



EAUX NON CONVENTIONNELLES: UN RISQUE OU UNE SOLUTION AUX PROBLEMES D'EAU POUR LES CLASSES PAUVRES

NANFACK N.A. CARINE^{1*}, FONTEH F. ANYANGWE², VINCENT K. PAYNE¹, KATTE BRIDGET², FOGOHO J. MUAFOR³

¹Département de Biologie Animale, Université de Dschang, BP 67 Dschang, Cameroun

²Département des Productions Animales, Université de Dschang, BP67 Dschang, Cameroun

³Living Forest Trust (LIFT, former ACBIODEV), 1857 Yaoundé, Cameroun

nanfackcarine@yahoo.fr

RESUME

Ce papier s'intéresse aux qualités des eaux non conventionnelles et leurs effets sur la santé des consommateurs dans sept (07) quartiers dépourvus du réseau d'eau conventionnelle dans la ville de Mbouda, l'Ouest Cameroun. Les techniques d'enquêtes sociologiques ont été utilisées pour obtenir l'information sur les sources d'approvisionnement en eau, les types de maladies hydriques existants dans les ménages, la nature de l'hygiène et l'assainissement accordé à ces points d'eau, ainsi que les traitements fournis à ces eaux de boissons avant la consommation. Ensuite, une enquête a été effectuée dans les hôpitaux de la ville pour relever le nombre de cas des différentes maladies hydriques enregistrées de janvier 2012 à février 2013. Les échantillons d'eau ont été collectés sur 4 puits, 4 sources et 2 forages et analysés en décembre 2012 et en mars 2013, en utilisant la technique de dénombrement des germes sur milieu liquide et sur milieu solide. Il ressort de cette étude que les eaux sont fortement contaminées par les microorganismes pathogènes; notamment les Streptocoques fécaux, les Salmonelles, les Coliformes fécaux et les *Protéus sp.* La consommation de ces eaux expose les populations à des risques sanitaires graves, nécessitant de ce fait un traitement approprié avant la consommation.

Mots clés: Eaux non conventionnelles, microorganismes pathogènes, assainissement, risques sanitaires

ABSTRACT

This paper looks at the quality of non-conventional waters and their effects on the health of consumers in seven (07) quarters deprived of conventional water network in Mbouda, West Cameroon. Sociological techniques were used to obtain data on water sources, existing types of waterborne diseases in households, the nature of hygiene and sanitation of the water points and the treatment provided to these drinks water before consumption. The number of cases of various waterborne diseases recorded in hospitals in the town from January 2012 to February 2013 was also verified. Water samples were collected from 4 wells, 4 springs and 2 boreholes in December 2012 and March 2013 for analyzes using the techniques of counting bacteria on liquid and solid medium. Results of this study shows that water from non-conventional sources are contains high levels of pathogenic microorganisms, such as fecal streptococci, Salmonella, fecal coliforms and *Proteus sp.* The consumption of these waters exposes consumers to serious health risks, thus requiring appropriate treatment before consumption.

Keywords: non-conventional water, pathogenic microorganisms, sanitation, health risks

INTRODUCTION

Le corps humain a besoin d'apport quotidien de l'eau pour fonctionner correctement. L'eau constitue les deux tiers des liquides de l'organisme chez l'homme et joue un rôle important. Elle assure l'hydratation des cellules du corps, ainsi qu'un rôle de véhicule de certaines substances nutritives (N'diaye, 2008). Toutefois, de par sa qualité, elle peut nuire à la santé de l'homme (OMS, 2003). L'eau insalubre est à l'origine de plusieurs maladies hydriques, surtout dans les pays en voie de développements. En Afrique où la carence en eau potable est un problème majeur, plus de 1,8 million de personnes meurent chaque année de maladies venant des mauvaises qualités de l'eau (OMS, 2006). La mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques, notamment la pollution, ainsi que le mauvais assainissement et l'hygiène des sources d'eaux (Edge, 2001; Davis et Hirji, 2003; Torkil, 2004). Le taux de colonisation des eaux par les micro-organismes pathogènes peut être favorisé par la température et les précipitations. Les eaux d'infiltrations modifient la flore bactérienne de l'eau souterraine (Geldreich, 1998), alors que la température affecte les processus biologiques et l'activité des microorganismes (Mezrioui et Baleux, 1992; Makoutode et al., 1999). A cause de la faible disponibilité de l'eau potable dans les zones urbaines, périurbaines et rurales dans certains pays Africains, les populations sont contraintes de s'approvisionner en eau dont la potabilité est très douteuse. Les estimations de l'OMS en 2006 révèlent que la population qui dépend des points d'eau non

améliorés s'élève à 884 millions de personnes, la majorité étant en Afrique subsaharienne où le taux d'accès à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène est le plus faible du monde. Seuls 46% de la population rurale et 81% de la population urbaine y ont accès à l'eau potable (OMS, 2006). La mauvaise qualité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène en Afrique subsaharienne est à l'origine de la plus part de diarrhées infectieuses causant presque 1,7 millions de décès chaque année, ce qui représente 3,1% de tous les décès annuel (Ashbolt, 2004 ; Thompson et *al.*, 2003). D'autres maladies hydriques telles que le choléra, les dysenteries, la fièvre typhoïde et les hépatites virales de type A et E sont devenues une préoccupation épidémique en Afrique subsaharienne (Melake et *al.*, 2003; WHO, 2005).

Au Cameroun, le nombre de cas des maladies hydriques augmente au fil du temps, surtout dans les zones dépourvues des sources d'eaux potables (OMS, 2010). Malgré l'existence de multiples cours d'eau dans ce pays, l'accès à l'eau potable reste un problème. Plusieurs auteurs ont traité cette problématique (Fonteh, 2003; Katte et *al.*, 2003; Ngnike, 2003; Tanawa et Tchapinga, 1998). A l'exception des deux grandes villes métropolitaines du pays (Douala et Yaoundé) où 80% de la population ont accès à une source d'eau améliorée, le problème d'accès à l'eau potable est remarquable dans les villages et d'autres villes du pays. Moins de 40% des habitants en zones rurales et 65 % dans les villes moyennes ont accès à l'eau de boisson saine (Fonteh, 2003; Ngnike, 2003). Dans les zones périurbaines, moins de 30% des habitants ont accès à l'eau de bonne qualité et les réseaux de distribution d'eau conventionnelle sont parfois quasi inexistantes (Tanawa et Tchapinga, 1998). Face à ces réalités, une grande partie des ménages dans les villages et villes du Cameroun s'approvisionnent en eau non conventionnelle (eau d'origine diverse); notamment les cours d'eau, les sources et les puits (MINEE, 2009). Les sources, les puits et les forages en particulier jouent un rôle important dans le système d'approvisionnement en eau au Cameroun, surtout dans les hautes terres de l'Ouest.

