UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE

« Espaces, Cultures et Développement »

Ad majorem scientiae gloriam

THESE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

Option : **Géographie et Gestion de l'Environnement**

Spécialité : **Environnement, Santé et Développement**

N° d'enregistrement / 653 / EDP-ECD / GEN



ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUE ET SANITAIRE DE LA CONSOMMATION DE L'EAU DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI AU SUD DU BENIN

Réalisée par :

Martin HONDJENOU

Sous la Direction de:

Mr Christophe Sègbè HOUSSOU

Professeur Titulaire des Université du CAMES

Jury de soutenance

Président :Mr Expédit W. VISSIN Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Examinateurs : Mr Jean M. SOGBEDJI Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)

Mr Kokou M. GBEMOU Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)

Dr Thierry N. S. H. AZONHE Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Rapporteur : Mr Christophe Sègbè HOUSSOU Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Soutenue publiquement le jeudi 05 décembre 2019

Mention : Très Honorable avec les Félicitations du Jury

Année-Académique : 2018-2019

Sommaire

Dédicace 3

Remerciements 4

SIGLES ET ACRONYMES 6

RESUME 8

ABSTRACT 9

INTRODUCTION GENERALE 10

PARTIE I : CADRES THEORIQUE, CONCEPTUEL ET APPROCHE METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE 14

CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE ET CONCEPTUEL 15

CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE 43

PARTIE II : DETERMINANTS NATURELS ET SOCIO-ECONOMIQUESD'ACCES A L'EAU DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE ABOMEY-CALAVI 68

CHAPITRE III : DETERMINANTSNATURELSET HUMAINS D'ACCES A L'EAU DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI 69

CHAPITRE IV : CONDITIONS SOCIO ECONOMIQUES D'ACCES A L'EAU DE CONSOMMATION 89

PARTIE III : FACTEURS ASSOCIES A LA QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION ET RISQUES SANITAIRES DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI 134

CHAPITRE V : FACTEURS DE POLLUTION DE L'EAU DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI 135

CHAPITRE VI : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DE CONSOMMATION ET PREVALENCE DES MALADIES HYDRIQUESDANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI 164

CONCLUSION GENERALE 201

BIBLIOGRAPHIE 205

Liste des Tableaux 233
Liste des Figures 235
Liste des photos 237
Liste des planches 238
ANNEXES 239

Dédicace

- A mes fils Christpeutou Amen Alléluia et Crédo Israël Joseph
- à mon épouse Carine FOSSOU
- à ma mère Angéline HOUNHOUEMI
- à mon feu père Emmanuel HONDJENOU

Remerciements

L'aboutissement de cette thèse est le fruit d'une collaboration scientifique et technique impliquant des personnes de diverses compétences à qui nous exprimons nos remerciements.

Nous tenons à remercier tout particulièrement mon Directeur de thèse, Monsieur Christophe Sègbè HOUSSOU, Professeur Titulaire des Universités du CAMES pour avoir accepté de diriger cette thèse malgré ses lourdes charges tant académiques qu'administratives. Il ne rate jamais les occasions qui s'offrent à lui de me prodiguer des conseils pour me faire avancer dans ce travail bien périlleux. Ses orientations, ses conseils, sa manière de me booster m'ont été d'une aide précieuse tout au long de cette aventure. Recevez ici ces quelques mots, signe de mon profond respect et de toute ma gratitude envers votre personne et envers votre esprit scientifique.

Je tiens à remercier aussi tout particulièrement Docteur Thierry AZONHE, Maître de Conférences des Universités du CAMES. Malgré ses différentes occupations, elle trouve toujours les mots et le laps de temps qu'il faut pour me prodiguer de judicieux conseils pour l'avancée de ce travail. Sa rigueur au travail teintée d'esprit fraternel m'a toujours donné l'envie de suivre ses pas.

Nos remerciements à tous les membres du Jury, pour avoir évalué ce travail. Je reste convaincu, que leurs critiques et recommandations serviront à améliorer la qualité scientifique de ce document.

Notre reconnaissance va également à tous les professeurs de l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire (EDP). Nous pensons particulièrement au Professeur Honoraire Michel BOKO, Ancien Directeur de l'EDP/FLASH qui n'a cessé de nous encourager et inciter à vite finir le travail. Grâce à lui, nous avons eu de très bonnes conditions de formation et de recherche.

Nous témoignons particulièrement nos gratitudes au Professeur Expédit W. VISSIN, Professeur Titulaire des Universités du CAMES. Malgré ses différentes occupations, il trouve toujours les mots et le laps de temps qu'il faut pour me prodiguer de judicieux conseils pour l'avancée de ce travail. Sa rigueur au travail teintée d'esprit fraternel m'a toujours donné l'envie de suivre ses pas.

Au Dr Toussaint VIGNINOU, Maître de Conférences au Département de Géographie pout tout son engagement dans ce travail, je lui témoigne toute ma reconnaissance. Ses orientations, son aide au quotidien, ses conseils à tout instant et à tout moment, m'ont permis de m'investir à fond dans cette recherche. Je ne pourrai jamais le remercier assez.

Au Dr Saturnin AGBOMAHENAN, pour son soutien, malgré ses multiples occupations, il trouve toujours le temps à consacrer à cette recherche pour qu'il connaisse son aboutissement. Je voudrais lui adresser tous mes remerciements.

Aux Docteurs Edwige MIALO, Alfred AICHEOU, Séraphin MOUZOUN, Janvier GUEDENON, Edouard AKPINFA, François GBESSO, Eric SEBO, Firmin AIKPO, Rodrigue LANDEOU et aux doctorants, Bonaventure AMOUSSOUGA, Gaston AKPATCHEME, Virgile AIMADE, Dimitri AHOUANSE, Charles KPOKPOYA.

A monsieur Charles de Gaulle GBEHI et tous les agents de l'EDP pour leur assistance.

A monsieur le médecin coordonnateur de la zone sanitaire Abomey-Calavi-Sô-Ava pour son soutien pour la réalisation de ce travail.

A monsieur le chef d'agence de la section de la SoNEB d'Abomey-Calavi pour son soutien pour la réalisation de ce travail

A tous les agents et autorités de la mairie d'Abomey-Calavi, les ménages, les agents de santé, les agents de la Direction Départementale de la Santé de l'Atlantique, des services d'hydraulique villageoise, les agents du Ministère de l'Eau et des Mines, les agents de la DG-Eau en particulier ACAKPO Claude, les agents de l'INSAE, etc. qui m'ont permis d'avoir accès aux différentes informations utilisées dans cette recherche. Puisse Dieu vous combler de son infinie et incommensurable grâce.

A tous les agents techniques du Ministère de la Santé en particulier Patrice YATAKPO, qui m'a permis d'avoir au plus tôt les données statistiques pour la réalisation du présent document.

Aux responsables et aux membres du COSGAC pour leur disponibilité lors du recensement des dépotoirs sauvages, pour les informations qu'ils ont données, et particulièrement à ceux qui m'ont accompagnés sur le terrain sans oublier Claude AHLA le président du COSGAC pour son soutien, et sa promptitude lors des travaux de terrain.

Enfin, nous rendons hommage et exprimons notre reconnaissance à tous ceux qui ont participé de loin ou de près, d'une manière ou d'une autre, à la réalisation de ce travail.

A mes sœurs et tous ceux qui m'ont assisté de diverses manières que ce soit, je vous remercie du fond du cœur.

Et à tous ceux dont les noms m'échappent, recevez pour votre esprit d'entraide et de soutien au quotidien mes sincères remerciements.

SIGLES ET ACRONYMES

AEP	: Approvisionnement en Eau Potable
AEV	: Adduction d'Eau Villageoise
AEPA	: Adduction d'Eau Potable et Assainissement
AEPS	: Adduction d'Eau Villageoise Simplifiée
AUE	: Association des Usagers de l'Eau
ASECNA	: Agence pour la Sécurité, de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
BF	: Borne Fontaine
CAE	: Conseil d'Analyse Economique
CBRST	: Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique
CCC	: Communication pour un Changement de Comportement
CeBeNor/ABeNor	: Centre Béninois des Normes/ Agence Béninoise de la Normalisation et de gestion de la qualité
CEAEQ	: Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec
CFA	: Colonies Françaises d'Afrique
CGPE	: Comité de Gestion des Points d'Eau
CLCAM	: Caisse Locale de Crédit Agricole Mutuel
CREPA	: Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût
COSGAC	Collectif des Structures non gouvernementales de la Gestion des ordures et d'assainissement de la Commune d'Abomey-Calavi
DANIDA	: Agence Danoise pour le Développement International
DASS-NC	: Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la Nouvelle-Calédonie
DG-Eau	: Direction Générale de l'Eau
DGH	: Direction Générale de l'Hydraulique
DHAB	: Direction de l'Hygiène et de l'Assainissement de Base
DIEPA	: Décennie Internationale de l'Eau et de l'Assainissement
DDME	: Direction Départementale des Mines et de l'Eau
DMN	: Direction de la Météorologie Nationale
EEE	: Equipements Electriques et Electroniques
EDC	: Electricity Development Cameroun
EDS	: Enquête Démographique et de Santé
EDSB-II	: Deuxième Edition de Enquête Démographique et de Santé du Bénin
EDS-III	: Troisième Edition de Enquête Démographique et de Santé
EDS-IV	: Quatrième Edition de Enquête Démographique et de Santé
EDS-MICS	: Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples du Bénin
EDS-RDC	: Enquête Démographique et de Santé de la République Démocratique du Congo
EMICOV	: Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des ménages
EPE	: Equivalent en Point d'Eau
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FPM	: Forage Equipé de Pompes à Motricité humaine
GIE	: Groupement d'Intérêt Economique
GIRE	: Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GWP	: Global Water Patnership
HUG	: Hôpitaux Universitaires de Genève
INSAE	: Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
IWWA	: Gestion Intégrée des Déchets Solides en Afrique de l'Ouest
JAE	: Jeunesse Action Environnementale
LACEEDE	: Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Écosystèmes et Développement
LIFAD	: Laboratoire d'Ingénierie de Formation et d'Assistance en Développement local

MAEP : Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
ME : Ministère de l'Energie
MEM : Ministère de l'Eau et des Mines
MCVDD : Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable
MS : Ministère de la Santé
NTU : Nephelometric Turbidity Unit
OCDE : Organisation pour la Coopération et le Développement Economique
OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
ONEA : Office National de l'Eau et de l'Assainissement du Burkina-Faso
ONU : Organisation des Nations Unies
PE : Point d'Eau
PEA : Poste d'Eau Autonome
pH : Potentiel Hydrogène
PM : Puits Moderne
PN-AEPA : Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement
PNE : Partenariat National de l'Eau du Bénin
PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement
PSI : Population Service International
RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitation
SA : Source Artésienne
SDAC : Schéma Directeur d'Aménagement Communal
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SERHAU : Service d'Etudes Régionales d'Habitat et d'Aménagement Urbain
SDH : Service Départemental de l'Hydraulique
SNIGS : Système National Intégré de Gestion Sanitaire
SNV : Organisation Néerlandaise de Développement
So NEB : Société Nationale des Eaux du Bénin
TDS : Total de Sels Dissous
UE : Union Européenne
UFC : Unité Formant Colonies
UNECA : Commission Economique des Nations Unies pour l'Afrique
UNFPA : Fonds des Nations Unies pour la Population
UNEP : Programme d'Environnement des Nations Unies
UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
UNICEF : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance
WHO : World Health Organization

RESUME

Les populations à faibles revenus ne bénéficient pas toujours de services adéquats en matière d'approvisionnement en eau de consommation et d'assainissement de base. Cette situation est source de nombreuses maladies qui fragilisent la santé des populations. Cette thèse vise à étudier les aspects socio-économiques et sanitaires de la consommation de l'eau dans la commune d'Abomey-Calavi. La démarche suivie dans le cadre de cette recherche se fonde sur la mobilisation des différentes sources d'information, l'application de méthodes de la statistique descriptive et analytique très variées. Pour ce faire, une enquête socio communautaire a été réalisée auprès de 739 ménages à l'aide des entretiens directs, semi-directs complétée par les observations de terrain. Ces données ont été complétées par 33 échantillons d'eau prélevés à la source, durant le transport et au stockage dans les arrondissements de la Commune d'Abomey-Calavi. Les paramètres physico-chimiques (pH, TDS, conductivité, nitrites, nitrates et l'ammonium) et bactériologiques ont été analysés dans tous les échantillons d'eau prélevés.

Le taux de desserte en eau potable dans la Commune d'Abomey-Calavi est de 57 %. Ce taux est en dessous de la norme au Bénin qui est de 69,3 % en milieu rural donc les populations de ladite Commune éprouvent de sérieuses difficultés pour satisfaire leurs besoins en eau potable. En effet, l'une de ces difficultés est la distance parcourue par les femmes avant de s'approvisionner en eau. Ainsi, 26,4 % des ménages parcourent en moyenne plus de 400 m pour accéder à une source d'eau améliorée et 38,6 % des ménages parcourent 600 m. Cette situation contraint 11,86 % des ménages à recourir aux eaux de surface pour satisfaire leurs besoins en eau de consommation.

Sur le plan physico-chimique, tous les paramètres mesurés présentent des valeurs qui ne respectent pas les normes de l'OMS et de l'ABeNor pour tous les échantillons prélevés. Du point de vue bactériologique, tous les échantillons prélevés sont pollués à la source sauf les PEA. Toutefois, il a été dénombré dans l'eau des FPM la présence des coliformes fécaux et totaux et dans l'eau des AEV la présence des coliformes totaux à la source. Mais, durant le transport et à domicile, la qualité de l'eau a varié présentant des germes pathogènes qui dépassent largement les normes de l'OMS qui est de 0 UFC/100 ml. Cette pollution de l'eau est liée aux comportements des populations en matière d'assainissement et des règles simples d'hygiène. Pour cause, les conditions d'assainissement et d'hygiène dans la Commune d'Abomey-Calavi montrent que 24,70 % des ménages ne disposent pas de latrines pour évacuer les excréta et seulement 10 % ont prévu des puisards pour évacuer les eaux usées générées par les activités domestiques.

Cette forte présence de germes indicateurs de pollution induit une prévalence élevée des maladies hydriques dans les ménages de la Commune d'Abomey-Calavi. Cette prévalence est de 30,37 cas pour 1000 habitants en 2017. Donc les maladies hydriques constituent d'ores et déjà un véritable problème de santé publique car la norme de l'OMS en la matière est de 0,01 cas pour 1000 habitants. Malgré qu'au cours de la même année, le taux de desserte en eau soit élevé, la prévalence également est élevée. Il convient donc de conclure que l'eau n'est pas la seule mise en cause dans la prévalence élevée des maladies hydriques.

Mots clés : Eau de boisson, maladies hydriques, prévalence, Abomey-Calavi, Sud-Bénin.

ABSTRACT

Low-income populations do not always receive adequate water supply and sanitation services. This situation is the source of many diseases that weaken the health of rural communities. This thesis aims to establish the relationship between diarrheal diseases and consumption of drinking water in the municipality of Abomey-Calavi. The approach followed in this study is based on the mobilization of different sources of information and the application of a wide variety of descriptive and analytical statistical methods. In order to do this, a socio-community survey was conducted among 739 households using direct, semi-direct interviews supplemented by field observations. These data were complemented by 33 water samples taken at source, during transport and storage in the boroughs of the municipality of Abomey-Calavi. The physic chemical parameters (pH, TDS, conductivity, nitrites, nitrates and ammonium) and bacteriological parameters were analyzed in all water samples taken.

The drinking water supply rate in the Commune of Abomey-Calavi is 57%. This rate is below the norm in Benin, which is 69.3% in rural areas, so the populations of the municipality have serious difficulties in meeting their needs for drinking water. Indeed, one of these difficulties is the distance traveled by women before obtaining water. Thus, 26.4% of households travel on average over 400 m to access an improved water source and 38.6% of households travel 600 m. This situation forces11.86% of households to use surface water to satisfy their drinking water needs.

From the physic-chemical point of view, all measured parameters have values below the WHO and ABeNor standards for all samples taken. From the bacteriological point of view, all the samples taken are polluted at the source except the PEA. However, the presence of total and total coliforms and the presence of total coliforms at the source were counted in the water of the AEV. However, during transport and at home, water quality varied with pathogens well above WHO standards of 0 CFU / 100 ml. This water pollution is linked to people's sanitation behavior and simple hygiene rules. As a result, sanitation and hygiene conditions in the municipality of Abomey-Calavi show that24.70% of households do not have latrines to evacuate excreta and only 10% have planned sumps to evacuate wastewater generated by Activities.

However, this strong presence of indicators of pollution induces a high prevalence of diarrheal diseases in the households of the Municipality of Abomey-Calavi. This prevalence is 30.37 cases per 1,000 inhabitants in 2017. Thus, diarrheal diseases are already a real public health problem because the WHO standard for this is 0.01 cases per 1000 inhabitants. Although the water supply rate is high in the same year, the prevalence is also high. It should therefore be concluded that water is not the only cause of the high prevalence of diarrheal diseases.

Key words: Drinking water, diarrheal diseases, prevalence, Abomey-Calavi, South Benin.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau, tout comme l'air, est une denrée indispensable à la vie. L'accès à cette ressource a toujours été un souci permanent pour l'humanité (PNUD, 2010). La Terre est la seule planète du système solaire à disposer, grâce à sa position privilégiée, d'eau liquide à sa surface. Indispensable pour le développement de la vie, habitat d'une partie de la faune et de la flore, vecteur de matières érodant et modifiant les paysages, élément vital d'alimentation, l'eau devient, avec l'accroissement de la population, une denrée de plus en plus convoitée (VISSIN, 2007).

L'eau, élément vital, chargée de symboles, de cultures et de spiritualités, n'a jamais été traitée comme une marchandise banale. Dans tous les pays, elle est au cœur des débats politiques, médiatiques, associatifs, un sujet d'actualité etc., et ce, à juste titre (KREAMER et USHER, 2009). Ressource indispensable à la vie, non substituable, et, qui plus est, existant en quantité fixe, l'eau est devenue la cause de conflits géopolitiques et commerciaux de grande envergure (PNUD, 2010).L'approvisionnement en eau potable en qualité et en quantité suffisante est un problème majeur que rencontrent les villes africaines en développement (WYSS, 2001). De plus, ne pas y avoir accès est le premier frein au développement et près d'une personne sur cinq dans le monde, soit 1,2 milliard, n'en possède pas (PNUD, 2006). La majorité de ces personnes soit 75 % vivent en milieu rural dans un pays en développement rendant ce défi particulièrement complexe à relever, (ONU-Eau, 2009).

C'est donc pour préserver l'eau que la Communauté Internationale réunie à Mar Del Plata en 1971 a décidé de faire des années 1981-1990 la décennie Internationale de l'eau potable et de l'assainissement. Le but de cette rencontre internationale était d'élever le niveau de santé et de production des populations, de faire régresser les maladies infectieuses et parasitaires véhiculées par l'eau (SOHOUNOU, 2018). Ainsi, au cours de cette décennie, le gouvernement béninois s'est fixé pour objectif « l'alimentation de 80 % de la population en eau potable » (PAEB, 1992). A la fin de cette décennie, l'objectif fixé n'a pas été atteint: 58 % seulement de la population a accès à l'eau potable en zone rurale et 24 % en zone urbaine. Pour atteindre ces objectifs de vastes campagnes d'adduction d'eau et d'hydrauliques d'eau villageoises ont été menées. Il s'agissait de mettre à la disposition de la population, de l'eau potable et des dispositifs adéquats d'assainissement (MS, 2006).

En effet, depuis 1997, les rencontres se sont donc multipliées au plan international pour évoquer les questions de l'eau. Organisé tous les trois ans par le conseil mondial de l'eau**,** en partenariat avec le pays d'accueil, le forum Mondial de l'eau s'inscrit dans le processus de collaboration mondiale sur les problématiques liées à l'eau, en offrant aux politiques et aux décideurs

concernés le seul espace international de débat et de contributions d'experts. Ainsi, du 12 au 17 mars 2012, s'est tenu à Marseille le 6ème forum mondial de l'eau qui a connu la participation d'environ 140 pays dont l'enjeu principal était de trouver des solutions pour favoriser l'accès à une eau potable pour tout le monde. (PNUD, 2006). L'OMD 7, cible 3, prévoit de réduire de moitié d'ici à 2015 le pourcentage de la population qui n'a pas accès de façon durable à un approvisionnement en eau de boisson salubre. La réalisation de cet objectif suppose que l'on traite à la fois l'aspect quantitatif et qualitatif de l'approvisionnement en eau de boisson. Mais, en 2009, un bilan sommaire sur les OMD au Bénin montre que l'accès à l'eau pour tous est loin d'être encore une réalité. Ainsi, en milieu rural, la proportion de la population n'ayant pas accès à l'eau potable est globalement en baisse. En effet, cette baisse est importante (4,1 points) en raison notamment des actions mises en œuvre par rapport au forage de nouveaux puits et à la réhabilitation des puits non fonctionnels. Certes, il y a eu des avancées notables mais, la situation varie d'une commune à une autre. Certaines enregistrent des performances appréciables comme Glazoué, Savè et Dassa-Zoumé tandis que d'autres sont à la traîne (Copargo, Péhonco, Klouékanmè et Toviklin), (PNUD, 2010).

C'est pour atteindre, les OMD que depuis 2015, un nouvel ensemble d'objectifs mondiaux a été adopté dans le cadre d'un nouveau programme de développement durable dénommé Objectifs du Développement Durable (ODD). Et c'est à juste titre que l'objectif 6 stipule « garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau » à atteindre d'ici 2030. Le Bénin ayant souscrit à ce programme fait de l'accès à l'eau potable une priorité du gouvernement dans le cadre de sa stratégie de croissance pour la réduction de la pauvreté. Cette stratégie a été développée dans la Constitution du Bénin qui stipule que « l'Etat garantit un plein épanouissement à la personne humaine ». Cette volonté politique s'est traduite par la formulation et la mise en œuvre des projets d'approvisionnement en eau potable grâce à l'appui de plusieurs partenaires techniques et financiers ces dix dernières années. Cependant, il s'observe encore des disparités d'un département à un autre en ce qui concerne le milieu rural. Pour faire face à ce défi, le secteur de l'approvisionnement en eau potable (AEP) est en pleine évolution au triple plan, institutionnel, législatif et technique.

De plus, dans l'élaboration de son Agenda National 21, le Bénin a consacré le chapitre 7 à la protection des ressources en eau ; de façon à garantir la disponibilité et la qualité de l'eau de ses ressources en eau pour assurer la sécurité sanitaire des populations (HONDJENOU, 2013). En effet, en milieu rural en général et dans les zones humides en particulier, l'accent a été mis sur l'amélioration de la couverture en eau et sur la réalisation d'infrastructures de drainage ou

d'évacuation des excrétas dans le but de réduire l'incidence des maladies diarrhéiques. La transmission de maladies infectieuses par la voie hydrique a été maîtrisée, et ce, par la mise en place d'installations de traitement et d'un contrôle sanitaire efficace dans les pays industrialisés. Mais, si les maladies diarrhéiques ont été largement maîtrisées dans les pays riches, elles restent l'une des plus importantes causes de décès et de morbidité dans les pays au Sud du Sahara. Ainsi, plus de cinq millions de décès par an seraient dus aux maladies hydriques, dont deux millions de décès d'enfants de moins de cinq ans (WHO/UNICEF, 2000). Il est estimé en effet que dans les pays en développement, 80 % des maladies sont liées à l'eau et causant ainsi la mort prématurée de trois millions de personnes chaque année (ONU/Eau, 2008).

Au Bénin, les maladies hydriques représentent la 3ème cause de décès avec une prévalence estimée à 9 % pour 1000 habitants (EDS, 2012) dans la tranche d'âge de 0 à 05 ans. Des quantités d'eau plus importantes et une réduction du risque de contamination des eaux consommées sont deux des éléments prépondérants d'une meilleure prévention du péril fécal, principal responsable des maladies diarrhéiques qui constituent un véritable problème de santé publique. Au total, un dixième des maladies au niveau mondial pourraient être évitées grâce à une amélioration de l'approvisionnement, de l'assainissement, de l'hygiène et de la gestion des ressources en eau (PNUD, 2010).

Malgré tous les efforts fournis au Bénin pour assurer l'accès à l'eau à tous, le problème de l'eau s'y pose toujours aussi bien du point de vue de la qualité que de la quantité.

Dans la commune d'Abomey-Calavi, la couche aquifère du Continental terminal est la plus sollicitée pour les besoins en eau des ménages. Bien que le plateau d'Allada soit la source pourvoyeuse d'eau de la ville de Cotonou et de la commune d'Abomey-Calavi, 14 villages/quartiers sur 70 seulement sont desservis par le réseau d'adduction d'eau de la Société Nationale d'Eau du Bénin (AKPY, 2016). Ce qui oblige la majorité de la population à recourir à l'eau de puits et à d'autres sources pour la satisfaction de leurs besoins.

La présente recherche intitulée « ***Aspects socio-économique et sanitaire de la consommation de l'eau dans la Commune d'Abomey-Calavi au Sud du Bénin*** » a pour but d'analyser l'influence des conditions socio-économiques d'accès à l'eau de consommation sur la santé des populations. Cette recherche comprend trois parties :

La première partie décrit les cadres théorique, conceptuel et approche méthodologique de l'accès à l'eau de consommation et risques sanitaires ;

La deuxième partie présente les facteurs physique, humain et socio-économique d'accès à l'eau de consommation dans la commune d'Abomey-Calavi ;

La troisième partie expose les facteurs associés à la qualité de l'eau de consommation et risques sanitaires dans la commune d'Abomey-Calavi.

PARTIE I : CADRES THEORIQUE, CONCEPTUEL ET APPROCHE METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE

La première partie de cette thèse présente les généralités qui passent par l'état des connaissances et la problématique posée dans cette recherche sur les aspects socio-économique et sanitaire de la consommation de l'eau dans la Commune d'Abomey-Calavi au sud du Bénin. Afin de mener à bien cette recherche, l'approche méthodologique par objectif est celle adoptée. Elle a consisté à exposer les outils de collecte de l'information utilisés dans cette recherche et les différentes techniques de traitement des données relatives à chaque objectif.

CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE ET CONCEPTUEL

Le présent chapitre expose dans un premier temps le point des connaissances (revue de littérature) relative au sujet. Dans un deuxième temps, la problématique et la justification de l'étude, assortie des hypothèses et objectifs de l'étude et enfin les concepts clés sont clarifiés afin de faciliter la lecture du document aux lecteurs.

1.1. Revue de la littérature

Il existe une bibliographie riche sur les questions relatives à la qualité, à l'approvisionnement et à la gestion de l'eau. Certains écrits ont été exploités dans le cadre de la revue de littérature à travers sept thématiques que sont : les déterminants physiques et socio-économiques de l'accès à l'eau de consommation, la gestion des organismes d'eau, la qualité microbiologique de l'eau de consommation, les facteurs de pollution de l'eau de consommation, les maladies liées à l'eau de consommation, la relation entre environnement-eau-santé et enfin la géographie de la santé.

1.1.1. Déterminants physiques et socio-économiques de l'accès à l'eau de consommation

Les déterminants physiques et socioéconomiques concernent, le substratum géologique, les quantités disponibles, la croissance démographique, les distances parcourues pour l'approvisionnement en eau et le coût de l'eau.

BRIAND et LEMAITRE (2004) se sont intéressés à l'accès à l'eau potable dans les villes de l'Afrique de l'Ouest. Plusieurs Outils et techniques classiques pour collecter des données et en assurer le traitement ont été utilisés. Les sorties sous forme de tableaux et de graphiques sont servies dans les résultats. Ils ont comparé les problèmes de mobilisation et d'adduction que connaissent Ouagadougou et Abidjan. De cette comparaison, il ressort que les responsables du secteur eau doivent faire face à de nombreuses difficultés pour assurer une desserte adéquate des populations en eau potable. Ces difficultés sont liées pour la plupart au substratum géologique des territoires, à l'accroissement démographique, à la pollution et la mauvaise gestion des ressources en eau disponibles. Ces auteurs ont manqué d'évoquer clairement le bilan climatique et les contraintes socio-culturelles d'accès à l'eau de consommation.

L'approche méthodologique adoptée par BAECHLER (2012) dans son article sur la bonne gestion de l'eau est la méthode hypothético-déductive. Dans cette rubrique,

l'auteur a utilisé des techniques de collecte des informations bien classiques pour quantifier les paramètres physico-chimiques de l'eau. L'auteur pense que la disponibilité de l'eau est fonction de paramètres très contextuels, mélange de caractéristiques géophysiques, climatiques, démographiques et socio-économiques, qui contribuent à faire de l'eau une ressource extraordinairement mal répartie dans le monde et dont la gestion repose sur des paramètres essentiellement locaux. Il faut remarquer que la nouvelle méthode de gestion de l'eau n'a pas été correctement abordée.

SOHOUNOU (2018) dans son étude sur la qualité de l'eau de boisson et risques toxicologiques dans la commune d'Allada s'appuie sur une diversité d'outils et approches. Le tri et la combinaison de ces outils et approches ont permis une exploitation documentaire substantielle, une collecte de données de terrain et des analyses d'une grande finesse. Il a montré que la Commune d'Allada est hydro géologiquement difficile et se trouve par conséquent confronter aux problèmes de la disponibilité de l'eau potable. Face à cette contrainte, les populations ont développé des stratégies d'adaptation d'approvisionnement en eau qui sont fonction des saisons sèches et pluvieuses.

DOS SANTOS (2006) dans ses recherches sur l'accès à l'eau et enjeux socio-sanitaires à Ouagadougou-Burkina Faso a trouvé que la corvée d'eau et les coûts d'accès réduisent la quantité et la qualité de l'eau disponible pour les usages domestiques. Pour y parvenir, Il a fait recours aux enquêtes par questionnaire et au guide d'entretien. Il a obtenu de ce fait des données qualitatives et quantitatives qu'il a traité à partir d'un certain nombre de logiciels afin d'obtenir des tableaux de fréquences simples.

BROOKS et *al.*, (1997), ont écrit que les premières étapes de la gestion de l'eau sont généralement axées sur l'amélioration de l'approvisionnement qui consiste à développer des technologies et des infrastructures pour répondre à l'accroissement de la demande. Les auteurs ont combiné le modèle cartographique, l'analyse de la dynamique climatique, le modèle qui intègre les facteurs, les implications sur la disponibilité, la conservation et la gestion des ressources en eau. La conception de l'amélioration de l'approvisionnement a souvent considéré la demande simplement du point de vue des besoins à satisfaire. Il est évident que la demande, qui est fonction des besoins,

comportements et valeurs humaines et de la manière dont les sociétés fonctionnent et s'organisent, représente un enjeu beaucoup plus complexe que l'approvisionnement.

ETIENNE (2009) a étudié la demande en eau potable des populations d'Afrique Subsaharienne à faible revenu. La démarche méthodologique adoptée pour cela repose sur l'acquisition des données, le traitement et l'analyse de ces données à partir de l'analyse descriptive et de la modélisation. Ils ont constaté qu'une augmentation du prix de 100 francs CFA du m^3 d'eau fait diminuer la consommation à 2,5 litres/pers/j. La distance à parcourir pour s'approvisionner en eau influence également la consommation qui décroît faiblement à partir de 250 mètres. Dans le même sens, SOGLO et *al.*,(2001) dans leur article sur la détermination de la demande d'eau potable par la création d'un marché fictif base sur le consentement à payer : cas de la ville de Cotonou au Bénin, ont écrit que le volume consommé dépend également de la distance du domicile par rapport au point d'approvisionnement qui est elle aussi significativement différente de zéro. Ainsi, plus le point d'approvisionnement est éloigné, moins le ménage consomme d'eau. Un calcul à partir de la moyenne de l'échantillon permet de voir que si le point d'approvisionnement en eau s'éloigne davantage de 20 mètres, la consommation d'eau baisse de 7 l/j/ pers.

HARTEMANN (2001): a étudié la demande en eau potable dans les petits centres urbains et villes de quelques pays africains : Burkina Faso, Sénégal, Guinée, Guinée Bissau, Mali, Tchad, Zambie, Namibie, Bénin. L'approche méthodologique utilisée s'est focalisée sur la caractérisation de ces évènements moyens et extrêmes grâce à la méthode d'analyse fréquentielle des pluies maximales et des débits de pointe journaliers et annuels. L'analyse des modes de gestion a été faite à l'aide du modèle SEPOCA. La demande appréhendée au travers d'enquêtes dans les ménages a fait apparaître en premier lieu que la concurrence des sources d'approvisionnement gratuites peut mettre en péril la rentabilité financière et les bénéfices sanitaires de points d'eau collectifs payants dont l'usage ne s'impose pas d'emblée, et qu'en second lieu, la qualité des services offerts conditionne la demande.

Ces différents auteurs ont abordé certaines contraintes qui limitent l'accès à l'eau de boisson par les populations dans différentes régions. De multiples aspects dont

notamment le coût de l'eau, les distances parcourues par les femmes pour s'approvisionner en eau sont abordés. Mais très peu de documents abordent les facteurs géologiques et la demande réelle en eau potable qui mettent en péril l'accès à l'eau dans certaines communautés. En effet, les recherches pour l'estimation d'une fonction de demande en eau potables ont peu nombreuses et ont surtout un caractère exploratoire puisque les quantités d'eau consommées sont souvent déconnectées des coûts réels engagés par les sociétés distributrices. Il s'en suit alors que le problème d'accès à l'eau potable se pose avec une acuité particulière dans les zones urbaines en rapide expansion dans les pays en développement, où les infrastructures ne peuvent pas suivre l'explosion des besoins.

1.1.2. Gestion des organismes d'eau

Pour prendre en compte toutes les dimensions de la gestion durable, CAE, (2010) propose en vertu des expériences de terrain ce qui suit : « Le principe est non seulement que les redevances ne devraient pas entraver la disponibilité des ressources pour les opérations de maintenance et de renouvellement mais surtout que l'ensemble des redevances doit permettre de constituer des fonds communaux de l'eau dont la vocation est de contribuer au développement du secteur de l'eau au niveau communal ».

De façon spécifique, la gestion durable des infrastructures d'eau doit se baser sur l'organisation d'un cadre d'entretien et de maintenance adapté aux réalités communales. Les recommandations faites sur une meilleure organisation du système de maintenance pourraient servir également d'analyse approfondie dans le contexte actuel d'absence d'entreprises qualifiées (OCDE, 2004). Ces recommandations concernent l'organisation et le développement de profession pour la maintenance de points d'eau, puis l'organisation de l'approvisionnement et la distribution de pièces détachées. Pour la DG-Eau (2010), la commune doit s'organiser pour suivre le secteur de l'eau d'où la nécessité de la formation des différents acteurs à l'exploitation et au suivi de l'AEV. A cet effet, le guide prévoit que « l'aspect technique s'occupe entre autres de l'entretien courant des accessoires hydrauliques équipant les canalisations (vannes) et les points de distribution (robinet), l'entretien préventif réalisé de manière périodique (nettoyage, vidange, changement de filtre), la réparation (maintenance) et mise à niveau ».

Avant la décentralisation, la gestion des ouvrages était assurée par les communautés bénéficiaires elles-mêmes à travers des comités de gestion; mais suite aux mauvaises gestions constatées dans ce mode de gestion, il est prévu que les ouvrages simples soit gérés par contrat

de délégation et ceux complexes par contrat d'affermage. Cette situation permettra de mobiliser convenablement les recettes et s'occuper des réparations car, selon GODOUI (2012), « S'il est heureux de voir couler pour la première fois de l'eau potable dans le village où, jusque là, les femmes et les enfants faisaient la corvée de l'eau sur des kilomètres, il est autant fâcheux et désespérant de se voir privé de la même eau quelques mois ou années plus tard. A la solde de cette rupture, la mauvaise conception et gestion des ouvrages ». L'exploitation et la maintenance des ouvrages sont en effet la contrainte majeure des programmes d'hydraulique villageoise.

Pour PNUD (2010), «chaque personne, si pauvre soit-elle, a droit à un minimum d'eau » il soutient qu'il est important d'adopter une politique de prix abordable de l'eau pour tous, qui impliquerait de subventionner l'eau des plus démunis car selon lui, l'absence de revenus ne peut servir d'excuse pour refuser de fournir de l'eau potable à celui qui en manque. Parallèlement, lors de la Conférence régionale sur la Session méditerranéenne du 5^{e} Forum mondial sur l'eau tenue à Tunis le 15 janvier 2009, les participants ont convenu que : « L'eau est un bien public et l'accès à une quantité minimum d'eau potable est un droit de l'homme étroitement lié à la dignité humaine. Ils ont recommandé que les tarifs soient différenciés et qu'ils reflètent les conditions locales ainsi que les considérations d'accessibilité, en particulier pour les plus dépourvus de la société »

Quant à AKPY (2016), la commune prend en charge l'investissement initial. « Pour améliorer cette participation monétaire, la commune peut par exemple, utiliser les fonds présents dans un compte communal « eau » alimenté par les redevances communales perçues sur la vente de l'eau ».

Ainsi, l'auteur prévoit que la commune assure le renouvellement des équipements et ouvrages à grande durée de vie (supérieur à 20 ans). Les consommateurs (par le biais du fonds de renouvellement et extension alimenté à partir des recettes de la vente de l'eau) supportent pour leur part, le renouvellement des équipements dont la durée de vie est inférieure à 20 ans.

Selon COING et *al.*, (1998) d'une manière générale, « le prix de vente de l'eau se situera entre 10 et 20 FCFA (exceptionnellement 25 FCFA) la bassine de 33 litres soit un prix au mètre cube variant de 300 à 600 FCFA/m^3 (exceptionnellement 750 FCFA/m^3) ». Le guide prévoit que sur demande justifiée du délégataire ou des usagers adressés à la commune, le prix de vente de l'eau pourra être réexaminé et éventuellement réajusté. Ainsi, le prix de l'eau est déterminé en tenant compte de la valeur de l'ouvrage. Les ouvrages simples (citerne, puits, captage de source), ne nécessitent pas de grands montants. Pour le puits et les citernes par exemple, les

charges d'exploitation et de maintenance portent essentiellement sur le renouvellement des cordes, des sceaux, treuils et de quelques rares travaux de maçonnerie, le prix de l'eau n'est pas élevé tandis que pour les ouvrages plus ou moins complexes (forages équipés de pompe manuelle, PEA, AEV), engendrent des charges d'exploitation et de maintenance relativement importantes (pièces de rechange, réparation de pannes, fonctionnement des appareils électromécaniques, rémunération de l'exploitant, etc.) et le prix est un peu élevé à cause de l'entretien qui coûte plus cher.

Ces études qui ont porté sur la problématique de gestion de l'eau n'ont pas convenablement abordé la valeur économique de l'eau qui représente un bien social. Mais ont permis de prendre connaissance des diverses approches utilisées pour aborder la gestion de l'eau. En somme, aucune étude spécifique portant sur la gestion des organismes d'eau dans notre milieu de recherche n'a été réalisée.

1.1.3. Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation

Les travaux de BRICHA et *al.,* (2007), ont montré que le pH, la température, la matière organique et les sulfates des eaux de la nappe phréatique de M'Nasra au Maroc sont admissibles et ne présentent aucun danger pour la consommation. Toutefois, les eaux de puits étudiés affichent des concentrations moyennes en nitrates supérieures aux normes de 10 mg/L selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2004). Ils soulignent que ces résultats confirment l'impact de l'intensification de l'agriculture, les rejets des eaux usées domestiques et industrielles. Il est également à signaler que la nappe phréatique de M'Nasra affiche des concentrations élevées en dureté et en salinité. Ils notent pour finir que la présence très élevée des germes indicateurs de la contamination fécale, ainsi que la présence certaine d'autres germes responsables d'infections transmises par l'eau, constituent sans doute une menace pour les habitants qui tirent l'eau nécessaire à la majeure partie de leurs besoins à partir de l'eau de ces puits. Dans la même logique, CHIPPAUX et *al.,* (2002) ont montré que la nappe superficielle de la ville de Niamey, accessible par les puits, présente une forte pollution azotée et une pollution bactériologique (coliformes et streptocoques fécaux) qui rendent l'eau impropre à la boisson.

