

Qualité de l'eau de la localité de Dschang et impact sur la santé des consommateurs

Charles Vital SANTSA NGUEFACK^{1*}, Robert NDJOUENKEU¹ et Martin Benoît NGASSOUM²

¹ Université de Ngaoundéré, Département de Sciences Alimentaires et Nutrition, ENSAI,
BP 455 Ngaoundéré, Cameroun

² Université de Ngaoundéré, Département Chimie Appliquée, ENSAI, BP 455 Ngaoundéré, Cameroun

* Correspondance, courriel : santsa_charles@yahoo.fr

Résumé

Dans le but d'évaluer la qualité de l'eau consommée dans la localité de Dschang et son impact sur la santé des consommateurs, une étude typologique des ressources en eau, des usages, des facteurs de risques de pollution ainsi que celle des maladies récurrentes a été menée sur la base des enquêtes. La caractérisation physicochimique et microbiologique de cette eau ont été effectués afin d'établir une relation droite entre ces déterminants. Il ressort de cette étude cinq types de ressources en eau consommées et les eaux de sources et de puits sont les plus utilisées par les populations comme eau de boisson. Ces eaux dans la plupart des cas ne subissent aucun traitement préalable avant leur consommation. L'agriculture est l'activité anthropique majeure dans la localité impliquant ainsi l'utilisation élevée des engrais et des produits phytosanitaires. Les populations dans leur grande majorité déversent leurs ordures ménagères et eaux usées dans la nature. Ces différentes pratiques constituent des véritables facteurs de risques de pollution des ressources en eau. Les analyses physicochimiques révèlent que ces eaux sont fraîches (température 20,1°C et 21,80°C) mais acide (pH 5,09 et 6,38) et faiblement minéralisées (Ce 39,13 µS/Cm et 129,13µS/Cm), des teneurs en nitrates variées (6,64 mg / L et 59,22 mg / L). Des analyses microbiologiques, il ressort que ces eaux contiennent des bio-indicateurs fécaux. Elles présentent une forte contamination fécale d'origine animale (Streptocoques fécaux, 1260 UFC/100 mL et 687000UFC/100 mL) que d'origine humaine (Coliformes fécaux, 130 UFC/100 mL et 17785UFC/100 mL). Les maladies récurrentes à cet effet sont fièvres typhiques (51 %), dysenteries amibiennes (22,5 %) et démangeaisons (17 %). Il y a effectivement pollution de ces ressources en eau et la relation entre ces maladies et la qualité de cette eau semblent évidentes. Il est donc important de mettre en place des structures d'assainissement, mais aussi, mettre un accent particulier sur le respect des règles d'hygiène.

Mots-clés : *bio-indicateur fécal, physicochimie, pollution, eau de boisson, Dschang.*

Abstract

Water quality in Dschang locality and impact on consumer health

In order to evaluate the quality of the water consumed in the town of Dschang and its impact on the health of consumers, a typological study of water resources, uses, risk factors for pollution as well as that of recurrent illnesses conducted on the basis of investigations. The physicochemical and microbiological characterization of this water was carried out in order to establish a right relationship between these determinants. This study

shows five types of water resources consumed and source and sink water are the most used by the population as drinking water. In most cases, these waters are not pre-treated before consumption. Agriculture is the major anthropogenic activity in the locality, implying the high use of fertilizers and phytosanitary products. The vast majority of people dump their garbage and wastewater into the wild. These different practices constitute real risk factors for pollution of water resources. The physicochemical analyzes reveal that these waters are cool (temperature 20.1 °C and 21, 80 °C) but acid (pH 5. 09 and 6. 38) and weakly mineralized (Ce 39. 13 $\mu\text{S} / \text{Cm}$ and 129.13 $\mu\text{S} / \text{Cm}$), various nitrate contents (6.64 mg / let 59.22 mg / L). Microbiological analyzes show that these waters contain fecal bio-indicators. They have a high faecal contamination of animal origin (faecal streptococci, 1260 CFU / 100 mL and 687000 UFC / 100 mL) than of human origin (faecal coliforms, 130 CFU / 100 mL and 17785 UFC / 100 mL). The recurrent diseases for this purpose are typhoid fever (51 %), amoebic dysentery (22.5 %) and itching (17 %). There is indeed pollution of these water resources and the relationship between these diseases and the quality of this water seem obvious. It is important to set up sanitation structures, but also, put a special emphasis on compliance with the rules hygiene.

Keywords : *fecal bio-indicators, physicochemistry, pollution, drinking water, Dschang.*

1. Introduction

L'eau, élément constitutif de notre environnement, est une ressource vitale pour tous les êtres vivants, mais est aussi devenue, avec l'intensification des activités humaines, le récepteur et le vecteur d'un bon nombre de substances polluantes d'origines diverses [1]. Partout dans le monde, la pression sur ces ressources en eau est à la hausse, en raison de la demande croissante due à l'explosion démographique [2]. Dans la problématique actuelle de santé publique, la prédiction du risque de pollution et la protection de ces ressources et celle de la santé des populations sont d'une importance capitale. L'eau est devenue aujourd'hui un enjeu stratégique mondial dont la gestion doit impérativement s'intégrer dans une perspective de développement durable [3]. Pour cela, la sauvegarde, à moyen et à long terme, de la qualité de ces ressources s'impose [4]. Vue quelle est une composante de l'environnement la plus vulnérable aux différentes contaminations produites par l'action des hommes dans le Monde en particulier en Afrique plus spécifiquement au Cameroun ou nous passons à l'agriculture de seconde génération. Au Cameroun les ressources en eaux constituent une part importante du patrimoine hydraulique du pays voir de la sous région. La qualité de ces eaux a connu ces dernières années, une grande détérioration, en raison non seulement de l'intensification des activités agricole mais aussi au développement urbain et industriel. Dschang, ville du département de la Menoua, région de l'ouest Cameroun, a subit une croissance spatiale et démographique rapide. Son statut de ville universitaire influence énormément la poussée démographique. Cette région est alimentée en eau par le bassin versant de la Menoua qui souffre d'un grand problème de pollution induite par des activités anthropiques très développées dans la région dont les origines pourraient être liées aux engrais et aux produits phytosanitaires utilisés par les agriculteurs et les éleveurs, en vue d'améliorer leurs productions, d'une part, et, d'autre part, à la proximité de certains points de décharges ou de l'écoulement des eaux usées dans les cours d'eau du bassin ou encore leurs infiltrations dans le sol [5]. La disponibilité d'une eau de bonne qualité est un élément indispensable pour prévenir les maladies et améliorer la qualité de vie [6]. Le défi auquel font face toutes les régions du Cameroun est la protection de la santé des populations via celle de la qualité des ressources en eau. En effet, la pollution de ces eaux représente l'un des aspects les plus inquiétants et l'utilisation de ces eaux à des fins alimentaires représente un danger pour la santé des populations [7]. Face à cette problématique de santé publique, divers travaux sur la qualité des eaux de consommation humaine ont été réalisés essentiellement dans les grandes zones urbaines du Cameroun [8 - 11].