De par leurs clartés, les populations leurs considèrent plus propice à la consommation comparé aux cours d'eau. Or une eau de bonne qualité n'est pas uniquement limpide, inodore et agréable à boire, mais celle qui répond aux critères physico-chimiques et bactériologiques bien définis (OMS, 1985). Une source est un point du sol où le déplacement de l'eau souterraine se poursuit en surface, donnant naissance à un ruisseau (Banton et Bangoy, 1997). L'eau souterraine englobe toute eau provenant de la nappe phréatique. L'eau de source est filtrée naturellement à travers les roches et peut être considérée comme salubre. Néanmoins elle se contamine généralement durant son déplacement en surface (Viland et Montiel, 2001) ou au point de captage aménagé ou non aménagé (Dégbey et *al.*, 2010). Un puits est un trou rond qui va de la surface de la terre jusqu'à la nappe phréatique souterraine. A cause des infiltrations d'eau sale, d'urine ou d'excréments animaux, l'eau provenant des puits est de moindre qualité pour la consommation humaine (Labas et Vuik, 2010). Un forage est un

ouvrage constitué par un long tube enfoncé dans le sol jusqu'au niveau de la nappe phréatique (Labas et Vuik, 2010). Bien que ces eau soient généralement considérées comme acceptables, la protection du périmètre de forage contre toute forme de pollution est indispensable pour la qualité de ces eaux (Gros, 2002). La consommation de ces eaux souterraines peut exposer la population à des maladies d'origine microbienne telles que les fièvres typhoïdes, dysenteries bacillaires, diarrhées et gastro-entérites, hépatite A et E, dysenteries amibiennes (Mossel et al., 1993; OMS, 1994; MINSANTE, 2003). Ce papier analyse les qualités physiques et bactériologiques des eaux de sources, de puits et de forages afin de comprendre si leur consommation constitue une solution ou non aux problèmes d'eau dans la ville de Mbouda.

MATERIELS ET METHODES

Zone d'étude

Les eaux analysées ont été prélevées dans la ville de Mbouda, chef-lieu du Département des Bamboutos. Située entre latitude 5°63' Nord et la longitude 10°25' Est, cette ville à une superficie de 437 km². Avec une population de plus de 80000 âmes, l'activité principale des habitants reste l'agriculture, l'élevage et le petit commerce. Localisée sur les flancs du Monts Bamboutos, elle a un climat de type équatorial, avec deux saisons ; une courte saison sèche qui va de novembre à février et une longue saison de pluies qui va de mars à octobre. La température moyenne annuelle est d'environ 20°C. Toutefois, cette température peut descendre jusqu'à moins 10°C au sommet des massifs montagneux. La pluviométrie varie de 1700 à 2000 mm d'eau par an, atteignant parfois 2500 mm d'eau au sommet des massifs (Tangwa, 2012). L'hydrographie de cette ville est caractérisée par l'existence des petits cours d'eau et ruisseaux qui prennent leur source au pied des Monts Bamboutos pour la plupart. La végétation est du type montagnard et semi-montagnard. Les sommets sont colonisés par les savanes arbustives et les plantations d'eucalyptus, tandis que les bas-fonds sont prédominés par des raphias. Toutefois, on note une forte anthropisation surtout sur les versants des interfluves, ainsi que la présence de quelques forêts galeries autour des lieux sacrés tels que les chefferies traditionnelles. La destruction des forêts de raphia pour la culture maraichère et l'augmentation des plantations des eucalyptus ont contribué à l'assèchement des marécages et constituent également une source non négligeable d'appauvrissement des sols (Yemmafouo et al., 2009).

Méthode

Enquêtes sociologiques

Les approches sociologiques telles que les questionnaires semi-structurés, l'interview et l'observation directe ont été utilisés pour obtenir l'information sur les sources d'approvisionnement en eau, les types de maladies hydriques existants dans les ménages, la nature de l'hygiène, de l'assainissement accordés à ces points d'eau ainsi que les traitements fournis à ces eaux de boissons avant la consommation. Au total, 314 ménages ont été enquêtés dans les différents quartiers où les points d'eau ont été retenus pour l'analyse. Il faut aussi noter qu'une enquête a été effectuée dans deux hôpitaux de la ville où nous avons consulté les registres sanitaires et relevé les pathologies liées à l'eau.

Identification des points d'eau

Les eaux de quatre sources, quatre puits et deux forages ont été retenus pour l'analyse. Ces points d'eau sont repartis dans sept quartiers (Bamessingué, Banock, Batang, Latet 1, Montchio 1, Montchio 2, et Tsou-montchio) dépourvus du réseau d'eau conventionnelle, où les populations résidant s'approvisionnent principalement en eaux d'origines diverses. Pour identifier ces points d'eau, une enquête a été menée dans chacun de ces quartiers durant la période de mars 2012. Au total 7 sources, 165 puits et 5 forages ont été identifiés, parmi lesquelles 4 sources, 4 puits et 2 forages ont été retenus pour l'analyse. La sélection de ces points d'eau à analyser a été basée sur la fréquence d'utilisation, c'est à dire les plus utilisées et la proximité de ces points d'eau avec diverses sources de pollution telles que les latrines, les fermes d'élevages, les poubelles et les exploitations agricoles.