EDORH *et al.*,(2006), ont axé leurs études sur la qualité microbienne des eaux de boisson dans les restaurants de la ville de Porto-Novo. L'interprétation et l'analyse des résultats obtenus suite à l'analyse microbienne des eaux de consommation dans ces restaurants ont révélé que ces eaux sont impropres à la consommation.

De même, DEGBEY (2011) ayant mené une étude dans la ville d'Abomey-Calavi, a abouti à la conclusion que les eaux de tous les puits prélevées sont chimiquement et bactériologiquement contaminées. HEDIBLE (2007) dans le département de l'Atlantique ont mis en exergue l'influence de la pollution de l'environnement sur la qualité des eaux de consommation. Ils dénoncent également les problèmes hydriques et environnementaux auxquels sont confrontées les populations du milieu d'étude.

EDORH (2007) a montré que la qualité de l'eau de puits et la pollution de la nappe dans la commune de Kérou ont permis de constater que, les puits ne sont pas adaptés pour l'eau de consommation à cause de leur vulnérabilité. En effet, tous les puits ayant fait l'objet de cette étude sont pollués. Les résultats des travaux prouvent que les activités agricoles et l'insalubrité contribuent à la contamination probable de la nappe phréatique à travers les puits étudiés. Quand bien même, le cas des pesticides est pour le moment peu alarmant, la forte concentration en nitrate enregistrée dans l'eau de certains puits est un signal fort d'une contamination chimique évidente.

En outre, la mauvaise qualité de l'eau, l'hygiène défectueuse et l'insuffisance d'assainissement sont à l'origine des maladies liées à l'eau notamment les maladies hydriques (ZUNINO, 2007). Chaque année, près de 8 millions de personnes, dont la moitié sont des enfants qui meurent de maladies dues à la qualité ou à l'absence de l'eau, d'hygiène ou d'assainissement (CAMDESSUS, et *al.*, 2004).

Les eaux de surface jouent un rôle important dans la répartition des vecteurs et la transmission spatiale et temporelle des maladies (PODA, 2007). 80 % des maladies et plus d'un tiers des décès dans les pays en développement sont dus à la consommation d'eau de mauvaise qualité (KOMBASSERE, 2007).

KEMORAL (2016) a étudié la pollution de la nappe phréatique et les comportements de la population d'Abomey-Calavi. Il a montré que l'analyse bactériologique des eaux de puits du milieu révèle la pollution de la nappe phréatique causée par l'augmentation de la population et les activités anthropiques ; de même, la mauvaise gestion de plus en plus grande de l'eau de cette nappe engendre des maladies d'origine hydrique qui constituent l'une des causes de mortalité et de morbidité au sein des populations. En effet, l'eau de mauvaise qualité utilisée dans les ménages est à l'origine des maladies liées à l'eau constatées chez les membres de ces ménages et contribuent à l'augmentation du taux de mortalité surtout en milieu rural (MIALO, 2017). L'étude réalisée par ZANNOU (2006) sur les phénomènes des postes d'eau autonome (PEA) privés au Bénin, a révélé aussi la mauvaise qualité de l'eau des PEA privés existants. En effet, plus de 15 % des eaux analysées ne remplissent pas les normes de qualité en ce qui

concerne les composés azotés (nitrites, nitrates et ammonium) et 12 % des échantillons étudiés présentent des teneurs en nitrates très proches ou supérieures à la valeur maximale imposée par la norme. Sur le plan bactériologique, 97 % des échantillons d'eau analysés contiennent des coliformes totaux et 87 % contiennent des coliformes fécaux. Par ailleurs, dans 74% des eaux analysées, il a été confirmé la présence des *Salmonella* et des *Shigella*. Elle propose alors comme solution au problème de la qualité de l'eau des PEA privés, la technique de chloration continue par pots diffuseurs.

Les travaux de MAKOUTODE et *al.*,(1999) dans la Sous-préfecture de Grand-Popo portant sur le contrôle de la qualité bactériologique et chimique et le comportement des ménages vis-à-vis de l'eau de boisson, ont montré que tous les puits investigués sont pollués par *E. Coli*, *Klebsiella*, *Salmonella spp*, *Citrobacter*, *Enterobacter* puis *Enterococus*. Ils soulignent que du point de vue chimique, 80 % des eaux de puits enquêtées ont une teneur en ammonium, phosphate, manganèse et sulfate supérieure aux normes indiquées par l'OMS, 50 % ont une teneur en nitrates et en fer supérieure aux normes indiquées par l'OMS. Sur le comportement des ménages vis-à-vis de l'eau de boisson, cette étude révèle que 41 % de ménages enquêtés recueillent l'eau dans un récipient sale, 29 % utilisent un branchage d'arbre pour stabiliser l'eau au cours du transport ; 13 % ont un récipient de stockage sale. Nous pouvons aussi citer les travaux de DEGBEY et *al.*,(2009) sur la qualité de l'eau de puits dans la Commune d'Abomey-Calavi et sur les facteurs associés à la qualité de l'eau de puits et prévalence des maladies d'origine hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi par des études descriptives sur l'alimentation en eau de boisson et les facteurs associés à la qualité des eaux et une étude rétrospective sur les maladies hydriques. Ces études plus illustratives ont montré que sur le plan physico-chimique, les eaux prélevées révèlent la présence d'éléments polluants comme les nitrites, le fer et le manganèse. Sur le plan bactériologique, ces études mentionnent que l'ensemble des puits enquêtés étaient contaminés par *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp*, *Clostridium perfringens* et *Streptocoques fécaux*. Ces travaux ont permis par une étude rétrospective, d'enregistrer des pourcentages élevés de maladies concernant les diarrhées, les infections urinaires, les fièvres typhoïdes et les douleurs abdominales qui étaient en adéquation avec les résultats de la qualité des eaux de puits.

1.1.4. Facteurs de pollution de l'eau de boisson

Les facteurs démographiques et économiques influencent la qualité de l'eau de consommation. Ces différents paramètres agissent sur la qualité de l'eau de boisson consommée et ont un effet

sur les facteurs environnementaux. Ces facteurs ont un impact sur la qualité de l'eau de boisson à la source pendant le transport comme dans le ménage.

Selon CAIRNCROSS (2003) dans son étude réalisée sur l'impact de l'eau sur la santé humaine indique que la pollution de l'eau de boisson intervient à trois niveaux essentiels que sont à la source, durant le transport et au stockage à domicile.

BA (2001), dans son document sur la qualité de l'eau de consommation des ménages : analyse et plan d'action en zone rurale sénégalaise identifient les facteurs tels que la source d'eau elle-même, le mode d'évacuation des excréta et la distance entre la source d'eau et le ménage qui ont une influence sur la qualité de l'eau de boisson. Les comportements à risque de contamination de l'eau sont recensés sur les étapes de transport et de conservation de l'eau dans les domiciles. A la source, l'eau n'est pas souvent polluée. Mais, elle devient vite polluée lors du transport et au stockage à domicile. A l'étape du transport les ménages ne couvrent pas le récipient servant au transport de l'eau. L'eau ainsi recueillie est souvent stabilisée lors du transport par des branchages ou des toiles cirées qui participent à sa pollution. En effet, la corvée de l'eau est souvent réservée aux enfants, qui ne mesurent toujours pas les risques que représentent leurs comportements sur l'eau. Par contre, dans le ménage, la pollution de l'eau provient des utilisations que font les habitants de l'eau. Ainsi, Il est distingué les eaux vannes (eau des toilettes) et les eaux ménagères (eau de lavages).

BERTON (2010) dans son article sur l'approvisionnement en eau des populations rurales au Congo-Brazzaville écrit qu'outre la pollution par les excréments, d'autres pratiques humaines contribuent aussi à l'insalubrité des eaux. Il s'agit de l'entassement des ordures ménagères à proximité des habitations. Ces ordures attirent, d'une part, les mouches, vecteurs de maladies, quand elles se posent sur les aliments non protégés et, d'autre part, sont entrainées vers les points d'eau.

KRIRA et *al.*, 2001, dans leur étude sur l'intensification de l'agriculture et son impact sur l'environnement : Cas des nitrates dans la nappe phréatique de M'nasra du Ghab affirment que les variables indépendantes de la pollution de l'eau tels les paramètres microbiologiques sont influencées par des facteurs comme la distance et la position du puits par rapport aux latrines. Les eaux superficielles chargées en microorganismes s'infiltrant dans le sol sablonneux, parviennent à la nappe sans avoir bénéficié d'une filtration efficace, et occasionnent une multitude de pollutions ponctuelles. Ils précisent aussi que les rejets d'élevage du bétail ainsi que l'utilisation du fumier comme fertilisants contribuent aussi à la pollution biologique des

eaux souterraines. En outre, la qualité bactériologique des eaux des puits mettrait en évidence la contamination de la nappe phréatique par les latrines, les ordures ménagères et les eaux usées.

CHARLET et BAMORY (1985) dans leurs études sur l'expérimentation de solution en vue d'améliorer la qualité de l'eau à domicile en milieu rural en Côte d'Ivoire ont trouvé que 20 à 40 % des ouvrages hydrauliques modernes sont l'objet de pollution biologique. Par ailleurs, même si l'eau est potable à la pompe, elle peut être polluée au cours du transport et du stockage.

Les résultats trouvés par DEGBEY et *al.*, (2011), dans leurs études faites sur la qualité de l'eau de puits dans la Commune d'Abomey-Calavi, révèlent que la pollution biologique est liée aux déjections animales et humaines. Ils précisent aussi que les points d'eau sont le plus souvent implantés près des concessions où les animaux et les enfants prennent ces points comme lieu de refuge. Cependant, la qualité microbiologique de l'eau de boisson peut se détériorer au cours du puisage, du transport et du stockage domestique. La pollution de l'eau tant au cours du stockage que du prélèvement pour la consommation est liée aux précautions prises pour assurer l'hygiène : propreté du récipient de stockage et du gobelet de prélèvement, propreté des mains des utilisateurs, propreté de l'environnement domestique, rythme de renouvellement de l'eau stockée.

Tous ces auteurs ont passé en revue les divers facteurs qui participent à la pollution de l'eau de boisson dans plusieurs villes d'Afrique ainsi que les niveaux où apparaissent dans l'eau les germes indicateurs de pollution. Toutefois, ils n'ont pas tous su dire si l'eau à la source était déjà polluée avant prélèvement. Ce manque de précision ne permet d'apprécier réellement le niveau où apparaît la pollution observée sur les échantillons d'eau. Par contre, dans la Commune d'Abomey-Calavi, aucune étude ne s'est encore intéressée sur les aspects socio-économique et sanitaire de la consommation de l'eau dans tous les arrondissements de cette zone géographique.

1.1.5. Maladies liées à l'eau de consommation

D'après OMS et l'UNICEF (2005) « les maladies liées à l'eau sont une tragédie humaine dont le poids se fait de plus en plus lourd, tuant plus de 5 millions de gens chaque année, 10 fois le nombre de personnes tuées par les guerres. Environ 2,3 milliards de gens souffrent de maladies dues à une mauvaise qualité de l'eau. Environ 60 % de la mortalité infantile dans le monde est due à des maladies infectieuses ou parasitaires, la plupart liées à l'eau ». Pour Global Health and Education Foundation, les populations les plus pauvres des pays en développement, particulièrement les enfants, en souffrent le plus. Les maladies liées à l'eau maintiennent des

millions de personnes dans un cercle vicieux de pauvreté et de mauvaise santé, les rendant ainsi incapables de travailler ou d'aller à l'école. Dans le monde en développement, les effets cumulés des maladies liées à l'eau paralysent l'économie et pèsent lourdement sur des organismes médicaux déjà surchargés.

A ce propos le PNUE (1997) affirme qu'en Afrique, la vulnérabilité humaine est exacerbée par les problèmes de santé dus à une plus grande exposition et à l'absence de protection contre les maladies, à la malnutrition et à la sous-alimentation, ainsi qu'à l'inefficacité des institutions et des mesures sanitaires. Ces problèmes sont liés à la pauvreté qui provoque l'incapacité des populations à risque à réduire efficacement leur vulnérabilité face aux maladies infectieuses, à une alimentation médiocre ou irrégulière, ainsi qu'aux innombrables affections touchant les plus démunis en milieu rural ou urbain.

SOHOUNOU (2018) pour sa part affirme que beaucoup de maladies contagieuses à transmission vectorielle ou d'origine alimentaire ou hydrique sont sensibles aux changements climatiques. Dans le même ordre d'idées, CODJIA (2018) quant à lui a montré que, la variabilité du climat a des effets sur le risque de maladie ainsi que sur les profils de santé et de morbidité. Beaucoup de maladies infectieuses sont saisonnières. Aussi, les répercussions des conditions météorologiques et climatiques sur la plupart des maladies transmises par les aliments, l'eau, les vecteurs et les rongeurs sont-elles attribuées à des effets indirects de ces conditions sur les agents pathogènes, leurs voies de transport, les invertébrés vecteurs, les animaux hôtes et le comportement humain (HOUSSOU, 1998).

Face à ces maladies qualifiées d'« évitables », KEMORAL (2016) affirme que, la mise en place de principes de précaution s'opère progressivement : obligation d'une expertise poussée au niveau national avant l'autorisation d'un projet édilitaire, fermeture des puits et surveillance des sources ou des captages.

La contamination des milieux aquatiques par les métaux est une préoccupation environnementale majeure qui suscite un grand intérêt ces dernières années et préoccupe toutes les régions soucieuses de maintenir leur patrimoine hydrique à un haut degré de qualité (ZHANG et *al.,* 2010). Les métaux sont naturellement présents à l'état de traces dans les eaux naturelles, mais avec l'avènement de l'ère industrielle, les activités humaines sont devenues une source importante d'émission des métaux les concentrant dans l'air, l'eau et les sols (JADHAV et *al.,* 2007). Les métaux représentent des risques de contamination de la faune et de la flore provoquée par leur persistance dans l'environnement et leur capacité à s'accumuler dans le biote. Le cadmium et le plomb sont deux métaux non essentiels, extrêmement toxiques, largement distribués dans l'environnement et l'exposition de ces deux éléments est encore un

problème majeur de santé publique (EDORH et *al.,* 2010). Ils font partie des trois métaux classés comme polluants prioritaires de l'eau par la Communauté Économique Européenne (CEE) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (HARTE et *al.,* 1991). Une attention toute particulière est actuellement portée à la contamination des sources d'eaux par ces deux métaux. Les analyses physico-chimiques de l'eau peuvent révéler les concentrations des métaux dans l'eau, mais sont insuffisantes pour évaluer la toxicité de ces concentrations sur les organismes et l'impact sur l'environnement.

1.1.6. Problématique d'appréciation de la relation entre environnement-eau-santé

Dans le même ordre d'idées que précédemment, CAIRNCROSS et *al*., (2003) ont mis l'accent sur les relations entre la qualité de l'environnement, l'accès à l'eau potable et la pauvreté. Ils ont fait remarquer que pour les ménages les plus pauvres, la santé est un facteur déterminant dans leur quête de moyens de subsistance sans oublier que l'environnement de l'habitat et du travail peut la mettre en danger. L'amélioration de l'environnement, qui a un impact sur la santé, est pour eux un préalable pour l'amélioration durable des conditions de vie et pour la lutte contre la pauvreté dans le monde, car les facteurs liés à l'environnement sont la cause de 21 % des maladies. Pour ces auteurs, plusieurs facteurs sont responsables de près de trois quarts des maladies dues à l'environnement. Les facteurs sont entre autres l'eau, l'assainissement et hygiène, la pollution de l'air domestique, les traumatismes d'origine physique. Au nombre de ces maladies, figurent les maladies hydriques, surtout chez les enfants de moins de 5 ans, le paludisme, les infections aiguës des voies respiratoires.

Il s'en suit alors que pour réduire les déconvenues d'un environnement urbain malsain, le développement de l'alimentation en eau et celui de l'assainissement doivent être complémentaires, et l'un et l'autre doivent être associés aux autres aspects du développement sanitaire (OMS, 1981). Dans cette même logique, en 1993 l'assemblée Générale de l'OMS déclare : « Protéger l'eau, c'est protéger la vie ». L'eau, en sa qualité d'élément indispensable pour la vie et la santé est inscrite depuis 2002 dans les droits fondamentaux d'être humain. Ainsi, 145 pays ont pris l'engagement d'assurer à leur population l'accès à une eau saine. En dépit de ces engagements de la « Communauté Internationale » les droits d'accès à l'eau potable ne sont toujours pas assurés à tous les habitants de la planète et la moitié d'entre eux risque de manquer cette ressource vitale dans 30 ans.

Au regard de ces constats, le Partenariat National de l'Eau (2003), trouve que la qualité de la plupart des eaux consommées au Bénin se trouve en deçà des normes internationale et nationale. Pour l'institution, la mise en œuvre d'une approche de Gestion Intégrée des Ressources en Eau

(GIRE) est nécessaire pour permettre à l'utilisateur lui-même de décider de son niveau d'accès à l'eau potable et aux conditions de vie hygiénique. En effet, le Bénin a déjà opté pour la GIRE depuis un certain nombre d'années, ce qui appelle l'initiative par le Gouvernement de réviser la loi portant gestion de l'eau en République du Bénin (DGH, 2005). L'enjeu de l'approche "gestion intégrée des ressources en eau" est de promouvoir « la responsabilité écologique et l'utilisation rationnelle de la ressource pour ne pas compromettre les besoins des générations futures et ceux des autres êtres vivants qui partagent avec nous les hommes, l'eau du globe » (GOMEZ, 2010).

De tout ce qui précède, il peut être admis que l'eau constitue un facteur de transmission de nombreuses maladies à l'espèce humaine. La dégradation de la qualité de l'écosystème eau est tributaire du milieu de vie de l'homme mais aussi des éléments naturels. Cette assertion est partagée par le réseau canadien de la santé pour qui la santé et l'environnement sont interdépendants. De ce fait, les activités humaines ont donc un impact sur la nature, tout comme les milieux de vie ont des répercussions importantes sur la santé et le bien-être (SANTE CANADA, 2011). Le mode de vie et la pauvreté justifieraient un tant soit peu le comportement des hommes et des femmes vis-à-vis de l'utilisation de l'eau. Au vu de tous ces problèmes, il faut alors repenser la question eau- assainissement-santé dont la finalité est de renforcer la gestion des systèmes de santé (SY, 2006) à travers des actions promptes en direction de la protection des ressources en eau. En conclusion, ces approches théoriques ont permis d'avoir une vue synoptique sur l'importance de l'eau pour l'espèce humaine et d'établir le lien étroit entre les ressources en eau et certaines maladies

1.1.7. Géographie de la santé

PICHERAL et SALEM (1992) ont défini l'espace géographique comme un construit scientifique, qui permet de mettre en évidence les interrelations entre une communauté/ société et son environnement par l'analyse de la distribution dans l'espace et le temps, d'indicateurs apparents ou non, jugés pertinents pour répondre à une question. Il s'agit dès lors de tester l'hypothèse d'une répartition géographique particulière d'un ou plusieurs indicateurs spatiaux, produits de l'interaction des facteurs environnementaux et sociaux, et d'en proposer l'explication. Selon CLAVAL(1984), pour bien comprendre l'organisation de l'espace, il convient de prendre en considération les relations qui se nouent entre les agents économiques. Ainsi, il se forme un réseau entre les différends noeuds centraux des niveaux supérieurs vers les niveaux inférieurs (ici, entre les formations sanitaires de niveau central et celles de niveau

périphérique) et plus spécifiquement de l'hôpital de zone vers les CSA et CS en passant par les CSC.

Cette hiérarchisation recherche une meilleure satisfaction des besoins de santé et une orientation plus efficace des investissements tant publics que privés. Il est à préciser que la géographie de la santé est bien l'étude globale et spatiale de la santé des populations, de leurs comportements dans le recours et des facteurs de leur environnement (physique, biologique, social, économique, culturel) qui concourent à la promotion ou à la dégradation de leur santé (PICHERAL, 2001).

Pour l'essentiel, ces travaux ont permis dans l'ensemble de cerner davantage les concepts clés de la présente recherche, ils ont aussi permis d'approfondir nos connaissances sur les liens en matière de santé avec l'eau et fait l'état des lieux sur la situation d'hygiène et d'assainissement. En clair, pour notre part dans la Commune d'Abomey-Calavi, aucune étude spécifique ne s'est encore penchée sur les conditions socio-économiques d'accès à l'eau de consommation et les interrelations entre eau de consommation et conséquences sanitaires.

1.2. Problématique de recherche

1.2.1. Constats

L'eau, source de vie est aussi source de maladies (WHO, 2007). Elle constitue un bien précieux et nécessaire à tous les écosystèmes (GODOUI, 2012). En effet, les problèmes de santé liés à la consommation de l'eau insalubre sont énormes. L'OMS (2004) évalue à six (06) millions le nombre de décès par an dus à la consommation d'eau insalubre. Une santé défaillante constitue un problème humanitaire grave car elle freine le développement social et économique des individus concernés et leur communauté (PNUD, 2010).

En effet, un milliard quatre cent millions environ d'êtres humains dans le monde, n'avait toujours pas accès en 2003 à l'eau potable et parmi eux, 450 millions se situaient en Afrique (GAUTHIER, 2004). Alors qu'environ 85 % de la population urbaine en Afrique a de l'eau potable, 55 % de la population rurale n'y a toujours pas accès (PNUD, 2010). Il existe un lien entre le manque d'accès à l'eau et toutes sortes de maladies dont sont victimes les populations pauvres dans le monde, en particulier dans les pays en voie de développement (BRIAND et LEMAITRE, 2004).

L'eau, ressource naturelle indispensable à la vie, est aussi devenue, de manière directe ou indirecte, la première cause de mortalité et de maladie au monde (OMS, 2016). L'eau, facteur de vie est aussi source de « mort » (WHO, 2008). L'inéluctable raréfaction et l'inégalité croissante de la répartition des ressources en eau, conduisent en effet à une inquiétante

dégradation de la qualité de l'eau qui a de lourdes conséquences en matière de santé (EDORH et *al.*, 2010). Ainsi, dans les pays en développement, 80 % des maladies sont dues à l'eau et un africain sur deux souffre d'une maladie hydrique (OMS, 2016). Chaque année, 30 millions de personnes meurent des suites d'une épidémie ou d'une contagion due à la pollution des eaux ; deux (02) millions de personnes, dont la plupart sont des enfants, meurent de maladies hydriques ; un million de personnes meurent du paludisme (OMS, 2004).

Quinze millions d'enfants meurent chaque année, du fait de la consommation d'une eau de mauvaise qualité (OMS, 2010). Ce fort taux de mortalité infantile est lié à la qualité et à l'assainissement, étant donné que sur les 37 maladies majeures qui minent les pays pauvres, 27 sont d'origine hydrique (UNICEF, 2004). Toutes les 20 secondes, un enfant meurt à cause de l'absence de services d'assainissement, qui se traduit par manque de conditions d'hygiène, a rappelé l'ancien Secrétaire Général de l'ONU, Monsieur Ban Ki-Moon, à l'occasion du lancement de la Journée mondiale de l'eau en 2008. Le problème lié à l'eau, est une question primordiale pour les pays d'Afrique en générale et ceux d'Afrique de l'Ouest en particulier. Les conditions actuelles de l'assainissement au Bénin sont déplorables : pollution des eaux souterraines et superficielles, destruction des ressources aquatiques, comblement des plans d'eau et inondation des superficies de plus en plus importantes (HOUSSOU, 2006).

Une étude menée en zone rurale ivoirienne par KOUAM KENMOGNE et *al.*, en 2011 fait ressortir l'évolution de la qualité de l'eau entre la pompe et les récipients à domicile. Il a été montré que si l'eau est potable à la source, elle peut être contaminée au cours du transport et du stockage.

En milieu rural africain, l'eau non contaminée à la source perd rapidement sa qualité d'origine depuis le transport jusqu'au stockage à domicile (SEBO, 2014). Plusieurs méthodes l'expliquent :

- les méthodes de transport (usage de récipients non lavés ou laissés ouverts, utilisation de stabilisateurs de surface, contact mains-eau) ;

- les méthodes de stockage (résidu d'eau sale, usage de récipients non lavés et laissés ouverts, calebasses souillées, plongées dans l'eau, stockage prolongé).

PNUD (2010) trouve que l'accès à l'eau et à ses bénéfices a toujours été une préoccupation centrale des sociétés humaines qui cherchent à disposer de la qualité d'eau dont elles ont besoin. Le gouvernement béninois, conscient de l'ampleur des problèmes de pénuries, de détérioration de la qualité de l'eau et des divers enjeux de développement liés à l'eau, a opté pour la « Gestion Intégrée des Ressources en Eau » (VISSIN, 2007).

Dans la Commune d'Abomey-Calavi, le problème de disponibilité (quantité) de la ressource en eau ne se pose pas. Le problème se pose en termes d'inégale répartition des ouvrages hydrauliques. Aussi, il y a d'énormes plans et cours d'eau auxquels s'approvisionnent les populations. Le coût d'achat des services d'eau sont souvent jugé cher. Par ailleurs, lors du transport d'eau, les récipients ne sont pas souvent couverts. Les eaux de surface prélevées aussi à plusieurs fins ne sont pas propres car plusieurs sont les maladies liées à l'eau dénombrées.
Ce contexte conduit à une dépréciation de la qualité de l'eau et à la réduction de la quantité de l'eau avec des conséquences sociales et économiques (TANIGNON-ADINGNI, 2011). Une réduction durable de la pauvreté ne peut s'entrevoir sans de meilleures conditions d'hygiène et d'assainissement que celles dans lesquelles vit actuellement le peuple béninois et particulièrement le milieu de recherche: 70 à 80 % des affections traitées dans les centres de santé sont dues aux mauvaises conditions d'hygiène et d'assainissement dont les maladies liées à l'eau comme le paludisme, les affections gastro-intestinales et les diarrhées qui représentent au moins 49 % de la situation épidémiologique du pays (SOHOUNOU, 2016).

Ainsi, pour satisfaire leurs besoins en eau, les populations ont recours aux eaux de surface après avoir épuisé l'eau des puits. Il en résulte de nombreuses maladies hydriques.

La présente recherche sur les aspects socio-économiques et sanitaires de l'accès à l'eau de consommation est étudiée dans la Commune d'Abomey-Calavi afin d'analyser la relation entre les déterminants socio-économiques de la consommation de l'eau et la prévalence des maladies hydriques. Dans cette Commune, bien que la couverture en eau potable soit de 57 % en 2015 (DG-Eau, 2010), les populations éprouvent d'énormes difficultés pour la satisfaction de leurs besoins en eau de consommation.

1.2.2. Justification du choix du milieu de recherche

La commune d'Abomey-Calavi a un relief peu accidenté caractérisé par une bande sablonneuse avec des cordons littoraux, un plateau de terre de barre et des dépressions et marécages. Les différentes nappes sont contenues dans les formations sablo-argileuses du Continental Terminal qui forme le plateau au Nord et dans les formations quaternaires de la plaine littorale au Sud.

Les propriétés physiques des sols de la dépression sont faibles (AKPY, 2016).Leur perméabilité est moyenne en surface et faible en profondeur. Leur réserve hydrique également est faible. Ce facteur limite déjà la disponibilité de l'eau surtout en saison sèche. Cette situation fait que les populations doivent attendre la réalisation des ouvrages hydrauliques par les institutions chargées de le faire ou par des ONG. La commune appartient au bassin sédimentaire côtier qui

couvre 10 % de la superficie et détient 32 % du potentiel en eau souterraine exploitable (AKPY, 2016).Les ouvrages et équipements permettant d'accéder à l'eau souterraine regroupent ceux fournis par la SONEB, les Adductions d'Eau Villageoises, les Postes d'Eau Autonome, les Forages équipés de Pompes à Motricité Humaine et les puits.

En somme, sur un total de 309 ouvrages fournissant de l'eau potable (FPM, BF, PEA, AEV), 249 ouvrages sont fonctionnels soit un taux de 80,58 % et 47 en panne soit un taux de 15,21% et 2 ouvrages abandonnés soit 0,64% pour un besoin estimé à 2625 points d'eau. Ces chiffres montrent un déficit de 2376 points d'eau à réaliser avant de couvrir les besoins en eau des 656358 habitants que comptent la Commune (INSAE, 2013).

Le taux de panne des ouvrages hydrauliques de toute la Commune est estimé à 15,21 %. Mais, ce taux cache bien des disparités suivant chaque arrondissement. Il taux évolue jusqu'à près de 35 % (DG-Eau, 2010). Du coup, les plans d'eau de la commune constituent une source alternative d'approvisionnement en eau dans certains arrondissements (KEMORAL, 2016). Alors que les méthodes de traitement de ces eaux sont très peu efficaces et n'ont aucun effet sur la qualité biologique mais limitent seulement la consommation des particules en suspension.

La consommation d'une telle eau, dans la Commune d'Abomey-Calavi est à l'origine de la prévalence des maladies hydriques observée. Le taux de prévalence de 2012 à 2013estde59 cas pour 1000 habitants (SNIGS, 2013). Les maladies hydriques représentent donc dans cette commune un réel problème de santé publique.

C'est donc un milieu de vie relativement difficile qui soumet les populations à la recrudescence de maladies d'origine hydrique due au manque d'eau potable et d'infrastructures d'assainissement. Voilà donc autant de raisons qui ont justifié le choix de ce milieu pour la présente recherche.

1.2.3. Questions de recherche

S'il est donc admis que l'accès à l'eau de boisson influence la réduction des maladies hydriques, il convient de poser certaines interrogations essentielles. Quels sont les déterminants physique, socio-économique et sanitaire de l'accès à l'eau de consommation dans la commune d'Abomey-Calavi au sud du Bénin? Telle est la question fondamentale de cette recherche. Plusieurs questions secondaires sont posées.

- ✓ Quels sont les conditions physique et socio-économique qui conditionnent l'accès à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi?

- ✓ Quels sont les facteurs de pollution liés à la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation dans le secteur de recherche?
- ✓ Quels sont les effets sanitaires de la consommation de l'eau dans la commune d'Abomey-Calavi?

Pour répondre à ces questions, des objectifs ont été définis, des hypothèses ont été formulées et un cadre conceptuel a été conçu.

1.3. Hypothèses de recherche

L'hypothèse générale de cette recherche est :

Les déterminants physique, socio-économique et sanitaire limitent l'accès de l'eau de consommation dans la commune d'Abomey-Calavi.

Les hypothèses spécifiques émises dans le cadre de cette recherche sont :

- les facteurs physique et socio-économique limitent l'accès à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi ;
- les pratiques et comportements des populations affectent la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation dans le milieu de recherche.
- la consommation de l'eau contaminée entraîne la prévalence élevée des maladies hydriques.

1.4. Objectifs de recherche

Étudier les aspects socio-économiques et sanitaires de la consommation de l'eau dans la commune d'Abomey-Calavi.

De façon spécifique il s'agit de :

- caractériser les conditions physique et socio-économique de l'accès à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi ;
- analyser les facteurs de pollution liés à la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation dans le secteur de recherche ;
- déterminer les effets sanitaires de la consommation de l'eau contaminée dans la commune d'Abomey-Calavi.

1.5. Cadre conceptuel

Le cadre conceptuel de cette recherche permet de mieux appréhender les relations qui existent entre l'eau de consommation et les maladies hydriques. Ainsi, pour comprendre le développement des maladies hydriques, les comportements des populations en matière

d'hygiène et d'assainissement qui interagissent sur la qualité de l'eau de consommation et sur l'évolution des maladies hydriques, le présent cadre conceptuel a été élaboré (figure 1). Il prend en compte les facteurs comportementaux et la croissance démographique qui influencent la prévalence des maladies hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi.

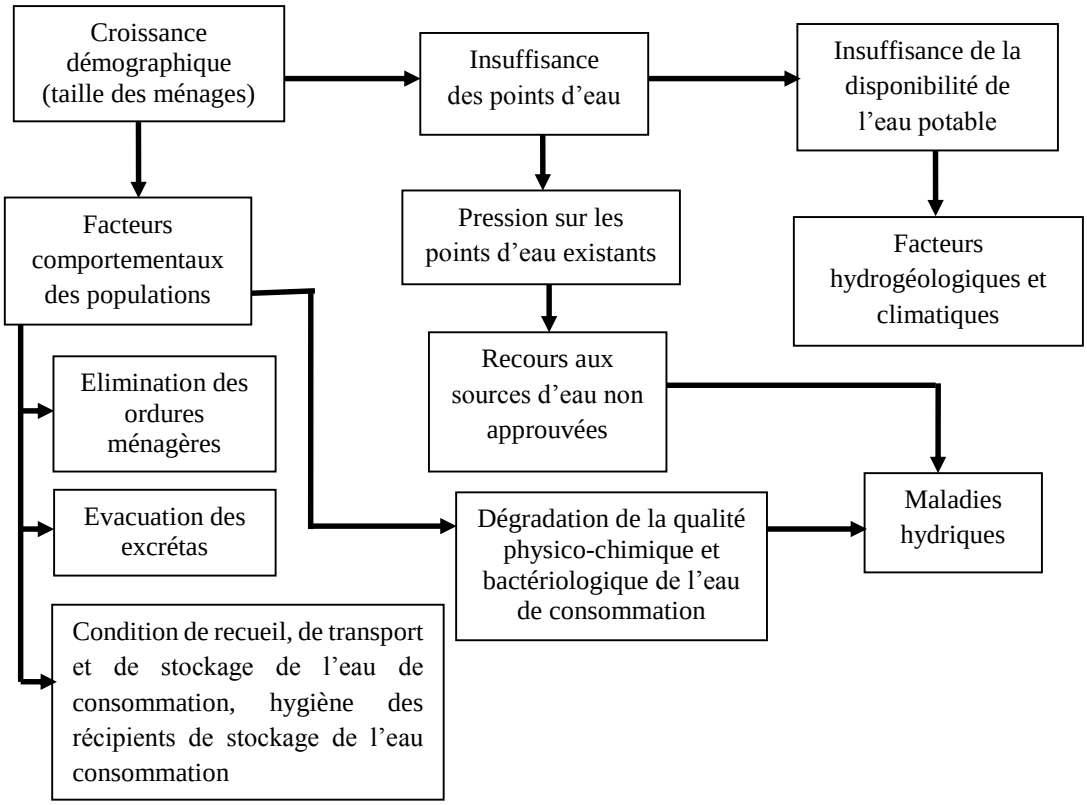


Figure 1: Schéma conceptuel des aspects socio-économiques et sanitaires de la consommation de l'eau dans la Commune d'Abomey-Calavi

Source : Hondjènou, 2017

La figure 1 indique les relations entre l'eau de consommation et ses implications socio-économique et sanitaire à Abomey-Calavi. La variable dépendante est la prévalence des maladies liées à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi. Les variables explicatives sont :

- les paramètres physico-chimiques liés à la composition naturelle des eaux : le pH, la conductivité, le TSD ;
- les paramètres des substances nocives : les nitrates, les nitrites, l'ammonium ;
- les paramètres bactériologiques par la recherche des coliformes.
- les facteurs socio-économiques : la taille du ménage, le niveau d'étude du chef de ménage, la profession et le niveau de vie économique du ménage. Ces différents paramètres peuvent agir sur la qualité de l'eau de consommation ;

- les facteurs comportementaux que sont : le dispositif de protection de puits, les méthodes de recueil, de transport et de stockage de l'eau.
- Les facteurs environnementaux que sont : la gestion des ordures ménagères, l'élimination des eaux usées et la gestion des excréta.

La résultante de cet ensemble de variables est la qualité de l'eau de consommation.

1.6. Clarification des concepts

La clarification des principaux concepts de la présente recherche a concerné la définition de son cadre thématique et le choix des données en fonction des objectifs fixés. L'analyse de la qualité des données de l'accès à l'eau de consommation a permis d'apprécier leur fiabilité et leur pertinence pour ce travail. Ainsi donc quelques notions ont été définies dans ce document pour faciliter la compréhension des aspects qui y sont liés.

Aspects socio-économique : Dans le cadre de cette recherche, les aspects socio-économiques sont les conditions socio-économiques d'accès à une ressource

Consommation de l'eau: LAROUSSE (2005) utilise plusieurs expressions pour expliquer le mot consommation comme usage, boisson, achèvement, accomplissement. KEYNES (1946) écrit que la consommation est l'utilisation de biens et de ressources dont on ne peut se servir qu'en les détruisant ou en les transformant pour la satisfaction des besoins ou des désirs de l'homme. C'est la consommation finale (Exemple : la consommation d'eau, de nourriture) ou pour la réalisation d'autres produits ou services dans les entreprises. C'est la consommation intermédiaire (Exemples : la consommation de matières premières, l'énergie). Il est retenu dans le cadre de cette recherche que la consommation de l'eau est la boisson de l'eau.

Eau de consommation : Selon le programme OMS/UNICEF (2014), l'accès à l'eau de consommation est un indicateur représentant la part de la population disposant d'un accès raisonnable à une quantité adéquate d'eau potable et de bonne qualité. L'eau de consommation est donc l'eau potable disponible pour satisfaire les besoins (boisson) de la population sans risque de compromettre leur santé. Mais, le concept "eau potable" est un concept à la fois difficile à appréhender et changeant selon les sociétés, les cultures et les contextes. GOMEZ(2010) reconnaît que *l'eau potable est une notion différente à travers le monde et le fruit d'une histoire et d'une vision culturelle locale*. Cependant, toutes les tendances de définition se raccordent sur sa caractéristique de "propre à la santé humaine". L'OMS (2010) définit l'eau potable comme une eau *destinée à la consommation humaine, qui peut être bue toute une vie sans risque pour la santé.* Selon GODOUI(2012), l'eau potable doit être dépourvue

de tout élément minéral ou organique nuisible à la santé; mais elle doit aussi répondre à certains critères qualitatifs: être incolore, fraîche, sans odeur ni goût (ou avoir éventuellement une légère saveur due à des sels minéraux). Si la présence dans l'eau potable de certains éléments minéraux est en effet souhaitable, l'excès d'autres, comme le calcium, peut être gênant ou même nocif, comme le sont les ions de fluor, de plomb ou d'arsenic. De plus, l'eau potable fait donc appel à la notion des demandes en eau qui représentent les réalités (quantités utilisées), interactives et les offres (de la nature ou de distributeur intermédiaire). Elles peuvent être supérieures aux besoins en cas d'offre surabondante et très facilement accessible (favorisant le gaspillage) ou inférieures aux besoins en situation de pénurie (offre chère). DEGBEY et *al., (*2008) la définit comme une eau *devant satisfaire à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine.* Ainsi donc, elle doit être raisonnablement minéralisée, incolore et limpide, assurer de ne pas nuire à la santé, et de ne pas avoir ses qualités altérées par le temps ou les conditions de transport (TIZAMBO, 2010).

Qualité de l'eau de consommation

C'est l'eau qui respecte les normes recommandées par l'Organisation Mondiale de Santé sur le plan microbiologique, physicochimique et toxicologique.