Cependant peu d'études ont été menées sur la qualité des eaux de consommation humaine dans les zones urbaines secondaires notamment celle de la localité de Dschang. L'objectif du présent travail est d'enquêter sur la typologie des ressources en eau de la localité de Dschang, des usages et celle des facteurs de risques de pollution de ces ressources d'une part, et de l'autre part de déterminer quelques caractéristiques physicochimique et microbiologique de ces eaux et en fin évaluer l'impact de la qualité de ces eaux sur la santé des populations. Ce travail est basé sur deux hypothèses suivantes: La première selon laquelle les eaux de consommation dans la localité sont de plusieurs types, la pratique agricoles et le mode d'évacuation des ordures ménagères et des eaux usées constituent des véritables risques de pollution des ressources en eau de la localité. Et la deuxième selon laquelle ces eaux de consommation sont contaminées par des éléments physicochimiques, et microbiologiques et par conséquent affectent la santé des populations.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

La ville de Dschang est située dans la région de l'Ouest du Cameroun, plus précisément dans le département de la Menoua dont elle est le chef-lieu. Elle est comprise entre 5°25' - 5°30' de Latitude Nord et 10° - 10°5' de Longitude. Elle est située à 213kilomètres au Nord de Douala, capitale économique du pays et à 350 kilomètres au Nord-ouest de Yaoundé la capitale politique (*Figure 1*).

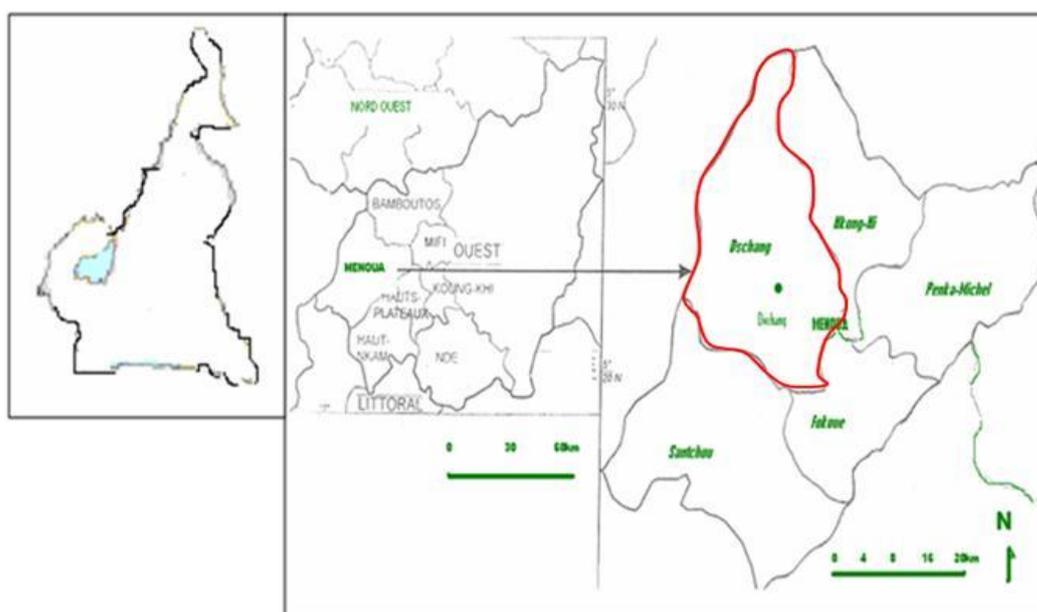


Figure 1 : *Localité de Dschang dans la région de l'Ouest Cameroun*

2-2. Méthodes d'étude

La présente étude a été menée tant sur le terrain qu'en laboratoire. Sur le terrain, la localité de Dschang a été sillonnée pendant la période allant de Décembre 2014 à Octobre 2015. Les points d'approvisionnement en eau ont été visités. L'identification des sources de pollution située à proximité de ces points d'eau (moins de 15 m) telles que les fosses septiques, les poubelles, les rigoles, les porcheries, les fermes d'élevage et autres sources de pollution naturelles et artificielles (engrais utilisés pour l'exploitation des champs qui entourent certains points d'eau). Une enquête socio-écologique a été portée sur 1827 ménages des différents

points d'eau à risques [12]. Au cours de celle-ci, des questions relatives à la typologie d'approvisionnement en eau et d'utilisation jointe à activités anthropiques et des risques de pollution ainsi que des maladies hydriques récurrente sont été posées aux populations. L'analyse statistique du questionnaire a été faite à l'aide du logiciel Epi Info. La sélection des points d'eau à analyser a été réalisée avec l'aide des données obtenues pendant l'enquête et le recensement. C'est ainsi deux robinets d'eau du réseau de distribution publique, 4 puits, 4 sources et 4 forage sont été sélectionnés pour effectuer différentes analyses. Les prélèvements des échantillons d'eaux destinées aux différentes analyses ont été effectués dans des flacons stériles de 500 mL, suivant les procédures décrites par [13]. Au laboratoire les analyses physico-chimiques ont été effectuées selon les techniques décrites par [13, 14]. Le pH de l'eau a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de marque SUNTEX TS-2. Le multimètre conductivity/TDS de marque HACH a été utilisé pour mesurer la température, la conductivité électrique et la turbidité dans ces différents échantillons. Les phosphates, les sulfates et les nitrates ont été mesuré à l'aide du spectrophotomètre DR/2000 de marque HACH. Les analyses microbiologiques effectuées au laboratoire ont porté sur les teneurs en bio-indicateurs de contamination fécale et ont été effectuées selon les techniques de filtration sur membranes décrites par [13, 14]. Ces analyses microbiologiques concernent la détermination du taux de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux. Les résultats des différents paramètres de l'eau analysée ont été comparés aux normes de l'OMS de la qualité de celle destinée à la consommation humaine.