Prélèvement et transport des échantillons

Les échantillons d'eau ont été prélevés en décembre 2012 et en mars 2013. Pour respecter les conditions aseptiques, les bouteilles en plastique transparentes de 0,35l ont été stérilisées avec 0,1ml de Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) pour le prélèvement des échantillons. Durant le transport, les échantillons ont été conservés au frais (4°C) dans une enceinte réfrigérée avec blocs réfrigérants et à l'abri des rayonnements solaires, comme le recommande l'OMS (2006). L'eau minérale a également été analysée et a servi de témoin.

Les analyses de laboratoire

Les échantillons ont été analysés au Laboratoire de Physiologie Animale du Département des Productions Animales, Université de Dschang. Ces analyses étaient axées sur la détermination des paramètres physiques et bactériologiques des points d'eau. Pour ce qui concerne les paramètres physiques, nous avons déterminé la température, le pH, la conductivité, la couleur, l'apparence et l'odeur des échantillons d'eau. L'analyse bactériologique consistait à déterminer les différents pathogènes colonisateurs des points d'eau à savoir les coliformes totaux, *Escherichia coli*, les streptocoques fécaux, et les salmonelles.

Les analyses physiques

La température (T°), le potentiel d'hydrogène (pH) et la conductivité (Cs) ont été mesurés en plongeant un thermomètre, un pH-mètre et un conductimètre tous de type EUTECH dans 50ml d'eau prélevé de chaque échantillon. Après 4 minutes d'immersion, chacun de ces appareils a été retiré pour la lecture des résultats. L'odeur et l'apparence des échantillons ont été déterminées respectivement à l'aide des sens humains naturels de l'odorat et de la vision.

Les analyses bactériologiques

Afin de rendre le milieu stérile, la paillasse et les mains ont été lavées avec de l'eau de javel. Un bec-Bunsen a été utilisé pour stériliser la zone de manipulation ainsi que pour flamber le matériel. Deux techniques à savoir la technique de dénombrement des germes sur milieu liquide (la technique du nombre le plus probable) et sur milieu solide (la technique standard ou count plate) ont été utilisées pour déterminer les différents pathogènes présents dans nos échantillons.

La technique du nombre le plus probable

Cette technique a premièrement consisté à stériliser la verrerie à 160°C pendant 2 heures. Le bouillon de MacConkey a été ensuite préparé, distribué dans les bouteilles stérilisées et introduit dans un autoclave à 120°C pendant 15 minutes (OMS, 2006). A l'aide des seringues stérilisées, 45ml et 10ml d'échantillon d'eau ont été introduits respectivement dans les bouteilles contenant 100ml et 20ml de bouillons de culture, tandis que 1ml d'eau a été introduit dans les bouteilles contenant 5ml de bouillons de culture. Le contenu de chaque bouteille fermée a été entièrement agité et ensuite ces bouteilles ont été placées dans un bain-marie pour incubation à 44°C pendant 24 et 48 heures. Après incubation,

les bouteilles ont été examinées et celles qui ont produit le gaz ont été comptées.

La technique standard ou count plate

Les milieux de culture spécifiques à chaque bactérie ont été mesurés à l'aide d'une balance et introduits dans des béchers stériles contenant chacun 300ml d'eau distillée. Ces mélanges ont été aussitôt stérilisés à 120°C pendant 15 minutes. Après refroidissement, les milieux de culture ont été introduits dans les boîtes de pétri contenant chacune 1ml d'échantillon d'eau et mélangés jusqu'à solidification de la gélose. Le nombre de colonies des différents pathogènes a été compté à l'œil nu après avoir retournées et incubées les boîtes de pétri suivant les germes recherchés (Tableau 1).

Tableau 1: Différents pathogènes, milieux de culture et leurs températures d'incubation.

Microorganismes	Milieux de culture	Températures d'incubation	Durées d'incubation
<i>Salmonella sp</i>	S agar	44°C	24h
<i>Escherichia coli</i>	MacConkey agar	44°C	24h
<i>Streptococcus sp</i>	TEG agar	37°C	24h
Coliformes totaux	VRB agar	35°C	24h
<i>Protéus sp</i>	MacConkey agar	44°C	24h

MacConkey est le milieu de culture utilisé pour la recherche des *Escherichia coli* et des *Protéus sp*. Sur ce milieu, les colonies d'*Escherichia coli* étaient de couleur rouge tandis que celles des *Protéus sp* étaient incolores. Sur le milieu VRB (agar au violet cristallisé, au rouge neutre et à bile) agar, les colonies de coliformes totaux étaient roses. Pour ce qui est du milieu S agar (agar à Salmonelle) et TGE agar (agar à la peptone de caséine, au glucose et à l'extrait de viande), les colonies incolores ont été observées pour les Salmonelles et les Streptocoques.

RESULTATS

Niveau de dépendance en eau non conventionnelle

Les populations des zones étudiées s’approvisionnent essentiellement en eau de puits, de source et de forage. Au total, les eaux de 17% des puits, 85% des sources et 80% des forages disponibles dans cette localité sont consommées. Dans l’ensemble, seulement 5% des habitants de ces quartiers étudiés ont accès au réseau d’eau conventionnelle. La dépendance des populations aux différentes sources d’eaux non conventionnelles varie d’un quartier à l’autre (Figure 1). Dans les quartiers Bamessingué et Montchio 1, 100% des habitants s’approvisionnent uniquement en eau de sources. Par contre, à Banock, 5% des habitants s’approvisionnent en eau conventionnel (CAMWATER), 65% en forage et 30% en puits. Au quartier Batang, 90% des habitants dépendent de l’eau de forage et 10% en eau de puits.