En effet, du latin *qualitas*, de *qualis*, la qualité se définit dans LAROUSSE (2005) comme la manière d'être, bonne ou mauvaise, de quelque chose. On définit généralement la qualité de l'eau au moyen d'un ensemble de limites supérieures et inférieures qui sont appliquées à partir de certains indicateurs de performance (MAIER, 1999). Une dégradation de la qualité de l'eau peut donc être définie comme un dépassement d'un ou de plusieurs indicateurs de qualité de l'eau par rapport à certains règlements ou, en l'absence de réglementation, comme un dépassement des lignes directrices ou des limites que l'on s'impose pour répondre aux besoins de la clientèle (SADIQ et *al.,* 2004). Selon le guide pratique pour les intervenants en milieu rural (2001), la qualité de l'eau se définit par une eau exempte de substances toxiques et de quantités excessives de matières minérales ou organiques. Au Bénin, selon la loi cadre portant Code d'Hygiène Publique en République du Bénin (1987) la qualité de l'eau est l'ensemble des propriétés physiques, chimiques, biologiques et organoleptiques qui rendent l'eau apte à l'utilisation à laquelle elle est destinée. En se référant à ces notions, il est retenu dans le cadre de cette recherche comme eau de consommation toute eau utilisée par les populations de la Commune d'Abomey-Calavi à des fins de boisson. Il s'agit de l'eau provenant des Adductions d'Eau Villageoises (AEV) reliées aux Bornes Fontaines (BF), des Puits Modernes (PM), des Forages équipés de Pompe à Motricité humaine (FPM), des Postes d'Eau Autonome (PEA), des

puits traditionnels, des rivières, des bas-fonds et de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SoNEB)

- **Eau potable :** Pour (OFEV, 2009)**,** une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur. Selon ces normes, une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée: il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou de toxiques, comme les nitrates et les phosphates, les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides, pour lesquelles des "concentrations maximales admissibles" ont été définies. (OMS, 1998)

Une eau potable doit aussi être une eau agréable à boire : elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût. Pour avoir bon goût, il lui faut contenir un minimum de sels minéraux dissous (de 0,1 à 0,5 gramme par litre), lesquels sont par ailleurs indispensables à l'organisme (LALEYE, 2016)

Le Bénin à travers le décret N° 2001-04 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin dispose que l'eau potable ne doit pas porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment.

Toutes les eaux destinées à la consommation humaine doivent être potables :

- les eaux délivrées au public par quiconque en vue de l'alimentation humaine, à titre onéreux ou à titre gratuit ;
- les eaux conditionnées, à l'exclusion des eaux minérales naturelles ;
- les eaux utilisées dans les entreprises alimentaires ;
- la glace alimentaire d'origine hydrique.

Au regard de ces différentes définitions et dans le cadre de cette étude, une eau sera qualifiée de potable lorsqu'elle peut être consommée sans danger (OMS, 2010).

- **Normes d'accès à l'Eau Potable au Bénin** : En 1999 un document de stratégie de la vision nationale de l'eau en l'an 2025 (DG-Eau, 2006) a été rédigé et a permis d'évaluer les besoins en eau potable en milieu urbain et rural. Ainsi, en partant des données et des projections

du recensement général de la population et de l'habitat de Février 1992 et sur la base de l'accroissement constant du niveau de vie des populations urbaines, les projections suivantes ont été établies (tableau I).

Tableau I: Normes d'accès à l'eau potable au Bénin

Années	Normes moyennes d'alimentation des populations urbaines	Normes moyennes d'alimentation des populations rurales
1999	35 litres par habitant et par jour	20 litres par habitant et par jour
2005	50 litres par habitant et par jour	30 litres par habitant et par jour
2010	70 litres par habitant et par jour	40 litres par habitant et par jour
2015	90 litres par habitant et par jour	45 litres par habitant et par jour
2020	100 litres par habitant et par jour	50 litres par habitant et par jour
2025	110 litres par habitant et par jour	50 litres au moins par habitant et par jour

Source : DG-EAU, 2006

Dans les conditions suscitées et sur la base que les populations urbaines et rurales représenteront respectivement 55 % et 45 % de la population totale du pays, les besoins en eau de boisson seront de l'ordre de 894.000 m^3 par jour pour les centres urbains et de 33.000 m^3 par jour pour les zones rurales.

En dehors de quelques localités du pays où les données hydrogéologiques sont très peu favorables et où l'on fait constamment recours aux eaux de surface pour l'approvisionnement en eau de consommation des populations, l'eau de boisson prélevée en 1998 pour la satisfaction des besoins de l'ensemble de la population du Bénin provient à plus de 97 % des eaux souterraines (DG-Eau, 2006).

- **Accès à l'eau potable :** L'eau potable est définie par l'OMS en 2013 comme étant l'eau dont la consommation ne présente aucun péril pour la santé humaine. Ainsi, l'eau potable est qualifiée comme telle lorsqu'elle respecte les normes de qualité relatives aux paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), physico-chimiques (température, pH, etc.), microbiologiques (absence de coliformes fécaux et totaux, de streptocoques fécaux, etc.) et ne comportant pas des substances toxiques telles que les nitrates/nitrites, l'arsenic, le plomb, les hydrocarbures, etc. (OMS, 2016). Pour chaque paramètre, des seuils (valeurs limites à ne pas dépasser) sont indiqués. Ces normes de potabilité de l'eau diffèrent d'un pays à un autre mais celles en vigueur au Bénin répondent aux exigences de l'OMS.

En outre, l'accès à l'eau potable est un indicateur qui représente la quantité et la qualité de l'eau dont dispose chaque personne par jour. La norme de l'OMS pour la quantité est au moins 20 litres par personne et par jour pour la satisfaction de tous les besoins de base (boisson, lessive, vaisselle, douche, etc.) (OMS, 1998). De la définition de l'eau potable et des normes y relatives,

il est déduit la notion d'accès à l'eau potable. Ainsi, dans le cadre de la présente recherche, l'accès à l'eau potable est une notion qui rend compte du niveau de facilité ou de difficulté avec laquelle les populations s'approvisionnent en eau potable. Cette notion pourrait se décliner (en faisant une analogie avec le concept d'accès aux soins de santé) en quatre paramètres principaux que sont :

- la disponibilité et la permanence de l'eau de consommation,
- la qualité de l'eau de consommation,
- l'accessibilité en termes de distances (distance inférieure à 200 mètres de la concession (OMS, 2003) et de temps qui séparent les ménages des points d'eau potable (15 minutes),
- la valeur économique (ou accessibilité financière) de l'eau de consommation (qui varie en fonction des espaces géographiques, des saisons, des types d'infrastructures, etc.).

- **Approvisionnement en Eau Potable (AEP) :**C'est l'ensemble des équipements, des services et actions qui permettent, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuée ensuite aux consommateurs (CAE, 2010). Selon TIZAMBO, (2010), c'est un ensemble d'opérations permettant de mobiliser une ressource en eau, si nécessaire la traiter qualitativement pour la rendre propre à la consommation humaine et transporter en divers points de consommation publics ou privés. Ceci fait également appel aux dispositifs permettant de fournir l'eau dans une communauté. Selon LAROUSSE (2015), approvisionner c'est fournir, pourvoir, mettre à la disposition de quelque chose ou de quelqu'un ce qui lui est nécessaire (vivres, matériels, énergies, etc.).

Dans le cadre de cette étude, l'approvisionnement en eau désigne l'ensemble des opérations et dispositifs qui permettent de fournir de l'eau potable pour la consommation des populations de la Commune d'Abomey-Calavi.

- **Assainissement :** L'assainissement est l'opération destinée à combattre l'ensemble des facteurs qui dans le milieu physique de l'individu sont susceptibles d'influer défavorablement sur son bien-être physique, mental et social (GOMEZ, 2010). Selon le LAROUSSE (2015), l'assainissement est un ensemble de techniques de collecte, de transport et de traitement des eaux usées et pluviales et des déchets solides d'une agglomération (assainissement collectif), d'un site industriel ou d'une parcelle privée (assainissement autonome) avant leur rejet dans le milieu naturel. L'élimination des boues issues des dispositifs de traitement fait partie de l'assainissement (OMS, 1986). Pour GODOUI (2012) dans le contexte de la gestion de l'eau, l'assainissement comprend la collecte des eaux usées et pluviales et leur acheminement vers

une station d'épuration ou leur rejet extérieur ; le traitement des eaux usées, comportant en général un étage mécanique, un étage biologique et une décantation ; le traitement et l'évacuation des boues, afin de les rendre acceptables pour le milieu extérieur (décharge) ou utiles à l'agriculture (épandage).

Dans le cadre de cette recherche, les eaux usées constituent un ensemble d'eau souillée par une quelconque utilisation.

- **Norme :** Du latin *norma*, la norme pour TIZAMBO(2010), est l'ensemble des mesures de référence répondant à des objectifs de qualité, de conception et à un souci d'homogénéité et/ou de comptabilité à une échelle donnée (locale, régionale, nationale ou internationale). LAROUSSE (2015) définit la norme comme un critère, un principe auquel se réfère tout jugement de valeur moral ou esthétique.

La norme se rapporte dans le cadre de cette recherche aux normes de comparaison des paramètres physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation. Les références sont celles de l'ABéNor (2003) et de l'OMS (2002).

- **Coliformes :** Les coliformes totaux et fécaux sont généralement utilisés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau de consommation. Selon SOHOUNOU (2018), ils peuvent être indirectement associés à la pollution d'origine fécale.

- **Coliformes totaux :** Ils sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzime □-galactosesidase permettant l'hydrolyse du lactose en 48 h à 30 °C, afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (ARCHIBALD, 2000). Il s'agit d'un groupe disparate non défini sur le plan taxonomique qui comprend les genres Escherichia, Citrobacter, Enterobacter et Klebsiella (SOHOUNOU, 2018).

La quasi-totalité des espèces de ce groupe sont non pathogènes et ne représentent aucun risque pour la santé (EDBERG et *al*., 2000) à l'exception de certaines souches d'Escherichia-coli ainsi que de rares organismes pathogènes opportunistes (KEMORAL, 2016).

Toutefois, l'absence de ces coliformes totaux dans l'eau ne signifie pas nécessairement que celle-ci soit exempte de risques pathogènes.

- **Coliformes fécaux :** Encore appelés thermotolérants, les coliformes fécaux 44 °C, font partie du sous-groupe des coliformes capables d'induire la fermentation du lactose dans un délai de 48 h, à une température de 44 à 45 °C (KEMORAL, 2016). Malgré l'origine fécale de plusieurs coliformes fécaux, certains trouvent leurs sources dans les eaux enrichies de matières

organiques (EDORH et *al.*, 2010). Leur présence dans un produit peut supposer une contamination d'origine fécale et par corrélation un risque d'intoxication par Escherichia coli (KEMORAL, 2016). L'intérêt de la détection de ces coliformes comme indicateurs de pollution réside dans le fait que la survie de ces organismes dans l'environnement est similaire à celle des germes pathogènes et que leur densité est fonction du degré de pollution par les matières fécales (CEAEQ, 2004).

Au total, les sources étiologiques des maladies liées à l'eau sont étroitement liées aux conditions d'hygiène et d'assainissement. Ces dernières sont favorisées par les composantes environnementales et les pratiques anthropiques.

❖ **Santé :** Le terme santé apparaît vers l'an 1000 av J.-C. Il dérive du vieil anglais Hoelth signifiant « être en sécurité » ou « globalité du corps ». Du latin *sanitas, -atis,* de *sanu :* sain, la santé adoptée par l'OMS en 1946 indique « un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » L'OMS (1981), mentionne que « la santé constitue la mesure dans laquelle un individu ou un groupe est apte à réaliser ses aspirations et à satisfaire ses besoins et d'autre part à s'adapter à son environnement et à le modifier ». Si cette approche globale a le mérite d'intégrer les composantes sociales et psychologiques de la santé, il est à l'évidence difficile de préciser les caractéristiques objectives d'un état de « complet bien-être » que certains auteurs ont critiqué comme pouvant être assimilé à la définition du bonheur. Plus pragmatique, on reconnaît que la santé est influencée par de nombreux déterminants interdépendants : des facteurs individuels génétiques (hérédité) et biologiques (vieillissement), socio-économiques (activités professionnelles, revenus, logement) et culturels ; des facteurs environnementaux (chimiques, physiques, biologiques) ; des facteurs comportementaux (nutrition, activités physiques, tabagisme), l'accessibilité et la qualité des services de santé etc (PNUD, 2010). La combinaison de ces déterminants explique par exemple que les réactions à une même exposition (de substance toxique, de rayonnement) puissent varier énormément d'un individu à un autre. Elle implique que tous les besoins fondamentaux de la personne soient satisfaits, qu'ils soient affectifs, sanitaires, nutritionnels, sociaux ou culturels, et ceci depuis le stade de l'embryon, voire des gamètes jusqu'à celui de la personne âgée. Dans cette thèse, la santé constitue la mesure dans laquelle un individu ou un groupe est apte à réaliser ses aspirations et à satisfaire ses besoins et à s'adapter à son environnement et à le modifier.

Maladies hydriques : ce sont des maladies provoquées par la consommation de l'eau ou le contact avec des eaux insalubres. Elles sont liées à la qualité de l'eau et à l'accès à l'eau potable.

Ce sont souvent des *« maladies évitables »* à traiter comme enjeu de santé environnementale (OMS, 2010). Les eaux non potables sont en effet le vecteur de micro-organismes (bactéries, eucaryotes, etc.), de virus et de contaminants chimiques (plomb, pesticides...) qui engendrent des troubles et des pathologies pouvant être mortelles. L'éducation à l'hygiène et le développement de systèmes de traitement des déchets et d'assainissement des eaux permettent de circonscrire à long terme les épidémies déclenchées par ces maladies (HONDJENOU, 2011) Les maladies hydriques sont transmises directement par l'ingestion d'une eau souillée ou d'aliments contaminés par celle-ci. Elles sont donc liées à la qualité de l'eau et causées par des bactéries, des virus et des parasites. Les plus connues sont : la fièvre typhoïde (*Salmonella typhi*), le choléra (*Vibrio cholerae*), la dysenterie (*Shigella dysenteriae*), la gastro-entérite, la poliomyélite (Poliovirus) et l'hépatite (Virus de l'hépatite A et E). Il faut signaler que la plupart de ces maladies sont de type diarrhéique. Cependant, l'application des procédés de potabilisation de l'eau peut supprimer le risque de contamination.

Santé environnementale

De la clarification du concept de la santé, il apparaît que les seules solutions cliniques proposées pour résoudre les problèmes de santé ne sont plus suffisantes. Le concept de la santé a donc évolué pour donner naissance à d'autres concepts dont celui de la santé environnementale qui s'intéresse au rôle pathogène du milieu, aux facteurs de l'environnement qui concourent à la promotion ou à la dégradation de leur santé, aux combinaisons de facteurs qui exposent différentiellement des populations à certains risques sanitaires dans un espace donné.

D'ailleurs, la santé rapportée à l'environnement montre bien que l'absence de maladie et le bien-être résultent d'une interaction constante entre l'individu et son milieu de vie. On observe souvent que l'amélioration de la santé et du bien-être est liée à une meilleure qualité de vie, c'est-à-dire à de meilleures conditions de vie et à un meilleur environnement. Cependant, le concept de la santé environnementale reste appréhendé de diverses manières, entrainant des définitions aux périmètres très différents.

Ainsi, la définition de la santé environnementale de l'OMS est adoptée dans le cadre de cette étude. Cette définition indique que « *la santé environnementale (environmental health) comprend les aspects de la santé humaine (y compris la qualité de la vie) qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement.*

Elle concerne également la politique et les pratiques de gestion, de résorption, de contrôle et de prévention des facteurs environnementaux susceptibles d'affecter la santé des générations

actuelles et futures » (définition proposée par le bureau européen de l'OMS en 1994 lors de la conférence d'Helsinki).

La présente thèse s'intéresse surtout aux maladies hydriques provoquées par la consommation de l'eau souillée par les populations de la ville de commune d'Abomey-Calavi. Il s'agit du choléra, de la fièvre typhoïde et des hépatites A et E, de la dysenterie et de la gastro-entérite. L'utilisation à Abomey-Calavi de plusieurs sources d'eau de qualité douteuse (eau de sources non recommandées) pour la consommation présente des conséquences néfastes sur la santé des populations (l'accès difficile à l'eau potable engendre la consommation de l'eau polluée ; celle-ci est à l'origine de la forte prévalence des maladies hydriques dans la commune d'Abomey-Calavi).

Le cadre théorique et conceptuel a permis faire le point des écrits sur le sujet, toute chose qui a abouti à formuler les hypothèses et les objectifs de cette recherche.

CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE

La démarche suivie dans le cadre de cette recherche se fonde sur l'exploitation de la documentation existante et l'application de méthodes et outils d'analyse très variés. Pour faciliter la collecte des données, leur traitement et analyse, une approche par objectif a été adoptée. Cette approche s'articule autour des axes que sont le type d'étude, la population cible, l'échantillon, les variables, les techniques et outils de collecte des données, le traitement et l'analyse des données.

2.1. Nature de la recherche et sources des données

2.1.1. Nature de la recherche

Il s'agit d'une étude transversale et descriptive ayant duré 2015 à 2017. Elle vise d'abord, à déterminer les conditions socio-économiques d'accès à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi, ensuite, analyser la prévalence des maladies en fonction de la qualité de l'eau consommée dans la Commune d'Abomey-Calavi à travers les analyses bactériologiques et physico-chimiques au Laboratoire de la DG-Eau en Juillet 2017. Elle vise enfin, à analyser les facteurs liés à la pollution de l'eau de consommation dans le secteur de recherche.

2.1.2. Données et sources

Elles sont relatives aux enquêtes de terrain, aux collectes des données pluviométriques, cartographiques, hydrogéologiques, démographiques, climatologiques, aux données pour la caractérisation des conditions socio-économiques d'accès à l'eau de consommation, aux maladies hydriques et aux facteurs liées à la pollution de l'eau.

2.1.2.1. Méthode de collecte des données climatologiques

Les données climatologiques concernent les séries mensuelles de précipitations et de température de l'ASECNA sur une période de soixante ans (1953 à 2015). Le choix de ce pas de temps est motivé par la nécessité de disposer d'une longueur temporelle suffisante pour observer l'évolution des variations. Les données pluviométriques sont des données de hauteurs de pluie collectées à l'ASECNA. Pour des raisons d'absence de station synoptique et de fiabilité dans la commune d'Abomey-Calavi, les données de la station synoptique de Cotonou Aéroport ont été utilisées. La série retenue couvre la période 1953 à 2015. Cette série a permis d'analyser l'évolution de la pluie sur cette période et de vérifier la recharge en eau souterraine et de surface. Ceci a nécessité la collecte des données de l'ETP sur la même période à l'ASECNA afin d'établir le bilan climatique de la commune.

2.1.2.2. Méthode de collecte des données hydrogéologiques

Les données hydrogéologiques utilisées dans ce document se rapportent à la disponibilité de l'eau, à travers la profondeur des nappes et le débit de l'eau captée, la lame d'eau écoulée et à la recharge de la ressource en eau souterraine. Elles concernent également les données géologiques, lithologiques et topographiques dans la mesure où elles conditionnent la fonction de transfert hydrique atmosphère-sol-aquifère et celle de stockage des réservoirs souterrains. Elles sont issues des travaux de AKPY (2016) sur la dynamique des aquifères sur tout le bassin sédimentaire côtier.

2.1.2.3. Méthode de collecte des données démographiques

Les données démographiques concernent les statistiques démographiques, les caractéristiques socio démographiques (effectif et estimation de la population de la Commune d'Abomey-Calavi, sexe, profession, niveau d'instruction) issues des résultats des recensements de 1979, 1992, 2002 et de 2013 puis complétées par les travaux de terrain.

2.1.2.4. Méthode des données socio-économiques

Les données sur l'approvisionnement en eau potable concernent les données quantitatives (les volumes d'eau prélevés et le prix de vente de l'eau) et qualitatives récentes (qualité bactériologique de l'eau), des types d'infrastructures hydrauliques aménagés par la DG-Eau, la Commune elle-même et les partenaires techniques et financiers. Ces données concernent également les coordonnées géographiques de tous les points d'eau aménagés et les facteurs comportementaux, environnementaux de pollution de l'eau de consommation dans la Commune.

2.1.2.5. Méthode de collecte des données épidémiologiques

Ces données concernent les relevés et les statistiques épidémiologiques sur les dix premières affections qui sévissent dans la Commune d'Abomey-Calavi et sur les maladies hydriques disponibles à la Direction Départementale de la Santé Atlantique/Littoral, au Ministère de la Santé (MS) à partir du SNIGS (Système National Intégré de Gestion Sanitaire), à la zone sanitaire Abomey-Calavi-Sô-Ava, et dans les centres de santé publics et privés du secteur d'étude. Elles ont été recueillies sur une période de dix ans (2008-2017).

2.2. Méthode de collecte des données socio-anthropologiques

Dans cette partie, la population d'étude, l'échantillon et l'échantillonnage, les techniques et outils de collecte des données ainsi que les techniques de traitement des données et d'analyse des résultats ont été présentés

2.2.1. Populations d'étude

Dans le cadre de cette étude, la population cible est constituée des ménages (maîtresse de maison ou un adulte) du secteur de recherche, des autorités locales, des agents de la Direction Générale de l'eau et des autorités du Ministère de la Santé.

2.2.2. Echantillon et échantillonnage

L'échantillon a été déterminé à partir du nombre de ménages dans chaque Arrondissement. La taille de l'échantillon a été déterminée en suivant la méthode de SCHWARTZ(1995). Elle a été calculée avec un degré de confiance de 95 % et une marge d'erreur de plus ou moins 5 %. En procédant ainsi par arrondissement, un taux d'échantillonnage de 60 % est appliqué au résultat pour obtenir un échantillon opérationnel qui est le nombre exact de ménages à interviewer.

$T = Z_{\alpha}^2 \times p.q / i^2$

- **Arrondissement de Godomey**

T = Taille de l'échantillon
Z_{α} = 1,96. Ecart réduit correspondant à un risque α de 5 %

P = proportion des ménages de l'Arrondissement (n) par rapport au nombre de ménages dans la Commune (N)

P = n / N

= 75814 / 187604

= 0,401972373 = 40,19%

i = précision désirée égale à 5 % =0,05

q = 1 – p = 0,598027627=59,80 %

$T = (1,96)^2 \times 0,4019 (1 – 0,4019)/ 0,05^2 = 369,31$

T rapporté au 60 % = 369,31 x (60/100) = 221,58≈222 ménages

Nombre de ménages à interviewer dans l'arrondissement de Godomey est de 222

La même procédure a été adoptée pour les autres arrondissements de la commune.

Le tableau II résume le nombre de ménages investigués par arrondissement.

Tableau II : Répartition des ménages interviewés par Arrondissement

Arrondissements	Nombre ménages estimés en 2017	Nombre de ménages interviewés
Godomey	75814	222
Hêvié	17702	78
Togba	20111	88
Abomey-Calavi	35114	143
Akassato	16679	74
Ouèdo	7581	35
Glo-Djigbé	7380	35
Kpanroun	2728	13
Zinvié	4495	21
Total	**187604**	**709**

Source : INSAE, 2013 et résultats d'enquête juillet 2017

Aussi, convient-il de signaler que l'enquête a pris en compte les autorités locales (les chefs d'arrondissement et quelques chefs de village), des agents de la mairie, des agents de santé, des responsables d'ONG, des agents du DDS-Atlantique et des agents de la DG-Eau comme l'indique le tableau III. La technique d'échantillonnage pour les personnes ressources est faite de façon aléatoire.

Tableau III : Répartition des personnes ressources

Personnes ressources	**Effectifs**
Autorités locales	09
Agents de la mairie	03
Agents de santé	09
Responsables d'ONG	03
Agent DDS-Atlantique	03
DG-Eau	03
Total	**30**

***Source** : Travaux de terrain, juillet 2017*

Sur le terrain, un échantillon de 709 ménages et de 30 personnes ressources ont été investiguées dans le cadre de cette étude. Outre, les personnes échantillonnées, les sources d'eau ont été aussi échantillonnées.

Les points d'eau à analyser ont été sélectionnés par choix raisonné tenant compte de leur répartition géographique. Le type de point d'eau a été un critère important dans la mesure où

les puits de faible profondeur seraient plus exposés aux divers types de pollution que les puits profonds et les forages. Après observation et pré-enquête, il a été retenu trois niveaux pour les prélèvements que sont à la source, durant le transport et au stockage à domicile. Ainsi, le nombre d'échantillons d'eau à prélever a été déterminé par la formule de SCHWARTZ(1995) suivant le protocole 2.

Avec N : Taille des sources d'eau à prélever ;
Z : Taux de confiance de 95 % (1,96) ;
P : Taux d'accès à l'eau dans le département de l'Atlantique en milieu rural est de 68,2%;
I : Précision (5 %) ;
Fc : Facteur de correction (1).

Ainsi, 333,26 échantillons d'eau ont été dégagés auquel un taux (T) de 10 % est appliqué pour avoir un échantillon opérationnel. L'Echantillon N devient alors N_f : **$N_f = N \times 10\ \%$**.

Un échantillon de 33 prélèvements d'eau a été donc retenu réparti sur la figure 2.

La technique d'échantillonnage pour le prélèvement des échantillons d'eau est aléatoire et diffère d'un arrondissement à un autre car les sources d'approvisionnement varient selon l'arrondissement considéré.

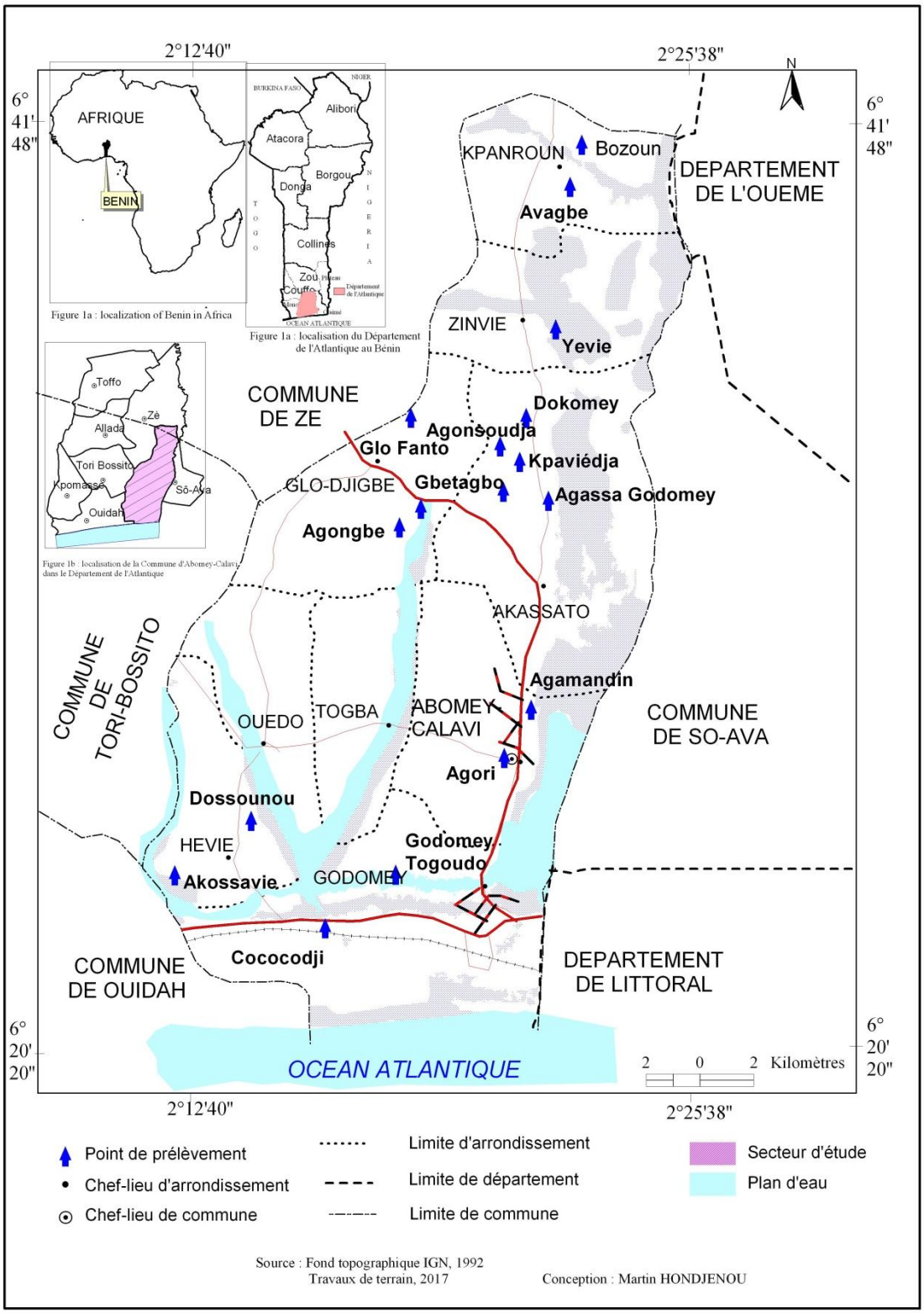


Figure 2 : Site de prélèvement des échantillons d'eau

Source : Résultats d'enquête et travaux de laboratoire, juillet 2017

Les sites de prélèvement ont été choisis en tenant compte des paramètres morpho-structuraux, de l'accessibilité et de la pression humaine exercée sur les points d'eau. A la source, les

échantillons ont été prélevés à la sortie du réseau. Pendant le transport, ils ont été faits dans tous les types de récipients rencontrés lors de l'enquête. Les échantillons faits au stockage de l'eau à domicile sont prélevés dans les jarres qui servent de retenue d'eau pour les ménages.

2.2.3. Choix des sites, conditions de prélèvement et transport des échantillons

Le choix des sites de prélèvement est motivé par plusieurs facteurs que sont la présence d'un ouvrage hydraulique et des puits. Les diversités du niveau d'aménagement, la diversité socioculturelle des populations et la diversité des sources d'eau. Cette configuration géographique et sociale nous a semblés originale et bien adaptée à une telle étude. De plus, ce travail profite de la présence d'associations œuvrant dans le domaine de l'environnement et de l'assainissement qui a facilité l'administration du questionnaire et la participation effective de la population.

Les prélèvements auront lieu dans plusieurs villages. Les flacons stérilisés en verre de la DG-Eau et bouteilles seront utilisés pour le prélèvement et chaque bouteille et flacon est rincé d'avance par l'eau qu'elle doit contenir (RODIER, 2009).

- **Prélèvement au niveau des puits**

Le prélèvement est fait à l'aide d'un flacon stérilisé et d'une bouteille d'eau de 1,5 L chacun, au bout desquels sont fixés une ficelle et un contre poids permettant de les faire descendre dans le puits.

- **Prélèvement au niveau de la rivière TOGBO**

Ici le prélèvement a lieu au niveau de la berge un peu en profondeur. Lorsqu'une bouteille est remplie, on la ferme hermétiquement en maintenant la bouteille dans le fond de la source dans le but d'empêcher l'oxygène d'y pénétrer.

Après le retrait, les bouteilles et flacons contenant les échantillons sont alors conduits au Laboratoire de la DG-Eau dans les conditions prévues pour y subir le dosage des paramètres physico-chimique, bactériologique.

- **Transport des échantillons**

Après avoir fait le prélèvement, les bouteilles et flacons stérilisés contenant les échantillons d'eau sont étiquetés et rangés dans une grande glacière munie des fragments de glaçons pour être immédiatement acheminés au laboratoire.

2.3. Techniques et outils de collecte des données

Pour atteindre les objectifs fixés dans cette thèse, plusieurs outils et techniques ont servi à la collecte des informations exposées dans cette recherche. Comme outils de collecte des données on a le questionnaire ménage, le guide d'entretien, et la grille d'observation.

Dans le cadre de cette recherche, les techniques de collecte des données utilisées sont :

- l'entretien direct ;
- l'entretien semi-direct ;
- l'observation directe.

- **Entretien direct**

Un questionnaire ménage a été élaboré pour faire la collecte des différentes données nécessaires auprès des ménages d'Abomey-Calavi, pour l'établissement de la base de données de la recherche. Le questionnaire utilisé est essentiellement décliné en trois parties. Il s'agit des caractéristiques sociodémographiques, des données liées à l'utilisation des points d'eau et des suggestions faites par chaque individu interrogé. Ainsi, les informations recueillies ont porté sur les sources d'approvisionnement en eau, les récipients utilisés pour le stockage de l'eau de consommation, les méthodes habituelles de traitement de l'eau de consommation, les modes de prélèvement de l'eau stockée et les dépenses pour l'eau. L'objectif est de connaître les comportements que les populations ont envers l'eau ainsi que son environnement. Plusieurs variables ont été alors définies compte tenu des informations recherchées et de leur pertinence. Ces variables sont les types d'infrastructures et leur mode de gestion, les perceptions que les populations ont de la qualité de l'eau issue des infrastructures implantées par l'Etat et les partenaires techniques et financiers, les modes d'approvisionnement, de transport, de stockage de l'eau ainsi que des différentes maladies liées à la consommation d'une eau insalubre. Ces entretiens ont permis de comprendre les interactions de ces communautés avec les différentes sources d'eau afin d'apprécier leurs comportements à travers leurs divers usages.

- **Entretien semi-direct**

Le guide d'entretien a été utilisé pour réaliser des entretiens avec les responsables techniques de la Direction Générale de l'Eau (DG-Eau) du Ministère de l'eau et de l'l'énergie, de la Direction Départementale de l'Eau et des Mines (DDEM) de l'Atlantique, des mairies, des représentants des partenaires techniques et financiers et des ONG intervenant dans le secteur de l'eau et de la santé dans la Commune d'Abomey-Calavi. Les différentes thématiques développées dans ce guide ont porté sur l'installation et les modes de gestion des infrastructures hydrauliques, les principaux facteurs de risque des maladies liées à la consommation de l'eau

insalubre, la sensibilisation à la salubrité, les stratégies d'approvisionnement en eau potable et réduction des maladies hydriques etc. Ces entretiens ont permis de confronter les données recueillies par questionnaire à celles obtenues par entretien.

- **Observation directe**

Selon DUPOND (2007), « l'observation directe est une démarche d'un savoir au service des finalités multiples qui s'insère dans un projet global de l'homme pour décrire, comprendre son environnement et les évènements qui s'y déroulent ». Cette méthode a été utilisée pour le recueil des données qualitatives en complément des entretiens. Le but visé est de recueillir des données sur la base des constats faits sur le terrain quant aux modes de gestion de la salubrité (gestion des ordures, l'hygiène dans et autour des concessions, la propreté des récipients de recueil et de conservation de l'eau) d'une part, les relations des communautés avec les différentes sources d'eau d'autre part et enfin l'hygiène autour des points d'eau. Ces observations ont permis d'apprécier le niveau de propreté des concessions, les modes d'évacuation des déchets et le mode de gestion de l'eau et de tous ses corollaires. Cette observation est nécessaire compte tenu du rôle de l'hygiène de l'habitat sur les maladies hydriques. Elle a été menée généralement très tôt ceci parce que le balayage est une pratique systématique inscrite dans les mœurs et que c'est la première activité que mènent les femmes avant toute autre activité. Il s'effectue généralement le matin au réveil. La présence de déchets de toutes sortes dans la concession après 09 heures témoigne d'un manque de propreté ou alors de l'exercice d'activités génératrices de déchets et de la présence permanente d'animaux dans la concession.

2.4. Matériels de collecte

Les matériels utilisés pour la collecte des données sont constitués :

- du fond de carte hydrographique du Bénin au 1/200 000 comme support pour inventorier les divers cours d'eau qui drainent le secteur ;
- du GPS (Global Positioning System) pour la prise des relevés de coordonnées géographiques des sites, points d'eau et villages visités. Ce qui a aidé à la production des cartes faisant partie intégrante de la présente thèse ;
- de la carte pédologique pour une meilleure connaissance du substratum hydrogéologique devant permettre d'apprécier et de caractériser le socle géologique en place ;
- de l'appareil photographique numérique pour la prise de photos images visuelles parlantes devant servir à illustrer le développement de certains aspects de cette recherche.

A ces matériels s'ajoutent ceux utilisés pour les prélèvements des échantillons d'eau. Les prélèvements des échantillons d'eau ont été faits dans des conditions d'asepsie totale afin

d'éviter leur pollution lors des différentes manipulations. Ces matériels d'analyse se présentent comme suit :

- pour l'analyse physico-chimique il s'agit de :
- d'un flacon de 500 ml ;
- des fioles en verre et en plastique ;
- d'un agitateur magnétique ;
- d'une baguette et papier hygiénique ;
- d'un spectrophotomètre ;
- d'un autoclave.
- pour l'analyse bactériologique, il y a les différents milieux de culture que sont :
- une gélose ordinaire ;
- une gélose lactose au TTC ou au Tergitol 7 ;
- une gélose au désoxychlolate 1 % ;
- un bouillon bilié lactose au vert brillant ;
- une gélose Viande.

2.5. Traitement des données et analyse des résultats

Le traitement des données et l'analyse des résultats constituent la dernière partie de l'approche méthodologique utilisée dans la rédaction de la présente thèse. Le questionnaire a été d'abord saisi dans le logiciel Sphinx 4.5 puis exporté dans le logiciel Excel version 2007 pour la réalisation des graphes et puis le logiciel SPSS 20 a été utilisé pour les traitements statistiques. Pour ce faire, les déterminants physiques (substratum géologique, climats, pédologie) sont d'abord analysés. Il s'agit de quantifier l'eau à partir de la nature des roches en place pour voir si l'eau disponible répond aux besoins réels des populations, ensuite, les déterminants socio-économiques (croissance de la population, activités économiques, capacité financière) sont abordés. Il est question de mettre en corrélation l'évolution démographique avec la quantité d'eau disponible afin de voir si les deux variables sont normalement corrélées. Enfin la distance qui sépare les populations des points d'eau est évaluée dans le but de pouvoir représenter les différentes distances parcourues par les populations avant d'accéder à la ressource. Les différentes réponses issues des investigations et en relation avec le sujet d'étude ont fait l'objet de synthèse et d'analyse. Les données issues des questionnaires au cours des investigations et contre investigations ont été traitées grâce au logiciel SPSS (Statiscal Package for Social Science) et Sphinx 4,5. Les informations contenues dans ces questionnaires ont été superposées et synthétisées. Cet exercice a permis de constater que les informations varient très peu selon

les enquêtés. La marge de variation n'ayant pas dépassée 1 %, les données recueillies des investigations répétées ont été prises en compte dans cette thèse. Le calcul des valeurs absolues et relatives a été réalisé sur la base du score réel (question ne nécessitant oui/non comme réponse) que des réponses pour les questions fermées. Les personnes qui n'ont pas fournis de réponse par rapport à une question précise n'ont pas été prises en compte du fait que leur nombre n'est pas significatif car leur pourcentage est généralement compris entre 3 et 5 %. Les rubriques du questionnaire qui ne nécessitent pas de réponses oui/non ont été codifiées. Elles ont fait l'objet de synthèse à partir du nombre total des personnes interrogées et surtout des réponses fournies et qui sont en cohérence avec le sujet. Des graphes ont été donc réalisés en fonction des forts pourcentages obtenus et compte tenu de la pertinence de la réponse fournie. Le logiciel Arc View 3.2 a été utilisé pour projeter les coordonnées géographiques des infrastructures sur un fond de carte du secteur de recherche. Ainsi, les traitements sont faits dans ce document par objectif.