3. Résultats

3-1. Typologie d'approvisionnement en eau et son utilisation

Il ressort de la **Figure 2 a et b** que des 19 % de la population raccordés au réseau de distribution public, 16,3 % l'utilisent comme eau de boisson et le reste (2,7 %) pour le bain et le ménage. La proportion de 29,7 % des ménages s'approvisionnant en eau de source, 28,1 % utilisent comme eau de boisson et 1,6 % dans le bain et le ménage. 13,9 % des 38,5 % de la population utilisent l'eau de puits comme eau de boisson et le reste (24,6 %) de la population utilisent cette eau dans le bain et le ménage. 8 % de la population utilisent l'eau de forage comme eau de boisson. En ce qui concerne l'eau de pluies 1,6% de la population des 4,8 % utilisent cette eau comme eau de boisson et le reste (3,2 %) dans le bain et le ménage. Cette situation serait dûe non seulement à la couverture insuffisante du réseau de distribution public mais aussi aux faibles revenus de certains habitants [15 - 18], ont présenté des situations similaires d'approvisionnement en eau de consommation à Grand-Popo au Bénin, à Pointe-Noire au Congo à Yaoundé et à Mbouda au Cameroun. Par ailleurs, 57 % de la population consomment leur eau en état. Les autres la traitent de différente façon : 11,49 % de la population traitent leur eau avec l'eau de Javel, 9,46 % font bouillir leur eau et 22,30 % filtre leur eau (**Figure 3**).

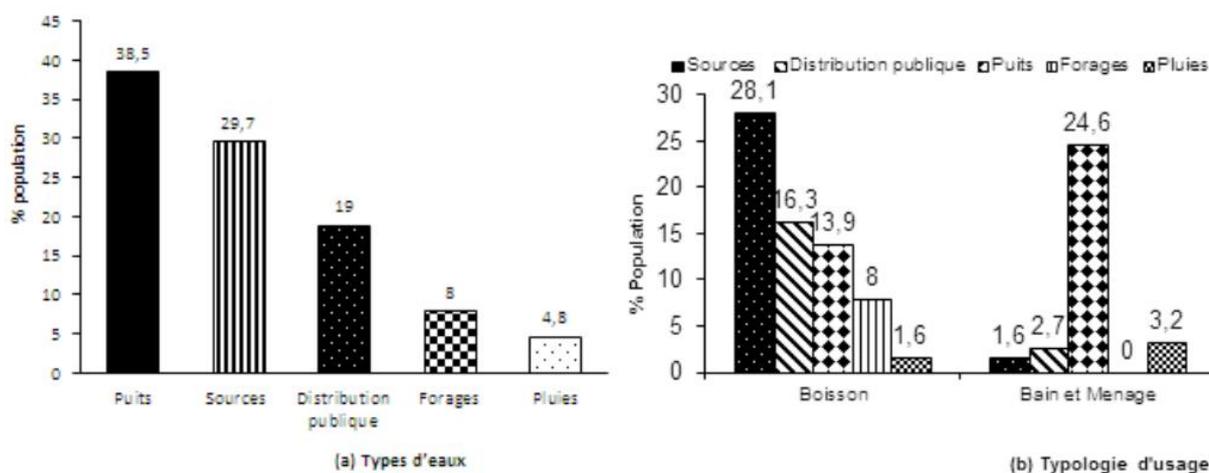


Figure 2 : Typologie (a) d'approvisionnement en eau, (b) d'usage

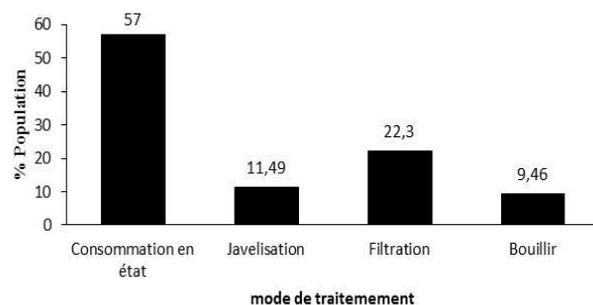


Figure 3 : Type de traitement de l'eau avant consommation

3-2. Typologie des activités anthropiques et des risques de pollution des ressources en eau

Les résultats du recensement et de l'enquête ont permis de constater que 51,8 % de la population pratiquent l'agriculture et l'élevage, 20,90 % de la population sont des commerçants, 17,80 % sont des étudiants, 3,10 % sont des fonctionnaires et enfin 6,40 % de la population exercent d'autres activités (laveur d'automobiles, mécaniciens, etc.) (Figure 4). La majorité des agriculteurs utilisent les déchets d'animaux provenant de l'élevage, des engrais chimiques et des produits phytosanitaires pour améliorer leurs productions (Figure 5 a et b).