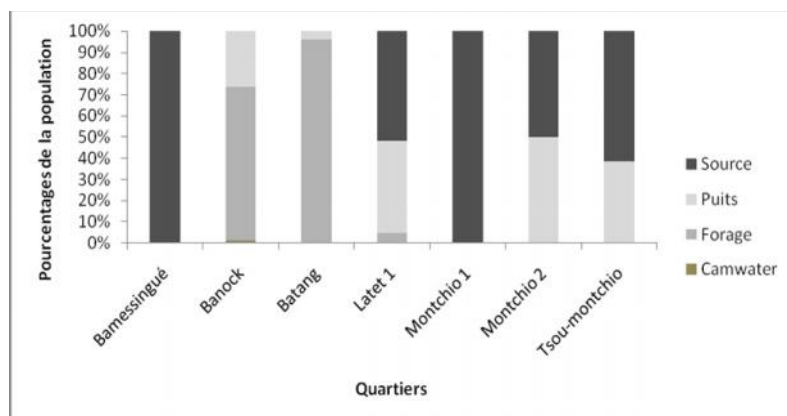


Figure 1 : Pourcentage des populations dépendant des différents types d’ouvrages d’eaux

Au quartier Latet 1, presque 10% des habitants s’approvisionnent en eau de forage, 40% en eau de puits et 50% en eau de source. Les habitants de quartier Montchio 2 et de Tsou-montchio s’approvisionnent uniquement en eau de puits et de source. De ce fait, 50% des habitants s’approvisionnent respectivement en eau de puits et de source à Montchio 2, alors qu’à Tsou-montchio, 35% et 65% des habitants s’approvisionnent respectivement en eau de puits et source.

Caractéristiques physique des points d’eau

Les caractéristiques physiques des eaux varient selon le type d’ouvrage et la saison/période d’analyse (Tableau 2). Pour les deux analyses; celle du mois de

décembre 2012 (début saison sèche) et de mars 2013 (début saison des pluies), les eaux des différents types d'ouvrages étaient claires, incolores et inodores. Néanmoins, certains points d'eau échantillonnés, notamment le puits du quartier Banock et celui du quartier Montchio 2 ont montré la présence de quelques débris végétaux. Les températures des points d'eaux oscillaient entre 23°C à 23,8°C pour le mois de décembre et 26°C à 27°C pour le mois de mars. Le pH des eaux de sources variaient entre 5,70 à 6,46 au mois de décembre, alors qu'au mois de mars, le pH des sources oscillait entre 5,06 et 5,52. Les valeurs du pH des eaux de forages variaient entre 6,33 à 6,85 en décembre et 5,71 à 6,84 au mois de mars. Pour les eaux de puits, la variation de pH variait de 5,90 à 6,78 au mois de décembre et de 5,6 à 5,84 au mois de mars. Ces valeurs de pH indiquent que la majorité des points d'eau échantillonnés sont acides. Toutefois, cette acidité varie selon la saison d'analyse. Pour les puits, seul le puits du quartier Banock et celui du quartier Montchio 2 étaient acides en décembre, alors qu'au mois de mars, tous les puits étaient acides. Le forage du quartier Batang était acide pendant les deux mois d'échantillonnage. Au mois de décembre, la conductivité électrique des deux forages était de 35µS/cm chacun, celle des sources oscillait entre 68µS/cm et 97µS/cm et celle des puits variait entre 15µS/cm et 111µS/cm. Au mois de mars, cette conductivité oscillait entre 24 µS/cm et 348 µS/cm pour les forages; 56 µS/cm et 96 µS/cm pour les sources et 14 µS/cm et 94 µS/cm pour les puits.

Tableau 2: Les caractéristiques physiques des échantillons d'eau au mois de décembre et mars

Quartiers	Types d'ouvrages	Apparence	Couleur	Odeur	Températures (°C)		pH		Conductivités (µS/cm)	
		Dec/Mars	Dec/Mars	Dec/Mars	Dec	Mars	Dec	Mars	Dec	Mars
Bamessingué	Sources	Claire	Incolore	Inodore	23,8	26	5,7	5,06	97	84
Banock	Puits	Claire avec débris	Incolore	Inodore	23,7	26,2	5,9	5,84	15	18
Banock	Forage	Claire	Incolore	Inodore	23,6	26	6,33	5,71	35	24
Batang	Forage	Claire	Incolore	Inodore	23,2	26,3	6,85	6,84	35	348
Latet 1	Source	Claire	Incolore	Inodore	23,1	26,8	6,46	5,52	97	56
Latet 1	Puits	Claire	Incolore	Inodore	23	26,6	6,72	5,67	20	14
Montchio 1	Source	Claire	Incolore	Inodore	23,2	26,5	6,20	5,34	68	96
Montchio 2	Puits	Claire avec débris	Incolore	Inodore	23,2	26,7	6,19	5,6	111	94
Tsou-montchio	Source	Claire	Incolore	Inodore	23,2	27	6,32	5,33	92	80
Tsou-montchio	Puits	Claire	Incolore	Inodore	23,2	26,2	6,78	5,78	84	82
Eau minérale	/	Très claire	Incolore	Inodore	24,6	24,8	7,12	6,94	286	408

Caractéristiques bactériologiques des points d'eau

Les analyses bactériologiques des eaux au cours des deux campagnes de contrôle de qualité d'eau ont révélé que la totalité des points d'eau étaient contaminés. Les germes indices de pollution bactériologique sont entre autres *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Streptococcus spp*, Coliformes totaux et *Proteus spp*. En se basant sur le taux de Coliforme fécaux contenu dans 100ml d'eau, le tableau 3 classe les différents points d'eau d'excellent(A), d'acceptable (B), d'impropre à la consommation (C) et de pollution énorme (D) comme l'indique l'OMS (2003).

Tableau 3: Nombre de coliformes fécaux dans 100ml d'eau échantillonné

Echantillons D'eau	Quartiers	Décembre 2012		Mars 2013	
		N° de coliformes fécaux /100ml	Catégorie de l'OMS	N° de coliformes fécaux /100ml	Catégorie de l'OMS
S ₁	Baméssingué	20	C	18	C
P ₁	Banock	20	C	14	C
F ₁	Banock	3	B	160	D
F ₂	Batang	11	C	20	C
S ₂	Latet 1	40	C	50	D
P ₂	Latet 1	20	C	20	C
S ₃	Montchio 1	50	C	11	C
P ₃	Montchio 2	20	C	50	D
S ₄	Tsou-Montchio	10	B	30	C
P ₄	Tsou-Montchio	18	C	30	C
Eau minérale	/	0	A	0	A