2.5.1. Caractérisation les déterminants physique et socio-économique de l'accès à l'eau de consommation

2.5.1.1. Méthode de calcul des moyennes thermique, pluviométrique, du bilan climatique et de l'humidité relative

Le bilan climatique permet de mettre en évidence l'évolution du climat à travers les apports pluvieux et les pertes par évaporation et s'exprime par la formule suivante :

Bc = P – ETP, avec : Bc, bilan climatique en mm, P, pluie totale annuelle en mm et ETP, évapotranspiration réelle en mm. L'ETP est définie comme la demande climatique en vapeur d'eau.

- Si P - ETP > 0, alors le bilan est excédentaire ;
- Si P - ETP < 0, alors le bilan est déficitaire ;
- Si P - ETP = 0, alors le bilan est équilibré.

❖ **Etude de la variabilité pluviométrique**

Elle concerne les paramètres de tendance centrale, de dispersion et de mise en évidence des tendances.

❖ **Paramètres de tendance centrale et indice standardisé des précipitations ou (SPI)**

La moyenne arithmétique est l'outil statistique le plus fréquemment utilisé dans les études de climatologie (HOUNDENOU, 1999). Dans cette étude, elle a été calculée sur une série de 60 ans, et elle demeure représentative du climat sur une longue période (FAYE, 2013).

Elle s'obtient en faisant la somme des valeurs distinctes qui ont été observées, chacune d'elles étant affectée d'un poids égal à sa fréquence (FAYE, 2013). Elle s'exprime de la façon suivante :

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i$$

avec n **:** le nombre d'observations. La moyenne a permis d'identifier les différents rythmes pluviométriques, les champs moyens et de caractériser l'évolution de la pluviométrie.

A partir de l'écart type, l'indice standardisé des précipitations ou Standardized précipitation index (SPI) représentant les anomalies centrées réduites pluviométriques interannuelles, a été calculé (HOUNDENOU, 1999).

Les anomalies se calculent par la formule suivante :

$$SPI_i = \frac{X_i - \overline{x}}{\sigma(x)}$$

Avec SPI = indice standardisé des précipitations / anomalie centrée réduite pour l'année i ; $\overline{X}$ = moyenne de la série ; $\sigma(x)$ = écart-type de la série ; xi = précipitation annuelle.

L'indice standardisé des précipitations a été utilisé pour déterminer les années marquées par un excédent ou un déficit pluviométrique dans le milieu d'étude.

En se fondant sur la méthode SWOT (Strenghts, Weaknesses, Opportunies, Theats) correspondant à FFOM (Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces), l'analyse des différents usages de l'eau par secteur d'activités est faite en vue d'analyser les stratégies de gestion durable des ressources de la commune.

2.5.1.2. Estimation de la population et des ménages

$P_i = P_0 (1+R)^{\eta}$ avec **$\eta = i - i_0$** où i_0 = 2013;

Avec:

P_0 : Population en 2013 dans la commune d'Abomey-Calavi ;

R : Taux d'accroissement, 6,7 % (INSAE, 2013) supposé constant pour l'estimation de la population suivant les années de projections **i** = {2016, 2019, 2022, 2025} ;

P_i : = population active estimée suivant les années de projections i,

$M_i = M_{2013} (1+R)^N$

Avec :

M_i= le nombre de ménages estimée suivant les années de projections i ;

M_{2013}= le ménage de l'arrondissement en 2013 (INSAE, 2013) ;

N= le nombre d'année soit dans ce cas 2017 - 2013 = 04 ;

R= taux d'accroissement de la population d'Abomey-Calavi qui est égal à 6,7 % INSAE (2013).

2.5.1.3. Evaluation des besoins en eau domestique

L'analyse des statistiques démographiques et des informations collectées sur le terrain ont permis d'analyser les besoins en eau domestique de la commune d'Abomey-Calavi. Ainsi, en partant de l'estimation de la population en 2017 et sur la base des hypothèses ci-après :

- accroissement constant du niveau de vie des populations ;
- consommation constante de l'eau à usage domestique.

Besoins en eau domestique = ménage totale de la commune X quantités d'eau/ménage/jour (L/hbt/j)

La quantité d'eau moyenne consommée par ménage et par jour a été obtenue avec un échantillon de 739personnes interviewées.

Dans les conditions suscitées et sur la base que les populations urbaines et rurales représenteront respectivement 55 % et 45 % de la population totale (INSAE, 2013), les besoins en eau domestique ont été estimés pour les centres urbains et pour les zones rurales.

Après avoir évalué la quantité d'eau domestique dans la commune, il a été dégagé la part du milieu rural et du milieu urbain.

2.5.1.4. Méthode d'analyse des données liées aux infrastructures hydrauliques

- **Taux de desserte des infrastructures et taux de panne**

Le taux de desserte des infrastructures hydrauliques ainsi que leur taux de panne au cours d'une année sont calculés en fonction des PE fonctionnels observés sur le terrain dans les arrondissements ciblés au cours de la même année. Ils sont déterminés suivant les protocoles de la DG-Eau (2006).

Taux de desserte= [(NbrEPE*250) + (NAb_{SONEB}*12)]*100 / Effectif de la population (Ep) en 2017

Avec : NbrEPE = le nombre d'Equivalent Point d'Eau ; NAbSONEB= le nombre d'Abonné au réseau d'eau de la SONEB ;Ep = Effectif de la population en 2017

$$\boldsymbol{Taux\ de\ panne} = \frac{\textbf{PE non fonctionnels}}{\textbf{PE Réalisés}} \times \mathbf{100}$$

2.5.1.5. Nombres d'heures perdues (NHP) et estimation de la distance parcourue (RMAT°

Le Nombre d'Heures Perdues(NHP) dans une journée par les populations avant de s'approvisionner en eau de boisson est déterminé suivant la somme arithmétique du Temps Aller (T_a), du temps d'attente au point d'eau (T_{ar}) et du temps retour (T_{rt}) et tout ceci multiplié par le nombre de fois où cette action est répétée dans une journée. Cela se traduit par : $\boldsymbol{NHP = n\ (Ta + Tat + Trt)}$(SEBO, 2014 adapté de HONDJENOU)

La distance parcourue pour accéder à un point d'eau a été estimée à partir de la formule du rayon moyen d'action théorique RMAT exprimée comme sur la formule (SNIGS/MS, 2009):

$$\text{RMAT}=\sqrt{\frac{Nombre\ d'infrastructures x 3{,}14}{Superficie}}$$

2.5.1.6. Méthode d'analyse de la gestion des infrastructures hydrauliques

L'approche méthodologique générale qui a été utilisée pour la conduite de cette recherche repose sur la méthode éco-systémique de la santé humaine. Cette approche repose sur les relations entre les acteurs par rapport à la gestion des points d'eau, le modèle institutionnel et empirique de réglementation de la gestion de la ressource, les comportements et les pratiques en cause ainsi que la stratégie pour élaborer et asseoir une gestion et un suivi de la qualité de l'eau issue des points d'eau suivant les contextes locaux observés. L'approche participative est la méthode utilisée. Cette approche s'est déroulée à travers des entretiens semi directifs avec les autorités de la mairie et les responsables de gestion des différents points d'eau. Elle a permis de vérifier par ailleurs, les dynamiques partenariales autour des points d'eau ; d'identifier les forces liées à l'équilibre de la ressource en eau et aux bonnes pratiques desa gestion ; et de faire ressortir les opportunités de la valorisation de l'eau afin de la préserver pour satisfaire durablement les besoins des populations. Ce qui conduit à analyser les faiblesses de chaque ressource en eau liées à sa qualité et les menaces pesant sur son équilibre ainsi que la stratégie de réduction des maladies hydriques.

La méthode FFOM (Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces) a permis d'analyser le mode de gestion des infrastructures d'eau de la commune. Les opportunités et les menaces sont les facteurs externes liés à la gestion des infrastructures et qui ont un effet positif ou négatif sur l'approvisionnement en eau. Les forces et les faiblesses sont des facteurs internes qui contribuent ou qui empêchent la bonne gestion des systèmes d'approvisionnement en eau potable de la commune.

2.5.1.7 Capacité financière des ménages

La capacité des ménages à faire face au « coût de l'eau » a été analysée à partir des volumes d'eau consommés par les ménages et le prix de cession du mètre cube d'eau. Pour réaliser cette estimation, il a été procédé dans un premier temps à la catégorisation en classe, des volumes d'eau consommée mensuellement par ménage. Ensuite, les valeurs nominales des seuils de chaque classe ont été multipliées par le prix moyen de cession du mètre cube d'eau au niveau des sources d'approvisionnement en eau (SEBO, 2014).

2.5.1.8. Construction de l'Indicateur d'Accès à l'Eau de Consommation(IAEC)

Un certain nombre de variables (sept) sont intervenues dans l'opérationnalisation de l'indicateur. Ces variables ont permis de créer un indicateur composite appelé « Indicateur d'Accès à l'Eau Consommation». La démarche statistique qui a abouti à la création de cet indicateur est l'analyse de correspondances principales (ACP) à l'aide du logiciel SPSS 20. L'ACP est une méthode d'analyse factorielle adaptée à l'étude de variables tant quantitatives que qualitatives. Elle peut être aussi utilisée lorsque les données sont ordinales. Elle permet de décrire et d'explorer les relations qui existent entre plusieurs variables simultanément à la différence des méthodes bivariées qui étudient les relations supposées entre deux variables. (HOUNDENOU, 1999). Les variables considérées pour la construction de l'indicateur sont présentées dans le tableau IV.

Tableau IV : variables de l'indicateur d'Accès à l'eau de Consommation (IAEC)

N°	Variables	Modalités
1	Source d'approvisionnement en eau de consommation	SoNEB = 1 Forage = 2 Eaux de surface = 3
2	Moyen de prise de l'eau au point d'eau	Pompe = 1 Sceau à treuil = 2 Sceau ou bidon avec corde = 3
3	Stabilisation de l'eau durant le transport	Rien = 1 Branchage = 2 Toile cirée = 3
4	Nature du récipient de stockage	Jarre = 1 Plastique (seau) = 2 Bassine (métallique) = 3
5	Fréquence de renouvellement de l'eau des récipients	Un jour = 1 Plus d'un jour = 2 Dès que l'eau finie = 3
6	Hygiène des récipients de stockage de l'eau	Laver au savon et l'éponge = 1 Laver sable et éponge = 2 Rincer à l'eau = 3
7	Distances parcourues pour s'approvisionner	Moins de 200 m = 1 200-500 m = 2 Plus de 500 =3

***Source** : Modèle théorique, 2017*

A la suite du calcul de l'indicateur d'accès à l'eau potable, les valeurs obtenues ont été classées selon un ordre hiérarchique avec des rangs allant de 1 à 3 :

1 = Accès facile

2 = Accès moyen et

3 = Accès difficile.

2.5.1.9. Appréciation de la relation entre l'accès à l'eau et les maladies hydriques

Une multitude de déterminants influent de diverses manières sur la santé en général et sur la morbidité liée à l'eau en particulier. Avoir de l'eau à disposition en quantité suffisante et en qualité contribue au maintien de la santé. Elle peut être aussi source de maladie du fait de sa contamination par des déchets ménagers, industriels, agricoles, par des excréta et divers déchets organiques. L'eau est indispensable à la vie, et pourtant un ensemble de facteurs en réduisent toujours plus la disponibilité: croissance démographique, production agricole, pauvreté, mauvaise gestion des ressources en eau ou troubles politiques.

Les ressources en eau potable se raréfient sur terre, alors que les besoins s'accroissent au jour le jour. Les maladies hydriques sont un syndrome qui présente une diversité épidémiologique, étiologique et clinique. Compte tenu du poids de la morbidité diarrhéique dans les statistiques sanitaires de secteur de recherche, les différents facteurs de risques ont été identifiés afin d'en apprécier le poids à partir de quelques outils statistiques.

Ainsi, les tests de Chi-deux ont permis d'apprécier la significativité des liaisons entre les variables d'accès à l'eau, de la qualité de l'eau et de la prévalence diarrhéique sans pour autant définir strictement les causalités de la dépendance entre les deux paramètres étudiés. Ils ont également permis d'apprécier la significativité globale du modèle explicatif de l'évolution de la prévalence diarrhéique.

2.5.2. Détermination la qualité physico-chimique et des facteurs de pollution de l'eau de consommation

La qualité de l'eau est appréciée à travers les paramètres physico-chimiques et bactériologiques considérés comme les indicateurs de qualité. Elle est appréciée en confrontant ces résultats (physico-chimiques et microbiologiques) aux normes de la potabilité de l'ABeNor (2003) pour les eaux de boisson et celles de l'OMS (2008). Ces normes correspondent à la Valeur Maximale Admise (VMA), utilisée pour les résultats d'analyse bactériologique et à la Concentration Maximale Admise (CMA) pour les paramètres physico-chimiques. Ainsi, les protocoles

d’analyse des paramètres physico-chimiques faits par le laboratoire de la DG-Eau sont présentés.

2.5.2.1. Méthode de prélèvement des échantillons d’eau

Les prélèvements d’eau ont été réalisés dans des flacons en verre de 500 ml munis d’un bouchon rodé ou d’un bouchon à vis bien ajusté stériles et lestés auxquels est attachée une ficelle permettant de les faire descendre dans les puits d’après les directives du Ministère de la Santé (1987).

Le protocole de prélèvement varie en fonction du point d’eau. Ainsi, la méthode de chaque point d’eau prélevé a été présentée.

- **Au robinet**

Il s’est agi de laisser couler à fort débit, l’eau froide de consommation principale pendant au moins cinq (5) minutes avant tout prélèvement.

- **A la pompe (forage)**

Environ cinq (5) seaux d’eau ont été pompés avant que l’échantillon ne soit prélevé.

- **Eau de surface**

- Le contenant a été tenu par l’extérieur et plongé dans l'eau perpendiculairement jusqu'à une profondeur d'environ 15 cm ;
- le goulot a été dirigé dans le sens contraire du courant et le contenant a été remonté en faisant un arc de cercle. Le surplus d’eau a été rejeté pour conserver un espace d’environ 2 cm entre le niveau de l’eau et le goulot ;
- la bouteille a été remplie jusqu’à 2 cm du goulot.

Les échantillons ainsi obtenus ont été réfrigérés immédiatement après le prélèvement et conservés jusqu’au moment de leur envoi au laboratoire. L’un des éléments capitaux de la qualité d’une eau de boisson consiste en son examen microbiologique. Pour ce faire, on procède à la détermination de la qualité de l’eau en analysant des échantillons recueillis dans les points d’eau.

2.5.2.2. Analyse des paramètres physiques

L’analyse des paramètres physiques a été faite *in situ* et en laboratoire pour permettre d’avoir des données à corréler avec les données épidémiologiques.

- ✓ **Potentiel d'hydrogène (pH)**

La valeur du pH d'une source d'eau est une mesure d'acidité ou d'alcalinité. Le niveau du pH est une mesure de l'activité de l'atome d'hydrogène parce que le niveau d'activité de l'hydrogène représente bien l'acidité et l'alcalinité de l'eau. Le potentiel Hydrogène est l'un des paramètres opérationnels de la qualité de l'eau. Le pH est un paramètre très sensible à divers facteurs environnementaux, car il dépend des variations de la température, de la salinité et du taux de CO_2 dissous et de la nature géologique du terrain qui abrite l'eau (AZAMI HASSANI, 1996). Une baisse du pH marque une augmentation de la teneur en CO_2, la diminution de la teneur en O_2 et l'accroissement de la teneur en matières organiques (LAGNIKA, 2015). Le potentiel Hydrogène de l'eau est déterminé à l'aide d'un didracteur pH-mètre. Avant toute utilisation, l'appareil est étalonné à l'aide d'une solution de pH = 4, de pH = 7 et de pH=10. Après avoir allumé l'appareil, l'électrode est bien rincée avec de l'eau distillée puis, elle est trempée dans l'eau à analyser. La lecture du pH est faite après stabilisation de l'appareil.

- ✓ **Couleur**

Elle est exprimée en couleur « apparente » ou en couleur « vraie » en suspension. En filtrant ou en centrifugeant l'échantillon, on détermine la couleur vraie.

- ✓ **Conductivité**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique et permet d'avoir une idée de la somme totale des sels minéraux dissouts et des ions majeurs de l'eau. Elle est exprimée en micro siemens par centimètre (µs/cm). Elle est influencée par la charge électrique, la mobilité de chaque ion et la température (BABADJIDE, 2011). La conductivité est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. La conductivité varie également en fonction de la température. Elle a, la plupart du temps, une origine naturelle due au lessivage des terrains lorsqu'il pleut. Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux. Elle peut également avoir pour origine l'activité humaine causée par les effluents agricoles, industriels ou domestiques qui contiennent des sels contribuant, eux aussi, à l'accroissement de la conductivité. Mais néanmoins, la conductivité d'une eau est un critère qui donne une information sur sa composition chimique, il n'est donc pas surprenant que la norme la place comme le principal paramètre à mesurer. Il est donc important de compter toutes les conductivités à une température de référence, habituellement à 25°C. Selon HAKMI, (2006) la conductivité augmente beaucoup lorsque la température s'accroit, ce phénomène s'explique par le fait que la mobilité des ions augmente à cause de la diminution de la viscosité du milieu.

La conductivité électrique est mesurée à l'aide d'un conductimètre portatif WTWTF 340, équipé d'un TSD qui sert à mesurer aussi le total des sels dissous (TDS).

2.5.2.3. Analyse chimique de l'eau

Cette analyse est effectuée au laboratoire « Précis » et a consisté à mesurer la présence et la teneur de certains composés dont la concentration indique une pollution probable de l'eau. Les paramètres considérés sont donc l'ammonium, les nitrates et les nitrites.

- ✓ **Mesure de la concentration de l'Ammonium (NH_4^+) dans l'eau**

L'existence de l'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'une des principales préoccupations suscitées par la présence d'ammoniac dans l'eau potable est la formation possible de nitrates et de nitrites, composés qui posent des risques pour la santé et qui font l'objet de recommandations pour la qualité de l'eau potable. Les nitrites et les nitrates sont des produits de la nitrification, un processus en deux étapes par lequel l'ammoniac est oxydé soit dans les eaux naturelles, soit dans l'eau désinfectée par chloramination. La nitrification dans les réseaux de distribution chloraminés est bien documentée (SKADSEN, 1993; ODELL et *al.,* 1996 ; WILCZAK et *al.,* 1996). Selon KIRMEYER et *al.,* (1995) ainsi que WILCZAK et *al.,* (1996), une nitrification est susceptible de se produire dans 63 % des réseaux publics où on emploie des chloramines comme désinfectant secondaire. La nitrification dans les réseaux de distribution peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'eau. Elle peut notamment entraîner une augmentation des concentrations de nitrites et de nitrates, une baisse des chloramines résiduelles, ainsi qu'une revivification bactérienne (montrée par la numération sur plaque des bactéries hétérotrophes, avec détection possible d'*Escherichia coli*), de même qu'une réduction du pH et de la teneur en oxygène dissous. En effet, pour faciliter la lecture, des dilutions successives sont effectuées sur les échantillons d'eau au 1/10 et 1/20. Le dosage est fait à l'aide d'un spectrophotomètre DR/6000 HACH à 425 Dm dans la gamme de 0 à 2,5 mg/l.

- ✓ **Mesure de la concentration en Nitrates (NO_3^-) et en nitrites (NO_2^-)**

De façon naturelle, les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre *Nitrosomonas,* puis en nitrates par les bactéries du genre *Nitrobacter* (SANTE CANADA, 2011). Les nitrates sont très solubles dans l'eau; ils migrent donc aisément dans la nappe phréatique lorsque les niveaux excèdent les besoins de la végétation (SANTECANADA, 2011). La présence de nitrates dans l'eau de consommation est principalement attribuable aux activités humaines (SANTECANADA,

2011). L'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumiers, associée aux cultures et à l'élevage intensifs, favorise l'apparition de nitrates dans l'eau. Les installations septiques déficientes, de même que la décomposition de la matière végétale et animale, peuvent aussi être une source de nitrates dans l'eau (CHAUSSE et *al.*, 2003). Le risque de contamination est plus important si le sol recouvrant la nappe d'eau est vulnérable (ex : sablonneux) et si la nappe est peu profonde (puits de surface). Les nitrates-nitrites sont des composés chimiques présents dans la nature qui se dissolvent facilement dans l'eau et qui migrent aisément vers les nappes d'eau souterraine.

La concentration en nitrate et en nitrates dans l'eau est déterminée grâce au spectrophotomètre. Le spectrophotomètre utilisé est de la marque DR /6000 LANGE. Après avoir mis en marche l'appareil, le programme à utiliser est choisi ; il s'agit du 354N qui mesure la concentration du nitrate de 0,1 à 10 mg/l. La lecture de la valeur affichée est faite après stabilisation de l'appareil.

- ✓ **Mesure de la turbidité**

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques…). Une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. Elle est mesurée pour assurer l'acceptabilité de l'eau aux usagers et non pas pour son impact direct sur la santé. La turbidité est mesurée en unités de turbidité néphalométriques (UTN) à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchie par les particules dans l'eau. La turbidité peut s'échelonner de moins d'une UTN (-1) à plus de 1000 UTN. A une valeur de 5 UTN, l'eau est visiblement trouble et à 25 UTN, elle devient noirâtre. La turbidité et la conductivité spécifique peuvent respectivement permettre d'estimer les quantités de matières en suspension et de matières dissoutes présentes, mais ni l'une ni l'autre ne peut être utilisée comme substitut absolu d'une analyse plus précise. À certains endroits sur lesquels on dispose de données suffisantes, une bonne relation peut être établie entre la turbidité et les matières en suspension; cependant, cette relation doit être vérifiée régulièrement.

- ✓ **Mesure Total de Solides Dissous**

Le total de solides dissous (TDS) représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et

sulfates qui sont tous des anions. Tous ces paramètres ont été dosés avec le spectrophotomètre de type DR/6000 HACH LANGE.

2.5.2.4. Analyse bactériologique

Les autres mesures plus complexes ou non sont effectuées au laboratoire dans des conditions plus optimales avec des appareils plus sophistiqués. Il faut noter que toutes les mesures bactériologiques sont faites au laboratoire parce que demandant des manipulations en absence totale de microbes et des conditions d'incubation qui ne peuvent être réalisées qu'au laboratoire. Elles se résument en l'analyse chimique et bactériologique de l'eau. Ainsi, les analyses bactériologiques ont été réalisées dans des conditions d'asepsie totale pour éviter de souiller l'eau. Elles ont consisté à rechercher si l'eau est contaminée par les microorganismes pathogènes. Comme tous les microorganismes ne peuvent pas être examinés et dénombrés au même moment, il est recherché la présence de certaines bactéries indicatrices de pollution. Trois (3) micro-organismes ont été recherchés. Il s'agit des coliformes totaux recherchés à une température de 37°C dans un milieu GELOSE LACTOSEE au TTC et au TERGITOL 7, des coliformes fécaux déterminés à une température de 44°C dans un milieu GELOSE LACTOSEE au TTC et au TERGITOL 7 et des streptocoques fécaux déterminés à une température de 44°C en utilisant le Slanetz Agar Base comme milieu de culture.

2.5.2. Analyse des facteurs de pollution de l'eau de consommation

Les données collectées pour cet objectif sont traitées avec le logiciel Excel 2007. Etant donné que toutes les données collectées sont de nature quantitative et sont principalement les différentes distances entre les infrastructures d'assainissement, les ouvrages hydrauliques et les concessions des populations. Ainsi, des croisements ont été faits pour juger de la significativité des liaisons entre ces paramètres et la morbidité hydrique.

2.5.2.1. Construction de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE)

Une classification des habitations insalubres ou non permet de cerner la variation des indicateurs en matière d'assainissement de l'environnement. Les variables de salubrité de l'environnement qui ont été prises en compte dans cette analyse factorielle de salubrité concernent : la gestion des animaux, des ordures, des eaux-vannes et le lieu d'aisance des populations. Toutes ces variables agrégées ont permis de construire un indicateur appelé « Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE). Ainsi, les variables agrégées pour la construction de l'indicateur de salubrité sont présentées dans le tableau V.

Tableau V: Variables de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE)

N°	Variables	Modalités
1	Gestion des animaux domestiques	Enclos = 1 Cours de la concession = 2 Nature = 3
2	Mode d'évacuation des ordures ménagères	Incinération = 1 Enfouissement = 2 Nature ou eau stagnante = 3
3	Lieu d'aisance des populations	Fosses septiques/latrines = 1 Nature = 2 Cours d'eau = 3
4	Mode d'évacuation des eaux usées	Caniveau ou puisard = 1 cours d'eau = 2 dans la cour /nature = 3

***Source** : Modèle théorique, 2017.*

Après l'agrégation de l'indicateur d'accès à l'eau potable, les valeurs obtenues ont été classées sur une échelle allant de 1 à 3:

1 = Environnement propre

2 = Environnement sale et

3 = Environnement très sale.

2.5.2.2. Elaboration de la matrice de sensibilité

L'élaboration de la matrice de sensibilité permet de résumer les différentes étapes devant conduire à la création de l'indice. Son établissement aide à identifier les priorités en termes d'exposition aux différentes variables prises en compte et d'assurer la liaison avec l'évaluation de la qualité de l'environnement. Les lignes de la matrice comportent les différentes variables considérées qui impactent la salubrité de l'environnement. Quant aux colonnes, elles présentent le risque sanitaire (maladie hydrique) auxquels sont soumises les populations d'une part et la grille d'appréciation et le rang d'importance d'autre part.

L'exercice de l'élaboration de la matrice consiste à confronter les variables considérées avec l'échelle de mesure identifiée dans la zone d'étude et permet d'indiquer la sensibilité de chaque composante de l'environnement par rapport à l'un ou l'autre niveau de considération relevé. L'un des objectifs de la matrice consiste à montrer dans quelle mesure les seuils de vulnérabilité varient d'une unité à risque à l'autre (et en fonction du temps). Les variables de cette matrice sont présentées dans le tableau VI.

Tableau VI : Matrice d'appréciation de l'assainissement dans la survenue des maladies hydriques

Cause de maladies	**Maladies hydriques**	**Grille d'appréciation**	**Rang d'importance**
	Indice d'exposition		
Défécation sauvage			
Ordures			
Consommation d'eau sale			

***Source** : Adapté FALL et al., 2011*

La présente matrice d'appréciation est interprétée à travers l'indice d'exposition, la grille d'appréciation et le rang d'importance.

Ainsi, l'indice d'exposition de la population dépend du résultat noté entre l'élément à risque (cause de la maladie hydrique) et le risque lui-même (maladie hydrique). Il se fait par un système de moyenne du score attribué par les ménages échantillonnés dont l'échelle de notation varie de 1 à 3 dans cette recherche.

Pour l'interprétation des résultats obtenus, il a été question de calculer la moyenne des scores attribués pour l'exposition en la grille d'évaluation de la matrice. Ainsi, l'appréciation est soit faible, moyenne ou forte selon le score obtenu pour chaque élément. Les éléments présentant les plus grands scores sont considérés comme étant les plus importants dans la construction de la matrice. Les grilles d'exposition et d'évaluation se présentent dans le tableau VII.

Tableau VII : Présentation de la grille d'exposition, d'impact et d'évaluation

Grille d'exposition		
1	2	3
Faible	Moyen	Fort
Grille d'évaluation		
1	Faible	
2	Moyen	
3	Fort	

***Source** : Adapté de Fall et al. (2011)*

2.5.3. Analyse des effets sanitaires de la consommation de l'eau

2.5.3.1. Appréciation de la relation entre l'accès à l'eau et les maladies hydriques

Une multitude de déterminants influent de diverses manières sur la santé en général et sur la morbidité liée à l'eau en particulier. Avoir de l'eau à disposition en quantité suffisante et en qualité contribue au maintien de la santé. Elle peut être aussi source de maladie du fait de sa contamination par des déchets ménagers, industriels, agricoles, par des excréta et divers déchets organiques. L'eau est indispensable à la vie, et pourtant un ensemble de facteurs en réduisent toujours plus la disponibilité: croissance démographique, production agricole, pauvreté, mauvaise gestion des ressources en eau ou troubles politiques.

Les ressources en eau potable se raréfient sur terre, alors que les besoins s'accroissent au jour le jour. Les maladies hydriques sont un syndrome qui présente une diversité épidémiologique, étiologique et clinique. Compte tenu du poids de la morbidité diarrhéique dans les statistiques sanitaires de secteur d'étude, les différents facteurs de risques ont été identifiés afin d'en apprécier le poids à partir de quelques outils statistiques.

Ainsi, les tests de Chi-deux ont servi à juger de la significativité des liaisons entre les variables d'accès à l'eau, de la qualité de l'eau et de la prévalence des maladies hydriques sans pour autant définir strictement les causalités de la dépendance entre les deux paramètres étudiés. Ils ont également permis d'apprécier la significativité globale du modèle explicatif de l'évolution de la prévalence des maladies hydriques.

2.5.3.1. Méthode d'analyse des statistiques épidémiologiques

Les statistiques épidémiologiques ont été traitées suivant la prévalence. La prévalence est un indicateur statique de morbidité. Elle se définit comme la proportion d'un nombre de cas d'une maladie à un instant donné sur la population dont sont issus ces cas (ANCELLE, 2011). Elle est déterminée par la formule 10.

$$\boldsymbol{Prévalence} = \frac{\textbf{Nombre de cas (ancien + nouveau) d'une maladie à un instant (t)}}{\textbf{Population cible à un instant t}} \times \mathbf{1000}$$

Ce paramètre renseigne sur l'importance d'une maladie ou d'une infection dans une population à un moment donné. A la suite de cette méthodologie, les fondements physiques et humains d'accès à l'eau de consommation ont été présentés dans le chapitre III de la deuxième partie pour permettre de mieux connaître le secteur de recherche.

Conclusion partielle

Dans cette partie, les cadres théorique et conceptuel de la recherche ont été exposés. Cette étape a permis de faire le point des écrits sur le sujet, toute chose qui a abouti à présenter l'approche méthodologique à suivre. En effet, l'approche méthodologique adoptée a été déclinée en deux parties à savoir une démarche d'ordre générale qui a pris en compte les outils, les matériels et les méthodes de collecte des données ; et une démarche d'ordre spécifique qui a présenté le traitement par objectif. Cette méthodologie suivie détaille les diverses étapes pour atteindre les objectifs fixés dans cette recherche. Les outils utilisés nous ont permis d'obtenir les résultats qui se présentent comme suit.

PARTIE II : DETERMINANTS NATURELS ET SOCIO-ECONOMIQUESD'ACCES A L'EAU DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE ABOMEY-CALAVI

Dans cette deuxième partie, les caractéristiques physiques (facteurs climatologiques, hydrogéologiques, et pédologiques) et humaines (évolution démographique, et taille des ménages) de la Commune d'Abomey-Calavi ont été présentées dans le but de connaitre le cadre de recherche. Tous ces paramètres météorologiques et démographiques ont servi à apprécier la recharge en eau souterraine et caractériser la disponibilité et l'accès à l'eau de consommation pour les populations dans ladite Commune.

CHAPITRE III : DETERMINANTSNATURELSET HUMAINS D'ACCES A L'EAU DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI

Le chapitre III présente les aspects physiques et humains de la Commune d'Abomey-Calavi. Il est question d'aborder le secteur de recherche à travers les paramètres météorologiques (climat, température, pluie), le contexte hydrogéologie et les besoins en points d'eau, le substratum pédologique et l'évolution démographique ainsi que les caractéristiques sociodémographiques et le contexte culturel de l'accès à l'eau de consommation. Tous ces paramètres doivent permettre d'exposer les facteurs qui conditionnent la disponibilité de l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin.

3.1. Situation géographique de la commune d'Abomey-Calavi

La commune d'Abomey-Calavi est située dans la partie sud de la République du Bénin et dans le département de l'Atlantique. Elle se trouve entre la latitude 6°20′20″ et 6°41′48 ″ nord et la longitude 2°12′40″ et 2°25′38″ est. Elle est limitée au Nord par la commune de Zè, au sud par l'océan Atlantique, à l'est par les communes de Sô-Ava, de Cotonou (littoral) et d'Adjohoun dans le département de l'Ouémé et à l'ouest par les communes de Tori-Bossito puis de Ouidah. La commune s'étend sur une superficie de 650 km² soit 0,48% de la superficie nationale et plus de 20% du territoire à l'échelle départementale. L'ensemble de ce cadre de vie présente des particularités géologiques, pédologiques, hydrographiques et climatiques qui conditionnent la disponibilité des ressources en eau atmosphérique, de surface et souterraines dans la commune d'Abomey-Calavi. Actuellement, la commune compte six (06) quartiers de ville et soixante-quatre (64) villages dirigés par des chefs de quartier ou de village. Elle est subdivisée en neuf (09) arrondissements dont Abomey-Calavi, Akassato, Glo-Djigbé, Godomey, Hèvié, Kpanroun,Ouèdo, Togba et Zinvié. La figure 3 présente la situation géographique de la commune d'Abomey-Calavi.

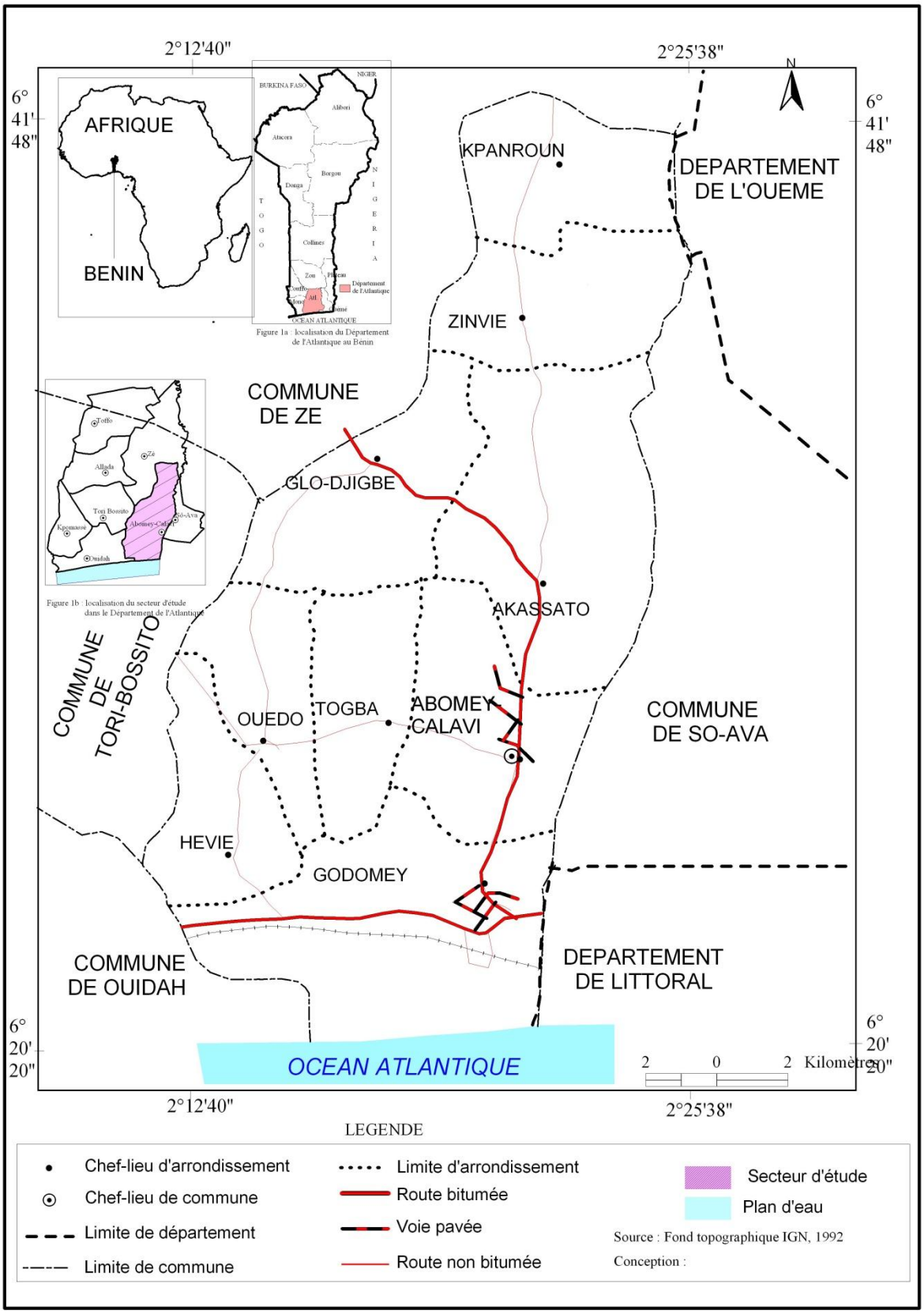


Figure 3 : Situation géographique de la commune d'Abomey-Calavi

Les facteurs qui influencent la disponibilité de l'eau dans la commune d'Abomey-Calavi sont d'ordre physique et humain.

3.2. Facteurs physiques influençant la disponibilité de l'eau

Le cadre physique présente le relief, les facteurs climatiques, l'évolution des hauteurs de pluie, l'hydrographie et les facettes géologiques.

3.2.1. Relief

La commune d'Abomey-Calavi a un relief peu accidenté caractérisé par une bande sablonneuse avec des cordons littoraux, un plateau de terre de barre et des dépressions et marécages (AKPY, 2016).

3.2.1.1. Plaine côtière

Peu étendue de largeur moyenne de 4 Km, la plaine côtière borde l'atlantique (BOKO et ADAM, 1993). C'est une plaine basse (0 à 5 m d'altitude) insensiblement inclinée vers le sud (pente moyenne 0,1%) (KEMORAL, 2016). Elle s'étend de Togbin à Cocotomey et abrite une multitude de cordons littoraux séparés par des marais ou des lagunes. Ces cordons peuvent être regroupés en deux types: le cordon récent plus proche du rivage formé du sable d'âge holocène déposé par la dérive littorale et le cordon ancien plus au nord jusqu'à la lagune de Djonou au pied du plateau composé de dépôts de sable jaune du quaternaire (YEMADJE, 2013). La plus grande partie de l'arrondissement de Godomey (excepté Togoudo) est du domaine de la plaine côtière faite d'une succession de cordons littoraux anciens et récents jalonnés par des marais surtout dans les quartiers ou villages de Togbin, Dèkoungbé et Cococodji. Mais, il existe des marécages et des zones inondables dont les altitudes peuvent descendre jusqu'à 0,5 m. Les points les plus élevés (14 m) sont situés au nord (Togoudo) sur une petite bande du continental terminal (KEMORAL, 2016). Les pentes assez faibles ne permettent pas un bon drainage des eaux de pluie, ce qui favorise l'inondation d'une grande partie de l'arrondissement.

3.2.1.2. Plateau de terre de barre

Au contact de la plaine se trouve le plateau de terre de barre qui constitue un morceau du vaste plateau d'Allada (ou plus loin encore d'Abomey) séparé du littoral par la lagune Djonou. Couvrant la majeure partie de la Commune et d'altitude variant entre 10-40 m avec des talus de pentes faibles variant entre 0,1 et 3 %, le plateau de terre de barre s'incline de façon générale vers la vallée de l'Ouémé à l'est puis vers l'océan atlantique au sud (ADAM et BOKO, 1994). Ce relief de plateau est fait des sols très inondables et parsemé de cuvettes. Il est entaillé ça et là par des vallées encaissées qui sont orientées de NS ou WE. Située au sud-est du plateau d'Allada, la commune d'Abomey-Calavi s'étire vers la zone de plateau dont l'altitude monte jusqu'à 30 m. De l'est à l'ouest, elle s'étend de la rive droite du lac Nokoué, autrement dit de

la plaine côtière de faible altitude (0 à 5 m), vers le sommet du plateau (KEMORAL, 2016). La topographie de la commune connaît de ce fait, une allure caractérisée par une double pente: l'une vers l'est plus précisément vers le lac Nokoué qui délimite la commune, et l'autre vers le sud limitée par la lagune de Djonou, une des lagunes anciennes du sud Bénin. Au nord de cette lagune, s'élève un plateau dont l'altitude varie entre 11et 30 m, incliné NS-WE, parsemé des dépressions fermées de bassins compris entre 5 et 88 ha (AKPY, 2016). Parmi les dépressions, celle de Bakanmè se présente comme un vallon qui entaille le plateau presque parallèlement à la Route Nationale Inter-Etats N°2 qui communique avec la lagune de Djonou. Ces dépressions fermées ou cuvettes dispersées ne facilitent pas la collecte des déchets dans certains quartiers.

