des eaux effectuées ont donné les résultats consignés dans le **Tableau 6**. On désignera (M) par ménage ; (P) par puits ; (EC) par eau courante au robinet ; (F) par forage.

III-2-1-1. Aux points d'approvisionnement

Les **Tableaux 6 à 8** révèlent que la turbidité varie entre 2,84 et 13,5 NTU au niveau des puits et de 0 et 3 NTU pour les autres sources. Le pH varie de 4 à 6 au niveau des puits et de 5,21 à 7,11 au niveau des autres sources d'eau. Par contre, dans l'ensemble la température et la conductivité varient respectivement de 26,7°C à 28,1°C et 41,5 à 290 µs/cm.

Tableau 7 : Paramètres physiques de l'eau courante au robinet et aux points de consommation

N° Ménage	pH à la source	pH au stockage	Température à la source (°C)	Température au stockage (°C)	Conductivité à la source (µs/cm)	Conductivité au stockage (µs/cm)	Turbidité à la source (NTU)	Turbidité au stockage (NTU)
M1 EC1	5,2	5,27	27,7	27,8	224	221	0,644	1,49
M11EC2	7,11	5,52	26,9	27,3	66,7	47,1	2,04	2,32
M12 EC3	6,66	6,68	27,2	27,1	66,8	17,15	1,06	4,53
M16 EC4	5,48	5,43	26,9	26,8	48,6	47,4	1,43	1,11
M21 EC5	5,34	5,85	27,5	27,2	48,7	46,2	0,665	1,53

III-2-1-2. Aux points de consommation

Les **Tableaux 6 à 8** montrent une turbidité qui varie entre 0,665 NTU et 13,5 NTU, un pH qui varie entre 4,74 et 5,85 une température qui est comprise entre 26,6 °C et 28,2°C et une conductivité comprise entre 46,2 µs/cm et 291 µs/cm.

Tableau 8 : Paramètres physiques de l'eau des forages aux points d'approvisionnement et aux points de consommation

N° forage	pH à la source	pH au stockage	Température à la source (°C)	Température au stockage (°C)	Conductivité à la source (µs/cm)	Conductivité au stockage (µs/cm)	Turbidité à la source (NTU)	Turbidité au stockage (NTU)
M3F1	5,59	5,64	27,5	27,7	124,9	124,5	0,99	0,682
M6F2	5,27	5,21	27,9	28,2	86,5	86,7	0,874	0,959

III-2-2. Les analyses de la qualité microbiologique des eaux

La recherche présomptive des coliformes totaux a donnée des résultats positifs. Pour cela, nous avons poussé nos recherches en recherchant les coliformes totaux, les E-coli et les streptocoques fécaux dans ces différentes eaux échantillonnées. Les différentes analyses de la qualité microbiologique des eaux effectuées ont donné les résultats consignés dans le **Tableau 9** et ont révélé la présence de Coliformes fécaux, coliformes totaux et de streptocoques dans la majorité des eaux échantillonnées.

Tableau 9 : Charges en coliformes totaux, E-coli et streptocoque dans les échantillons de l'eau des puits à la source et aux stockages

N° puit	Coliformes totaux à la source 37° (48H)	Coliformes totaux au stockage 37° (48H)	E-coli à la source à 44° (48H)	E-coli au stockage 44° (48H)	Streptocoques à la source 37° (48H)	Streptocoques au stockage 37° (48H)
M2P1	104	108	0	0	44	52
M4P2	4	84	0	0	12	0
M5P3	0	46	0	0	4	32
M7P4	12	0	0	0	120	0
M8P5	44	52	1	0	84	12
M9P6	642	100	4	0	568	16
M10P7	0	0	0	0	20	0
M13P8	600	200	0	0	466	84
M14P9	40	236	0	0	52	0
M15P10	34	26	0	0	0	0
M17P11	132	136	28	0	28	0
M18P12	24	44	0	0	8	8
M19P13	64	80	0	0	24	0
M20P14	44	72	4	0	52	132

III-2-2-1. Aux points d'approvisionnement

Les **Tableaux 10 et 11**, révèlent l'absence d'E. *Coli*, de coliformes totaux et de streptocoques fécaux (sauf au niveau des forages).