A=Excellent, B= Acceptable, C= Impropre à la consommation et D=Pollution énorme

Les coliformes fécaux sont présents dans tous les points d'eau échantillonnés. Le taux de colonisation des puits par les coliformes fécaux varie entre 14/100ml à 50/100ml d'eau et par conséquent appartiennent à la catégorie C ou D pour le puits du quartier Montchio2 au mois de mars. Le forage du quartier Banock et la source du quartier Tsou-montchio au mois de décembre étaient acceptables pour la consommation (B), mais ceux-ci au mois de mars étaient contaminés. La source du quartier Latet1 était très polluée et était classifiée dans la catégorie D durant toutes les deux périodes d'analyses. Toutefois, la présence des Coliformes fécaux dans l'eau indique non seulement une contamination récente par des matières fécales, mais aussi la présence possible

d'autres bactéries pathogènes. L'analyse approfondie de nos échantillons montre que les points d'eau étudiés sont également très colonisés par d'autres pathogènes tels que les *Streptococcus sp*, les *Salmonella sp* et les *Proteus sp*. En dehors de l'eau minérale qui était dépourvue des contaminants bactériologiques (0UFC/ml) pendant les deux campagnes de control de la qualité, tous les autres points d'eaux échantillonnés étaient plus pollués au mois de mars (Tableau 4).

Tableau 4: Dénombrement des bactéries pathogènes dans 1ml d'eau au mois de décembre et mars

Quartiers	Type d'ouvrage	Coliformes totaux (UFC/ml)		<i>Escherichia coli</i> (UFC/ml)		<i>Streptococcus sp</i> (UFC/ml)		<i>Salmonella sp</i> (UFC/ml)		<i>Proteus sp</i> (UFC/ml)	
		Dec	Mars	Dec	Mars	Dec	Mars	Dec	Mars	Dec	Mars
Bamessingué	Source	116	168	26	36	135	73	20	0	20	09
Banock	Puits	501	379	157	146	402	102	150	0	50	45
Banock	Forage	31	590	04	210	82	97	0	09	0	51
Batang	Forage	101	173	31	65	132	80	38	02	10	31
Latet 1	Source	402	141	63	70	201	62	60	01	0	17
Latet 1	Puits	92	261	19	53	48	155	0	02	0	0
Montchio 1	Source	78	616	23	206	70	125	0	13	0	07
Montchio 2	Puits	520	930	121	524	503	703	20	147	20	04
Tsou-montchio	Source	117	157	116	46	185	120	25	01	25	25
Tsou-montchio	Puits	310	944	104	502	304	560	170	25	30	34
/	Eau minérale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En décembre, les teneurs en *E. coli* variaient entre 19 et 157UFC/ml pour les eaux des puits, de 23 et 116UFC/ml pour les eaux de sources et de 31UFC/ml pour les eaux de forages. En mars, ces teneurs étaient de 53 UFC/ml et 524 UFC/ml pour les puits, 36 UFC/ml et 206 UFC/ml pour les sources et de 65 UFC/ml et 210 UFC/ml pour les forages. Cependant, les concentrations des coliformes totaux variaient de 78 UFC/ml à 402UFC/ml pour les sources, de 92 UFC/ml et 520UFC/ml pour les puits et de 4 UFC/ml et 101 UFC/ml pour les forages. Au mois de mars, cette variation est de 141 UFC/ml et 616 UFC/ml pour sources, 216 UFC/ml à 944 UFC/ml pour les puits et 173 UFC/ml et 590 UFC/ml pour les forages. Par ailleurs, en décembre, les teneurs en streptocoques variaient de 70 UFC/ml à 201UFC/ml pour les eaux de source, de 48 UFC/ml et 503UFC/ml pour les puits et de 82 UFC/ml à 132UFC/ml pour les forages. Ces valeurs connaissent une baisse au mois de mars pour les sources (62 UFC/ml et 125 UFC/ml) et les forages (80 UFC/ml et 97 UFC/ml) et une hausse pour les puits (102 UFC/ml et 703 UFC/ml). Les teneurs en salmonelle au mois de décembre variaient de 0 à 60UFC/ml pour les sources, de 0 et 170UFC/ml pour les puits, et de 0 UFC/ml à 38UFC/ml pour les forages. Pendant le mois de mars, le teneur en Salmonelle variaient entre 0 UFC/ml à 13 UFC/ml pour les eaux de source, de 0 à 147 UFC/ml pour les puits et de 2 UFC/1ml et 9 UFC/ml pour les forages. Dans les eaux de puits, les teneurs en *proteus sp* variaient entre 0 à 50UFC/ml. Cette valeur est de 0 à 25UFC/ml pour les sources et de 0 à 10UFC/ml pour les forages au mois de décembre. Au mois de mars, ces valeurs

en *Protéus sp* variaient de 7 et 25 pour les eaux de source, 0 à 45 UFC/ml pour les puits et 31 à 51 UFC/ml pour les forages.

Les maladies hydriques existantes

La plupart des habitants des quartiers enquêtés souffrent des infections liées à la consommation d'eau de mauvaise qualité. Près de 68% des personnes enquêtées ont déjà été victime des maladies liées à l'eau. Par contre, 32% de la population enquêtée a déclaré n'avoir jamais été victime des maladies hydriques. Cependant, le nombre de personnes victime des maladies hydriques varie d'un quartier à un autre. Le taux des personnes ayant déjà été victimes des maladies hydriques est plus élevé dans les quartiers Tsou-Montchio (78%), Latet 1(75%), Montchio 2 (60%), Bamessingué (95%) et Banock (65%). Par contre, ce taux est de 40% à Montchio1 et 45% à Batang. La typhoïde, la dysenterie, les gastroentérites, les démangeaisons corporelles et le cholera sont les maladies hydriques les plus fréquentes dans la zone étudiée. La fièvre typhoïde avec un taux de 49% est la maladie la plus répandue, suivi de la dysenterie qui a un taux d'infection de 30% et les gastro-entérites qui touchent 15% de la population. Bien que les démangeaisons corporelles et le cholera aient des taux faibles (5%) et (1%) respectivement, leurs impacts sur la santé des populations ne sont pas négligeables.

L'intensité de ces maladies hydriques varie selon le moment de l'année. Le nombre de cas des différentes maladies enregistrées dans les centres médicaux montre que la période d'octobre à décembre est plus favorable au développement de la plupart des maladies hydriques (figure 2).