En dehors des dépressions fermées, la commune d'Abomey-Calavi est traversée sur toute sa longueur par un escarpement orienté SE-NW. Il occupe une bande de 400 à 500 m de large, sur environ une longueur approximative de 6 km. C'est un faciès qui se présente sous forme d'une corniche reliée au lac Nokoué au sud par une plaine inondable (AKPY, 2016).

Cette platitude du relief est un atout pour l'installation humaine et les activités socio-économiques. Ceci a pour conséquence la croissance démographique et a pour corollaire l'augmentation de la quantité de déchets produits et qui conduit à la multiplication des décharges incontrôlées dans la Commune. Ces décharges pour la plupart sont localisées dans les dépressions, les marécages et les bas-fonds (YEMADJE, 2013). Cette situation est l'une des causes des inondations devenues récurrentes. Aussi, les pentes fortes et le sens d'orientation des vallées facilitent-ils pendant la saison pluvieuse le transport des déchets par les eaux de ruissellement soit vers le littoral ou vers le lac Nokoué. Lors du transport, certains déchets échouent au niveau des ravins, ce qui fait que les rues sont jonchées de déchets après les pluies créant ainsi l'insalubrité dans les quartiers (YEMADJE, 2013).

3.2.2. Réseau hydrographique

La commune d'Abomey Calavi dispose d'un réseau hydrographique très peu diversifié. Il est constitué essentiellement de deux plans d'eau que sont le lac Nokoué et la lagune côtière (AKPY, 2016). Elle dispose, en outre, d'une façade maritime juxtaposée à la lagune côtière, des marais, des ruisseaux et des marécages. La figure 4 l'état du réseau hydrographique**.**

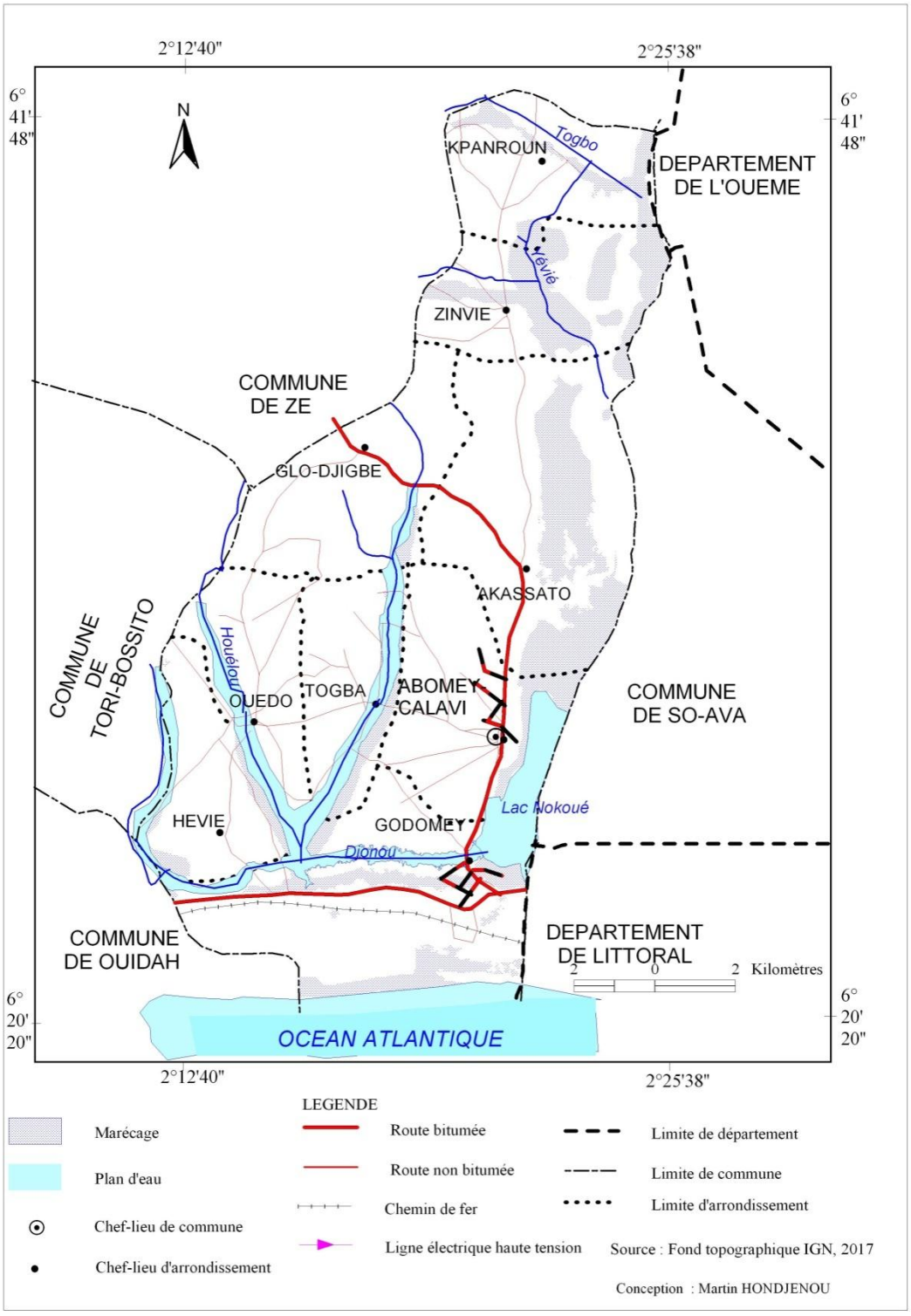


Figure 4 : Réseau hydrographique de la commune d'Abomey-Calavi

Source : *Résultats d'enquête, juillet 2017*

Deux arrondissements importants de la commune, Abomey-Calavi et Godomey, partagent avec d'autres communes voisines le lac Nokoué qui est le principal plan d'eau de la commune. Les quartiers de ces arrondissements riverains du lac sont : Xwlacomey, Sedomey, Togoudo et Godomey. La pêche est la principale activité menée autour du lac par les populations d'Abomey-Calavi et de Godomey. Le maraîchage se faisait beaucoup dans l'arrondissement de Calavi mais il a perdu son importance. Les arrondissements de la commune disposant de cours d'eau, autres que le lac Nokoué, sont Kpanroun, Ouèdo et Zinvié. Le fleuve Togbo est la principale ressource en eau qui limite l'arrondissement de Kpanroun au niveau du village de Bozoun. L'activité principale sur ce fleuve est la pêche. Les autres usages sont le maraîchage et l'arrosage de pépinière pour les plantations de bois de feu. La tendance environnementale dans ce cours d'eau est à la dégradation avec la raréfaction de plus en plus importante d'espèces halieutiques. Il existe aussi des retenues artificielles ou bassins privés qu'on retrouve dans six localités sur sept du village de Kpaviédja, qui servent à des activités de pisciculture. La contrainte principale limitant le développement des retenues d'eau est le manque d'entretien du secteur.

À Ouèdo, la seule ressource en eau de l'arrondissement est la rivière Houélou qui traverse les villages de Womè, d'Agbato, d'Allansankomè et de Hèvié. Cette rivière est utilisée principalement pour le transport mais également pour la pêche. L'eau de cette rivière est également utilisée pour l'arrosage de plantations d'acacia et de palmier. La principale contrainte environnementale rencontrée au niveau de cette rivière est son ensablement de plus en plus important. Les autres contraintes à une meilleure valorisation de cette ressource sont le manque de moyens financiers et la méconnaissance des techniques de pêche (PLAGE, 2010).

Zinvié est l'arrondissement de la commune qui est le plus doté en ressources en eaux de surface, avec un réseau hydrographique relativement dense constitué essentiellement de rivières que sont Dokomè et Yèvié. L'accès à toutes ces rivières est libre. L'activité principale qui y est pratiquée est la pêche. Les rivières servent également à des offrandes ou à des cérémonies traditionnelles. Les principales contraintes environnementales identifiées pour l'exploitation durable de ces rivières sont l'ensablement et la salinisation des eaux (PLAGE, 2010).

Les autres arrondissements de la commune d'Abomey-Calavi ont des ressources en eaux de surface très limitées. C'est le cas de Hèvié, d'Akassato, de Glo Djigbé et de Togba qui ne sont traversés par aucun fleuve ou cours d'eau importants, à l'exception des bas-fonds de Togba dont le lit (rivière) s'étend jusqu'à Glo-Djigbé. Ces arrondissements ne disposent non plus de lacs ou retenues artificielles d'importance. Dans le cas d'Akassato, les seules ressources en

eaux seraient constituées par les eaux mal drainées de ses bas-fonds (PLAGE, 2010). La planche 1 présente quelques plans d'eau de la commune d'Abomey-Calavi.

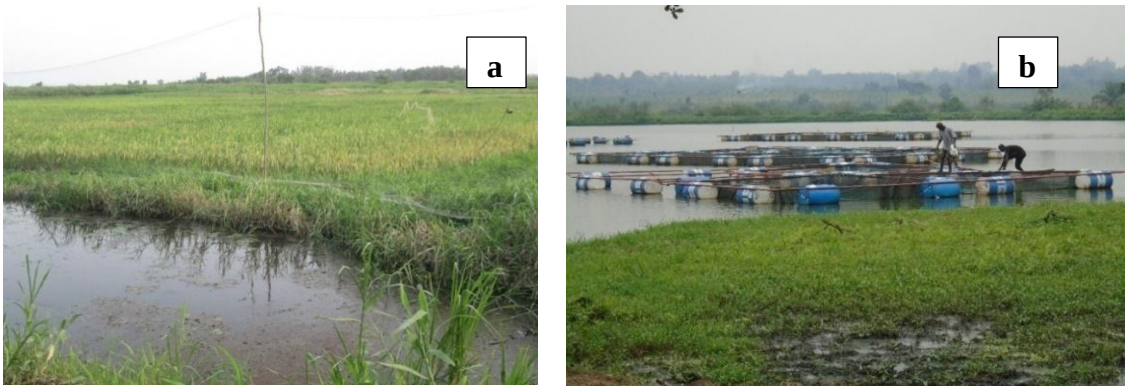


Planche 1 : Marécage à Dokomey dans l'arrondissement de Zinvié (a) et plan d'eau "lac vert'' à Djigbo dans l'arrondissement de Kpanroun (b)

Prise de vue: Hondjènou, juillet 2017

Les eaux de surface de la commune d'Abomey-Calvi sont exploitées pour satisfaire aux besoins des populations. L'exploitation de plans d'eau et cours d'eau de la commune ne génère pas de revenus directs à la municipalité. Les principales contraintes au développement de la pêche sur le lac sont, le manque d'appui technique de la direction de la pêche et le manque d'appui de la mairie. Du point de vue environnemental on assiste à l'encombrement et au comblement (ensablement) du lac, à la baisse de la production avec la rareté des ressources halieutiques. Le lac Nokoué est pollué du fait de l'utilisation *d'acadjas* et de pieux comme pièges à poissons, l'utilisation d'engins prohibés (filets à petites mailles communément appelés «*Medokpokonou*»), de sachets de plastique, de pneus ainsi que la prolifération de jacinthes d'eau, le déversement des eaux usées en provenance des travaux de construction de la Route Inter-Etats II, etc.

Les principales recommandations pour l'exploitation durable du lac Nokoué sont l'aménagement de ses berges, son dragage pour permettre le trafic ainsi que la réalisation d'infrastructures hôtelières au bord du lac. En ce qui concerne les rivières, la principale recommandation consisterait à effectuer un dragage des lits (PLAGE, 2010).

3.2.3. Facettes pédologiques de la commune d'Abomey-Calavi

Le bassin sédimentaire côtier du Bénin comporte quatre aquifères superposés, séparés l'un de l'autre par des ensembles argilo-marneuses. Dans le département de l'Atlantique, les aquifères à nappe libre du Continental Terminal et celui à nappe captive du crétacé supérieur sont les plus

importants. Les aquifères du Quaternaire et du Paléocène ont des potentialités relativement limitées.

L'eau de consommation de la commune d'Abomey-Calavi et de Cotonou est absolument puisée dans les aquifères du Continental Terminal (figure 4). Eu égard à la croissance démographique presque exponentielle actuellement constatée dans la commune d'Abomey-Calavi, l'exploitation de l'aquifère du Crétacé en renfort à celui du Continental terminal pourra améliorer la situation de l'AEP desdites communautés. On distingue dans la commune d'Abomey-Calavi, plusieurs horizons aquifères plus ou moins bien différenciés. Ils sont identifiés approximativement dans les deux cents premiers mètres et constitués d'un horizon superficiel (aquifère superficiel) et de trois horizons inférieurs (aquifères inférieurs) séparés les uns des autres par des couches d'argiles discontinues (UNESCO, 2003). Par ailleurs, les ouvrages de captage réalisés dans la commune exploitent les ressources contenues dans deux aquifères continus. De bas en haut on a :

- l'aquifère des sables (fins à grossiers), de grès et de graviers avec des niveaux argilo-sableux (rouge latéritique, bariolé, noire ou colorés) du Continental Terminal. En effet, c'est cet aquifère qui est sollicité par tous les forages et certains puits modernes de notre zone d'étude ;

-l'aquifère fait d'argile, de sables gravillonnés et d'alluvions argilo-sableuses du Quaternaire. C'est un aquifère superficiel, généralement exploité par les puits traditionnels retrouvés pratiquement dans toutes les concessions de la commune.

En outre, la capacité de développement à partir des eaux souterraines est généralement très favorable, dans les aquifères du Continental Terminal ou du Quaternaire, excepté la zone (figure 5).

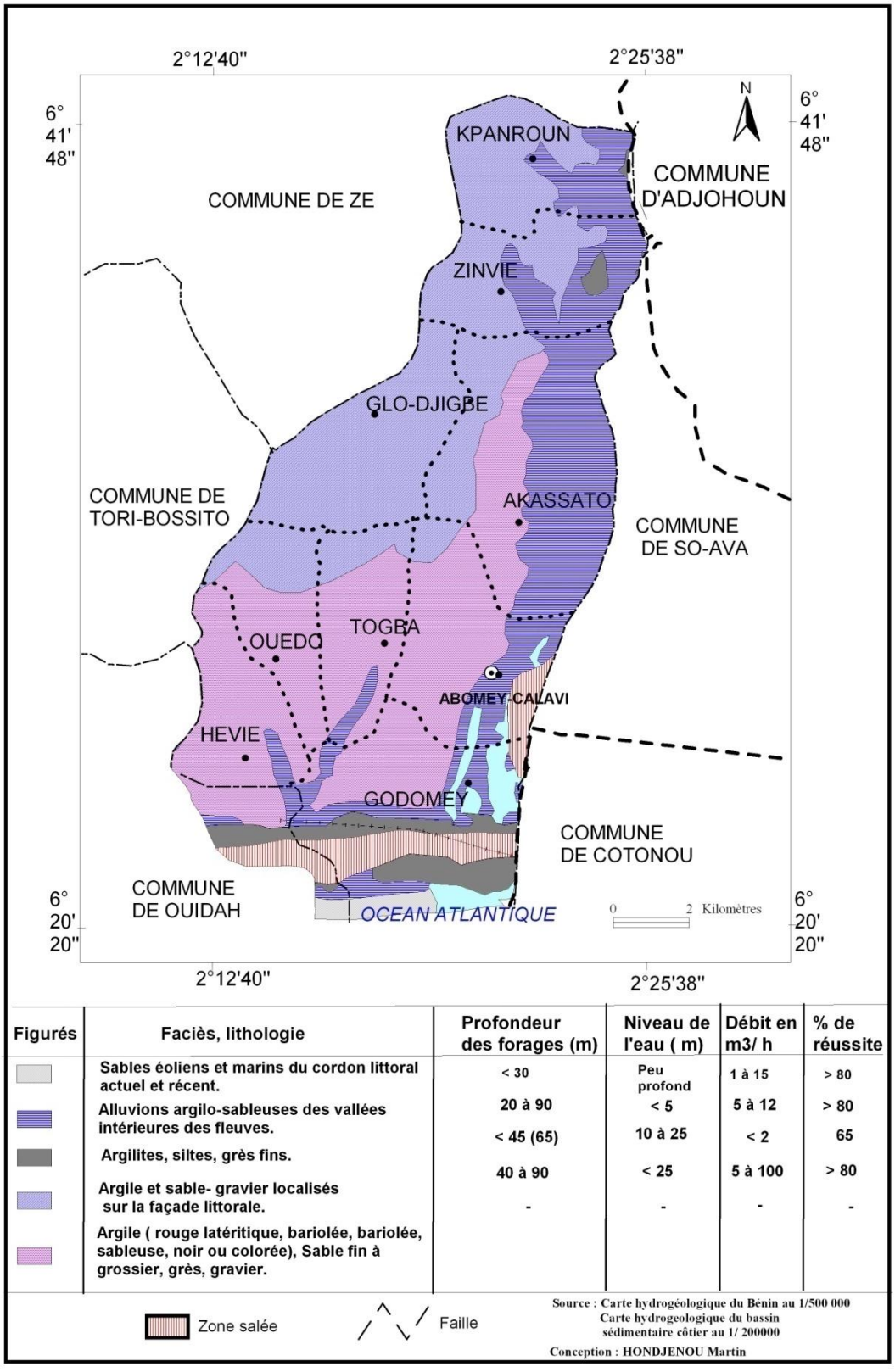


Figure 5 : Structures hydrogéologiques de la commune d'Abomey-Calavi

Source : *Résultats d'enquête, juillet 2017*

3.2.4. Climat

Le climat est de type subéquatorial de transition avec une inégale répartition spatio-temporelle des pluies. La distribution temporelle des précipitations permet de déterminer quatre saisons plus ou moins marquées, dont deux pluvieuses et deux sèches, réparties comme suit :

- une grande saison sèche de novembre à fin mars ;
- une grande saison pluvieuse d'avril à juillet ;
- une petite saison sèche de juillet à septembre ;
- une petite saison pluvieuse de septembre à novembre.

Les précipitations sont relativement élevées. Elles atteignent en moyenne 100 mm de pluie par mois, soit 1200 mm par an.

La commune d'Abomey-Calavi est caractérisée par un climat de type subéquatorial marqué par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. A l'instar des autres communes du Bénin, la disponibilité de l'eau dans la commune d'Abomey-Calavi est fonction des précipitations.

Le calcul de l'indice pluviométrique moyen permet d'analyser la variabilité temporelle des précipitations (figure 6).

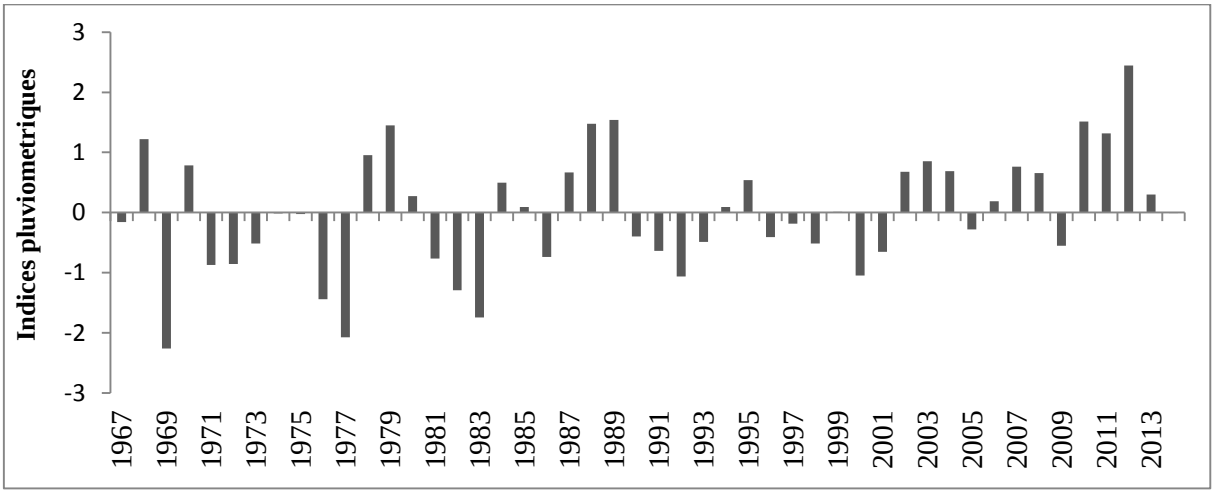


Figure 6 : Variabilité des précipitations annuelles 1967 à 2014 en écarts centrés réduits

Source : *Traitement de données de l'ASECNA, 2016*

De l'analyse de la figure 6, il ressort une répartition hétérogène des intensités pluviométriques entre 1967 et 2014. Le front pluvieux a pris une prépondérance sur les fronts déficitaires durant ces 2 dernières décennies. Toutefois, la variation des lames d'eau précipitées dans le milieu ne présente aucune persistance d'une année à l'autre, et une année arrosée n'est pas forcément suivie par une année excédentaire.

3.2.4.1. Evolution pluviométrique

La pluviométrie est l'un des critères essentiels qui permet de caractériser le climat d'une région. Elle permet de quantifier l'eau tombée au sol en un temps donné. Les fluctuations pluviométriques ont une influence directe sur les ressources en eau. La figure 7 traduit l'évolution de la pluviométrie de la station de Cotonou sur une période de soixante ans (1953-2015).

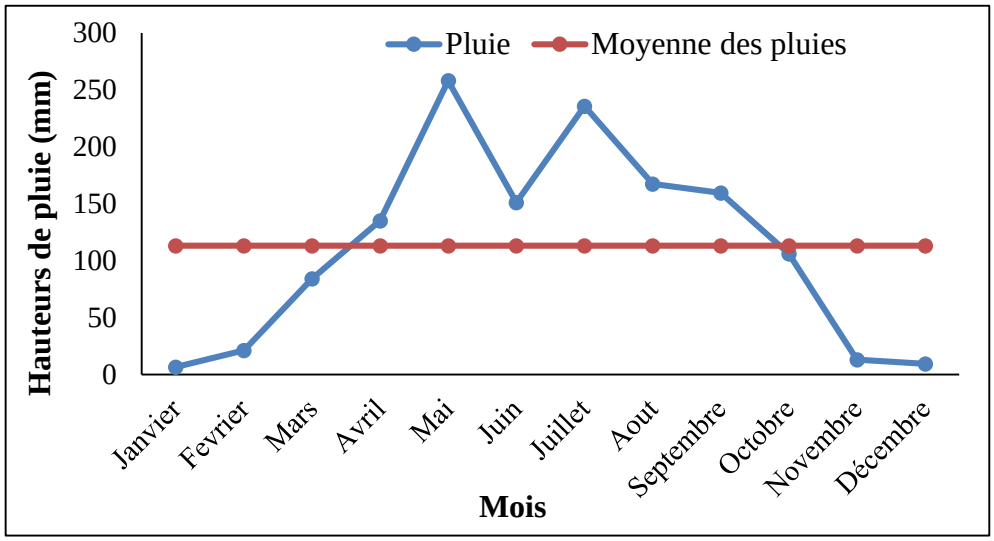


Figure 7 : Evolution du régime pluviométrique mensuelle de la station de Cotonou

***Source** : ASECNA, 1953-2015*

La figure 7 montre l'évolution des hauteurs mensuelles de pluie sur la période 1953-2015.

Cette figure montre que le régime pluviométrique de la commune d'Abomey-Calavi est bimodal. En effet, les mois de mai et de juillet concentrent respectivement 258,01 mm et 235,62 mm de hauteurs maximales de pluie. C'est au cours de ses mois qu'on enregistre les fortes disponibilités en eau du sous-sol pour le suivi des activités socio-économiques. En effet, la disponibilité en eau de sous-sol varie d'une période à une autre au cours de l'année.

3.2.4.2. Bilan climatique mensuel

Le bilan climatique permet de mettre en évidence l'évolution du climat à travers les apports pluvieux. La figure 8 présente les variations saisonnières du bilan climatique (saisons sèches et humides) dans le milieu. Elle donne en particulier les périodes de disponibilité en eau.

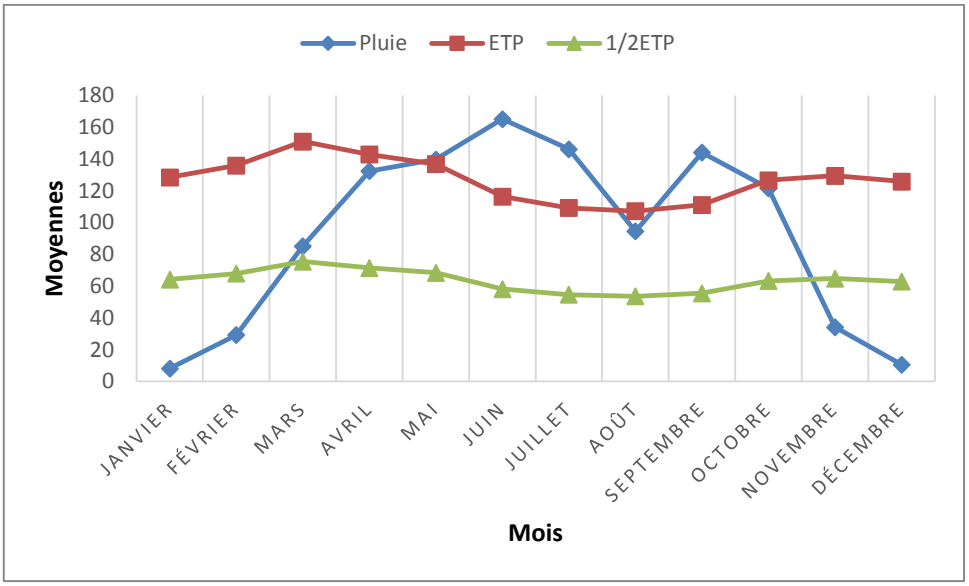


Figure 8 : Variation saisonnière du bilan climatique moyen (1953-2015)

Source : *Traitement de données de l'ASECNA, 2017*

Le bilan climatique moyen mensuel (figure 8) met en évidence deux phases :

- une période humide de trois mois (juin, juillet et septembre) où l'évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle est inférieure à la pluviométrie mensuelle, période où interviennent les maximas pluvieux, en juin qui comptabilise 58 % de la pluviométrie annuelle dans le milieu. Au cours de la période excédentaire, les populations recourent aux eaux de pluie pour leurs différents besoins.
- une période sèche de huit mois (octobre à mai) au cours de laquelle la demande évaporatoire est importante, surtout de novembre à mars. Au cours de ces cinq mois, les précipitations sont inférieures à la moitié de l'évapotranspiration potentielle, ce qui entraîne un assèchement des réserves du sol et un amenuisement progressif du niveau d'eau des cours d'eau. Ces résultats confirment ceux obtenus par OGOUWALE, (2006) qui lors de ses recherches dans le bassin du fleuve Ouémé à l'embouchure de l'Okpara a montré qu'il a une grande dépendance des populations face aux besoins en eau au cours de la période sèche.

Le tableau VIII suivant présente la répartition de l'infiltration dans le bassin sédimentaire côtier en particulier.

Tableau VIII : Recharge des aquifères du bassin sédimentaire côtier

Bassins	Superficies (km^2)	Recharges annuelles (million de mm^3)	Recharges annuelles (million de mm^3/km^2)
Bassin sédimentaire côtier	12.000	600	0,05

***Source** : Document du séminaire sur la planification des ressources en eau au Bénin (1993) cité par Odoulami (1999)*

La commune appartient au bassin sédimentaire côtier qui couvre 10 % de la superficie et détient 32 % du potentiel en eau souterraine exploitable (AKPY, 2016).Les ouvrages et équipements permettant d'accéder à l'eau souterraine regroupent ceux fournis par la SONEB, les Adductions d'Eau Villageoises, les Postes d'Eau Autonome, les Forages équipés de Pompes à Motricité Humaine et les puits (planche 2).



Planche 2 : Ouvrages de captage de l'eau souterraine dans les villages de Kansounkpa (a) arrondissement central d'Abomey-Calavi et de Bozoun (b) arrondissement de Kpanroun

***Prise de vue**: Hondjènou, juillet 2017*

La planche 2 montre quelques sources d'approvisionnement en eau souterraine. L'eau de ces sources est utilisée à des fins économiques et domestiques.

3.3. Facteurs humains et besoins en points d'eau dans la commune d'Abomey-Calavi

3.3.1. Facteurs humains dans la commune d'Abomey-Calavi

Cette partie présente l'évolution de la population, de même que les principales activités consommatrices d'eau pratiquées dans la commune.

Selon INSAE(2002), la commune d'Abomey-Calavi compte environ 307 745 habitants dont 74,12% vivent dans les milieux urbains et les 25,88% occupent les zones rurales. D'une densité moyenne de 571 habitants par km², ces habitants sont inégalement répartis dans les neuf arrondissements et compte environs 6563058 habitants en 2013 (INSAE, 2013). La taille de cette population est projetée à 966 320 et 2 332 707 habitants respectivement à l'horizon 2016

et 2025 (INSAE, 2002).La figure 9 présentes l'évolution démographique de la commune au cours des années.

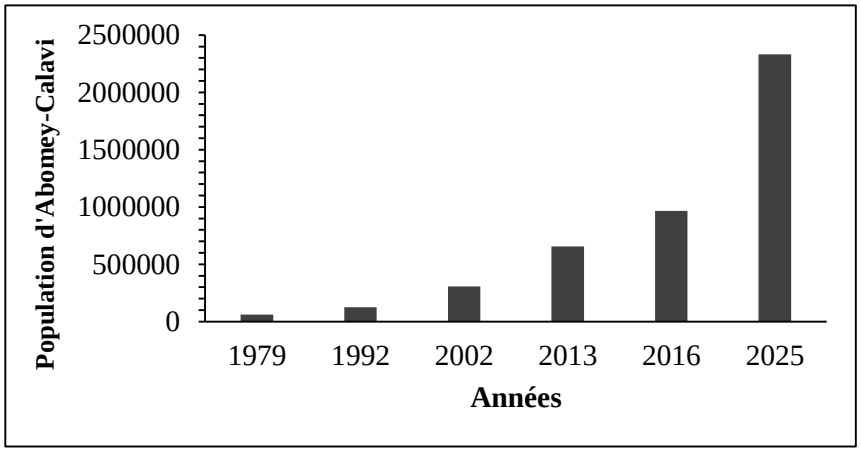


Figure 9 : Evolution démographique de la commune d'Abomey-Calavi de 1979 à 2025

Source: *INSAE, 2016 et résultats d'enquête de terrain, novembre 2016*

La figure 9 révèle que la population de la commune d'Abomey-Calavi s'accroit dans le temps. Elle passe de 307 745 habitants en 2002 à 655965 habitants en 2013 (RGPH-4) soit une augmentation 348220 habitants en une période de 11 ans. Il faut aussi souligner l'urbanisation progressive des localités rurales surtout due au lotissement de ces milieux. Cette évolution démographique révèle toute la nécessité d'une programmation communale conséquente des besoins sociocommunautaires vitaux comme l'eau dans les différents secteurs d'activité afin de garantir un mieux-être pour tous d'ici à 2025.

3.3.2. Caractéristiques sociodémographiques et contexte culturel de l'accès à l'eau de consommation

La bonne santé des populations constitue un axe stratégique majeur de la politique nationale de développement. Les performances du secteur de la santé restent encore tributaires de la croissance démographique, des conditions de vie et d'hygiène et des ressources financières mobilisées. Les caractéristiques démographiques étudiées dans ce volet concernent le sexe du chef de ménage et le niveau d'instruction. Tous ces paramètres sont associés à l'utilisation des centres de santé, à la bonne observance des prescriptions thérapeutiques, aux pratiques de prévention de maladies.

3.3.3. Caractéristiques sociodémographiques

- **Sexe du chef de ménage**

En Afrique, le système familial fonctionne sur le modèle du noyau central sur lequel se greffent les autres membres de la famille. En général, le chef du ménage est un homme. Dans la Commune de Abomey-Calavi, 85,5 % des ménages sont dirigés par un homme contre 14,5 % des ménages dirigés par une femme. Les ménages dirigés par les femmes sont parfois des ménages dans lesquels les époux sont déjà décédés.

De pareils résultats ont été trouvés au Cameroun, où 26 % des ménages ont à leur tête une femme. Ce type de ménages est légèrement plus fréquent en milieu urbain (27 %), en particulier dans les autres villes, (29 %) qu'en milieu rural (24 %), (EDS-MICS, 2011).

- **Situation matrimoniale**

D'un point de vue démographique, la nuptialité constitue, avec la fécondité, deux composantes essentielles de la dynamique des populations. Le mariage ou, plus généralement, l'union constitue le cadre privilégié de l'activité sexuelle et de la procréation. Bien que l'âge à la première union ne constitue pas toujours une indication du début d'exposition au risque de grossesse, l'âge aux premiers rapports sexuels ne coïncidant pas forcément avec l'âge à la première union, il n'en demeure pas moins un indicateur démographique important et tous les changements qui affectent les comportements matrimoniaux peuvent avoir une répercussion sur l'évolution du niveau de la fécondité (EDSB, 2013). La situation matrimoniale du chef des ménages parcourus est représentée sur la figure 10.

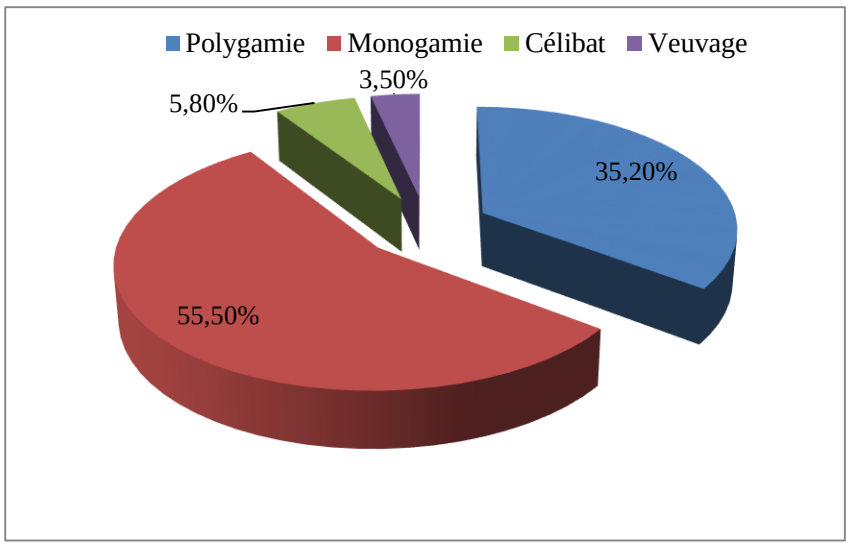


Figure 10 : Situation matrimoniale des chefs de ménages de la Commune de Abomey-Calavi

***Source** : Travaux de terrain, mai 2017*

Les résultats recueillis lors des enquêtes de terrain montrent que 55,50 % des chefs de ménages sont monogames contre 35, 20 % de polygames. Les hommes qui vivent en célibat ne représentent que 5, 80 % et ceux qui vivent en veuvage 3, 50 %. Dans la Commune de Abomey-Calavi, en dépit de la prédominance des unions monogamiques, la polygamie est une pratique qui concerne plus d'une femme sur cinq (21 %). Parmi les femmes en union polygamique, 17 % ont une coépouse et 4 % en ont au moins deux. En effet, le statut polygamique de certains chefs de ménage reflète le fait qu'il possède une famille nombreuse à charge. Les opérations statistiques précédentes ont déjà montré qu'au Bénin la polygamie est un phénomène ancien qui touche une importante frange de la population (EDSB, 2013).

La taille des ménages est le reflet du niveau de fécondité de la population. Cette situation appelle à la notion de promiscuité qui est souvent abordée à deux niveaux : au sein des ménages et entre les ménages. Ainsi, la promiscuité, situation de voisinage est un facteur déterminant dans la propagation des maladies infectieuses contagieuses. La transmission des diarrhées peut aussi être facilitée par les facteurs de promiscuité. En effet, la forte concentration de personnes dans une même habitation augmente les risques de contamination et par là même les risques de mortalité hydrique (ATOKARE, 2008). La promiscuité augmente le risque de contact avec les germes contenus dans les vomissements, les excrétas, l'eau et les aliments contaminés. Elle facilite la transmission de la maladie, généralement introduite dans un foyer par un frère ou une sœur plus âgé ou un parent.

Cependant, il existe une relation statistique significative entre la promiscuité et la survenue d'un cas de maladie hydrique dans la Commune de Abomey-Calavi (*p = 0,002*).

Au sein des ménages de la Commune de Abomey-Calavi, les familles nombreuses représentant une source importante de main d'œuvre pour les travaux agricoles, mais certes, une pression est exercée sur les infrastructures hydrauliques quant à la satisfaction de leurs besoins en eau. La taille des ménages est représentée sur la figure 11.

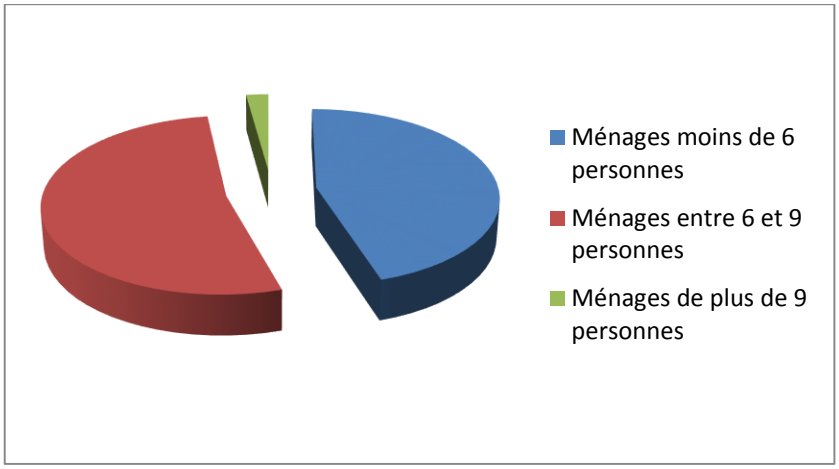


Figure 11 : Taille des ménages parcourus

***Source** : Travaux de terrain juillet 2017*

Dans la Commune de Abomey-Calavi, 45,20 % des ménages sont constitués de moins de six (06) personnes, 52, 6 % de 06 à 09 personnes et 2,20 % de plus de 09 personnes.