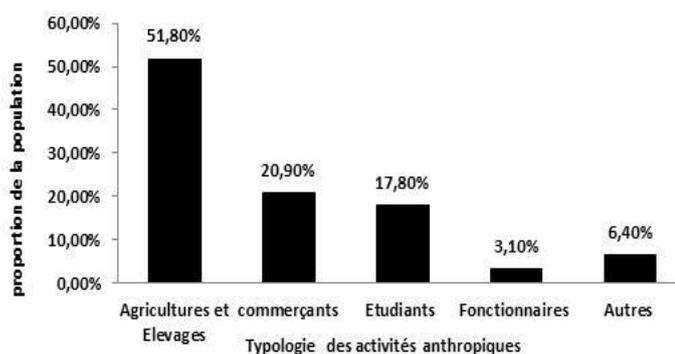


Figure 4 : Occupation des populations de la localité de Dschang

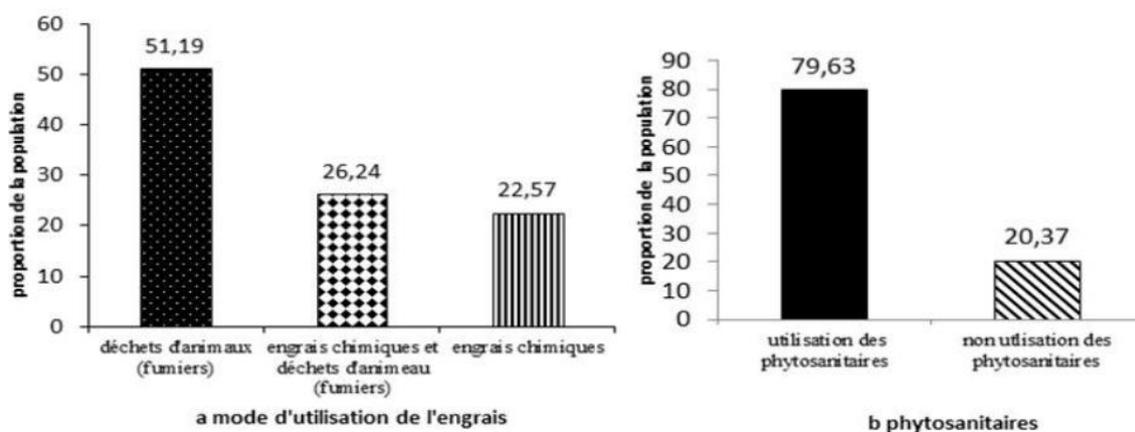


Figure 5 : Proportion d'agriculteurs utilisant les engrais (a) et les produits phytosanitaires (b)

Il ressort de la Figure 6 a et b que 14,8 % de la population évacuent leurs ordures ménagères dans les champs, 49,7 % dans les dépotoirs ponctuels, 17,8 % dans les rigoles, 11,6 % dans les rivières et seulement 6,1 % dans les bennes à compaction. Pour l'évacuation des eaux usées, aucun dispositif n'est aménagé dans les quartiers à

cet effet. Et c'est pourquoi 56,4 % de la population évacuent leurs eaux usées dans les rigoles, 20,6 % dans les champs, 16,4% dans les cours d'eau contre seulement 6,6% qui le font dans les puisards. La **Figure 7** présenté l'état de quelques points d'eaux non aménagés qui constituent des véritables risques de pollution.

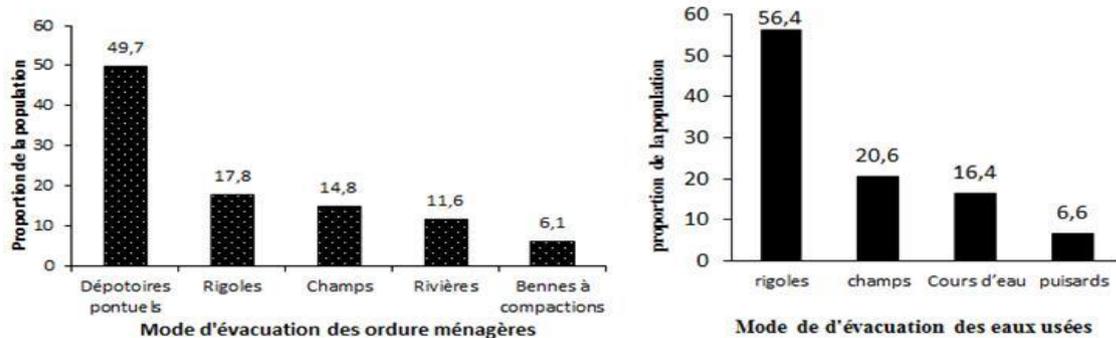


Figure 6 : Modes d'évacuation des ordures ménagères (a) et des eaux usées (b)



Figure 7 : Photo montrant les activités autour d'un point d'eau du quartier Lifok (a), d'un enfant se désaltérant dans une rivière du quartier Lipo (b), d'un puits non aménagé et proche d'une porcherie du quartier Stinkop (c), du site de traitement de l'eau du réseau du quartier Toulepé non protégé et ouvert aux populations (d), du site de traitement de l'eau du réseau du quartier Toulepé aux tuyaux vieillis et oxydés par le temps (e)

3-3. Qualité physicochimiques et microbiologiques

Le **Tableau 1** indique les valeurs moyennes obtenues pour les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des types d'eaux analysées. Il ressort de ce tableau que les températures mesurées sont comprises entre 21,77 °C et 23,30 °C pour les eaux de puits. Cette valeur est comprise entre 21, 20 °C et 22,90 °C pour les eaux de forage, pour les eaux de sources elle varie entre 22,24 °C et 22, 24 °C. La