Tableau 10 : Charges en coliformes totaux, E-coli et streptocoque dans l'eau courante au robinet et aux stockages

N° Ménages	Coliformes totaux à la source 37° (48H)	Coliformes totaux au stockage 37° (48H)	E-coli à la source 44° (48H)	E-coli au stockage 44° (48H)	Streptocoque à la source 37° (48H)	Streptocoques au stockage 37° (48H)
M1 EC1	0	36	0	0	0	0
M11 EC2	0	0	0	0	0	0
M12 EC3	0	88	0	0	0	0
M16 EC4	0	4	0	0	0	0
M21 EC5	0	4	0	0	0	8

Tableau 11 : Charges en coliformes totaux, E-coli et streptocoque dans les échantillons d'eau des forages à la source et aux stockages

N° Ménages	Coliformes totaux à la source 37° (48H)	Coliformes totaux au stockage 37° (48H)	E-coli à la source 44° (48H)	E-coli au stockage 44° (48H)	Streptocoque à la source à 37° (48H)	Streptocoques au stockage à 37° (48H)
M3 F1	4	10	0	0	24	52
M6 F2	0	0	0	0	4	0

III-2-2-2. Aux points de consommation

Comme le montre les **Tableaux 9, 10 et 11**, toutes les eaux stockées contiennent des coliformes totaux et des streptocoques (sauf quelques-unes) mais sont exemptes d'E-coli

III-3. Le traitement statistique des données

Une étude comparée de la qualité microbiologique des eaux des points d'approvisionnement et des points de consommation (**Figures 9 à 11**), révèle que la charge en coliformes totaux au stockage dépasse celle en coliformes totaux à la source. Par contre, pour les ménages M7P4, M9P6 et M13P8 il y a des coliformes totaux au stockage au détriment des coliformes totaux à la source des eaux de puits. Au niveau des eaux courantes il y a présence de coliformes totaux uniquement au stockage. La charge en coliformes totaux au niveau des forages est identique que ce soit à la source qu'au stockage. Aucune charge en coliforme totaux n'a été enregistrée au niveau du M6F2.

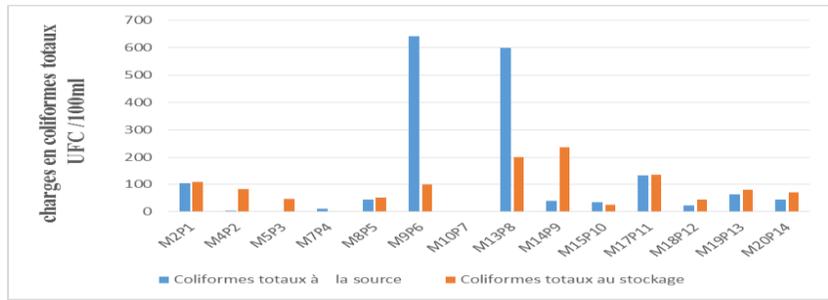


Figure 10 : Charge en coliformes totaux des échantillons d'eau des puits en fonction du point de prélèvement

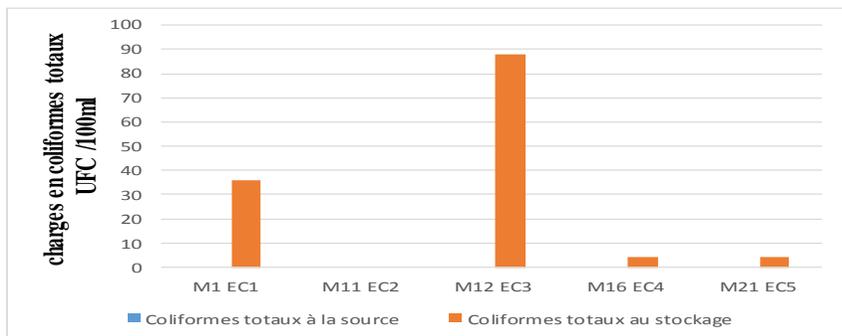


Figure 11 : Charge en coliformes totaux des échantillons d'eau courante en fonction du point de prélèvement