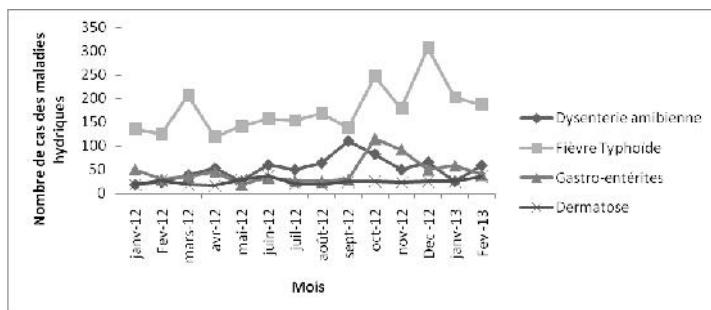


Figure 2: Evolution des pathologies liées à l'eau de janvier 2012 à février 2013

On constate une baisse du nombre de cas de la typhoïde en avril, au delà du lequel ce nombre augmente pour atteindre des taux très élevés entre octobre et décembre 2012. La période la plus favorable à la dysenterie et les gastro-entérites est respectivement septembre et octobre. La dermatose qui touche plus les enfants est presque constante avec durant toute l'année.

DISCUSSION

Les populations des différents quartiers enquêtés s'approvisionnent principalement en eau de puits, de sources et de forages. En effet, le mode d'approvisionnement en eau dans les quartiers dépend du type d'ouvrage disponible. Ainsi, dans le quartier Baméssingué et Montchio 1, 100% de la population s'approvisionne en eau de source. Ceci s'explique par le fait que dans ces deux quartiers, les sources et les puits sont les seuls types d'ouvrages y existants. A Banock et à Batang où les sources ne sont pas disponibles, les forages ont été adoptés comme principal moyen d'approvisionnement en eau. Néanmoins, étant donné que Banock est proche du centre commercial de la ville où le réseau d'eau conventionnelle est disponible, une petite fraction de la population (5%) préfère s'y rendre pour acheter de l'eau de boisson conventionnelle. Dans les zones où l'approvisionnement en eau de forage semble inexistant, la population accroît son ravitaillement en eau de puits et de source. C'est le cas du quartier Montchio 2 où 50% de la population dépende des eaux de puits et de Tsou-Montchio où 65% se ravitaillent en eau de sources. De plus, la présence d'une source naturelle dans un quartier n'exclut pas aussi que les habitants creusent des puits. C'est le cas du quartier Latet 1 et Tsou-Montchio qui disposent des sources non aménagées (points d'eau ouvert, susceptibles d'être pollués à tout moment). Les populations ont l'habitude d'apprécier la qualité de l'eau par sa limpidité. Toutefois, cette appréciation expose les habitants aux nombreux risques sanitaires, tels que la typhoïde, la dysenterie et les gastroentérites, étant donné que ces eaux contiennent des taux élevés en Coliformes totaux, Coliformes fécaux, *Streptococcus sp*, *Salmonella sp* et *Proteus sp*. La mauvaise qualité de ces eaux peut s'expliquer non seulement par le manque d'hygiène mais aussi par le mauvais assainissement (Edge, 2001; Davis et Hirji, 2003; Torkil, 2004) et par les températures élevées et l'acidité des eaux (Miquel, 2003b).

La plupart des points d'eau consommés sont localisés dans des endroits très peuplés avec un taux de pollution élevé, provenant des fortes concentrations de latrines et autres sources potentielles de pollutions telles que les poubelles, les fermes d'élevages et des exploitations agricoles. Ceci implique qu'ils subissent une infiltration des microorganismes pathogènes provenant des latrines. De même, les pluies et les eaux de ruissellements entraînent les bactéries dans la nappe (Geldreich, 1998). En outre, la propreté des récipients utilisés pour recueillir de l'eau n'est pas toujours évidente. L'absence d'un système de collecte, de traitement et d'évacuation des eaux usées ; l'absence d'un système de collecte, d'évacuation et de traitement des ordures ménagères contribuent à la pollution biologique de ces eaux ; la défécation dans la nature et l'infiltration des matières organiques dans le sol; la faible profondeur de la nappe phréatique favorise également microorganisme pathogènes (Dégbey et al., 2010). Parfois, les enfants en particulier entrent ou plongent directement les objets sales dans le petit bassin aménagé pour retenir de l'eau. De même, ces sources sont souvent

visitées par les animaux assoiffés qui boivent et partagent la même eau avec des humains. Ces animaux défèquent dans les points d'eau polluant ainsi d'avantage les eaux. En plus de ces multiples constats s'ajoute le comportement navrant de certains adultes qui mènent des actions à forts impacts pathologiques telles que le lessivage autour du goulot de certaine source. Biang (2005) a fait le même constat sur la problématique d'approvisionnement en eau potable dans la ville de Yabassi, Makoutode et al. (1999) ont également fait le même constat sur les puits de grand-Popo au Bénin. Le pH et la température sont l'un des paramètres qui influencent la croissance des microorganismes et l'action des désinfectants (Miquel, 2003b ; Lenntech, 2006). Les organismes pathogènes à l'exception des *Salmonella sp* sont plus abondants au mois de mars par rapport au mois de décembre. Cette augmentation de pathogènes serait due principalement à l'augmentation de la température et de l'acidité des eaux ($T^{\circ} 25^{\circ}\text{C}$ et $6,5 < \text{pH} < 9,5$) au mois de mars, supérieure à la norme indiquée par l'OMS. Une eau acide (pH 6,5), à température élevée ($T^{\circ} 25^{\circ}\text{C}$) favorise la croissance des microorganismes pathogènes et peut changer le goût, augmenter l'odeur, la couleur et les problèmes de corrosion de l'eau (OMS, 2006 ; SIAEPF, 2007). Les normes de qualité pour les eaux de consommation humaine prescrite par l'OMS requièrent 0UFC/100ml d'eau pour toutes les bactéries indicatrices de pollution fécale (l'OMS, 1986 ; 2006).