température de l'eau de distribution publique est comprise entre 22,58 °C et 23, 13 °C la moyenne de température des types d'eaux de la localité de Dschang est de 22,49 °C. Les valeurs des températures obtenues ne dépassant pas 25 °C, correspondent aux températures atmosphériques ambiantes et indiquent l'ouverture du système aquifère, donc sa vulnérabilité vis-à-vis de la pollution. Ces eaux sont tous acides avec des valeurs de pH comprises entre 5,35 et 6,32, 6,23 et 6,89, 5,80 et 6,33 et entre 5, 40 et 5,73 respectivement pour les eaux de puits, de forage, de source et de distribution publique. La valeur moyenne du pH (6,00) de ces eaux est inférieure aux normes de l'OMS. Cette acidité est compatible non seulement avec le milieu silicaté qui constitue la nappe aquifère mais aussi au CO₂ environnementale et aux composés acides libérés par les intrants agricoles, les ordures et les eaux usées. La conductivité électrique varie pour les eaux de puits, de forage, de source et de distribution publique respectivement entre 46,23 et 206,80 µs/Cm; 25,73 et 128,00 µs/Cm; 67,17 et 119,26 µs/Cm; 94,92 et 107,33 µs/Cm. La valeur moyenne des types d'eaux est de 91,18 µs/Cm. Ces valeurs tradiraient une très faible minéralisation et mettraient en évidence le processus d'altération dans le lessivage des éléments minéraux et la forte dilution des eaux. Les types d'eaux analysées ont des turbidités variant entre 0,41 et 0,68 TFU (puits), 0,31 et 0,74 TFU (forage), 0,44 et 1,85 TFU (source) et entre 0, 41 et 0.43 (réseau de distribution publique), avec une moyenne de 0,64TFU. La valeur moyenne de la turbidité de ces eaux est supérieure aux normes de l'OMS qui recommande une turbidité inférieure à 0,5 TFU. La teneur en nitrate des types d'eaux analysées varie respectivement entre 6,33 et 18,31 mg/L (puits), 4,93 et 18, 93 mg/L (forage), 20,75 et 60,45 mg/L (source) et entre 6,64 et 12,04 mg/L (réseau de distribution publique). La teneur moyenne en nitrate de ces eaux (22,19 mg/L) est inférieure aux normes de l'OMS qui recommande une teneur inférieure à 50 mg/L. La teneur en phosphates varie respectivement entre 0,51 et 1,33 mg/L (puits), 0,56 et 0,91 mg/L (forage), 0,64 et 2,99 mg/L (source) et entre 0,34 et 0,76 mg/L (réseau de distribution publique). La teneur moyenne en phosphates de ces eaux (1,01 mg/L) est supérieure aux normes de l'OMS qui recommande une teneur inférieure à 0,05 mg/l. La teneur en sulfate est inférieure aux normes internationales de l'OMS (250 mg/L). La plus faible teneur en sulfate est celle du forage (0,90 mg/L) et la plus élevée est celle de la source (6,26 mg/L) avec une moyenne de 3,08 mg/L. Des analyses microbiologiques, il en ressort que tous ces types d'eaux contiennent tous des fortes charges en bio indicateurs fécaux et par conséquent sont supérieures aux normes de l'OMS. Les teneurs en streptocoques fécaux variées entre 1260 UFC/100 mL et 687000UFC/100 mL et celle des coliformes fécaux variées entre 130 UFC/100 mL et 17785UFC/100 mL.

Tableau 1 : Caractéristiques des différents types d'eaux de la localité de Dschang

Types d'eaux	NO3- (mg/L)	PO43- (mg/L)	SO42- (mg /L)	turbidité (TFU)	Conductivité µs/Cm	pH	T °C	coliformes fécaux UFC/100 mL	streptocoques fécaux UFC/100 mL
R1	6,64	0,343	3,228	0,41	94,92	5,73	23,125	1850	27300
R2	12,035	0,763	2,03	0,44	107,33	5,40	22,583	1968	21300
P1	18,307	1,333	2,987	0,420	82,647	5,567	22,260	1890	236000
P2	19,040	1,030	1,073	0,440	46,227	6,317	21,967	5000	2000
P3	6,333	0,853	4,097	0,683	206,800	5,737	21,767	10000	10300
P4	11,155	0,505	2,280	0,500	142,890	5,338	22,300	2380	1000
S1	60,450	2,985	6,260	1,848	67,165	5,808	23,025	1390	352000
S2	20,745	1,965	3,853	0,935	86,125	5,863	22,860	2100	3000
S3	31,650	0,635	2,495	0,875	44,550	6,328	23,235	1230	135000
S4	54,080	0,838	4,990	0,436	119,260	5,796	22,240	3000	23400
F1	18,933	0,657	3,020	0,473	128,000	6,890	23,900	130	1260
F2	32,333	0,780	2,773	0,493	25,733	6,313	21,200	132	1100
F3	14,000	0,910	0,900	0,310	63,887	6,230	21,353	146	1230
F4	4,933	0,560	3,090	0,743	61,000	6,740	23,033	152	1340

R = réseau de distribution publique, P = puits, S = source, F = forage.

3-4. Impact de la qualité de l'eau sur la santé

L'ensemble des eaux analysées ne devraient normalement pas être destinées à la consommation humaine, par ce que les teneurs en indicateurs de contaminations fécales (streptocoques fécaux et coliformes fécaux) sont très élevées par rapport aux normes. Cela expliquerait l'origine des maladies hydriques récurrentes observées dans la région: les fièvres typhiques (51 % de la population), les dysenteries amibiennes (22,5 %) et les problèmes de démangeaisons (17 %).

4. Discussion

La forte utilisation de l'eau de source et de puits comme eau de boisson dans la localité de Dschang et ses environs seraient dûes non seulement à la couverture insuffisante du réseau de distribution publique, aux faibles revenus de certains habitants mai, aussi par le fait que d'autres pensent que la potabilité d'une eau se résume à sa clarté [15 - 17], ont présenté des situations similaires dans leur étude. L'eau de source étant dans la plupart du temps plus claire que l'eau du réseau. Cependant le seul critère clarté ne tient pas compte des paramètres physicochimiques et microbiologiques qui sont des indices primordiaux de la potabilité d'une eau. Cependant ces eaux exposent les habitants aux nombreux risques sanitaires [19]. La gestion des travaux ménagers et la prise des bains se font beaucoup plus avec de l'eau de puits. Cette forte utilisation d'eau de puits est sans doute dûe au faite que les puits semblent être plus accessibles aux populations que les autres types d'eau [20]. L'économie de cette localité repose en majorité sur l'agriculture et l'élevage, ce qui constitue un grand risque de pollution des ressources en eau [21]. Cela s'explique par le fait que la majorité des agriculteurs utilisent des fortes quantités des déchets d'animaux provenant de l'élevage des engrais chimiques et des produits phytosanitaires pour améliorer leurs productions [22]. Un Apports excessifs en engrais pollue de l'eau [23]. Cette utilisation non contrôlée de ces intrants agro-pastoraux pollue ainsi l'eau par le biais de leur écoulement dans les cours d'eau du bassin et de leur infiltration dans le sol [24]. Les laveries d'automobiles, situées dans la plupart des cas à proximité des cours d'eau, pourraient aussi être considérées comme une source de risque de pollution [25].