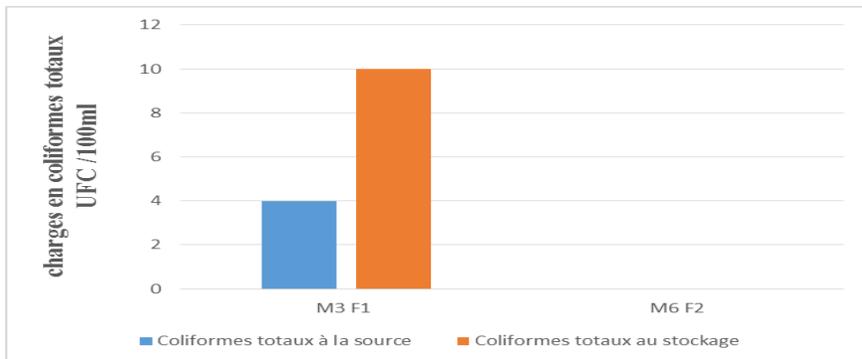


Figure 12 : Charge en coliformes totaux des échantillons d'eau de forages en fonction du point de prélèvement

IV - DISCUSSION

IV-1. Mode de gestion de l'eau de consommation par la population étudiée

L'enquête des puits révèle que du point de vue de l'hygiène, les alentours des puits sont sales. Elle révèle aussi que la majorité des puits sont non couverts. Toutes ces pratiques montrent que l'eau des puits à la source est exposée à un risque très élevé de contamination. De même, l'enquête, des puits, des forages et des postes d'eau révèlent que du point de vue du transport de l'eau, 86 % des ménages affirment ne pas couvrir l'eau transportée et 18 % des ménages affirment nettoyer les récipients de transport avec uniquement de l'eau. Ces constats montrent que, même si l'eau est potable à la source, elle peut être polluée au cours du transport par la population. Dans une étude, [6] dans le village de Boassa au Burkina-Faso, on constate que l'eau potable recueillie à la pompe par cette population est contaminée durant le transport, le stockage et les manipulations à domicile. Les causes évoquées étaient la méconnaissance des règles d'hygiène et l'usage de récipients inadaptés, ouverts et sans protection [7]. Une étude similaire menée par [13] dans la commune de Kétou au Sud Est du Bénin a donné les mêmes résultats. Il y a donc un vrai problème de contamination de l'eau le long de sa chaîne de transport. Enfin, l'enquête a révélé que du point de vue du stockage de l'eau, 76 % des ménages stockent l'eau, 76 % des récipients de stockage d'eau ne sont pas couverts, 46 % stockent l'eau pendant plus de 3 jours.

Devant ces constatations, nous pouvons dire que la potabilité de l'eau garantie à la source n'est pas suffisante pour consommer l'eau potable car, cette potabilité peut être compromise lors de sa gestion en aval. La fréquence de nettoyage du récipient est un élément important. [6] a trouvé dans sa recherche que l'eau potable à la source est souillée dans 38 % des canaris de transport, dans 62 % des jarres de stockage et dans la totalité des Calebasses de prélèvement. De même dans une étude récente, [6] dans le village Tanghin au Burkina-Faso affirme que le stockage de l'eau de consommation est assez courant, soit 89 % des 71 ménages enquêtés qu'une minorité de la population ne couvre pas l'eau stockée, 15 % des 62 ménages enquêtés (9 ménages) ne couvrent pas l'eau stockée. Moins de la moitié des ménages enquêtés laissent l'eau au stockage au-delà d'un jour. Dans les 62 ménages, 26 % stockent l'eau pendant deux jours, 8 % pendant 3 jours et 6 % stockent l'eau pendant plus de trois jours [8]. De plus [9] dans une étude dans le 6^{ème} arrondissement de Cotonou révèle que la majorité des ménages stocke l'eau de consommation pendant des jours. Ceci a été confirmé par les travaux de [20]. Au vu de ces constats, le non-respect des règles d'hygiène liées à l'eau de consommation lors de sa gestion est à l'origine de sa détérioration. Par conséquent les comportements actuels de la population ont des effets sur la qualité microbiologique des eaux de consommation dans les ménages.