Au Bénin, la population reste attachée à une descendance nombreuse. Chez les hommes, le nombre moyen idéal d'enfants est beaucoup plus élevé que chez les femmes. Il est de 5,7 pour l'ensemble des hommes et de 6,3 chez les hommes en union contre respectivement 5,9 enfants et 6,6 enfants (l'EDS B-IV, 2012). En outre, pour près de deux hommes sur cinq (38 %), ce nombre idéal d'enfants est de six ou plus. Les résultats concernant la taille du ménage montrent que la taille moyenne s'établit à 5 personnes et elle varie de 5,2 en milieu rural à 4,7 en milieu urbain. Il faut noter que la taille du ménage n'a pratiquement pas changé entre l'EDSB-III (2006) et l'EDSB-IV (2011-2012). Plus de deux ménages sur cinq sont composés de quatre à six personnes (42 %). La proportion de ménages de très grande taille (neuf personnes et plus) est plus élevée en milieu rural qu'en milieu urbain (12 % contre 8 %).

Dans le même sens, au Cameroun, dans l'ensemble du pays, un ménage compte en moyenne 5,0 personnes. Cette taille moyenne varie de 4,6 personnes en milieu urbain à 5,4 personnes en milieu rural. C'est à Yaoundé au Douala qu'elle est la plus faible (4,3 personnes). Toujours au

Cameroun, près de la moitié des ménages (47 %) comptent entre 2 et 5 personnes. Près de 15 % de ménages sont composés d'une seule personne. À l'opposé, 13 % des ménages comptent au moins 9 personnes et c'est en milieu rural qu'ils sont proportionnellement les plus nombreux (15 %), EDS-MICS (2011). Hormis, la taille du ménage, il y a aussi la promiscuité dans les concessions qui est un facteur de développement des maladies infectieuses (ATOKARE, 2008) En outre, dans la Commune de Abomey-Calavi, toutes les concessions parcourues disposent en moyenne de 5,5 ménages.

3.3.4. Contexte culturel de l'accès à l'eau de consommation

La culture désigne l'ensemble des normes, des valeurs et des croyances qui procurent à l'individu des cadres de pensée et de pratique qui sont reconnus et valorisés socialement dans la vie des individus. Cette approche est centrée sur trois facteurs principaux que sont le niveau d'instruction, la religion, et l'ethnie du chef de ménage. Ces trois facteurs jouent un rôle important dans le comportement sanitaire et nutritionnel des individus par conséquent, influencent leur santé (ATOKARE, 2008). Mais, dans cette recherche l'accent est mis uniquement sur le niveau d'instruction car, pour plusieurs auteurs l'instruction des parents, en particulier celle de la mère apparaît comme une variable socioculturelle qui influence les comportements des membres du ménage surtout des enfants. La figure 12 présente la répartition du niveau d'instruction des chefs de ménage dans la commune d'Abomey-Calavi.

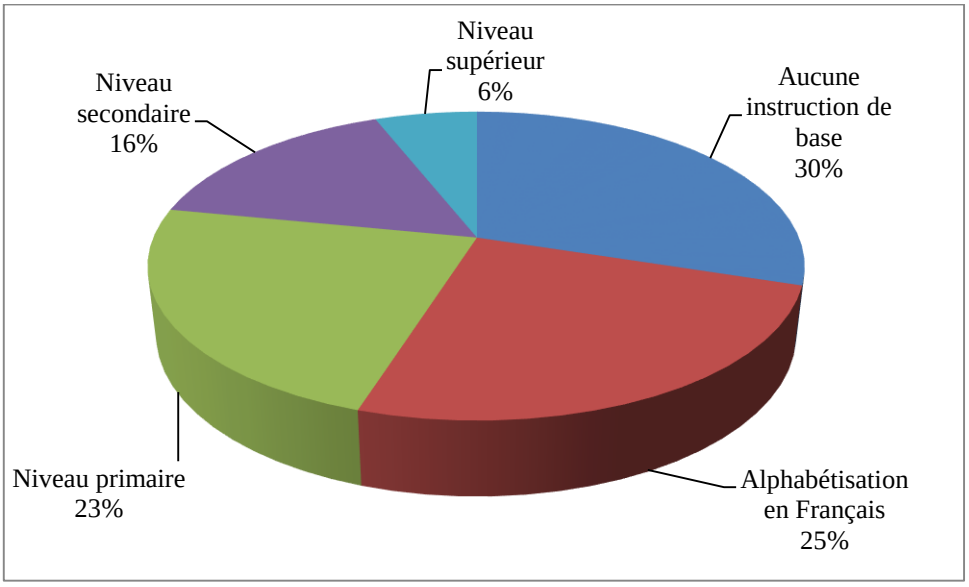


Figure 12 : Niveau d'instruction des chefs de ménages dans la Commune de Abomey-Calavi

***Source** : Travaux de terrain mars 2017*

La figure 12 montre que dans la Commune de Abomey-Calavi, 29,9 % des chefs de ménage n'ont aucune instruction de base, 25 % ont fait l'alphabétisation en langue française, 23, 20 % des chefs de ménages ont franchi le seuil des cours primaires. Mais de ces 23, 20 % chefs de ménage qui ont fait le cours primaire seulement 15, 90 % sont arrivés au cours secondaires et des 15,9 % qui ont franchi le ours secondaire seulement 6 % sont arrivés au niveau supérieur. Ces résultats ont révélé que 26,43 % des femmes chef des ménages n'ont aucune instruction contre 47,14 % des hommes chef de ménage. Les résultats ainsi présentés dénotent du faible niveau d'instruction des enquêtés dans la Commune de Abomey-Calavi. L'instruction du père et de la mère est apparue comme un bon prédicteur de la morbidité hydrique.

En effet, dans la Commune de Abomey-Calavi, 15,64 % des ménages instruits arrivent à éviter les fréquents épisodes hydriques dans leur famille par leurs comportements. Il apparaît que le lien entre le niveau d'instruction et la prévention de la survenue des cas de maladie hydrique au sein des ménages est hautement significatif ($p = 0,002$).

Ces données sont conformes aux résultats d'une étude réalisée à Kirkos en Éthiopie où, il paraît que dans les familles où les parents ont un bon niveau d'instruction, les enfants ont moins de maladies hydriques que dans celles où les parents ne sont pas instruits (GUINNEKEN et TEUNISSEN, 1989). Les enfants dont les mères ont achevé le cycle primaire selon ECHARRI (1994), souffraient plus fréquemment de diarrhée selon RANDIANASOLO(2002).

3.4. Besoins en points d'eau dans la commune d'Abomey-Calavi

La population de la commune d'Abomey-Calavi pratique des activités socio-économiques diverses dépendant des ressources en eaux atmosphériques, souterraines et superficielles du milieu. Les FPM comme on les appelle, ont été, les tous premiers ouvrages évolués en hydraulique villageoise, après les puits à grand diamètre ayant offert quelque peu une certaine potabilité à l'eau pompée. Dimensionné pour desservir 500 habitants au Bénin et dans la sous-région suivant la norme de l'époque, nous étions dans les années 80, la norme est passée quelques années plus tard à 300 et elle est d'un FPM pour 250 habitants aujourd'hui, mais 113 FPM jusqu'à la date d'aujourd'hui dans la commune d'Abomey-Calavi. Pour la population en 2025 on aura 9331 FPM dans ladite commune (INSAE, 2013) pour satisfaire les besoins en eau des principales activités socioéconomiques à l'horizon 2025. Un poste d'eau autonome comme son nom l'indique est une AEV miniature amputée du son réseau de distribution. En lieu et place du réseau, il y a au pied du château dont le volume varie entre 6 et 10 mètres cube d'eau sur une hauteur de 3 mètres, une rampe de 4 robinets encastrée dans un muret de 1mètre de haut, l'ensemble est aménagé comme une série de bornes fontaines pour un service simultané

de quatre usagers. Le poste d'eau autonome est un ouvrage destiné à une population dont la taille varie entre 1000 et 1500 habitants, mais 03 PEA jusqu'à la date d'aujourd'hui dans la commune d'Abomey-Calavi. Pour la population en 2025 on aura 1555 PEA dans ladite commune (INSAE, 2013) pour satisfaire les besoins en eau des principales activités socioéconomiques à l'horizon 2025.Parmi les réseaux de distribution d'eau potable en milieu rural et semi urbain, les adductions d'eau villageoises viennent en bonne place et permettent dans une large mesure d'assurer véritablement les besoins des populations avec le confort nécessaire. Elles disposent des mêmes organes que les grands réseaux urbains et surtout permettent de couvrir une taille considérable de populations. Il y a des grands réseaux comptant parfois plus de 40 bornes – fontaines comme celle de Glo-Djigbé, dans la Commune d'Abomey-Calavi. L'AEV est un ouvrage destiné à une population dont la taille varie entre 2000 et 2500 habitants, mais 137 AEV jusqu'à la date d'aujourd'hui dans la commune d'Abomey-Calavi. Pour une population en 2025 on aura 933 AEV pour qu'à l'horizon 2025, Abomey-Calavi soit une commune où les localités auront accès équitable à l'eau potable (INSAE, 2013).

Conclusion partielle

Ce chapitre a présenté les facteurs physique et humain de la Commune d'Abomey-Calavi qui conditionnent la disponibilité et l'accessibilité de l'eau de consommation. Les caractéristiques sociodémographiques, le contexte culturel de l'accès à l'eau de consommation et les Besoins en points d'eau dans la commune d'Abomey-Calavi ont été présentés dans ce chapitre.

Tout ceci a permis de caractériser les conditions socio-économiques de l'accès à l'eau de consommation dans le chapitre IV.

CHAPITRE IV : CONDITIONS SOCIO ECONOMIQUES D'ACCES A L'EAU DE CONSOMMATION

L'accès à une eau de consommation saine est incontestablement bénéfique pour la santé. Cette ressource rare, essentielle pour la vie, doit être considérée comme un trésor naturel faisant partie de l'héritage commun de l'humanité (OMS, 2005) et par conséquent, pour certains, un bien public qui doit demeurer sous contrôle public.

L'accessibilité s'identifie à la proportion de la population pouvant utiliser une infrastructure de desserte d'eau, compte tenu de certains facteurs pouvant faire obstacle à l'accès, qu'ils soient d'ordre physique (distance, temps de déplacement), économique (coût du transport, prix de l'eau et le niveau de vie des ménages). Dans ce document l'accessibilité se mesure aux contraintes géographiques et économiques.

4.1. Situation de l'approvisionnement en eau de consommation dans les arrondissements urbains de la commune d'Abomey-Calavi.

Dans la Commune d'Abomey-Calavi qui compte 09 arrondissements, seuls (4) quatre (Abomey-Calavi, Akassato, Godomey et Zinvié) sont couverts en eau par la SoNEB et ceci encore partiellement. Selon les explications du chef d'agence les abonnés d'Akassato sont inclus dans la base de données de l'Arrondissement d'Abomey-Calavi (Dans le répertoire de la section de la SoNEB il n'y a pas l'Arrondissement d'Akassato). La plupart des ménages ont réalisé des forages, d'autres ont transformé leur puits (traditionnel ou moderne) en y mettant une pompe immergée pour faire remonter l'eau dans les réservoirs d'eau. Les figures 13 et 14présentent respectivement l'évolution des abonnés de 2008 à 2017 des arrondissements d'Abomey-Calavi et de Godomey.

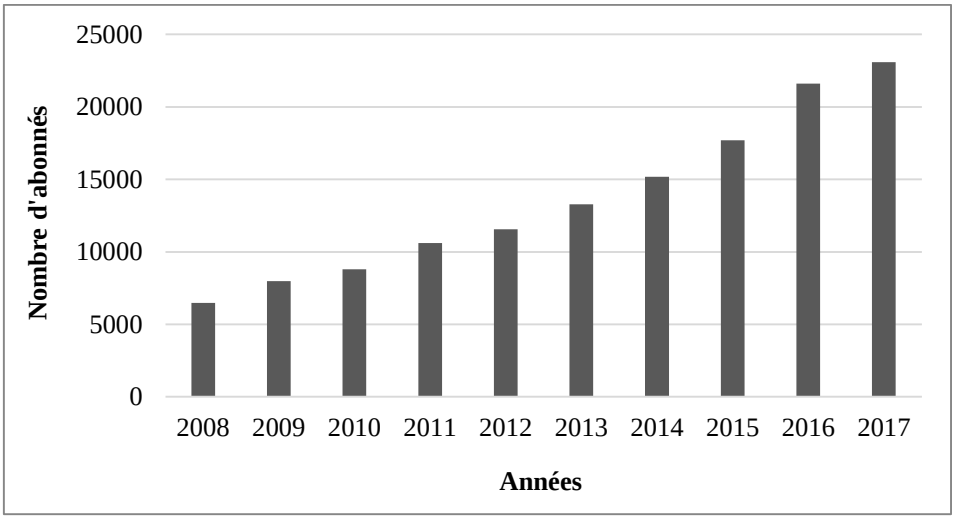


Figure 13 : Nombre d'abonnés dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi

Source : SoNEB Section d'Abomey-Calavi, octobre 2018

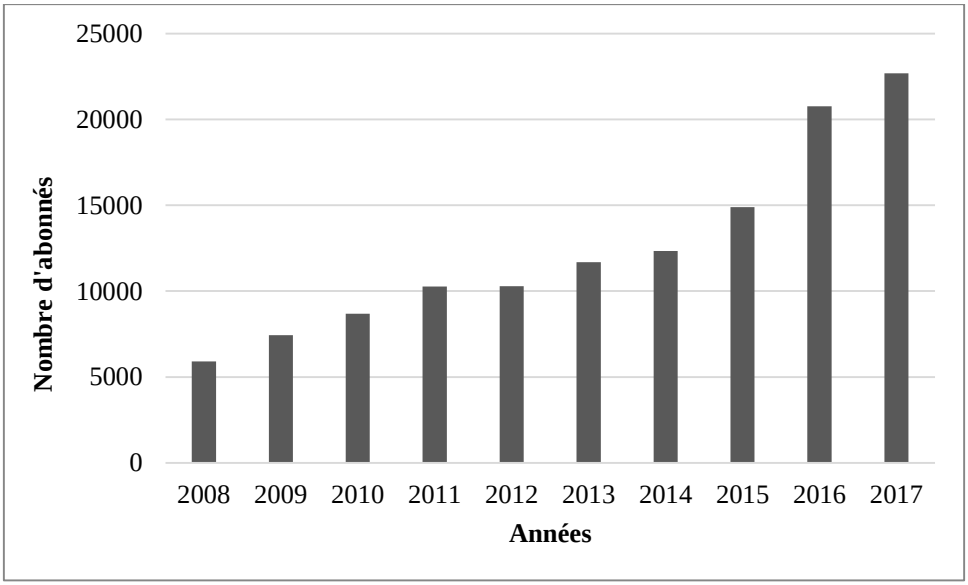


Figure 14 : Nombre d'abonnés dans l'arrondissement de Godomey.

***Source** : SoNEB Section d'Abomey-Calavi, octobre 2018*

Des figures 13 et 14on retient que les arrondissements d'Abomey-Calavi et de Godomey ont une couverture beaucoup plus importante par le réseau SoNEB. En 2017 par exemple on a dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi 23076 abonnés sur une population totale de 179086 soit un taux de desserte de 12,88 % et dans l'arrondissement de Godomey on a 22682 abonnés sur les ménages de 58491 soit un taux de desserte de 38,7786 %.

On conclut alors que ces taux de desserte sont très faibles et cet état de chose conduit les ménages à s'approvisionner à des sources de qualité douteuse.

Ces chiffres représentent le nombre d'abonnés au réseau SoNEB, mais il y a eu des cas de résiliation constaté lors de nos enquêtes de terrain et confirmés par le service de la SoNEB section d'Abomey-Calavi. L'évolution des cas de résiliation de 2008 à 2017 respectivement dans les arrondissements d'Abomey-Calavi, et de Godomey sont présentées sur les figures 15 et16

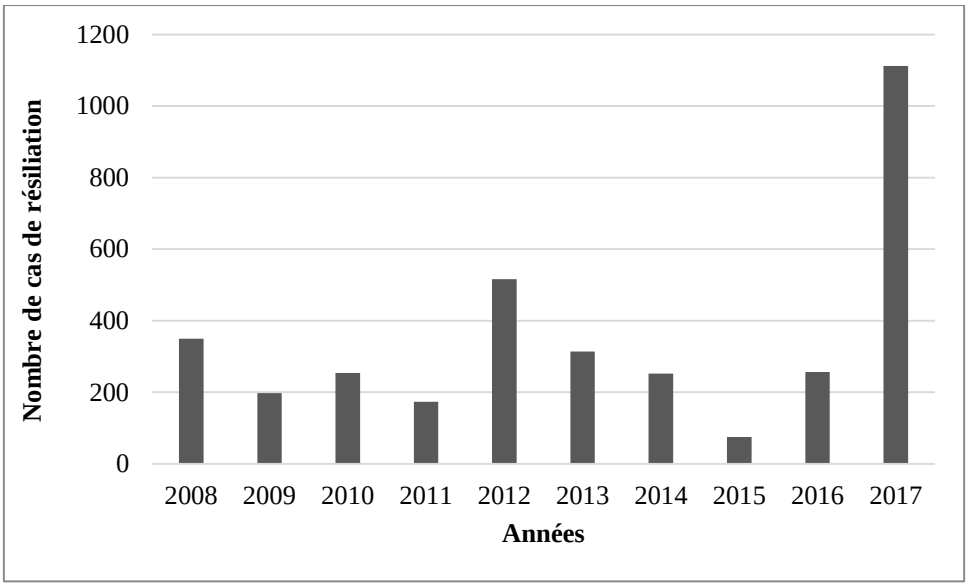


Figure 15 : Nombre de cas de résiliation dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi

***Source** : SoNEB Section d'Abomey-Calavi, octobre 2018*

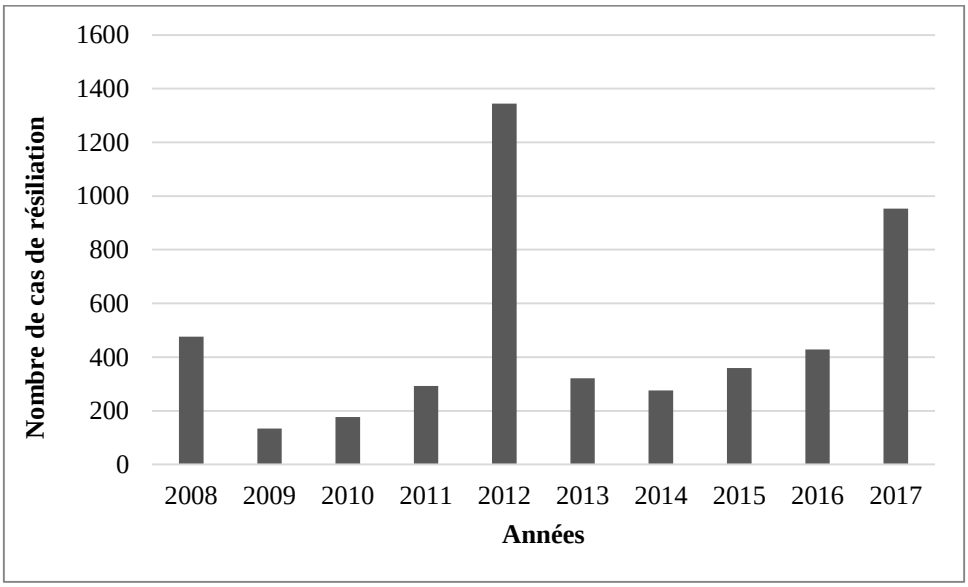


Figure 16 : Nombre de cas de résiliation dans l'arrondissement de Godomey

***Source** : SoNEB Section d'Abomey-Calavi, octobre 2018*

Les cas de résiliation sont aussi importants dans la commune d'Abomey-Calavi. De l'analyse de ces figures, on retient que les ménages des arrondissements urbains de la Commune d'Abomey-Calavi n'arrivent pas à payer leurs factures de consommation d'eau. Pour l'année 2017, les cas de résiliation observés dans la commune pour les abonnés SoNEB est de l'ordre de 31,40 %, cela est dû à la baisse du niveau de vie d'une part et du revenu mensuel faible d'autre part. Selon 66,27 % des ménages interviewés, les cas de résiliation sont dus à la cherté du coût d'achat de l'eau. Pour certains, payer le bidon de 25L à 50 FCFA est trop cher. Pour ce faire, les agents de la SoNEB après plusieurs mises en garde, vont enlever les compteurs.

Les cas de résiliation sont légions dans les arrondissements urbains pour plusieurs raisons. Pour les agents de la SoNEB, la raison fondamentale de ces résiliations est le non payement des factures de consommation de l'eau. Mais qu'en est-il de l'approvisionnement en eau potable dans les arrondissements ruraux et leur taux de desserte ?

4.2. Situation de l'approvisionnement en eau de consommation dans les arrondissements ruraux de la Commune d'Abomey-Calavi

4.2.1. Typologie des sources d'eau de consommation

Les divers ouvrages hydrauliques qui existent et dont les populations se servent pour leurs besoins sont les Adductions d'Eau Villageoise (AEV) qui se présentent souvent sous la forme de forages équipés de pompe à motricité humaine (FPM) et de bornes fontaines dans les milieux ruraux et périurbains, les Adductions d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) qui comprennent les Postes d'Eau Autonome (PEA) et les mini-réseaux d'Adduction d'Eau Potable (AEP) qui regroupent les BF, les points de distribution collectifs et les branchements privés. Leurs caractéristiques techniques sont décrites ci-dessous.

- **Adduction d'Eau Villageoise (AEV)**

Une AEV est un dispositif techniquement ou technologiquement réalisé en vue de faciliter l'accès à une eau potable. Cet ouvrage est supposé remplir des conditions qui garantissent une eau potable si de bonnes pratiques sociales ou mesures d'hygiène sont adoptées (HONDJENOU, 2013). L'AEV comprend :

- un ***forage*** **:** ouvrage de captage de l'eau souterraine de petit diamètre (en général 15 à 40 centimètres) réalisé à l'aide de moyens matériels importants. Le trou du forage est fait à l'aide de la foreuse. Une fois que le trou a atteint et traversé plusieurs mètres de la zone contenant l'eau, le forage est arrêté. Il est introduit dans le trou un tube de plastique qui comporte des fentes au niveau où se trouve l'eau pour permettre à celle-ci de pénétrer à l'intérieur du tube et

- d'être pompée. L'espace entre le tube et le trou est rempli par du gravier au niveau de la crépine, puis par les matériaux imperméables comme l'argile et enfin cimenté sur les derniers mètres avant la surface. Le forage est destiné à capter l'eau des aquifères profonds. Il est équipé d'un tubage et d'une superstructure, et est prévu pour recevoir un dispositif de pompage (photo 1).



Photo 1 : Forage équipé d'une station de pompage à Zinvié-Centre

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La photo1 montre un forage relié à une station de pompage. La station de pompage comprend un système de pompage relié à un tableau de bord qui contient toutes les commandes pour faire refouler l'eau dans la pompe immergée.

- un ***système de pompage*** qui refoule l'eau dans un grand réservoir appelé château d'eau. Le pompage est effectué par un engin électromagnétique appelé pompe immergée.
- un ***château d'eau*** : grand réservoir d'eau surélevé de 6 à 9 m par rapport au sol et d'une capacité de 10 à 50 m^3 (photo 2).



Photo 2 : Château d'eau à Allansankomè dans l'arrondissement de Ouèdo

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La photo 2 présente un château nouvellement construit à Allansankomè pour desservir les populations en eau potable.

- un ***réseau de tuyaux*** permettant d'amener l'eau du château jusqu'aux points de distribution que sont les Bornes Fontaines (sources publiques) et les branchements privés. Ces bornes fontaines sont présentées sur la photo 3.

- *un terminal de Bornes fontaines (BF):* elles comportent chacune deux robinets et sont réparties dans les villages en fonction de la population et des moyens dont disposent l'Etat et ses partenaires pour faire l'extension du réseau d'un hameau à un autre. Ce type d'ouvrage est préconisé pour une population relativement importante (au moins 1500 personnes). La photo 3 montre une borne fontaine construite à Kansoukpa (Abomey-Calavi).



Photo 3 : Présence d'une borne fontaine nouvellement construite à Kansoukpa dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi

Prise de vue : *Hondjènou, juillet 2017*

La borne fontaine est équipée de deux (02) points d'eau qui servent simultanément réduisant ainsi peut être les files d'attente.

- **Forages équipés de pompe à motricité humaine (FPM)**

Le forage est un trou cylindrique vertical, de petit diamètre (10 à 30 centimètres en hydraulique villageoise), qui va capter l'eau d'une couche aquifère souterraine. Il est réalisé avec dos foreuses. Les forages assurent un excellent captage de l'eau et sont réalisés dans un délai très bref. Ils captent l'eau sur une grande hauteur de l'aquifère, mais leur débit est lié à la formation du sous-sol (terrain sédimentaire ou terrain fracturé). Du fait du faible diamètre de l'ouvrage, seule une pompe (à motricité humaine, éolienne, électrique...) permet de rendre l'eau de l'ouvrage disponible. Dans ce cas, l'eau est beaucoup mieux protégée de la pollution. Outre le fait que les pompes à motricité humaine utilisent une source d'énergie humaine (pompes manuelles ou à pédales), elles ont comme principales caractéristiques :

• un faible coût d'investissement ;

• une « facilité » d'installation et de maintenance ;

• une profondeur d'installation limitée ;

• une durée de vie assez longue estimée en moyenne à 30 ans (mais variable selon les fournisseurs) ;

• un débit d'exploitation limité qui ne permet de délivrer qu'une quantité limitée d'eau ;

• une bonne protection de la ressource si l'ouvrage est bien exécuté. La photo 4 présente un FPM à pompes manuelles.



Photo 4 : Forage équipé de pompe à motricité humaine utilisant des manches à Houèkèhonou dans l'arrondissement d'Akassato

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La photo 4 présente deux plastiques qui sont en cours de remplissage. Les ménages ayant besoin de s'approvisionner en eau sont obligées de vaquer à leurs occupations car le débit de ce forage à ce moment de la journée (14 h 05') est faible et ne facilite le prélèvement de l'eau.

❖ **Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS):**

L'AEPS est un Système d'approvisionnement en eau basé sur une technologique à moindre coût. Les AEPS comprennent les mini-réseaux d'AEP et les postes autonomes (PEA).

Postes d'Eau Autonome (PEA), le dispositif est presque identique à l'AEV à la seule différence qu'il n'y a pas de bornes fontaines. L'eau est servie sur place aux populations par une rampe de 3 à 4 robinets. Il n'existe pas donc de canalisation pour ce dispositif. Un PEA est réalisé pour une population se situant entre 1000 et 1500 personnes (MIALO, 2017). Le PEA est un système compact d'équipements hydrauliques ne comprenant pas de réseau de distribution et constitué d'un forage avec un débit minimal de 5m^3/h, d'une pompe électromécanique, d'un réservoir de stockage et d'au moins trois robinets de service au pied du réservoir (LEGBA, 2017) (photo 5).



Photo 5 : Robinets servant le PEA à Agonsoudja dans l'arrondissement d'Akassato.

***Prise de vue** :Hondjènou, juillet 2017*

Le PEA de la photo 5 est équipée de quatre (04) robinets pour desservir 1000 habitants dans l'arrondissement d'Akassa. Mais, son environnement est très insalubre à cause des activités domestiques qui sont faites autour.

- **Réseau d'AEP**

C'est un système d'approvisionnement en eau potable adapté aux petites agglomérations comprenant en général, une source de production d'eau dont le débit est supérieur ou égal à 5 m^3/h, un système d'exhaure, une source d'énergie, un château d'eau, un réseau de canalisations d'adduction et de distribution d'eau et des points de desserte (bornes fontaines, points de distribution collectif et branchements particuliers).

- **Puits**

Un puits est un ouvrage de captage de l'eau souterraine de diamètre variant généralement de 1 à 1,8 mètres. Il existe deux types de puits (HONDJENOU, 2013). Ce sont les puits traditionnels et les puits modernes.

Les puits traditionnels sont des ouvrages dont les parois ne sont pas en général revêtues ou juste un revêtement peu épais de ciment non armé, ne pénétrant dans la nappe que sur une faible hauteur. Les puits traditionnels sont entièrement réalisés à la main par des puisatiers locaux, disposant d'un matériel très restreint. Ce dispositif est représenté sur la photo 6.



Photo 6 : Puits traditionnel à treuil à Drabo dans l'Arrondissement de Togba.

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La photo 6 montre un puits traditionnel à treuil où l'eau est puisée avec un bidon auquel est rattachée une corde. Les puits traditionnels sont très utilisés dans le secteur d'étude. Certains de ces puits ont plus de 30 ans d'âge.

Par contre, les puits à grands diamètres sont munis de dispositifs de sécurité que les puits traditionnels n'ont pas. Quant aux puits modernes ou puits communautaires, ils sont des ouvrages à grands diamètres, dont les parois sont tenues par des buses en béton armé et la hauteur de pénétration dans la nappe est beaucoup plus importante. Leurs diamètres varient de 1,6 à 1,8 mètres. Les puits à grand diamètre sont creusés soit à la main (sur les terres tendres), au marteau-piqueur (sur les terres plus dures) ou parfois avec de l'explosif dans les zones très dures du socle et sont ensuite cuvelés. Cette mesure de sécurité permet de limiter l'infiltration des agents pathogènes responsables de la pollution de l'eau (photo 7)



Photo7 : Puits traditionnel dans l'Arrondissement de Kpanroun

***Prise de vue**: Hondjènou, juillet 2017*

Cet ouvrage est toujours en utilisation. A voir l'aspect de la buse intérieure, ce puits présente d'énormes risques sanitaires pour la population qui boit de cette eau. LALEYE (2016) a écrit aussi que ce sont les infiltrations le long des trous de forage qui polluent à partir du bourbier qui se constitue très vite autour d'un point d'eau.

4.2.2. Utilisation des sources recommandées par la population

Les sources d'eau approuvées sont les eaux souterraines captées par forage, les eaux souterraines captées par puits peu profonds et les eaux de sources. Les eaux souterraines captées par forages sont généralement de bonne qualité souvent enfouies profondément. Il est ainsi nécessaire de localiser précisément la ressource et d'en évaluer la quantité et la qualité, avant d'entreprendre des travaux coûteux de forage. Quant aux eaux souterraines captées par puits peu profonds, elles sont d'une qualité moindre, et sont sujettes à une variation saisonnière, et les eaux de source sont généralement de bonne qualité, avec des débits qui peuvent être variables selon la saison. Leur éloignement peut être un inconvénient à leur utilisation (PS-Eau, 2012). Les eaux souterraines ou aquifères sont des eaux très minéralisées. Cette minéralisation, dépend de la nature des roches traversées, de la solubilité des sels minéraux, des temps de contact avec les sels minéraux etc. (VILAND et *al.*, 2001). Pour des raisons sécuritaires, l'approvisionnement en eau potable est de plus en plus orienté vers la recherche des eaux souterraines profondes dont la qualité répond généralement aux normes de l'OMS (LALEYE, 2016). La nappe d'eau souterraine est constituée par l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère dont toutes les parties sont en continuité hydraulique. Le mouvement de l'eau est fonction des gradients d'élévation et de pression. Parmi les eaux souterraines, il est distingué, les aquifères peu profondes et les aquifères très profondes. Du point de vue qualité, l'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, elle est aussi très vulnérable à la pollution, et sa protection s'impose à tous les niveaux. Bien que se trouvant en profondeur, ces eaux souterraines peuvent être polluées. Malgré les nombreux filtrages que subissent les eaux souterraines, il est toujours possible qu'elles contiennent des bactéries ou des éléments indésirables (LALEYE, 2016).

Les sources d'eaux souterraines qui existent dans la Commune sont des forages équipés de pompe à motricité humaine (FPM), des bornes fontaines (BF) qui ne sont rien d'autres que des terminaux des réseaux d'adduction d'eau villageoise (AEV) et des puits modernes.

4.2.3. Sources d'eau non approuvées

Dans la Commune d'Abomey-Calavi, il existe toute une série d'ouvrages dont la consommation de l'eau n'est guère conseillée avant tout traitement ou épuration. Il s'agit de l'eau de pluie recueillie dans des récipients dont la propreté n'est pas toujours assurée et les eaux de surface qui sont naturellement chargées de matières en suspension.

❖ **Eaux de pluie**

Dans la Commune d'Abomey-Calavi, l'eau de pluie est couramment collectée pour servir de boisson. A cet effet, certains ménages réalisent des citernes destinées à recueillir les eaux de pluie à partir des toitures de maisons en tôles munies de gouttières. Elles constituent un mode de récupération et de stockage de l'eau de pluie. Elles sont les principales sources d'approvisionnement en eau de boisson et d'usage domestique pour 41,66 % des populations du secteur d'étude en saison pluvieuse. Lorsque les eaux de pluie sont collectées au moyen des gouttières, elles ne font objet d'aucun traitement avant la consommation. A l'origine, ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, le magnésium, le manganèse, le fer et l'iode (LALEYE, 2016). Mais, il arrive que l'eau de pluie se charge de matières suspendues dans l'atmosphère qui la pollue avant sa collecte. Selon VILAND et *al.,* (2001), cette pratique est très en vue dans les pays en développement, où les eaux de pluies qui ruissellent sur les toits sont recueillies par divers systèmes de récupération. De plus, ces auteurs ajoutent que ces eaux sont faiblement minéralisées, et contaminées par les impuretés de l'air, le mode de stockage et certains polluants liés aux matériaux du toit. La photo 8illustre quelques techniques de collecte d'eau pluviale dans la Commune d'Abomey-Calavi.



Photo 8 : Recueil d'eau pluviale à l'aide de citerne à Avagbé dans l'arrondissement de Kpanroun

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La photo 8 montre les moyens avec lesquels l'eau de pluie est collectée dans la Commune d'Abomey-Calavi. L'eau de pluie est toujours collectée à l'aide des gouttières. Mais le contenant change selon les moyens de tout un chacun. Les contenants sur cette planche sont une citerne, un tonneau et des jarres implantées dans le sol. Tous ces dispositifs servent à collecter les eaux de pluie dont les populations se servent pour satisfaire leurs besoins en eau

pendant la période sèche. La faible pression de l'eau pendant la saison sèche contraint les populations à stocker l'eau dans les citernes afin de pouvoir passer les moments où l'eau devient rare. Sur les photos de la planche 5, l'eau de pluie est recueillie à l'aide d'un tonneau en plastique toujours au moyen des gouttières. Cette pratique qui n'est pas assez développée est adoptée par les populations qui n'ont pas les moyens financiers pour creuser une citerne réservée à cet effet. La différence entre ce mode de collecte et celui de la citerne est que l'eau recueillie par cette technique est immédiatement utilisée contrairement à l'eau de citerne qui, elle peut durer toute une saison.

Il existe cependant une pluralité d'ouvrages dans la Commune d'Abomey-Calavi facilitant l'approvisionnement en eau des populations. En plus de ces ouvrages hydrauliques, l'eau de pluie est recueillie par plusieurs techniques et est utilisée en association avec d'autres ouvrages. L'utilisation de l'eau de pluie réduit les distances parcourues, le temps perdu pour aller à un point d'eau. Ces résultats sont en adéquation avec ceux trouvés par AZONHE (2009) dans la dépression des Tchi. Il ne conclut que le recueil des eaux de pluie qui réduit la corvée d'eau sur le plan de la distance et est très pratiquée dans la dépression des Tchi.

La collecte de l'eau de pluie par les populations de la Commune d'Abomey-Calavi se justifie d'abord par l'éloignement de certains PE des habitations, par les pannes du fonctionnement des ouvrages. Ces nombreuses difficultés poussent les ménages qui ont des revenues élevées à réaliser des citernes pour la collecte d'eau pluviale afin de réduire sensiblement la corvée d'eau surtout en ce qui concerne les distances et les pertes de temps. Au fil des années, le cuvelage de ces citernes se décape altérant la qualité de l'eau qui y est prélevée. L'aspect d'une citerne est montré sur la photo 9.



Photo 9 : Intérieur d'une citerne toujours en usage à Sèmè (Abomey-Calavi-centre)

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La photo 9 montre l'intérieur d'une citerne toujours en usage dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi. L'eau de ce puits a une coloration qui tire sur du vert avec la présence d'un bout de bois et des déchets plastiques dans le coin supérieur droit. En général une eau qui a cette couleur est considérée comme polluée car l'eau à l'état pur est incolore. Or dans les dispositions prévues au Bénin, les puits doivent être nettoyées et désinfectées au moins une fois par an. Visiblement ce puits n'a fait l'objet d'aucune forme de nettoyage que ce soit.

L'utilisation de l'eau de pluie est très pratiquée dans la Commune d'Abomey-Calavi. La photo 10 présente une citerne dans l'arrondissement de Glo-Djigbé.



Photo 10 : Citerne dans une concession à Drabo

***Prise de vue**: Hondjènou, juillet 2017*

Dans cette concession, on note une cohabitation entre le point d'eau encore en usage dont la couverture est défectueuse et l'ancienne citerne transformée en dépotoir. Profond de 8 m avec un diamètre de 2,5 m, les 39.250.000 de litres que peut contenir cette citerne s'épuisent au bout de 3 mois pour 4 ménages de 15 personnes. En 2006, avec un effectif de 19 personnes, les réserves de la même citerne s'épuisaient au bout de 5 mois. Il est donc possible qu'elle soit fracturée par endroits.

Un tel environnement est favorable à la prolifération des microbes qui peuvent se déposer dans l'eau. Ainsi polluée, elle devient source de maladies telles que les affections diarrhéiques parasitaires, la fièvre typhoïde pour la population qui en consomme. Ces eaux peuvent également être contaminées par l'infiltration des microbes qui peuvent infester la nappe aquifère.

- **Eaux de surface**

Les eaux de surface (lacs, rivières, étangs, marigots) sont fortement chargées de matières en suspension, voire d'éléments pathogènes, ce qui implique des traitements souvent complexes et onéreux pour rendre l'eau potable (PS-Eau, 2012). La principale source d'eau de surface de

la Commune d'Abomey-Calavi est la rivière Togbo. Des étangs, des marigots existent aussi dans la commune dont les populations se servent pour les besoins domestiques. Dans la Commune d'Abomey-Calavi7, 90 % de la population utilisent les eaux de surface pour leurs besoins en eau surtout en période sèche où le niveau de l'eau baisse dans les ouvrages hydrauliques (planche 3).

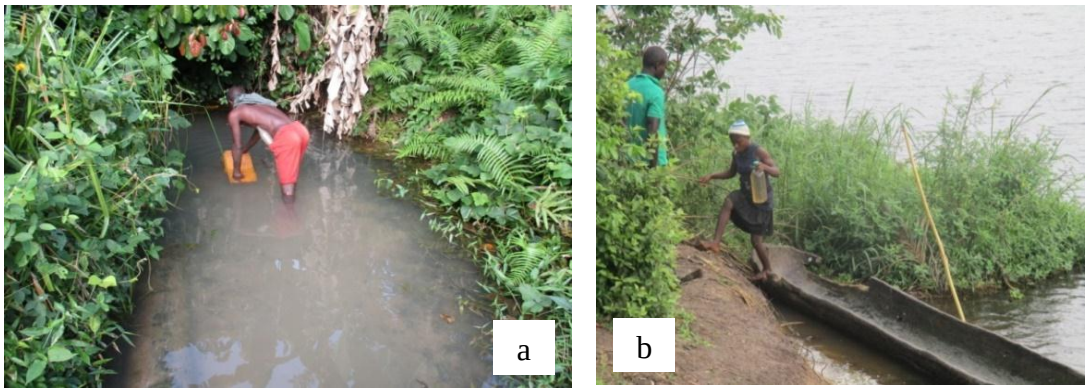


Planche 3 : Utilisation de l'eau de surface à Bozoun et Avagbo dans Kpanroun

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

VILAND et *al.,* (2001) confirment que dans les pays en développement le recours aux eaux de surface (marigots, rivières, fleuves etc.), est un mode d'approvisionnement très prisé. Or, ces eaux sont caractérisées par la présence de gaz dissous en particulier de l'oxygène. Dans les régions chaudes tropicales et équatoriales, ces eaux sont très riches en acides humiques colorés. Ces eaux ont une qualité variable en fonction de la température, des saisons et des pollutions dues aux activités qu'elles suscitent. Or, elles sont toutes fortement contaminées et doivent impérativement subir un traitement de base pour être consommables. Ce qui n'est pas le cas dans la Commune d'Abomey-Calavi. Le recours aux eaux de surface dans cette commune s'explique par la non disponibilité des eaux propres à la consommation.