Le mode de gestion des ordures ménagères et de l'évacuation des eaux usées est quelque peu remise en question et s'explique par le fait que la commune manque d'ouvrages pour l'évacuation des eaux usées, et l'insuffisance de camions pour l'enlèvement des ordures ménagères, raison pour laquelle certains points de décharges sont situés soit à proximité des cours d'eaux, soit dans les cours d'eaux ou dans les champs et par conséquent constitue des véritables sources de risque de pollution de l'eau [26]. 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 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 la présence des microorganismes pathogènes [27]. En effet, ces décharges contiennent les microorganismes, les matières organiques, inorganiques et les détergents. De ce fait, les populations se plaignent : de la nature turbide, de l'apparence rougeâtre de l'eau, du fait que leur savon ou leur détergent ne mousse pas et des diverses maladies liées à l'utilisation de l'eau. Ces points d'eau ont généralement une qualité impropre à la consommation humaine et peuvent induire à court ou à long terme des problèmes de santé pour les consommateurs [28]. Cet aspect indiquerait sans doute que ces eaux sont riches en éléments physicochimiques, et microbiens [29]. Les valeurs moyennes de pH mesurées inférieures aux normes justifient le fait selon lequel les propriétés chimiques d'une eau ne sont pas différentes de celles de son environnement [30]. Cependant, le pH varie suivant les types et les points d'eaux traduisant l'influence de diverses sources de pollution proches de ces points d'eaux [31]. En effet, la qualité physicochimique des eaux

dépend bien souvent de l'activité humaine, tant agricole que domestique, [32, 33], du type de végétation recouvrant le sol [34]. Les valeurs moyennes de la température des eaux sont acceptables par rapport aux normes. Cette température est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques [35]. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau [36]. En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Les valeurs enregistrées durant la période d'étude sont faibles ceci signifie que les eaux de la localité de Dschang ont une faibles minéralisation. Les nitrates sont présents dans ces eaux à des concentrations inférieures à la norme car les eaux de consommation peuvent en contenir jusqu'à 50 mg/L [37]. Cependant, ces concentrations peuvent favoriser le développement des bactéries nitrifiantes [38]. L'origine de ces nitrates serait les engrais, les déjections humaines et animales [39]. La présence de phosphates dans ces eaux est plus importante. Ceci pourrait être dû à l'effet de la pollution d'origine humaine (déchets domestiques, eaux usées), au lessivage des sols cultivés où les engrais sont employés pour la fertilisation [40]. La présence des sulfates proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H₂S) toxique en sulfate [35]. D'après les résultats des échantillons analysés, les valeurs enregistrées restent inférieurs à la valeur guide (250mg/L) de la norme de l'OMS relative à la qualité des eaux destinées à la production de l'eau potable. Les teneurs en indicateurs de contaminations fécales (streptocoque fécaux et coliformes fécaux) des différents types d'eaux est très élevées par rapport aux normes de l'OMS, concernant la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine [41] qui propose OUF/100 mL. La présence de telles bactéries dans une eau de consommation implique selon [42, 43], celle de divers autres agents pathogènes tels que les salmonelles (*Salmonella typhi*) et les protozoaires (*Entamoebahystolitica*, *Cryptosporidiuimsp* et *Giardia sp.*).

L'origine de la pollution fécale est liée au rapport quantitatif des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux (CF/SF). Lorsque ce rapport CF/SF est supérieur à 4, la pollution est essentiellement humaine [44]. Lorsqu'il est inférieur à 0,7, l'origine de la contamination est animale. Les animaux sont des facteurs prédominants dans la contamination de l'eau [45]. Lorsque le rapport CF/SF est compris entre 0,7 et 1 l'origine de la pollution est mixte (humain et animale), mais à prédominance animale. Le rapport CF/SF pour les eaux des sources consommées par les populations de la localité de Dschang et de ses environs est compris entre 0,004 et 0,7, ce qui signifie que l'origine de la pollution fécale est à prédominance animale. Le rapport CF/SF pour les eaux de puits consommées par les populations de la localité de Dschang et de ses environs: pour le puits de Ngui est 0,008, ce qui signifie que la pollution fécale est d'origine animale; Pour les autres puits ce rapport est compris entre 1,0 et 2,5, ce qui signifie que l'origine de la pollution fécale est à prédominance humaine. Le rapport CF/SF pour les eaux de robinet, de forage et pluies consommées par les populations de la localité de Dschang et de ses environs est compris entre 0,004 et 0,1 ; ces valeurs sont inférieures à 0,7, ce qui signifie que la pollution fécale est d'origine mixte mais prédominance animale. Cette contamination fécale peut être attribuée à la présence d'animaux d'élevage dont les déjections peuvent compromettre cette qualité [46, 47]. Elle peut aussi être attribuée à l'utilisation des matières fécales des animaux comme engrais pour les terres agricoles [48]. Cette matière fécale peut être véhiculée par l'eau de pluie [49, 50]. Les lieux d'approvisionnement en eau sont visiblement très mal protégés, tant au niveau du lieu de collecte que du lieu de distribution, par conséquent, pourraient aussi compromettre la qualité de cette eau. La charge microbienne importante dans les eaux analysées justifie la présence des maladies hydriques enregistrées dans la localité dont la fièvre typhique est la plus récurrente.