IV-2. Analyses de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux

L'analyse de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de consommation a concerné les points d'approvisionnement et les points de consommation.

IV-2-1. Qualité physico-chimique des eaux

IV-2-1-1. Aux points d'approvisionnement

Les analyses physico-chimiques révèlent que la turbidité varie entre 2,84 et 13,5 NTU au niveau des puits, ces valeurs dépassent la norme admise par l'OMS. Au niveau des autres sources elle varie de 0 à 3 NTU ce qui est conforme à la norme admise par l'OMS. Le pH varie de 4 à 6 au niveau des puits et de 5,21 à 7,11 au niveau des autres sources d'eau. Par contre, dans l'ensemble la température et la conductivité varient respectivement de 26,7°C à 28,1°C ; 41,5 à 290 µs/cm. En nous référant aux normes le niveau guide est : $6,5 < \text{pH} < 8,5$ nous pouvons dire que les eaux des puits sont trop acides. Les eaux sont très médiocres du point de vue température, elles sont aussi peu minéralisées car elles ont une conductivité inférieure à 300 µs/cm. Ces résultats se rapprochent de ceux de [10] au Maroc.

IV-2-1-2. Aux points de consommation

Au niveau des **Tableaux 9 à 11**, nous notons une turbidité qui varie entre 0,665 NTU et 13,5 NTU, un pH qui varie entre 4,74 et 5,85 une température qui est comprise entre 26,6 °C et 28,2°C et une conductivité comprise entre 46,2µs/cm et 291 µs/cm. Ces eaux sont très médiocres du point de vue température et acide du point de vue pH, elles sont aussi peu minéralisées car elles ont une conductivité inférieure à 300 µs/cm [19].

IV-2-2. Qualité microbiologique des eaux

IV-2-2-1 Eaux de puits

Les normes de qualité pour les eaux de consommation humaine prescrite par [10] requièrent 0 UFC/100 mL d'eau pour les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les *Escherichia coli*. L'analyse microbiologique de l'eau des puits a révélé que tous les puits ont des teneurs en coliformes totaux comprises entre 12 UFC/100 mL d'eau et 642 UFC/100 mL d'eau (**Tableau 9**). La présence de ces coliformes totaux dans les eaux des puits signifierait une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau et une

vulnérabilité des puits à l'intrusion de matières extérieures. Au regard de nos observations, cette contamination de l'eau des puits pourrait être due soit à l'absence de couvercles ou la présence de couvercles rudimentaires conformément aux résultats enregistrés par [11, 12]. Ces résultats sont contraires aux recommandations de [13-15]. L'analyse a aussi révélé que presque tous les puits ont des teneurs en streptocoques fécaux comprises entre 4 UFC/100 mL d'eau et 568 UFC /100 mL d'eau. Cette présence, serait indicatrice d'une contamination bactérienne récurrente qui dénote un comportement type. Au vu de nos observations, ce comportement type pourrait être la mauvaise gestion de la puisette qui est la plupart du temps déposée sur la dalle des puits. Ce qui renforce les résultats obtenus par [8, 10]. L'ingestion d'une telle eau pourrait rendre les usagers malades. Au regard de ces résultats, nous pouvons dire que les pratiques actuelles de la population ont des effets sur la qualité microbiologique de l'eau des puits. Nos résultats microbiologiques se rapprochent de ceux de [5] qui a révélé que tous les puits investigués contiennent des bactéries indicatrices de contamination fécale dont les coliformes fécaux et les coliformes totaux. De même, [9, 16] ont signalé dans leurs études que tous les puits analysés sont pollués par les germes suivants : *E.coli* (31 %), *Klebsiella* (15 %), *Salmonella* spp (9 %), *Citrobacter* (41 %), *Enterobacter* (5 %), avec une moyenne des colonies qui dépassait 105 UFC par 100 mL.