Les différentes raisons de l'abandon des infrastructures sont récapitulées sur la figure 17.

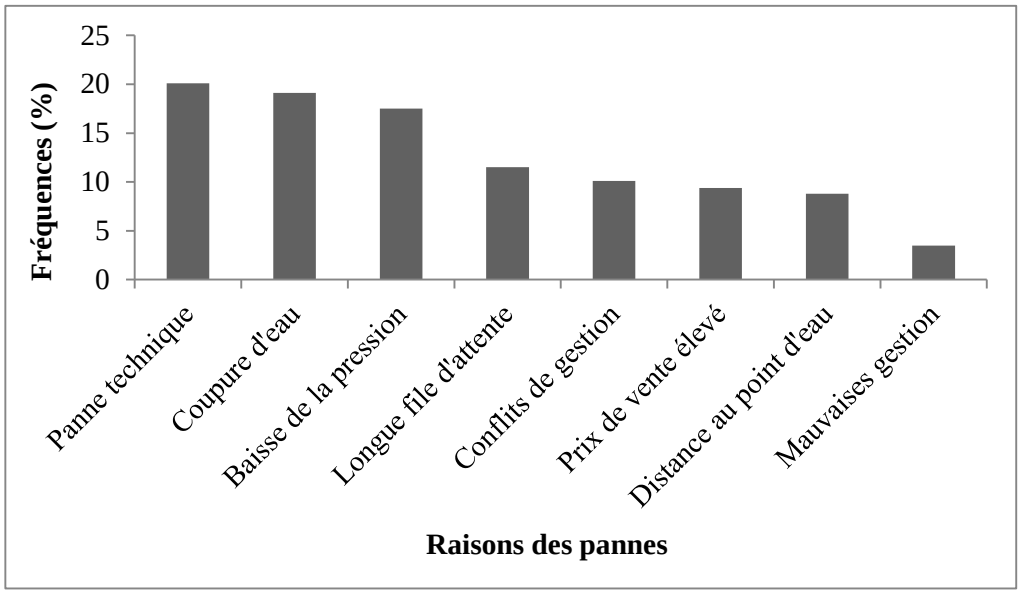


Figure 17 : Raisons de l'abandon des infrastructures hydrauliques

***Source** : Résultats d'enquête juillet, 2017*

A la lecture de la figure 17, il ressort que les principales raisons qui font que les populations abandonnent les ouvrages hydrauliques pour recourir aux sources d'eau peu recommandées sont les pannes techniques (20,1 %), et les coupures d'eau (19,1 %) qui durent dès fois deux ou trois jours et la baisse de la pression (17,50 %). Les raisons mineures sont entre autres, les longues files d'attente au niveau des points d'eau, les conflits de gestion, le prix de vente élevé de l'eau au niveau de certains forages et les longues distances parcourues avant de pouvoir accéder à un point d'eau etc. Mais, durant les jours de coupure, les populations pour leurs besoins d'eau n'ont le choix que de recourir aux sources d'eau qui ne sont pas recommandées pour la boisson. Le même constat est fait au Burkina dans l'étude réalisée par DOS SANTOS (2006) sur l'accès à l'eau, il aboutit à la conclusion que les coupures régulièrement imposées par l'ONEA comme mesure de régulation de la pénurie peuvent obliger les ménages pourtant équipés de l'eau courante à domicile à se mettre en quête de l'eau. Ces ménages s'approvisionnent auprès des vendeurs ambulants ou aux bornes-fontaines situées dans les quartiers qui n'ont pas de coupures.

4.3. Besoins en eau et activités socio-économiques

4.3.1. Besoins en eau

Les besoins journaliers en eau des ménages enquêtés sont évalués en nombre de litre d'eau utilisé par jour dans chaque ménage. La figure 18 présente les proportions des ménages selon leurs besoins journaliers en eau.

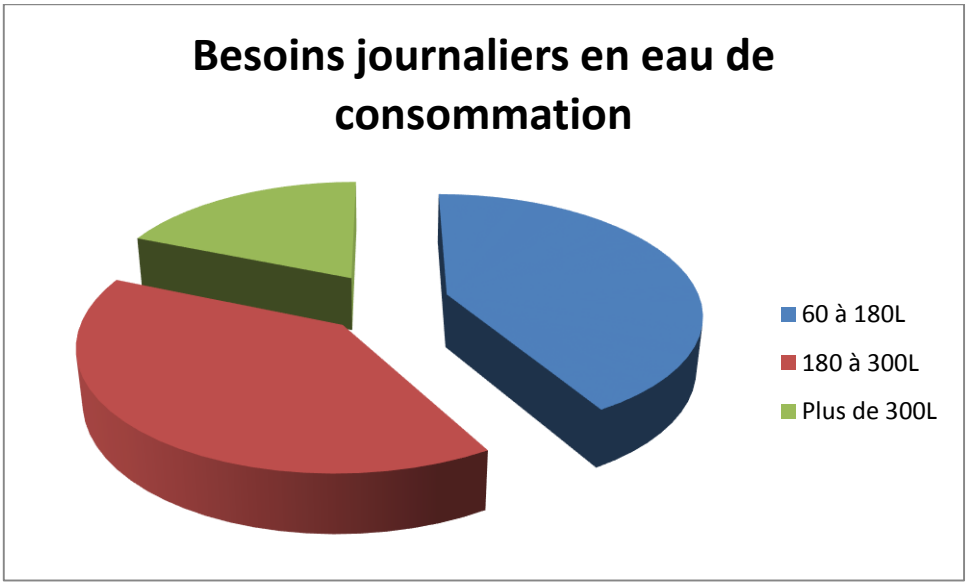


Figure 18 : Besoins journaliers en eau de consommation

Source : Résultats d'enquête, juillet 2017

L'analyse de la figure 18 permet de distinguer trois catégories de ménages enquêtés selon les besoins en eau. La première catégorie de ménages utilise 60 à 180 litres d'eau par jour soit un taux de 41,70 % pour leur besoin domestique. La deuxième catégorie est celle des ménages dont la consommation journalière d'eau varie entre 180 et 300 litres soit un taux de 39,60 %. Cette catégorie de ménage utilise l'eau pour satisfaire non seulement les besoins domestiques mais aussi dans l'exercice de certaines activités consommatrices d'eau (préparation de moutarde, de l'Akassa, la transformation du vin de palme en « sodabi », préparation du gari, etc.). La dernière catégorie utilise plus de 300 litres d'eau par jour soit une proportion de 18,80 %. C'est la catégorie des ménages moins peuplés qui en dehors des besoins courants développent des activités de grande consommation d'eau. Il s'agit des activités de transformation telle que la préparation de l'huile de palme, de fromage de soja. De cette analyse, on se rend à l'évidence que les besoins en eau des populations d'Abomey-Calavi sont importants et varient entre 60 et 300 L d'eau au moins par jour. Ces besoins ne sont toujours pas satisfaits en raison de nombreuses contraintes liées à l'accès aux sources d'approvisionnement en eau dans la Commune.

Dans les pays tropicaux, HOWARD et BARTRAM (2003) estiment qu'un minimum de 4,5 litres d'eau par jour et par personne sont nécessaires à l'adulte pour maintenir une bonne hydratation et jusqu'à 5,5 litres, si une femme allaite. En ajoutant l'eau nécessaire à la préparation des repas, un minimum de 7,5 litres d'eau par personne et par jour peut constituer

la norme de survie. Des quantités supplémentaires sont nécessaires à l'hygiène personnelle et au lavage des aliments. Finalement, la norme minimale des 20 litres d'eau par jour et par personne est celle retenue par l'OMS pour satisfaire les consommations domestiques de base, malgré de fortes controverses. Dans une étude récente réalisée par AUBRY et GAUZERE(2012), ces données ont largement évolué. Ainsi, pour les besoins quantitatifs minimums en eau de boisson, l'eau nécessaire pour l'hygiène corporelle et l'eau de cuisson des aliments pour assurer la survie sont en zone tropicale de 6 à 10 litres/ jour/ personne. Le chiffre de 20 litres/ jour/ personne est souvent cité comme la quantité minimale en intégrant en plus les besoins liés à l'hygiène.

Dans une étude réalisée sur la sensibilité des eaux souterraines du bassin sédimentaire côtier du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation : stratégies de gestion durable TOTIN(2010) est arrivé à caractériser la disponibilité en eau d'après les études réalisées par les auteurs dont FALKENMARK(1989) ; FALKENMARK&WIDSTRAND(1992), DIOP et REKACEWICZ(2003). Ces auteurs sont arrivés à définir par unité géographique trois seuils que sont la pénurie, le stress hydrique et la vulnérabilité hydrique. Pour eux, la vulnérabilité hydrique est associée à une quantité d'eau de 1700 à 2500 m^3 par personne et par an, le stress hydrique à un volume d'eau de 1000 à 1700 m^3 par personne et par an et la pénurie d'eau à un volume d'eau de moins de 1000 m^3 par personne et par an. Cette catégorisation tient plus compte de l'aspect quantité de l'eau que de celui qualité. Or, une eau de boisson est appréciée plus par sa qualité que par son volume. Mais le prix de l'eau varie en fonction de la source d'eau et du volume consommé d'où l'intérêt de connaitre les dépenses théoriques faites pour l'eau dans les ménages

4.3.2. Source d'eau et usages ordinaires dans les ménages

Dans la Commune d'Abomey-Calavi, l'eau est utilisée pour divers usages. Elle sert dans les activités de production ainsi que dans la consommation. La figure 19 montre les différentes sources d'eau et les usages qui sont faits de l'eau dans la Commune d'Abomey-Calavi.

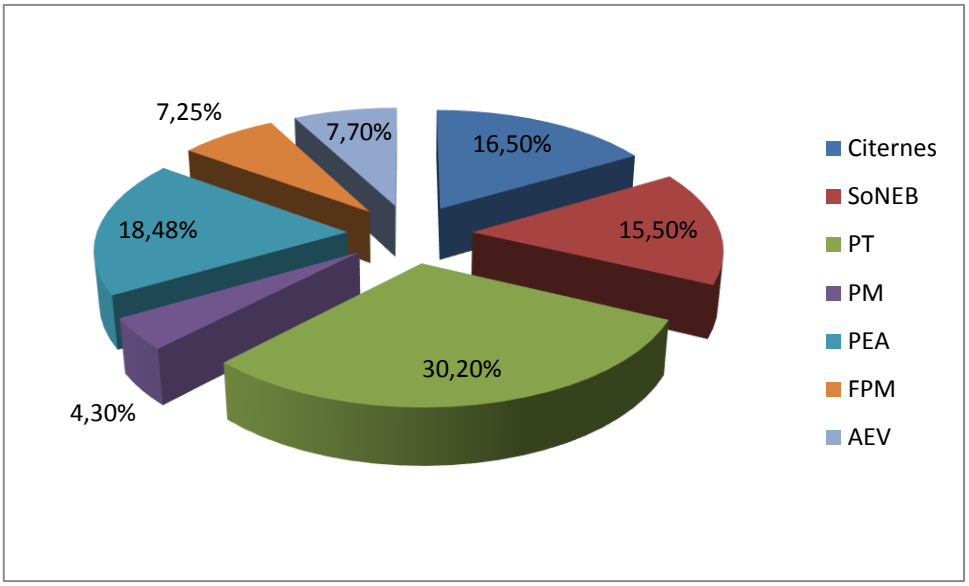


Figure 19 : Sources d'eau pour les usages domestiques

***Source** : Travaux de terrain, juillet 2017*

Il ressort de l'analyse de la figure 19 que la majorité des populations de la Commune d'Abomey-Calavi consomment l'eau des PT, des PEA, des citernes et de la SoNEB. Ainsi, dans la Commune d'Abomey-Calavi, pour les activités domestiques, la population utilise l'eau issue des forages (FPM, PEA, PM et AEV) à 37,73 %, suivi de l'eau des puits traditionnels (30,20%) et de l'eau des citernes à 16,50 %, L'eau de la SoNEB n'est utilisée qu'à 15,50% et principalement pour la boisson. La lessive, la vaisselle, l'hygiène corporelle sont faites avec l'eau de pluie associée à l'eau des puits traditionnels. La photo 11 montre une femme en train de faire la lessive au bord d'une mare.



Photo 11 : Utilisation de l'eau de mare pour la lessive à Bozoun

***Prise de vue**: Hondjènou, juillet 2017*

Les populations font leurs activités autour de ces ouvrages d'eau pour éviter les corvées d'eau. Mais ces pratiques rendent sales les alentours de ces ouvrages constituant peut-être un facteur de risque pour la qualité de l'eau. Mais la principale interrogation qui demeure est de savoir si l'eau issue de ces types d'infrastructures non recommandées subit toujours un procédé de potabilité particulier la rendant propre à la consommation ?

4.3.3. Procédés traditionnels de potabilisation de l'eau avant consommation

De nombreux moyens sont adoptés par les populations de la Commune d'Abomey-Calavi pour assainir l'eau de consommation. Seulement 24,35 % de la population de la Commune d'Abomey-Calavi s'adonnent au traitement (tous procédés confondus) de l'eau avant consommation même si cette eau ne provient pas toujours d'une source propre à la consommation. Les modes de traitement les plus souvent adoptés pour rendre l'eau issue des sources d'eau non recommandées propre à la consommation sont entre autres.

Ainsi, le procédé le plus utilisé pour rendre l'eau de boisson potable est l'aquatabs (10,68 %) suivie de la javellisation (4,60 %). L'eau subit de traitement si elle est trouble à vue si non, elle est consommée sans aucun traitement. Alors qu'une eau qui est claire n'est certainement pas exempte de pollution. Mais, toutefois, ces manières d'épurer l'eau comportent toujours des risques pour la santé humaine.

4.4. Mode de gestion des infrastructures hydrauliques

Le Bénin se caractérise par l'existence d'un grand nombre d'acteurs qui interviennent directement, ou indirectement sur les différents aspects de gestion et d'utilisation de la ressource eau. En dehors de toutes ces dispositions légales et règlementaires internes en faveur de la bonne gestion des ressources en eau et de l'approvisionnement en eau potable, il existe au Bénin également la stratégie nationale sectorielle de l'approvisionnement en eau potable en milieu rural (2005-2015). Cette stratégie précise les différents modes de gestion des ouvrages hydrauliques en milieu rural.

Ainsi, cette stratégie se base sur le principe de « l'eau paie l'eau » c'est-à-dire que les charges inhérentes à l'eau (de la production d'eau, du service, du suivi, de la maintenance et du renouvellement du matériel d'exhaure au niveau des Postes d'Eau Autonomes (PEA) et des Adductions d'Eau Villageoises (AEV) sont assurées par les recettes de l'eau. La gestion durable des infrastructures hydrauliques repose sur le principe de « la délégation de gestion des ouvrages » où la communauté est au cœur de la gestion des ouvrages de son territoire.

Différents modes de gestion caractérisent les ouvrages hydrauliques dans la commune d'Abomey-Calavi. Ainsi, les enquêtes réalisées auprès des principaux acteurs de l'eau (les consommateurs, les autorités locales) montrent qu'il existe deux modes de gestion (gestion communautaire et gestion déléguée). Sur le terrain, seule la gestion déléguée continue de fonctionner.

4.4.1. Gestion déléguée

La gestion déléguée est appliquée aux AEV, PEA, FPM. Ce mode de gestion oblige la commune à déléguer l'exploitation de ses ouvrages hydrauliques à un opérateur spécialisé appelé fermier sur la base d'un avis d'appel à candidature. Cette délégation se fait sur la base d'une signature de contrat de délégation entre le maire et le fermier. Le fermier doit verser une redevance à la mairie qui s'assure que ce dernier effectue bien sa mission et que les attentes des usagers sont satisfaites. Le constat fait sur le terrain est que c'est le chef village qui choisit une personne de bonne moralité (le fermier) pour la gestion de l'ouvrage hydraulique et qui lui rend compte à chaque fin du mois. Les recettes issues de la vente de l'eau sont utilisées pour réparer l'ouvrage en cas de panne. L'analyse du fonctionnement de ces sources montre que ce sont des sources qui sont bien fréquentées et ont un atout important du point de vue de leur gestion. Selon les autorités locales, cette gestion est plus rassurante car il permet de garantir un bon fonctionnement parce que le risque de fermeture pour détournement des fonds de réparation et de maintenance est réduit.

La figure 20 présente la synthèse du modèle FFOM a permis d'analyse les modes de gestion des infrastructures d'eau dans la commune d'Abomey-Calavi.

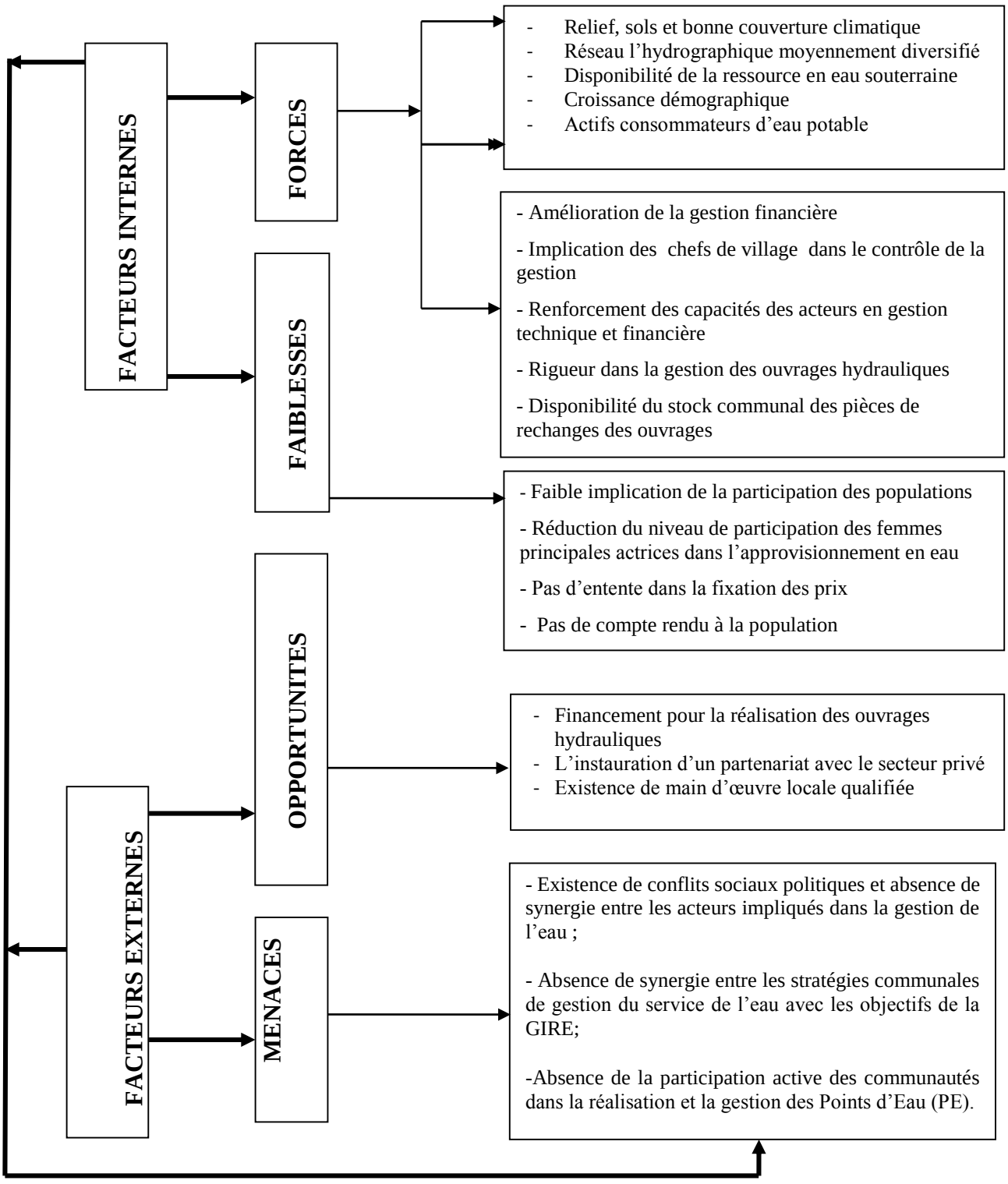


Figure 20: Analyse à de la gestion des infrastructures d'accès à l'eau de consommation dans la commune d'Abomey-Calavi

***Source** : Résultats d'enquête juillet, 2017*

Après avoir diagnostiqué le mécanisme de gestion des infrastructures d'eau dans la commune d'Abomey-Calavi, il urge de revoir le système de la fermeture de l'ouvrage en cas du non-paiement de la redevance afin de ne pas pénaliser les consommateurs. De plus, il faut inviter

tous les acteurs (gestionnaire, communauté de service de l'eau et consommateurs) à un dialogue commun afin d'apporter la lumière sur le rôle de chacun et éviter à terme les conflits entre acteurs.

4.4.2. Gestion communautaire

La gestion communautaire est appliquée pour les PM, les FPM. Elle est faite collectivement par les populations bénéficiaires organisées en Association des Usagers d'Eau (AUE). Elle se fait suivant le principe selon lequel c'est la communauté qui gère les ouvrages. L'approche par la demande est utilisée, et c'est la communauté même qui fait part de ses besoins en Point d'Eau (PE) à l'organe chargé de l'intermédiation sociale en matière d'approvisionnement en eau potable qui à son tour rend compte au service technique de la mairie (AKPY, 2016). Le constat sur le terrain est que la gestion communautaire avait existé. Mais pour des raisons de mauvaise gestion, par le fontainier, ce mode a été suspendu au profit du précédent.

Ces résultats sont les mêmes que ceux trouvés par plusieurs auteurs comme BARON et TIDJANI (2011) ; ASSOUMA ISSA (2018) ; BERTON(2010). Ils écrivent que dans les campagnes, la délégation de la gestion des infrastructures à un privé, sous la forme de contrats, dans le cas des mini-adductions d'eau, prend progressivement le pas sur la gestion communautaire. Les arguments ayant légitimé ce passage sont multiples. L'une des conditions de réussite de la gestion communautaire reposerait sur la reconnaissance des positions différenciées dans les instances communautaires et des motivations individuelles au sein d'un collectif. Lorsque la participation signifie l'égalité et que l'effort de chacun n'est pas reconnu, la gestion communautaire échoue. Ils analysent les limites, mais aussi les avantages, de ce mode de gouvernance, trop rapidement décrié à une certaine époque (BAKKER, 2008). Paradoxalement, l'existence d'arrangements locaux, de nature informelle, qui reposent sur des règles issues du modèle communautaire, permet au processus de marchandisation de fonctionner à l'échelle locale. En effet, ces arrangements constituent des solutions ponctuelles à l'exclusion de certaines catégories de la population.

4.5. Accès à l'eau

Les différents résultats susmentionnés à propos de l'accès à l'eau traduisent véritablement des problèmes d'approvisionnement en eau dans la Commune d'Abomey-Calavi. Le ministère chargé du plan dans un premier rapport sur les OMD en 2003 estime qu'au Bénin, la question de l'eau est caractérisée par l'accès difficile à cette ressource, la mauvaise gestion des points d'approvisionnement et les coûts élevés des branchements d'eau courante. Ainsi, un ménage

sur trois n'a pas accès à l'eau potable au Bénin et le problème se remarque beaucoup plus en milieux ruraux. De même le prolongement en 2030 du délai d'agir des OMD mués en ODD dont l'objectif 10 était de réduire de moitié d'ici 2015 le pourcentage de populations qui n'a pas accès de façon durable à un approvisionnement en eau constitue un aveu de reconnaissance de non atteinte de cet objectif. Donc la question d'accès à l'eau en quantité et en qualité reste et demeure de mise dans la Commune d'Abomey-Calavi. A ce problème chronique s'ajoutent maintenant les difficultés d'accessibilité géographique et financière auxquelles sont confrontées les populations de la commune dans leur quête d'eau de consommation et d'usage divers.

4.5.1. Inventaire des infrastructures d'eau

Les tableaux IX, X, XI et XII présentent la répartition spatiale des différents types d'infrastructures et leurs états de fonctionnement

Tableau IX : Inventaire des FPM

Arrondissements	Population estimée en 2017	FPM f	FPM p	FPM A	T FPM
ABOMEY-CALAVI	152718	12	3		15
AKASSATO	79405	30	2		32
GLO-DJIGBÉ	36426	11	0		11
GODOMEY	328267	1	1		2
HEVIE	87125	5	1		6
KPANROUN	12546	13	1	2	16
OUEDO	35673	15	3		18
TOGBA	95049	5	1		6
ZINVIE	23534	21	3		24
TOTAL	850743	113	15	2	130

Source : Résultats d'enquête, juillet 201

Tableau X : Inventaire des PEA

Arrondissements	Population estimée en 2017	BF f	BF p	BF fermé	T BF
ABOMEY-CALAVI	152718	16	0		16
AKASSATO	79405	2	3		5
GLO-DJIGBÉ	36426	42	4	1	47
GODOMEY	328267	1	0		1
HEVIE	87125	11	0	32	43
KPANROUN	12546	0	4		4
OUEDO	35673	0	20		20
TOGBA	95049	17	1		18
ZINVIE	23534	16	3		19
TOTAL	850743	105	35	33	173

Source : Résultats d'enquête, juillet 2017

Tableau XI : Inventaire des BF

Arrondissements	Population estimée en 2017	AEVf	AEVp	T AEV
ABOMEY-CALAVI	152718	1	0	1
AKASSATO	79405	0	0	0
GLO-DJIGBÉ	36426	1	0	1
GODOMEY	328267	0	0	0
HEVIE	87125	1	0	1
KPANROUN	12546		1	1
OUEDO	35673	0	2	2
TOGBA	95049	1	0	1
ZINVIE	23534	2	1	3
TOTAL	850743	6	4	10

Source : Résultats d'enquête, juillet 2017

Tableau XII : Inventaire des AEV

Arrondissements	Population estimée en 2017	PEA f	PEA p	T PEA
ABOMEY-CALAVI	152718	0	1	0
AKASSATO	79405	2	0	2
GLO-DJIGBÉ	36426	1	0	1
GODOMEY	328267	0	0	0
HEVIE	87125	0	0	0
KPANROUN	12546	0	1	1
OUEDO	35673	0	0	0
TOGBA	95049	0	0	0
ZINVIE	23534	0	1	0
TOTAL	850743	3	3	6

Source : Résultats d'enquête, juillet 2017

Légende

FPM f	Forage à Pompe Manuelle fonctionnel	BF f	Borne Fontaine fonctionnelle
FPM p	Forage à Pompe Manuelle en panne	BF p	Borne Fontaine en panne
T FPM	Total Forage à Pompe Manuelle	T BF	Total Borne Fontaine
PEA f	Poste d'Eau Autonome fonctionnel	AEVf	Adduction d'Eau Villageoise fonctionnelle
PEA p	Poste d'Eau Autonome en panne	T AEV	Total Adduction d'Eau Villageoise
T PEA	Total Poste d'Eau Autonome en panne		

Les tableaux IX, X, XI et XII montrent la répartition des ouvrages hydrauliques existant par arrondissement dans la commune d'Abomey-Calavi. Il est dénombré au total :

- 130 Forages de Pompe à Motricité Humaine dont 113 sont encore fonctionnelles soit un taux de 86,92 % et 15 qui sont en panne soit un taux de 11,54% et en fin 2FPM abandonnés soit 1,54% pour les raison de salinité de l'eau. Les ouvrages en panne peuvent être réparés ou réhabilités selon les agents de la Direction Régionale de l'Hydraulique d'Abomey-Calavi ;
- 173 Bornes Fontaines dont 105 fonctionnent normalement soit un taux de 60,69 % et 35 sont en panne soit un taux de 20,23 % et 32 sont fermés soit 18,49 % pour des raisons de gratuité de l'eau de la part de la population à Hêvié et de problème de dette de la part du fontainier ;
- 6 Postes d'Eaux Autonomes dont 3 sont encore fonctionnels soit un taux de 50% et 3 est en panne soit un taux de 50% ;
- 10 châteaux d'Adduction d'Eau Villageoise dont 6 fonctionnent normalement soit un taux de 60% et 4 sont en panne soit un taux de 40%. Ce sont ces châteaux qui alimentent les bornes fontaines.

En somme, sur un total de 319 ouvrages fournissant de l'eau potable (FPM, BF, PEA, AEV), 259 ouvrages sont fonctionnels soit un taux de81,19 % et 57 en panne soit un taux de 17,87% et 2 ouvrages abandonnés soit 0,63%. Les ouvrages en panne ne sont pris en compte dans le calcul du taux de desserte en eau potable car ces ouvrages ne fournissent pas actuellement de l'eau aux populations.

4.5.2. Situation de desserte actuelle en eau de consommation

Les types de point d'eau pris en compte dans l'analyse de la situation de desserte en eau potable des populations sont les FPM, les BF, les PEA publics et les branchements actifs de la SONEB. Les ouvrages en panne qui sont susceptibles d'être réparé ou réhabilités sont pris en compte

dans le calcul du taux de desserte d'une localité. Pour les Équivalents Points d'Eau (EPE), la norme utilisée est résumée dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Correspondance entre ouvrage et équivalent point d'eau

Sigles	Norme de desserte de la stratégie nationale d'Adduction d'Eau Potable	Valeur en EPE
BF	1 Borne-fontaine(ou rampe) pour 500 habitants	2
FPM	1 Forage équipé de pompe à motricité humaine pour 250 habitants	1
PEA	1 Poste d'eau autonome pour 1000 habitants	4
BP	1 Branchement particulier (AEV) équivaut à 12,5 habitants	0,05
En milieu urbain, 1 abonné au réseau SONEB équivaut à 12 habitants		0,048
1EPE = 250 habitants servis		

***Source** : PCEAU, (2013)*

Le tableau XIV présente le nombre d'équivalent point d'eau et le taux de desserte par arrondissement.

Tableau XIV : Nombre d'équivalent point d'eau et le taux de desserte par arrondissement

Arrondissements	Population estimée 2017	FPM f	BF f	PEA f	Abonnés SONEB	Total EPE	Population desservie	Taux de desserte
Abomey-Calavi	152718	12	16	0	16682	44	120092	90%
Akassato	79405	30	2	2	2411	42	39432	57%
Glo-Djigbé	36426	11	42	1	0	99	27250	77%
Godomey	328267	1	1	0	14893	3	179466	62%
Hêvié	87125	5	43	0	0	91	23000	30%
Kpanroun	12546	13	0	0	0	13	6500	29%
Ouèdo	35673	15	0	0	0	15	3750	12%
Togba	95049	5	17	0	16	39	9750	12%
Zinvié	23534	21	16	0	119	53	14678	71%
Total	850743	**113**	**137**	**3**	**34121**	**399**	**423918**	**57%**

***Source** : Mairie d'Abomey-Calavi (2015), DRH (2015) et résultats de terrain (2016)*

Le tableau XIV montre que les arrondissements d'Abomey-Calavi, Akassato, Glo-Djigbé, Godomey, Hêvié, Kpanroun, Ouèdo, Togba et Zinvié ont un taux respectif de 90%, 57%, 77%, 62%, 30%, 29%, 12%, 12%, 71 %. Ainsi, la commune d'Abomey-Calavi a connu un avancé considérable en matière d'approvisionnement en eau potable. Elle dessert actuellement 484924 habitants avec un taux de desserte de 57% contre 357312 habitants avec un taux de desserte de 42% selon CAE, (2010). Ce taux de 57% constitue une performance au regard du taux de

desserte antérieure. Mais le taux de desserte de 57% est faible au regard des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) qui est d'atteindre un taux de 75% en zone urbaine et 67,3% en milieu rural en 2015et de satisfaire 100% des besoins en alimentation en eau potable d'ici 2022(CAE, 2010). Le taux de desserte d'Abomey-Calavi (57%) est rendu possible grâce au 16 nouveaux bornes fontaines et 12 nouveaux FPM réalisées et au nombre d'abonné de la SONEB qui s'est accru. Les arrondissements de Glo-Djigbé et de Zinvié ont également dépassé le taux fixé par les OMD. Les arrondissements d'Akassato, Godomey, Kpanroun, et Ouèdo ont un taux faible. Et les arrondissements, Hêvié et Togba sont encore loin de la réalité au regard de l'OMD et de la stratégie nationale d'Adduction d'Eau Potable (AEP) car, ces taux de desserte ne sont pas satisfaisants. De plus, il faut noter que malgré ces forts taux, il y a bon nombre de villages qui n'ont pas facilement accès à l'eau du fait des pannes fréquemment enregistrées sur les ouvrages existants et de l'inégale répartition des ouvrages Cette situation explique parfois la régression observée des taux de desserte dans la commune d'Abomey-Calavi (tableau XV).

Tableau XV : Comparaison des taux de desserte de 2012 et de 2016

Arrondissement	Population estimée	Total EPE	Abonnés SONEB	Population desservie	Taux de desserte	Population estimée	Total EPE	Abonnés SONEB	Population desservie	Taux de desserte
	Année 2012					Année 2016				
ABOMEY-CALAVI	103870	14	7694	78503	76%	134141	44	16682	120092	90%
AKASSATO	22864	44	2404	12035	53%	69746	42	2411	39432	57%
GLO-DJIGBÉ	16744	92	0	16744	49%	31995	99	0	27250	77%
GODOMEY	270617	4	10697	80837	30%	288336	3	14893	179466	62%
HEVIE	17876	92	0	9678	**54%**	76527	91	0	23000	**30%**
KPANROUN	9873	18	0	2283	23%	11019	13	0	6500	29%
OUEDO	13379	53	0	4640	**35%**	31333	15	0	3750	**12%**
TOGBA	24826	41	16	5427	**22%**	83487	39	16	9750	**12%**
ZINVIE	17568	54	90	9506	54%	20672	53	119	14678	71%
SITUATION COMMUNALE	497617	412	20901	211131	42%	733455	399	34121	423918	57%

***Source** : CAE, (2010) et travaux de terrain (2016)*

Le tableau XV montre que plus la population augmente plus le besoin en infrastructure d'eau augmente de même que le taux de desserte. Mais quand la population augmente et que le nombre d'équivalent point d'eau est en baisse, le taux de desserte diminue. La diminution du nombre d'équivalent point d'eau actuelle par rapport à celui de 2012 dansles arrondissements de Hèvié, Ouèdo et Togba est due aux pannes des infrastructures hydrauliques. L'augmentation du taux actuelle de desserte au niveau communale (57%) est rendu possible grâce aux nouveaux abonnés enregistrés par le SONEB suite aux projets mis en place par l'Etat béninois dans le secteur de l'eau et de l'assainissement. A cela s'ajoute les nouvelles infrastructures réalisées par la DG-Eau.

4.5.3. Analyse de la distribution spatiale des infrastructures d'eau

La population de la commune s'approvisionne en eau dans différentes sources et de différentes manières compte tenu de la distance qui les séparent de telle ou telle autre source (figure 21).

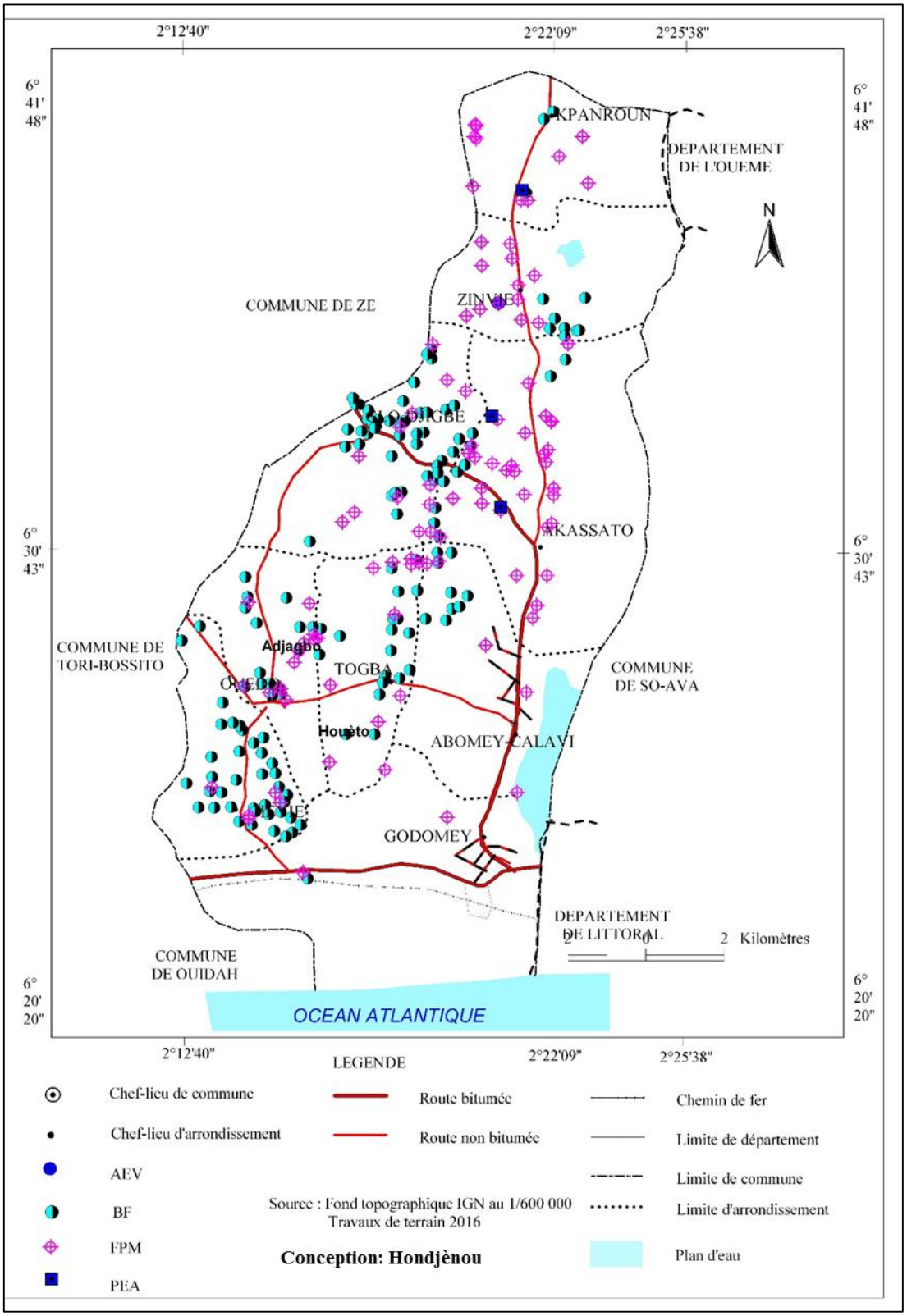


Figure 21: Spatialisation des infrastructures hydrauliques dans la commune d'Abomey-Calavi

Source *: Résultats d'enquête juillet, 2017*

Cette figure montre la répartition spatiale des infrastructures d'eau. Ces infrastructures sont denses à certain endroit et absent dans d'autre. Ce qui montre une inégale répartition de ces ouvrages dans la commune. Les arrondissements d'Abomey-Calavi, Godomey, Akassato, sont partiellement alimentés par le réseau de la SONEB. Zinvié et Togba sont faiblement desservie avec respectivement 119 et 16 abonnées. Les populations qui ne disposent pas d'eau potable font usage des puits modernes et traditionnels. Ainsi, pour savoir si les populations ont réellement accès à l'eau de consommation, l'indice d'accès à l'eau de consommation a été calculé.