5. Conclusion

L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité de l'eau consommée dans la localité de Dschang et ses environs et son impact sur la santé des consommateurs à travers une étude typologique des ressources en eau, des usages, des facteurs de risques de pollution ainsi que celle des maladies récurrentes dans la localité. Il en ressort de cette étude que : L'agriculture est l'activité anthropique majeure dans la localité et que les proportions d'utilisation des engrais et phytosanitaires sont très élevées. Les populations dans leur grande majorité déversent leurs ordures ménagères et eaux usées dans la nature. Les eaux de sources et de puits sont les plus utilisées par les populations comme eau de boisson. Ces eaux dans la plupart des cas ne subissent aucun traitement préalable avant leur consommation. Toutes ces eaux ont un pH acide et une forte turbidité. Les phosphates ont des teneurs supérieures aux normes de l'OMS. Toutes ces eaux sont de mauvaise qualité microbiologique. Elles sont faiblement polluées par les nitrates et les sulfates alors qu'elles hébergent de fortes densités de bio indicateurs de contaminations fécales. Au vu des analyses microbiologiques, la relation entre les maladies hydriques et la qualité de l'eau semblent évidentes, dans la mesure où ces analyses placent ces eaux en dehors des normes de l'OMS. Cette étude permet, de ce point de vue, de préciser l'importance de la pollution et ses origines potentielles. Le problème de qualité de cette eau se concentre beaucoup plus au niveau des paramètres microbiologique. Cette pollution trouve très probablement ses origines dans l'apport excessif et non contrôlé des intrants agricole mais aussi à l'insuffisance des infrastructures d'assainissement et de collecte des ordures ménagères. Il est important de mettre en place des structures d'assainissement de l'environnement, mais aussi, il faut mettre un accent particulier sur le comportement, c'est-à-dire l'assimilation et le respect des règles d'hygiène. Dans ce sens, un programme d'information, d'éducation et de communication en direction de la population pour lui faire acquérir des comportements favorables à la préservation, à la potabilité de l'eau depuis la source d'approvisionnement jusqu'à la consommation de l'eau devient une priorité.

Références

- [1] - Y. MABROUKI, A. F. TAYBI, H. BENSAAD, A. BERRAHOU, Variabilité spatio-temporelle de la qualité des eaux courantes de l'Oued Za (Maroc Oriental), *J. Mater. Environ*, 7 (1) (2016) 231 - 243
- [2] - N. NOUAYTI, D. KHATTACH, M. HILALI, *J. Mater. Environ. Sci.*, 6 (4) (2015) 1068 - 1081
- [3] - P. SERVAIS, G. BILLEN, T. GARCIA-ARMISEN, I. GEORGE, A. GONCALVEZ, S. THIBERT, La contamination microbienne dans le bassin de la Seine. Edition. Agence de l'Eau Seine Normandie, (2009) 50 p.
- [4] - D. FOUAD, H. KHADIJA, H. ISSAM, E. ABDELOUAHAD, A. KAOUTHAR, impact des facteurs de pollution sur la qualite des eaux de la zone aval de la vallee de l'oued nekor (al-hoceima, maroc), *European Scientific Journal edition*, Vol. 13, (3) (2017) 43 - 60.
- [5] - M. F. FONTEH, Water for People and Environment : The United Nations Cameroon water development Report, United Nations Economic Commission for Africa, Addis Abeba, Ethiopia, (2003) 158 p.
- [6] - A. O. OLDURO, B.1. ADERIYE, Efficacy of Moringa Oleiferasead extract on the microflora of surface and groundwater. *J. Plant. Sci.*, 6 (2007) 453 - 438
- [7] - J. J. LAFERRIERE, MINVILLE, J. LAVOIE, P. PAYMENT, L'industrie porcine et les risques à la santé humaine», *Bull. Information Santé Environnement, Québec*, 7 (2) (1996) 1 - 4
- [8] - M. DJAOUA, Dynamique d'abondance de la flore bactérienne dans les eaux souterraines de Yaoundé en condition de stockage. Mémoire de DEA DE Biologie Animale en Hydrologie et Environnement. Université de Yaoundé I, (2006) 96 p.

- [9] - A. KOPA, J. LIKENG et A. NONO, Hydrodynamique et qualité des eaux souterraines dans le bassin sédimentaire de Douala (Cameroun) : cas des aquifères sur formations Quaternaires et Tertiaires, *Inter Jour of Biol and Chem Scie*, 6 (4) (2012) 1874 - 1894
- [10] - H. G. MPAKAM, B. V. KAMGANG KABEYENE, G. R. KOUAM KENMOGNE, N. BEMMO, G. E. EKODECK, L'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans les villes des pays en développement (cas de Bafoussam au Cameroun). *Vertig O, Revue en Sciences de l'Environnement*, Vol. 7, N°2 (2006) 10 p.
- [11] - DJUIKOME, Pollution bactériologique des puits d'eau utilisés par les populations dans la Communauté Urbaine de Douala - Cameroun, *Inter Jour of Biol and Chem Scie*, (2009) 968 - 978
- [12] - E. KLEINAU, D. F. PYLE, Strategic Report 8: Assessing Hygiene Improvement, Guidelines for Household and Community Levels, Prepared under EHP Project 26568/CESH.TOOLS. HIQAT, (2004) 191
- [13] - J. RODIER, L'analyse de l'eau, *Dunod*, Paris, (1996)
- [14] - APHA (American Public Health Association), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 15th ed APHA. Washington, DC 20005, (1981)
- [15] - M. MAKOUTODE, A. K. ASSANI, E. M. OUENDO, V. D. AGUEH et P. DIALLO, Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous préfecture de Grand-Popo. *Médecine d'Afrique Noire*, 46 (11) (1999) 474 - 478
- [16] - J. HANUS, Evaluation de la Salubrité de l'eau des puits de Pointe-Noire. Caractérisation et Etudes de Santé. Université Catholique de Louvain, D.E .A en science et l'environnement : 3ème Partie : Aspects de Santé Publique. Louvain, (2005) 87 p.
- [17] - N.A. C. NANFACK, F. A. FONTEH, V. K. PAYNE, B. KATTE, J. M. FOGO, Eaux non conventionnelles: un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres *Larhyss Journal*, 17 (2014) 47 - 64
- [18] - J. C. TORKIL, Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005 Why, what and How? *Global Water partnership*. Stockholm, (2004)
- [19] - E. TEMGOUA, Chemical and Bacteriological Analysis of Drinking Water from Alternative Sources in the Dschang Municipality Cameroon, *Journal of Environmental Protection*, 2 (2011) 620 - 628
- [20] - N. BOUDERKA, A. K. SOUID, F. LAKHILI, A. LAHRACH, M. BENABDELHADI, Evaluation de l'impact de la pollution agricole sur la qualité des eaux souterraines de la nappe du Gharb, *European Scientific Journal*, 12 (11) (2016) 509 - 524
- [21] - S. ERROCHDI, M. EL ALAMI, N. BENNAS, B. BELQAT, M. ATER, F. FDIL, Etude de la qualité physicochimique et microbiologique de deux réseaux hydrographiques nord marocains : Laou et Tahaddart », *Méditerranée* 1/2012, (N° 118) (2012) 41 - 51
- [22] - C. S. ATIDEGLA, K. E. AGBOSSOU, Pollutions chimique et bactériologique des eaux souterraines des exploitations maraîchères irriguées de la commune de Grand-Popo : cas des nitrates et des bactéries fécales, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (2) (2010) 327 - 337
- [23] - J. P. FAILLAT, Origine des nitrates dans les nappes des fissures de la zone tropicale humide : exemple de la Côte d'Ivoire. *J. Hydrol.*, 113 (1990) 231 - 264
- [24] - C. DEGBEY, M. MAKOUTODE, E. M. OUENDO. DE BROUWER, Pollution physico-chimique et microbiologique de l'eau des puits dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin en 2009. *Int J. Bio. Chem. Sci. Volt.*, 4 (2010) 227 - 2257
- [25] - OMS, Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson, (Vol. 2, 2e édn). OMS : Genève, (1996) 341
- [26] - WHO (World Health Organization), Guidelines for drinking-water quality, Incorporating first addendum, Vol.1, recommandations 3rd ed. Electronic version for the Web. World Health Organization. ISBN 92 4 154696 4 (NLM classification : WA 675). Geneva 27, Switzerland, (2006)
- [27] - P. HARTEMANN, Eau et santé. Programme de Recherche Environnement et Santé (PRES). Université de Nancy, (2005)