La diminution des Salmonelles dans les eaux de sources au mois de mars est probablement due au fait qu'après les pluies, les salmonelles ont été détruites au niveau de la nappe phréatique par les substances chimiques inhibitrices provenant des eaux d'infiltration (Mayer et al., 1997; Nola et al., 1998). Les concentrations des germes indices de pollution bactériologiques sont plus élevées dans les eaux de puits que dans les eaux sources et forages. Ceci sans doute parce que les eaux de puits sont stagnantes, favorisant le dépôt des particules en suspension. Plusieurs auteurs ont trouvé ce même résultats; notamment Ndounla (2007) sur la qualité des eaux de robinets, de sources et de puits dans la ville de Dschang au Cameroun, Makoutode et al. (1999) sur les puits de Grand-Popo au Bénin, Munge (2008) sur les eaux de puits et de sources buvables dans la ville de Santchou au Cameroun, ainsi que Nguendo Yongsi en 2010 sur la qualité bactériologique de l'eau à Abomey-Calavi au Bénin. La présence de ces germes dans un échantillon d'eau de consommation inclue celle de divers autres pathogènes notamment les virus (virus de l'Hépatite A) et les protozoaires (*Entamoeba histolytica*, *Giardia sp* et *Cryptosporidium sp*) (Mckane et Kandel, 1996; Hartemann, 2005 ; Santé Canada, 2006). Les taux élevés des personnes atteintes des maladies hydriques indiquent que les traitements fournis avant la consommation ne sont pas appropriés. En effet, la désinfection des puits se fait le plus souvent à travers la vidange annuelle, l'introduction d'1/4 d'eau de javel ou d'une petite quantité de sel de cuisine (Iverre) par mois. L'utilisation de la javel est très efficace pour le traitement de l'eau, si et seulement si les dosages sont correctement respectés (Gemuh, 2003). Parfois, le traitement de l'eau est fait par filtration avec les filtres à

mailles larges ou avec du coton pas très propre. Ceci augmente les risques d'infection par les organismes pathogènes, surtout en fin saison sèche où les pathogènes sont plus abondant. Les taux élevés des personnes atteintes des maladies hydriques durant la période d'octobre à décembre est probablement due au fait que les organismes pathogènes ingérés nécessite un temps pour se multiplier dans l'organisme humain avant de se manifester.

CONCLUSION

Bien que l'eau potable soit indispensable pour la vie, son approvisionnement dans la ville de Mbouda reste un grand problème. En effet, plusieurs quartiers de cette ville sont dépourvus du réseau de distribution d'eau conventionnelle. Par conséquent, une grande partie de la population s'approvisionne uniquement en eau de puits, de sources ou de forages. Toutefois, la qualité de ces eaux n'est pas satisfaisante car elles sont fortement colonisées par des microorganismes pathogènes; notamment les Streptocoques fécaux, les Salmonelles, les Coliformes fécaux et les *Protéus sp.* La présence de ces organismes pathogènes dans l'eau constitue une source potentielle des maladies hydriques, telles que la typhoïde, la dysenterie et les gastroentérites. Afin d'utiliser ces eaux non conventionnelle comme solution alternative au problème d'eau, il est indispensable de traiter correctement ces eaux avant la consommation. Le traitement doit se faire par la chloration; à raison de 2 gouttes/litre d'eau, la filtration à l'aide d'un filtre à bougie, et par ébullition pendant 30 minutes.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre gratitude à l'ONG Living Forest Trust (LIFT, ancien ACBIODEV) pour le financement de cette étude. Nous remercions les responsables du Laboratoire de Physiologie Animale du Département des Productions Animales de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricole (FASA) pour avoir autorisé l'analyse de nos échantillons dans cette laboratoire. Nous reconnaissons la contribution de toute la population de la zone enquêtée, surtout ceux qui ont répondu à nos questions durant l'enquête.

REFERENCES BIBIOGRAPHIQUES

- ASHBOLT N.J. (2004). Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*, 198: 229-38.
- BANTON O., BANGOY L.M. (1997). Hydrogéologie, multi science environnementale des eaux souterraines, Sainte-Foy: PUQ/AUPELF. Ed. Québec, 460p.

- BIANG M.C. (2005). La problématique d'approvisionnement en eau potable: essais d'analyse appliquée à la ville de Yabassi dans la province du littoral. Mémoire de Maîtrise en Géographie. Département d'Histoire-Géographie-Aménagement-Environnement, Université de Dschang, 123p.
- DAVIS R., HIRJI R. (2003). Water Resources and Environment Technical Note D.1. Water Quality: Assessment and protection. The World Bank. Washington, D.C., 32p.
- DEGBEY C., MAKOUTODE M., OUENDO E.M., DE BROUWER, C. (2010). Pollution physico-chimique et microbiologique de l'eau des puits dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin en 2009. Int J Biol Chem Sci. Volt.4: 227-2257.
- EDGE T., BYRNE J.M., JOHNSON R., ROBERTSON W., TEVENSON R. (2001). Pathogène d'origine hydrique. Environnement Canada. Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada. Institut national de recherche sur les eaux, Burlington, Ontario. Rapport n°1, série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE. Chapitre1, [http://: www.nwri.ca/threatsfull/ch1-1-f.html](http://www.nwri.ca/threatsfull/ch1-1-f.html). Consulté le 02-05-2012
- FONTEH M. F. (2003). Water for People and Environment : The United Nations Cameroon water development Report, United Nations Economic Commission for Africa, Addis Abeba, Ethiopia, 158P.
- GELDREICH E.E. (1998). The bacteriology of water. In : Tosaley and Wilson's. 9th Ed., vol.2, Microbiology and Microbial infection, London: Arnold Pub.
- GROS J. (2002). Comment alimenter en eau potable moins de 50 habitants. Synthèse technique ENGREF / OIEau.
- GUEMUH G.N. (2003). Quality of domestic water supply in Dschang and effectiveness of treatment methods. Unpublished Ingénieur Agronome thesis. Department of Agricultural Engineering. FASA, University of Dschang. 58p.
- HARTEMANN P. (2005). Eau et santé. Programme de Recherche Environnement et Santé (PRES). Université de Nancy. Consulté le 12/10/2012. <http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/095316560203903045877844682745/02-eau- sante.pdf>.
- KATTE V.Y., FONTEH M.F., GUEMUH G.N. (2003). Domestic water quality in urban center in Cameroon: case study of Dschang in West province, 10p.
- LABAS J., VUIK R. (2010). Forage à la tarière manuelle : manuel de formation technique. Fondation PRACTICA, 78p.
- MAKOUTODE M., ASSANI A.K., OUENDO E.M., AGUEH V.D., DIALLO P. (1999). Qualité et mode de Gestion de l'eau de puits en milieu rural au Benin: cas de la sous-préfecture de Grand-Popo. Médecine d'Afrique Noire, 46(11). 528-534.