IV-2-2-2. Eau courante

Les analyses microbiologiques de l'eau courante à la source ont révélé que l'eau est potable. Au stockage les résultats ont révélé qu'il y a la présence de coliformes totaux dans certains échantillons. La présence des bactéries dans les eaux stockées implique une contamination de l'eau entre le robinet et le point de consommation de l'eau [5, 17]. La dégradation de la qualité microbiologique de l'eau courante stockée dans ces ménages pourrait s'expliquer par certaines observations faites au niveau de ces ménages, telle que le dépôt des ustensiles de recueil de l'eau sur le couvercle des récipients de stockage de l'eau. Au vu de ces résultats, il serait judicieux de dire que les comportements actuels de la population ont des effets sur la qualité microbiologique des eaux courantes stockées. Ces résultats sont semblables à ceux observés par [8, 9, 18] qui dans leurs recherches ont révélé que l'eau courante à la source est potable. Au stockage les résultats ont révélé qu'il y a la présence de coliformes totaux et de coliformes fécaux dans certains échantillons.

IV-2-2-3. Forages

Les résultats de l'analyse microbiologique des échantillons d'eau, des forages ont révélé la présence de coliformes totaux et de streptocoques fécaux. Ces résultats ont été observés par [19, 20] respectivement au Bénin et en Côte d'Ivoire. La présence de telles bactéries dans l'eau impliquerait une

contamination récente et régulière. Cette contamination pourrait s'expliquer par le manque d'hygiène du site d'exhaure et l'absence de périmètre de protection remarqué lors de nos observations de terrain. Ces résultats se rapprochent de celui de [11] qui révèle que l'eau de forage est un peu moins polluée que celle des puits. Au stockage les résultats démontrent que la qualité de l'eau reste inchangée, c'est-à-dire que les teneurs en coliformes totaux et streptocoques fécaux restent inchangées entre la source et le point de consommation de l'eau. Les ménages où la qualité de l'eau reste inchangée sont ceux qui prétendent nettoyer leurs récipients de transport avec de l'eau et du savon et couvrent l'eau dans les ménages. [12].

V - CONCLUSION

La présente étude a révélé que l'eau consommée par les populations de l'arrondissement de Hêvié est détériorée entre les points d'approvisionnement et les points de consommation. En effet, plusieurs déterminants influencent la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de boisson dans l'arrondissement de Hêvié. L'analyse microbiologique et physique des eaux consommées et l'analyse des données de l'enquête menée à Hêvié montrent que les populations détériorent la qualité des eaux de consommation entre le point d'approvisionnement et le point de consommation. L'enquête, des puits, des forages et des postes d'eau révèlent que du point de vue du transport de l'eau, 86 % des ménages affirment ne pas couvrir l'eau transportée et 18 % des ménages affirment nettoyer les récipients de transport avec uniquement de l'eau. De plus, l'enquête a révélé que du point de vue du stockage de l'eau, 76 % des ménages stockent l'eau, 76 % des récipients de stockage d'eau ne sont pas couverts et 46 % stockent l'eau pendant plus de 3 jours. Ces résultats montrent clairement que si l'eau est potable à la source, elle peut être polluée au cours du transport par la population et aussi la potabilité de l'eau garantie à la source n'est pas suffisante pour consommer l'eau potable. Ces résultats ont permis de mettre en évidence l'existence de pratiques qui ont des conséquences sur la qualité de l'eau en l'occurrence la qualité microbiologique. Aux différentes sources et pendant le transport, la non couverture des puits, les alentours des sources sales, l'absence de couverture de récipients de transport et la fréquence de lavage des récipients de transport sont les principaux indicateurs de pollution des eaux à la source.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cette publication remercient le Laboratoire d'Hydrologie Appliquée de l'Institut National de l'Eau pour sa contribution dans les analyses des eaux échantillonnées.