- [28] - A. MBAWALA, ABDOU, M. B. NGASSOUM, Evaluation de la pollution physico-chimique et microbienne des eaux de puits de Dang-Ngaoundéré (Cameroun), *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (6) (2010) 1962 - 1975
- [29] - M. E. CLOSE, L. R. HODGSON, G. TODGRE, Field evaluation of fluorescent white ninga gents and sodium tripolyphosphate as indicator of septic tank contamination in domestic wells. *New Zeal. J. Marine Fresh. Res.*, 23 (1989) 563 - 568
- [30] - E. M. HASSOUNE, A. BOUZIDI, Y. KOULALI, D. HADARBACH, Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc). *Bulletin del'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 28 (2006) 61 - 71
- [31] - M. K. MAHENDRAPPA, Impact of forest on water chemistry. *Water, Air and Soil Pollution*, 46 (1989) 61 - 72
- [32] - HCEFLCD (Haut Commissariat aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification), Etude diagnostique de la zone humide AL Massira-Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), (2007) 242 p.
- [33] - J. RODIER, L'analyse de l'eau : l'eau naturelle eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} Edition, Dunod, Paris, (2005)
- [34] - C. CARDOT, Les traitements de l'Eau : Procédés Physico-chimiques et Biologiques. Cours et Problèmes Résolus. Ellipses Paris, (2002) 247 p.
- [35] - F. LHOUSSIN, D. BELGHYTI, Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de la Nappe Maâmora (Kenitra-Maroc). Science Lib Editions Mersenne : Vol. 6, N°140902 (2014)
- [36] - D. BELGHYTI, Y. EL GUAMRI, G. ZTIT, M. L. OUAHIDI, M. B. JOTI, A. HARCHRASS, H. AMGHAR, O. BOUCHOUATA, K. EL KHARRIM, H. BOUNOUIRA, Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc. *Afrique Science*, 05 (2009) 199 - 216
- [37] - S. MEHANNED, A. CHAHLAOUI, A. ZAID, M. SAMIH, M. CHAHBOUNE, Typologie de la qualité physico-chimique de l'eau du barrage Sidi Chahed-Maroc, *J. Mater. Environ. Sci.*, 5 (5) (2014) 1633 - 1642
- [38] - L. MCKANE, J. KANDEL, Microbiologie : Essentials and Applications, 2nd ed. *Mc Graw-Hill. Inc.*, (1996) 843 p.
- [39] - A. F. BORREGO, P. ROMERO, Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and streptococci. *6^è journée étud. Pollutions, Cannes, France*, (1982) 561 - 569
- [40] - E. GELDREICH, Fecal coliform and fecal streptococcus density relationships in waste discharges and receiving, 6 (1976) 349 - 369
- [41] - FARROW JAE, Taxonomic studies of *S.bovis* and *S. equines*. *Systematic and Applied Microbiology*, 5 (1984) 467 - 482
- [42] - G. BITTON, *Waste water Microbiology*. John & Sons, (1999) 578 p.
- [43] - A. MAUL, M. A. DOLLARD, J. C. BLOCK, Etude de l'hétérogénéité spatiotemporelle des bactéries coliformes en rivière, *Journal Français d'Hydrologie*, 13, Fasc. 2, N° 38 (1982) 141 - 156
- [44] - M. PATOINE, Influence de la densité animale sur la concentration des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional, Canada, *Revue des sciences de l'eau*, 24 (4) (2011) 421 - 435
- [45] - C. V. SANTSA NGUEFACK, R. NDJOUENKEU, M. B. NGASSOUM, Pollution de l'eau de consommation humaine et risques sanitaires à court terme : cas du bassin versant de la Menoua (Ouest-Cameroun), *European Scientific Journal*, Vol. 14, N°3 (2018) 96 - 117
- [46] - P. JAIN, J. D. SHARMA, D. SOHU, P. SHARMA, Chemical analysis of drinking water of villages of Sanganer Tehsil, Jaipur District, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 2/4 (2005) 373 - 379
- [47] - H. MOSHTAGHI, M. BONIADIAN, P. NIQUETTE, P. SERVAIS, R. SAVOIR, Bacterial dynamics in the drinking water distribution system of Brussels *Water Resources*, 35 (3) (2007) 675 - 682
- [48] - P. NIQUETTE, P. SERVAIS et R. SAVOIR, Bacterial dynamics in the drinking water distribution system of Brussels, *Water Resources*, 35 (3) (2001) 675 - 682
- [49] - E. TEMGOUA et S. KUETCHE, Analyse de la qualité des eaux des points aménagés en 2008 par l'AIMF dans la ville de Dschang, Rapport GIE-UDs, (2009) 26 p.