- MAYER A.S., CARRIER P.P.E., GALLO C., PENNELL K.D., TAYLOR T.P., WILLIAMS G.A., ZHONG L. (1997). Groundwater quality. *Wat. Environ. Res*; 69(4): 778-844.
- MCKANE L., KANDEL J. (1996). *Microbiologie: Essentials and Applications*. 2nd ed. McGraw-Hill. Inc. 843p.
- MELAKE, D., AMARE W., ERITREA T., SEID M., TAMIRAT G. (2003). *Module sur les maladies transmises par l'eau*. Université d'Alemaya: Ethiopie, 84p.
- MEZRIOUI N., BALEUX B. (1992). Effets de la température, du pH et du rayonnement solaire sur la survie de différentes bactéries d'intérêt sanitaire dans une eau usée épurée par lagunage. *Revue des sciences de l'eau*, 5: 573-591.
- MINEE. (2009). *Plan d'action national de gestion intégrée des ressources en eau (PANGIRE) : état des lieux du secteur*, 79P.
- MOSSEL D.A.A., CORRY J.E.L., STRUIJK C.B., BAIRD M.M. (1993). *Essential of the microbiology of foods. A textbook for advanced studies*. Chichester John Wiley and sons Ltd: 699p.
- MUNGE L.N. (2009). *Bore holes and spring water quality in Santchou, Menoua Division. DIPES II. Department of Biological Science. University of Yaoundé I*. 60p.
- N'DIAYE A. (2008). *Etude bactériologique des eaux de boissons vendues en sachet dans quatre communes d'Abidjan*. Université de Bamako : Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'odonto-stomatologie. Mali, 166p.
- NDOUNLA J. (2007). *Caractéristiques biologiques et physico-chimiques de l'eau de consommation et influence du mode d'approvisionnement sur la santé des populations à Dschang*. Thèse de Master en Biologie Animale ; Option: Parasitologie et Ecologie Appliquée. Université de Dschang. 105p.
- NGNIKE P.M. (2003). *Accès à l'eau potable au Cameroun : problématique et perspective*, in *Lettre verte*, N°10, 26p.
- NGUENDO YONGSI H.B. (2010). *Suffering for Water: Access to drinking water and Associated Health Risks in Cameroon*. *J Health Popul Nutr*; N°28: 424-435.
- NOLA M., NJINE T., BOUTIN, C. (1998). *Variabilité de la qualité des eaux souterraines dans quelques stations de Yaoundé (Cameroun)*. *Mémoire de Biospéologie*, 25. 183-191.
- OMS. (1985). *Directives de qualité pour l'eau de boisson : Contrôle de qualité pour l'eau de boisson. Recommandations vol. 1*, Genève, 87-192.
- OMS. (1986). *Directives de qualité pour l'eau de boisson : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Vol 2*. Genève, 102-106.
- OMS. (1986). *Directives de qualité pour l'eau de boisson : Contrôle de qualité de l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités. Vol. 3*. Genève, 121p.
- OMS. (1994). *Directives de qualité de l'eau de boisson. Deuxième édition, vol. 1. Recommandation*. Genève, 8-30.

- OMS. (2003). L'Eau et la santé : Directives de l'OMS sur la qualité de l'eau de boisson.
- OMS. (2006). Water and Sanitation Related Diseases fact.
- OMS. (2010). Choléra en Afrique Centrale. Alerte et action au niveau mondial. <http://www.who.int/csr/don/2010-10-08/fr/index.html>
- SANTE CANADA. (2006). Les bactéries pathogènes d'origine hydrique: micro-organismes préoccupants courants et émergents. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique, 43p.
- SYNDICAT INTERCOMMUNAL D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA FAYE (SIAEPF). (2007). Normes de l'eau applicables aux eaux destinées à la consommation humaine. <http://siaep.faye.fr/qualité-de-leau/decret-nomes-eau-pdf.pdf>. Consulté le 08/07/2012.
- TANAWA E., TCHAPNGA H.D. (1998). Gestion de l'eau et protection de la ressource. Rapport finale d'action de recherche N° 8. Ecole Nationale Supérieur Polytechnique de Yaoundé, 180p.
- TANGWA S. (2012). Les causes des pénuries d'eau récurrentes dans la ville de Mbouda. le miroir de l'ouest Cameroun et de la diaspora : Menola N°20, 12p.
- THOMPSON T., SOBSEY M., BARTRAM J. (2003). Providing clean water, keeping water clean: an integrated approach. *Int J Environ Health Res*, 13: S89-94.
- TORKIL J.C. (2004). Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency plans by Why, What and How? Global Water Partnership.
- VILAND M., MONTIEL A. (2001). Eau et santé, guide pratique pour les intervenants en milieu rural africain. pS-Eau, collection Etudes et travaux, éditions du GRET, Ministère des Affaires Etrangères.
- WHO. (2005). Cholera in 2005. *Cholera Weekly Epidemiologic Record* 81: 29 - 308.
- YEMMAFOUO A., KUETE M., NGOUANET C., TEPOULE, N. (2009). Difficultés d'approvisionnement en eau potable de la ville de Mbouda (Ouest-Cameroun): une conséquence des changements d'utilisation du sol sur le bassin versant de la Tsé deng-Tamétap; approche multi source de télédétection. *Recherches Africaines, Annales de la Faculté des Lettres, Langues, Arts et Sciences Humaines de Bamako* N°9. <http://www.recherches-africaines.net/document.php?id=1661>. ISSN 1817-423X.