RÉFÉRENCES

- [1] - OMS/UNICEF, Programme commun de surveillance de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement. Rapport (2010), Genève, 50 p.
- [2] - OMS/UNICEF, Programme commun de surveillance de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement. Atteindre les OMD en matière d'eau potable et assainissement : évaluation des progrès à mi-parcours (2014) 60 p.
- [3] - M. DIABATE, Déchets ménagers: impact sur la santé et l'environnement en commune I du district de Bamako: cas de Banconi, Bamako. Mémoire de Master (2010). 80 p.
- [4] - D. G. Eau Bénin, Rapport de la revue de l'exécution du budget programme par objectif (2015) 25 p.
- [5] - E. HOUNSOUNOU, Etude de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de puits traditionnels utilisées à Vossa au Bénin. Mémoire de Master en Hydrologie appliquée, Université d'Abomey-Calavi, Bénin(2013) 44 p.
- [6] - OUSSEINI, Analyse spatiale de l'accès à l'eau potable et risques des maladies hydriques dans les quartiers périphériques de la ville de Ouagadougou: cas du Quartier Tanghuin. Ouagadougou. Mémoire de Master (2010) 75 p.
- [7] - DOS SANTOS & T. LEGRANT, Accès à l'eau et mortalité des enfants à Ouagadougou (Burkina Faso). Environnement Risques & Santé, 6 (5), (2006) 365-71
- [8] - M. D. SOSSAH, Impacts des comportements sur la qualité des eaux de consommation dans les ménages à Tanghuin. Mémoire pour l'obtention du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement option : environnement (2011) 60 p.
- [9] - M. AGASSOUNON, Chaîne de l'eau du réseau public dans quelques quartiers précaires du 6eme arrondissement de Cotonou-Benin. *Research Journal of Chemical Sciences*, ISSN 2231-606X, Vol 5 (1), January (2015) 49-54
- [10] - OMS, Célébration de la décennie internationale d'action « l'eau, source de vie. Guide de sensibilisation, (2015) 15 p.
- [11] - C. A. KAKE, Etude de la faisabilité pour l'extension du réseau d'adduction d'eau villageoise de Hèvié dans la commune d'Abomey-Calavi. Mémoire de licence professionnel en hydrologie, Université d'Abomey Calavi, (2015) 49 p.

- [12] - W. CHOUTI, D. MAMA, A. ALASSANE, O. CHANGOTADE, Caractérisation physicochimique de la lagune de Porto- Novo (sud Bénin) et mise en relief de la pollution par le mercure, le cuivre et le zinc. *J. Appl. Biosc* 43, (2011) 2882 – 2890
- [13] - M. AGASSOUNON, A. TADJOU, Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de boisson dans les arrondissements de la commune de Kétou au Bénin. *Microbiol. Ind. San. Environ*, 8 (2014) 187-207
- [14] - M. L. BELGHITI, A. CHAHLAOUI, Caractéristiques physico-chimiques des eaux de certains puits utilisés comme source d'eau potable en milieu rural dans la région de Meknes (MAROC). *ScienceLib Editions Mersenne* 5 (2013) 1-16
- [15] - F. BOUCHEMAL, N. BOUCHAH, Qualité des eaux des nappes aquifères de la région de BISKRA. *Revue des Sciences Fondamentales et Appliquées*, 3(1) (2011) 34 - 44
- [16] -]- E. DERWICH, L. BENAABIDATE, Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de sa confluence avec OUED FES. *Larhyss Journal*, 8 (2010) 101 - 112
- [17] - F. E. DOVONOU, Diagnostic qualitatif et environnemental de l'aquifère superficiel du champ de captage de Godomey au Sud-Bénin : Etat des lieux et mesures de protection de la ressource. Thèse Unique. Université d'Abomey-Calavi (2012) 120 p.
- [18] - M. AGASSOUNON, N. KELOME, Qualité des eaux de forage utilisées sur le campus d'Abomey-Calavi au Bénin. *Afr. Geo. Rew*, 19 (2012) 93 - 102
- [19] - D. G. EAU BENIN, Rapport de la revue de l'exécution du budget programme par objectif de la Direction Générale de l'Eau du Bénin, (2015) 25 p.
- [20] - A. M. KOUASSI, A. MAMADOU, Simulation de la conductivité électrique des eaux souterraines en relation avec leurs propriétés géologiques : cas de la Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol* 21, 22 (2013) 138 - 166