4.5.4. Indicateur d'Accès à l'Eau de Consommation (IAEC)

L'indicateur réalisé permet de classifier les arrondissements suivant le niveau d'accès à l'eau potable au sein de la Commune d'Abomey-Calavi. Les résultats de l'indice KMO et le test de Batlett sont présentés dans le tableau XVI.

Tableau XVI: L'indice de KMO et le test de Bartlett

Indice KMO et test de Bartlett		
Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.		0,711
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	123,693
	ddl	28
	Signification de Bartlett	000

***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2018*

L'analyse du tableau XVI montre que la valeur de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) est 0,711et est proche de 1. Cette valeur est supérieure à 0,70, le seuil généralement considéré comme celui au-delà duquel on peut procéder à un ACP. Cela permet d'accepter l'hypothèse d'existence de corrélation significative entre les variables. En d'autres termes, les corrélations qui existent entre les variables sont significatives. Le Tableau XVII présente les valeurs propres obtenues à l'issue de l'analyse des composantes principales.

Tableau XVII: Valeurs propres des composantes principales.

Axes factoriels	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valeurs propres	14,91	1,816	1,50	1,32	0,58	0,55	0,17	0,14
% de la variance	71,02	8,649	7,15	6,302	2,77	2,626	0,814	0,667
% cumulés	71,02	79,67	86,82	93,119	95,89	98,52	99,33	100

***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2018*

Les valeurs propres et les vecteurs propres quantifient la part de l'information expliquée par les différents axes. C'est à partir des valeurs propres que l'on peut décider du nombre d'axes que l'on va conserver et sur lesquels on va projeter le nuage de lignes et le nuage de colonnes.

En se référant au critère empirique de Cattel, le critère du Coude, nous retenons comme pertinents les quatre premiers facteurs. Il y a, en effet, une forte rupture de la variation entre l'axe 3et l'axe 4 comparativement à la pente entre les axes 1 et 2. Le critère de Kayser, qui veut que soient considérés les axes dont les valeurs propres sont supérieures à la moyenne, conduit à retenir les axes 1, 2, 3 et 4. Il confirme également la décision à prendre d'après le critère du coude de Cattel.

En appliquant les résultats de l'IAEC aux ménages de la Commune d'Abomey-Calavi, il ressort les résultats consignés dans le tableau XVIII.

Tableau XVIII: Application de l'Indicateur d'Accès à l'Eau Consommation (IAEC) aux ménages de la Commune d'Abomey-Calavi

Niveau de l'accès	**Pourcentage**	**Pourcentage valide**	**Pourcentage cumulé**
Accès facile	40,5	40,5	40,5
Accès moyen	36,63	36,63	77,13
Accès difficile	22,86	22,86	100,0
Total	100,0	100,0	

***Source** : Résultats d'enquête, juillet 2017*

Il ressort de l'analyse du tableau XVIII que 36,63 % de la population de la Commune d'Abomey ont un accès moyen à l'eau potable. Ceci est plutôt contraire au taux de desserte élevé observé.

Dans la théorie (taux de desserte), l'accès à l'eau potable dans la Commune d'Abomey-Calavi est élevé mais, contraire à l'accès réel (IAEC) qui est moyen.

La proportion de la population ayant un accès difficile à l'eau potable (22,86 %) n'est cependant pas négligeable. L'accès facile est surtout noté dans les arrondissements de la commune. Les trois (03) niveaux de l'IAEC évoluent au même rythme car ceci s'explique par le fait que plusieurs variables sont agrégées pour le déterminer. Par exemple, le fait de disposer de l'eau de la SONEB à domicile, ce qui bonifie les paramètres de distances parcourues et de qualité de l'eau à la source, peut être compromis par l'usage des récipients souillés, de procédés de potabilisation de l'eau, de la capacité financière des ménages à faire face aux coûts de l'eau, etc.

4.5.5. Distances parcourues des arrondissements aux points d'eau

En ville, l'OMS (2003) considère qu'un individu a accès à l'eau, s'il est desservi par un réseau à moins de 200 m de son habitation. En milieu rural, c'est plutôt le temps passé par les membres de la famille pour s'approvisionner en eau qui constitue un indicateur. La norme retenue par l'OMS (2003) est de 15 minutes de marche en terme de temps que mettent les ménages pour aller aux points d'eau potable. Pourtant, le pourcentage de la population ayant accès à l'eau potable est considéré comme un indicateur d'efficacité de l'offre de l'eau. La distance au point d'eau est une donnée de premier ordre puisqu'elle détermine en partie les quantités disponibles aux usages domestiques, et aux usages hygiéniques notamment ainsi que la qualité de l'eau. Dans la Commune d'Abomey-Calavi, 53,9 % des ménages parcourent moins de 1km pour s'approvisionner en eau. Seulement 13,3 % des ménages enquêtés disposent d'une source d'eau à domicile, ce qui réduit les distances parcourues. Les proportions des distances parcourues sont représentées sur la figure 22.

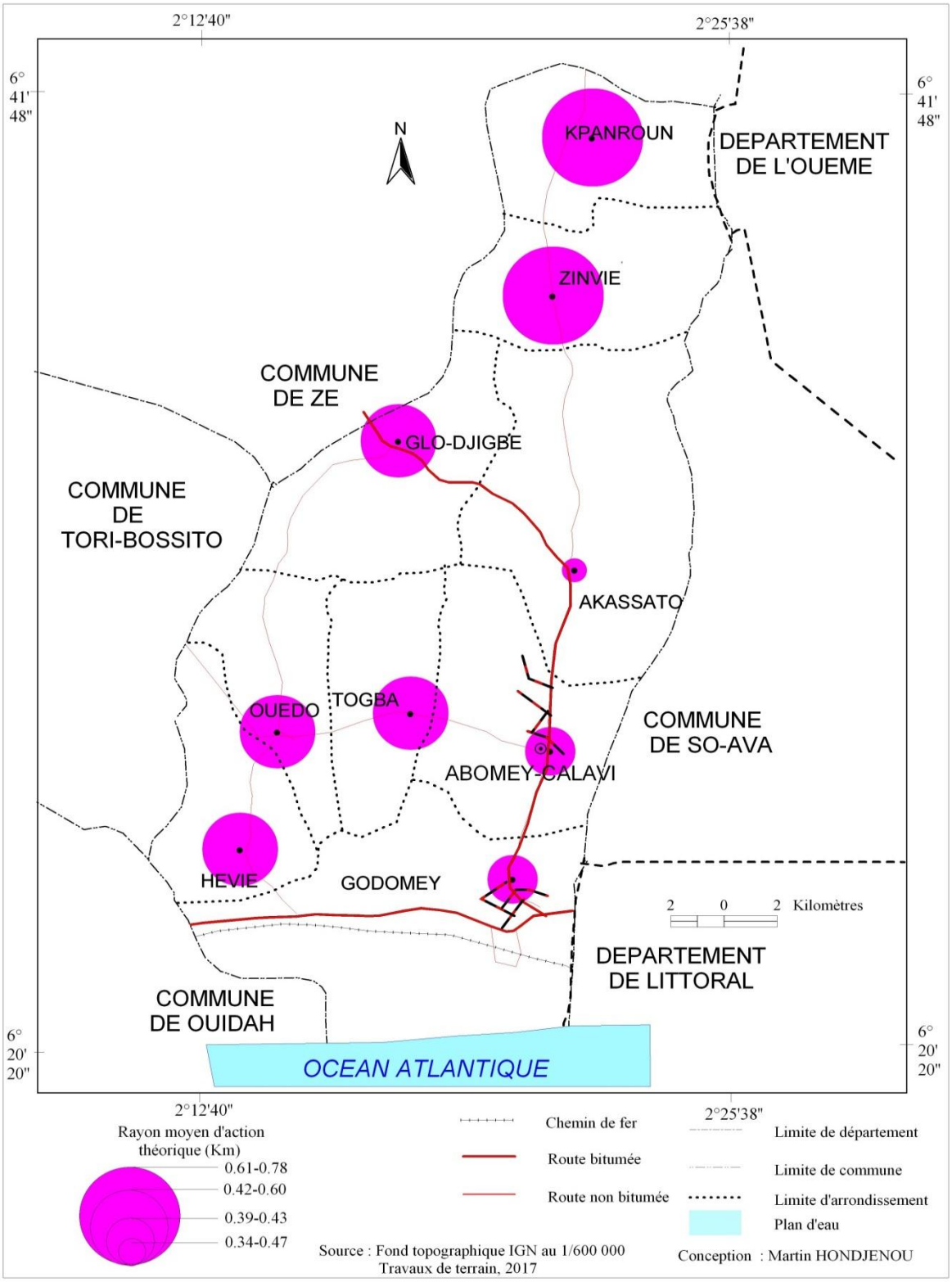


Figure 22 : Distance moyenne parcourue pour avoir accès à l'eau

Source *: Résultats d'enquête juillet, 2017*

A travers la figure 22, il ressort que dans tous les arrondissements la distance moyenne parcourue par les femmes pour s'approvisionner en eau de boisson oscille entre 340 m et 780 m. Seulement les femmes des arrondissements Zinvié et Kpanroun parcourent moins d'un (1) km avant de s'approvisionner en eau. Par contre, dans les arrondissements de Togba, Hêvié, Glo-Djigbé et de Ouèdo, les femmes parcourent plus de deux (0,39) km avant de s'approvisionner en eau. Pour l'OMS l'accessibilité s'apprécie en termes de distance qui soit inférieure à 200 mètres de la concession (OMS, 2003) et de temps de collecte estimé à 15 minutes de marche. Alors que parcourir de longues distances altère sans aucun doute la qualité de l'eau et diminue également la quantité d'eau prélevée également. En saison pluvieuse, les ménages ne font pas la corvée d'eau car les eaux de pluie sont recueillies suffisamment pour couvrir la période. La distance, ou le temps de collecte, et le coût ont des effets indirects sur la qualité et les quantités d'eau disponibles au sein des ménages. Par exemple, la distance et le coût influencent les quantités d'eau disponibles au sein des ménages pour les besoins de consommation et d'hygiène de base notamment.

Selon DESILLE (2012), si le point d'eau est éloigné du domicile, il génère des pratiques à risque qui sont deux activités distinctes : la collecte et le transport. La collecte consiste à remplir un contenant (seau, bidon, etc.) au niveau du point d'eau. Si les abords du point d'eau sont mal entretenus ou mal utilisés par les usagers, le développement d'eaux stagnantes constituera autant de gîtes pour les germes pathogènes. De même, des récipients souillés ou des mains sales risquent de contaminer l'eau collectée. Quant au transport, il consiste à effectuer la distance (très variable selon les cas) du point d'eau jusqu'au domicile, tout en portant un contenant rempli d'eau (souvent de l'ordre de 20 à 40 litres). Si les contenants ne sont pas fermés de manière hermétique ou s'ils sont recouverts de manière inadéquate (branches, plastiques souillés), ils autorisent l'intrusion de pathogènes extérieurs.

Du point de vue de la distance, une relation inverse existe également entre la distance au point d'eau et les quantités collectées. Cette relation n'est cependant pas linéaire. Lorsque le temps nécessaire à la collecte de l'eau dépasse quelques minutes (environ cinq minutes ou à une distance de 100 mètres de la résidence), les quantités d'eau collectées diminuent de manière significative d'environ 70% (DOS SANTOS, 2005). Ensuite, il y a peu de différence dans les quantités collectées à l'intérieur d'une distance comprise entre 100 et 1000 mètres, soit de 5 à 30 minutes. Après ce seuil d'un kilomètre ou de 30 minutes de temps de collecte, les quantités diminuent progressivement jusqu'au minimum vital (CAIRNCROSS, 2003). Enfin, la qualité de l'eau dépend également pour une part de la distance parcourue entre la source et le lieu de

stockage au sein du ménage, les risques de contamination étant importants entre ces deux points, compte tenu des manipulations successives. La notion de distance fait également appel au temps perdu pour aller s'approvisionner en eau de boisson.

Généralement, la notion de disponibilité fait appel à la recharge de la nappe. Cet aspect n'est pas très développé dans ce document. La structure géologique dans certains arrondissements ne permettant pas aux ménages d'avoir de l'eau en quantité sur toute l'année favorise leur recours aux sources d'eau dont la consommation est peu recommandée. Mais, les résultats montrent une différence selon la topographie dans la Commune d'Abomey-Calavi qui représente la toute première difficulté qui conditionne la disponibilité de l'eau. Mais la distance parcourue du domicile aux points d'eau représente une contrainte pour les ménages. Car, rappelons que la distance représente un indicateur de premier ordre puisqu'elle détermine en partie les quantités disponibles aux usages domestiques et aux usages hygiéniques. Ainsi, ce sont les ménages situés à la périphérie des centres ruraux qui ont l'eau facilement et en quantité suffisante. De plus, le temps et l'énergie perdus à puiser de l'eau sur de longues distances, tâche incombant surtout aux femmes et aux fillettes, privent ces dernières de temps pour se livrer à des activités génératrices de revenus et à aller à l'école. En Afrique, des millions de femmes et d'enfants parcourent chaque jour de longues distances pour aller chercher de l'eau. En moyenne, un membre du ménage (généralement une femme ou un enfant fille) a besoin d'une demi-heure environ pour se rendre au point d'eau, puiser de l'eau et revenir, ce qui n'est pas sans inconvénients pour la scolarité des enfants et l'égalité entre garçons et filles**.** Ces résultats sont en adéquation avec ceux de DOS SANTOS (2005) à Ouagadougou, LEWIS et *al.*,(2007), en Afrique, OMS (2007), COLLIGNON et VEZINA (2000) dans dix (10) pays d'Afrique.

4.5.6. Distance parcourues des ménages aux points d'eau

Pour mieux apprécier la distance parcourue dans chaque arrondissement par les femmes avant de s'approvisionner en eau potable, les ménages ont été répartis en rayon en fonction de la norme de 200 m exigée par l'OMS. Ainsi, l'algorithme de calcul appelé " buffering " a été utilisé afin de déterminer les relations de proximité entre les points d'eau et les ménages représentés par l'objet maison. L'intégration de données au travers des différentes couches d'information (point d'eau, Bâti) permet d'effectuer une analyse spatiale rigoureuse. Les résultats de la figure 23 présente les proportions des différentes distances parcourues.

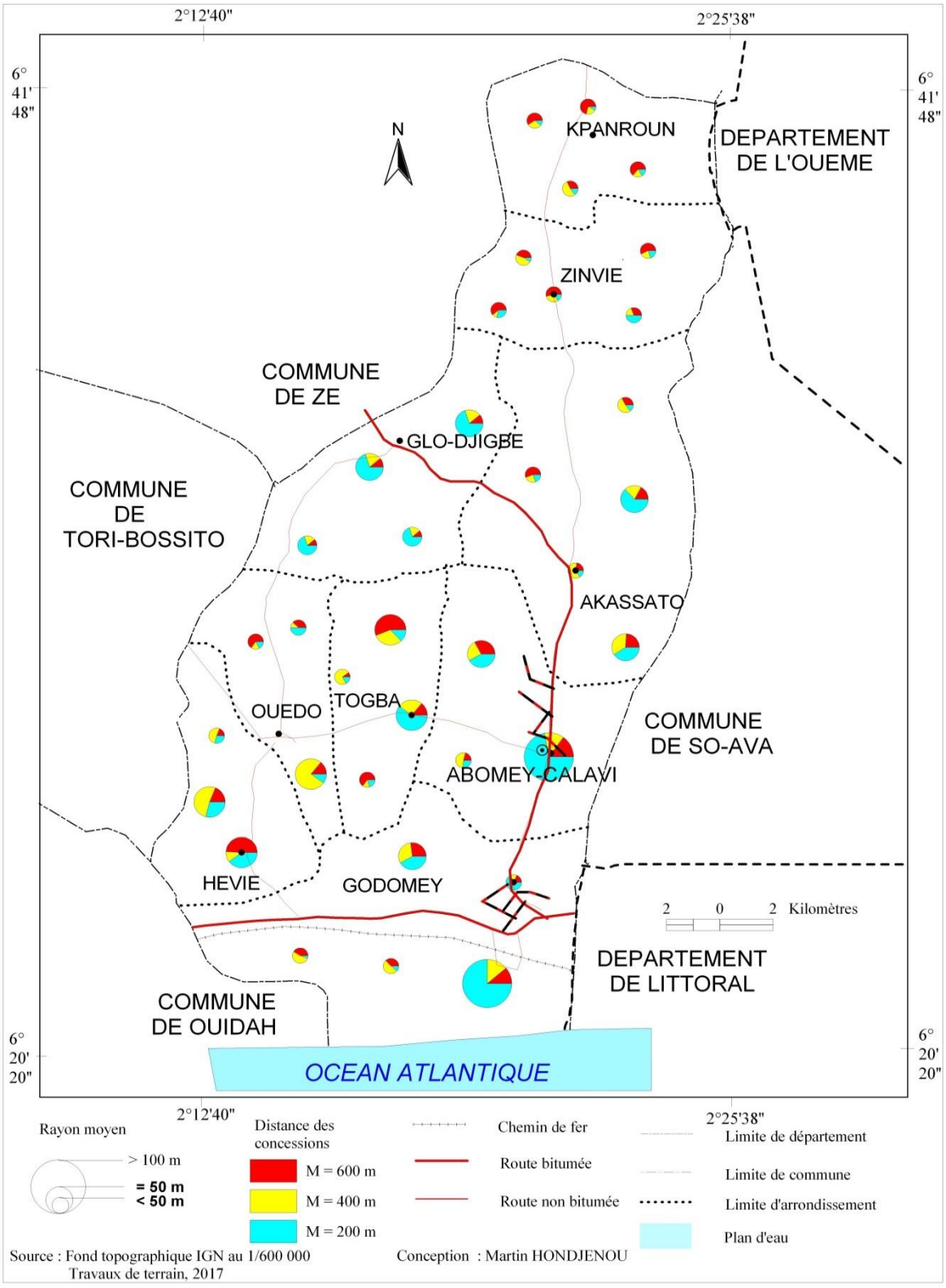


Figure 23 : Proportions des différentes distances parcourues

Source : Résultats d'enquête, juillet 2017

La figure 23 montre les distances parcourues par les femmes dans chaque arrondissement avant de s'approvisionner en eau potable. En se mettant à l'échelle de la Commune, 31 %, 25 %, 44 % des ménagent se situent respectivement dans un rayon de 200, 400 et 600 d'un point d'eau. Mais, ces proportions deviennent faibles à l'échelle d'arrondissement. En effet, certains ménages ont été considérés dans tous les arrondissements. Ainsi les proportions des ménages qui se situent dans un rayon de 200 m des points d'eau dans les arrondissements sont Abomey-Calavi 15 % ;Zinvié 8 % ;Glo-Djigbé 15 % ;Godomey 18 % ;Ouèdo 8 % ;Togba 9 % ;Akassato 13 % :Hêvié 9 % et Kpanroun 4 %. Dans un rayon de 400 m ces proportions ont diminué dans certains arrondissements et sont Abomey-Calavi 9 % ;Zinvié 7 % ;Glo-Djigbé 13 % ;Godomey 10 % ;Ouèdo 6 % ;Togba 33 % ;Akassato 8 % :Hêvié5 % et Kpanroun 9 %, L'arrondissement qui a le pourcentage le plus élevé de ménages situés dans un rayon de 600 m est Kpanroun (30 %) et celui qui a le plus faible pourcentage est Godomey (2 %). L'arrondissement de Kpanroun présente les plus faibles proportions de ménages ayant accès à l'eau selon les différents rayons. La distance parcourue fait appel automatiquement à la notion d'heure perdue qui est aussi un indicateur d'accès à l'eau potable.

4.5.7. Temps perdu pour l'approvisionnement en eau potable

Une autre difficulté est le Nombre d'Heure Perdue (NHP) pour s'approvisionner en eau potable. L'accessibilité géographique raisonnable ou acceptable à l'eau potable en milieu rural se définit par le fait de marcher au plus quinze (15) minutes du domicile à un point d'eau pour s'approvisionner. Le nombre d'heures perdues par les femmes pour s'approvisionner en eau dans la Commune d'Abomey-Calavi est représenté sur la figure 24.

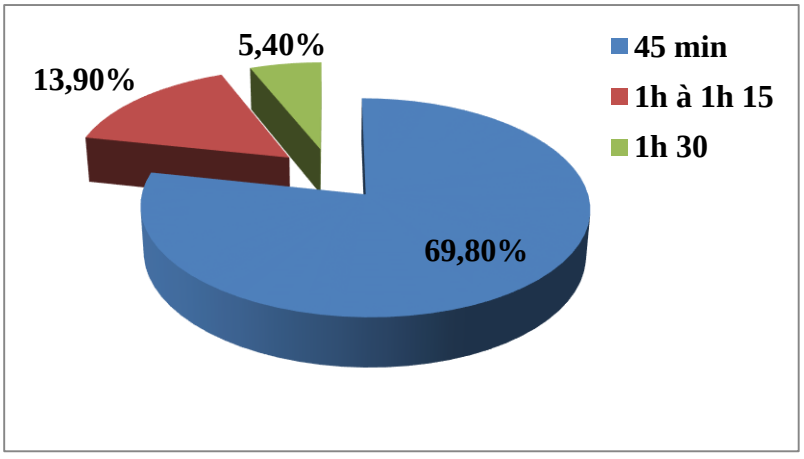


Figure 24 : Nombre d'heures perdues pour s'approvisionner en eau dans la Commune d'Abomey-Calavi

***Source** : Résultats d'enquête juillet, 2017*

La figure 24 montre que 69,8% des femmes à qui incombe cette corvée d'eau perdent en moyenne par jour 45 minutes pour s'approvisionner en eau, 13,9 % déclarent perdre entre une (01) heures à une (01) heure15 minutes et une frange de 5,4% estiment avoir perdu jusqu'à une heure trente (1h 30) de temps par jour pour s'approvisionner en eau potable. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par SEBO,(2014) où il affirme 61 % des enquêtés du bassin du Mono déclarent perdre deux (02) heures de temps tandis que 07 % estiment en mettre quatre (04). Cette dernière tranche de la population correspond vraisemblablement à celle qui parcourt les plus longues distances pour s'approvisionner en eau potable. Le temps et l'énergie perdus à puiser de l'eau sur de longues distances, tâche incombant surtout aux femmes et aux fillettes, privent ces dernières de temps pour se livrer à des activités génératrices de revenus et aller à l'école (OMS/UNICEF, 2010).

4.5.8. Capacité financière

Encore appelée accessibilité financière, la capacité financière ici est l'aptitude des populations à faire face aux prix des prestations c'est-à-dire aux prix d'achat des bassines ou bidon d'eau. Le coût de l'eau varie en fonction du mode de fourniture et de l'énergie nécessaire pour obtenir l'eau (coût marginal, coût moyen), qui sert de base à la fixation des prix. Les systèmes de tarification dépendent ensuite des objectifs poursuivis par les agences de gestion de l'eau. Selon le cas, il peut s'agir d'une tarification progressive, dégressive ou d'une tarification fixe. La fixation d'un prix pour l'eau conduit à retenir des prix arbitraires à des niveaux faibles. Il s'agit de prix administrés qui apparaissent lorsqu'une agence a la responsabilité de gérer les ressources du domaine du public. Cette pratique qui ne permet pas de récupérer les coûts de production peut mettre en danger la rentabilité financière des projets d'alimentation en eau potable. Il peut néanmoins être plus important et moins coûteux de faciliter l'accès à une ressource en eau de bonne qualité (au risque d'un investissement difficile à rentabiliser) plutôt que de permettre et de favoriser l'apparition de maladies hydriques (CAE, 2010). Ce type de considérations amène souvent les pouvoirs publics à tarifer l'eau selon le principe dit de la capacité à payer, qui est appliqué pour l'approvisionnement en eau des villages de plusieurs pays en développement et il s'appuie essentiellement sur le principe de l'équité. Ce principe est vivement remis en cause, car les critiques mettent en avant l'absence d'un test de marché qui servirait à découvrir si les usagers sont disposés à payer le coût total de la fourniture de l'eau potable (CAIRNCROSS, 2003).

Les auteurs (ETIENNE et *al.*, 1998) estiment que les tarifs doivent couvrir un minimum de coûts, comprenant les frais de production, de distribution, de fonctionnement et de maintenance, et que les investissements de base peuvent être assurés par l'Etat ou par une entité territoriale disposant de l'assise financière. Dans la pratique, les systèmes de tarification ne permettent généralement pas de récupérer la totalité des coûts, même avec un système de prix modulaire comprenant un prix égal au coût marginal plus une quote-part pour refléter les coûts fixes.

Plusieurs systèmes de tarification sont utilisés ou ont été proposés : tarification forfaitaire pour laquelle les redevances ne dépendent pas directement du volume d'eau consommée, tarification dégressive par tranche où les tranches successives sont de moins en moins coûteuses, tarification croissante ou progressive où les tranches successives sont de plus en plus coûteuses, tarifs binômes constitués d'une composante de tarification forfaitaire et d'une composante qui dépend du volume consommé.

4.5.8.1. Prix de cession du mètre cube d'eau potable

L'accès à l'eau potable implique des coûts de production, de distribution et de traitement. De ce fait, non seulement le choix de la source d'eau mais aussi de la quantité et de la qualité suffisante à la satisfaction des besoins du ménage sont significativement influencés par l'accessibilité financière de l'eau peut amener les populations à utiliser des sources non recommandées (OMS et UNICEF, 2005).

Dans la Commune d'Abomey-Calavi, les BF, la SONEB et les eaux de forage se livrent à une cession financière de l'eau de consommation dans les différents arrondissements. Les promoteurs de ces PE fixent le prix de cession du mètre cube en fonction de la position géographique de leur ouvrage et de la proximité de ce dernier par rapport aux autres PE (PM, PT dans les maisons) et en fonction de la réglementation en vigueur concernant la SONEB. Mais les prix de cession et leur variabilité varient suivant les saisons et les comités villageois de gestion des ouvrages hydrauliques.

Les prix du récipient de 25 L et du mètre cube au niveau de ces PE varient selon les saisons sèches et de pluie comme l'indique le tableau XIX.

Tableau XIX : Variation saisonnière des prix du mètre cube d'eau

	Saisons	
	Saison des pluies	Saison sèche
Prix récipient de 25 L	15F à 25F	25F à 35F
Prix du m3	600F à 1000F	1000F à 1400F

Source : Résultats d'enquête, juillet 2017

Ce tableau XIX révèle que les populations dépensent plus d'argent pour avoir l'eau de boisson pendant les saisons sèches que pendant les saisons de pluies. Par contre, le prix de cession d'eau fixé par la SONEB dans les agglomérations de Godomey et d'Abomey-Calavi est de 198Francs pour la première tranche ($5m^3$) considérée généralement comme tranche sociale pour tous les ménages.

L'estimation de volume d'eau consommée par personne par jour dans la commune permet de définir le budget annuel théorique de consommation d'eau par personne.

4.5.8.2. Influence du niveau de vie des ménages sur l'accès à l'eau potable

En dehors de la faiblesse de la couverture du réseau de distribution de l'eau de la SoNEB, le faible niveau de vie de la majorité des ménages constitue un handicap majeur de l'approvisionnement en eau de consommation. En effet, la majorité des ménages enquêtés ont des revenus instables et faibles qui ne leur permettent pas de faire face à toutes les dépenses courantes du ménage Il ressort de l'analyse des informations recueillies sur le terrain que, d'une part, l'abonnement à l'eau de SoNEB n'est pas à la portée de tous les ménages. En effet, au Bénin, 63,5 % de la population dépensent moins de un dollar (500 F.CFA) par jour et les dépenses moyennes annuelles par tête en 2015 dans le département de l'Atlantique sont de 256.405 FCFA, pour un taux de pauvreté monétaire de 42,48% (INSAE/EMICoV 2011). Ce niveau de dépense est insignifiant au regard des besoins humains et ne peut permettre aux plus démunis de s'abonner aux services de distribution d'eau de la SONEB dont le coût moyen est de 150.000 FCFA, soit 58,50 % des dépenses moyennes annuelles. D'autre part, la tarification de l'eau aux abonnés parait onéreuse aux yeux des ménages. En effet, le tableau XX renseigne sur une tarification comparative de l'eau entre le Bénin, le Togo et le Mali.

Tableau XX : Comparaison du prix du m^3 d'eau au Bénin, au Togo et au Mali

	Togo		Bénin		Mali	
Tranches	Volume	Coût	Volume	Coût	Volume	Coût
Tranche nº1 (sociale)	0 à 10m^3/mois	190 FCFA/mois	0 à 5m^3/mois	198 FCFA/mois	0 à 20m^3/mois	133 FCFA/mois
Tranche nº2	11 à 30m^3/mois	380 FCFA/mois	0 à 50m^3/mois	453 FCFA/mois	21 à 60m^3/mois	355 FCFA/mois
Tranche nº3	31 à 50m^3/mois	400 FCFA/mois	Supérieur à 50m^3/mois	658 FCFA/mois	61m^3et plus/ mois	604 FCFA/mois

***Source** : d'Almeida (2013) et résultats d'enquête, juillet 2017*

Il se dégage de tableau XX que l'offre de l'eau potable par la SONEB aux abonnés, sur la base de la première tranche, dite tranche sociale, est moins volumineuse (de 0 à 05 m^3/le mois) que celle du Togo et du Mali qui sont respectivement de 0 à 10m3/mois et 0 à 20m3/mois. De plus, au moment où le mètre cube d'eau potable pour cette tranche dite sociale coûte 198F. CFA au Bénin, ce même mètre cube d'eau potable est livré au Togo à 190F. CFA et au Mali, un pays sahélien, à 133F. CFA. Au regard des prix affichés, il apparaît très clairement que quiconque fait usage de l'eau doit payer. Fini le temps où on puisait l'eau à la rivière et la consommait sans se poser de question.

Les prix de l'eau au Bénin dépassent donc ceux du Mali, du Togo et du Sénégal et le social n'est pas réellement perçu au Bénin dans les prix de cession de l'eau**.** A Abomey-Calavi, les ménages utilisent surtout l'eau de la SONEB pour la boisson et la cuisson, deux usages domestiques qui ne consomment pas un volume important d'eau, dans le but de rester dans la tranche sociale de la SONEB pour minimiser la facture mensuelle car, la deuxième tranche est plus chère (453FCFA /m^3/mois) et est en plus assujettie à la TVA. D'ailleurs, la SONEB invite tous les ménages à économiser l'eau en affichant, très clairement derrière chaque facture d'eau, la mention suivante "*L'eau c'est la vie mais c'est aussi une ressource rare et vulnérable. Economiser l'eau est un geste important et citoyen qui permettra d'assurer sa pérennité et la maîtrise du montant de vos factures*".

La faiblesse des revenus oblige donc des ménages à utiliser plusieurs types d'eau pour leurs besoins domestiques. Comment se fait le transport de l'eau vers les ménages et quels sont les modes de stockage de l'eau de boisson ?

4.5.8.3. Dépense moyenne mensuelle des ménages pour la consommation d'eau potable

L'estimation de volumes d'eau consommés par personne par jour dans les arrondissements de la Commune d'Abomey-Calavi permet de définir le budget annuel théorique de consommation d'eau par personne Ainsi les dépenses faites pour l'eau par les ménages de la Commune d'Abomey-Calavi sont présentées dans le tableau XXI.

Tableau XXI: Dépense mensuelle théorique de consommation d'eau par ménage

1	2	3	4	5	6	7	8
3	90	400	36	6,8	244,8	198	121,17
5	150	400	60	6,8	408	198	201,96
10	300	400	120	6,8	816	198	403,92
20	600	400	240	6,8	1632	198	807,84
40	1200	400	480	6,8	3264	198	1615,68
60	1800	400	720	6,8	4896	198	2423,52
80	2400	400	960	6,8	6528	198	3231,36
100	3000	400	1200	6,8	8160	198	4039,2

***Source** : Résultat d'enquête, juillet 2017*

(1) : volumes d'eau par personne par jour (en litre)

(2) : volumes d'eau mensuels par personne (en litre)

(3) : prix moyen de cession du mètre cube d'eau au niveau des PEA, forages, bornes fontaines et puits modernes (en FCFA)

(4) : prix mensuels théoriques par personne (en FCFA) calculés à partir du (3)

(5) : taille moyenne des ménages de la Commune d'Abomey-Calavi

(6) : prix mensuels théoriques par ménage (en FCFA) calculés en fonction du (5) et à partir du (4)

(7) : prix de cession du mètre cube d'eau par la SONEB (1ère tranche)

(8) : prix mensuels théoriques par ménage (en FCFA) calculés en fonction du (5) et à du (7)

Il ressort de l'analyse du tableau XXI qu'en fonction de la taille moyenne des ménages de la Commune d'Abomey-Calavi, les dépenses mensuelles d'eau s'élèveraient entre 244,8 FCFA à 8160 FCFA pour les ménages qui utilisent entre 3 litres et 100 litres d'eau au niveau des PEA, forages, bornes fontaines et puits modernes. Pour les mêmes volumes, ces mêmes ménages dépenseront s'il avait accès à l'eau courante (SONEB) entre 121,17 FCFA et 4039,2 FCFA. Les ménages qui s'approvisionnent en eau potable auprès du réseau de la SONEB dépensent théoriquement deux (02) fois moins par mois que ceux qui s'approvisionnent auprès des forages, PEA, bornes fontaines et PM pour les mêmes volumes. Etant donné que l'eau fournie par la SONEB n'est disponible que dans les agglomérations centrales des arrondissements urbains, ce sont essentiellement les populations rurales qui s'approvisionnent au niveau des PEA, forages, bornes fontaines et puits. Ils payent alors beaucoup plus chers l'eau.

Une étude réalisée en Afrique du Sud montre que l'accès à l'eau est encore bien souvent gratuit, même pour les riches, et quand l'eau est payante, les pauvres la payent plus chère que les riches (WMI, 2008). Il arrive que les pauvres qui dépensent des heures de travail et de l'argent pour accéder à l'eau, payent beaucoup plus que les riches.

En effet les revenus des ménages de la commune ne sont pas très élevés. Le tableau ci-dessous présente d'ailleurs les revenus des ménages.

Tableau XXII: Répartition (en %) de la population fonction des revenus des ménages dans la commune

Tranche de revenu annuel	Fréquence absolue	Fréquence relative
Inférieur à 200000	333	45,06
200000 à 400000	223	30,17
400000 à 600000	115	15,56
Supérieur à 600000	68	09,21

Source : Résultat d'enquête, juillet 2017

La pression qu'exerceraient les prix annuels théoriques de consommation d'eau sur ces revenus déjà faibles est énorme. Cette pression pourrait être de l'ordre de 10 % à 20 % du revenu total des ménages comme cela a pu être montré d'ailleurs en Afrique (CAIRNCROSS S., 2003). De ce fait, il est évident que les populations recourent à des sources alternatives

d'approvisionnement en eau qui sont gratuites. Il s'agit de la collecte de l'eau de pluies dans les jarres et les citernes, les cours d'eau, les trous à eau et les puits traditionnels.

Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par MIALO (2017), SEBO(2014), DOS SANTOS(2005), CODJIA(2018) dans les Communes de Lalo, du département Mono, Ouagadougou et de Tori-Bossito. Les prix pour accéder à l'eau sont généralement distordus.

Dans le présent chapitre, l'accès à l'eau est apprécié sur deux niveaux. Le premier est l'accessibilité à l'eau à partir du type d'approvisionnement, de la distance, et du coût ; et le deuxième niveau est représenté par les quantités utilisées par les ménages. Les facteurs de pollution de l'eau de consommation constituent le troisième niveau d'accès. Ce volet est développé dans le chapitre V.

Conclusion partielle

Cependant, Il existe une pluralité de sources d'approvisionnement en eau potable dans tous les arrondissements de la Commune d'Abomey-Calavi. Mais, les propriétés physiques, la profondeur et le débit des différents types de roches d'une part ; les longues distances parcourues, le nombre d'heures perdues par certaines femmes, et l'inégale répartition des ouvrages hydrauliques sont autant de facteurs qui rendent l'accès difficile à l'eau potable dans la Commune d'Abomey-Calavi. L'autre facteur très important est le coût de l'eau qui varie d'une saison à une autre. Toutes ces contraintes ne favorisent pas un accès efficace et durable à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi. Du coup, les ménages font recours aux sources d'eau non recommandées pour la boisson. Situation qui entraine une prévalence élevée des cas de maladies dans la commune. Mais, l'accès à l'eau potable se mesure également selon les facteurs de pollution.

PARTIE III :

FACTEURS ASSOCIES A LA QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION ET RISQUES SANITAIRES DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI

Dans la Commune d'Abomey-Calavi, plusieurs ouvrages hydrauliques servent à approvisionner les ménages en eau de consommation. Mais, l'eau prélevée de la source pour le domicile en passant par la phase de transport subit une dégradation de sa qualité. Toutefois, la consommation d'une telle eau est à l'origine de la forte prévalence hydrique enregistrée dans la Commune d'Abomey-Calavi dont les causes sont différemment perçues par les populations. Pour faire donc face au traitement thérapeutique de ces cas de maladies hydriques, plusieurs ressources financières sont mobilisées, ce qui met à rudes épreuves les finances du ménage.

CHAPITRE V : FACTEURS DE POLLUTION DE L'EAU DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI

Plusieurs facteurs entrent en ligne dans la qualité de l'eau de consommation. Il s'agit des facteurs environnementaux et comportementaux. Les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. Parmi ces problèmes, la contamination de l'eau se pose avec acuité. En effet, l'eau est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé.

5.1. Facteurs environnementaux de la pollution de l'eau de consommation

Les facteurs environnementaux associés à la pollution de l'eau de consommation concernent le mode de gestion des ordures, des eaux usées et des excrétas.

5.1.1. Modes de gestion des ordures et risques sanitaires

La Mairie d'Abomey-Calavi ne dispose pas d'un site de traitement des déchets ni de décharge finale. Au moins 71 ONG interviennent dans la pré-collecte des déchets solides ménagers dans la commune (YEMADJE, 2013). Plusieurs grands dépotoirs ont été recensés. Un grand dépotoir se situe à Zoundja et sert uniquement à l'ONG BALEM qui parvient à s'y rendre grâce au camion utilisé pour le ramassage. Une quinzaine de dépotoir ont été dénombrés dans le milieu urbain. Il faut noter que ces déchets ne sont pas valorisés. Seule l'université d'Abomey-Calavi dispose d'un site de traitement et de valorisation des déchets récupérés sur le campus à travers l'ONG AE.

La planche 4 montre le ramassage et le déversement des déchets par l'ONG BALEM.



Planche 4 : Ramassage (a) et déversement des ordures (b) par l'ONG BALEM

Prise de vue :Hondjènou, juillet 2017




Planche 5 : Déversement des ordures dans les bas-fonds(a) et Décharge sauvage derrière une maison habitation à Agori dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi (b)

Prise de vue :Hondjènou, juillet 2017

Les autres ONG ne disposant pas de site de traitement des déchets les déversent dans les milieux naturels : bas-fonds, les anciennes carrières, les dépotoirs sauvages (parcelle non valorisée). La planche 5 ci-dessous illustre le lieu de déversement des déchets.

Les enquêtes de terrain ont révélé que 95,2% des ménages enquêtés ne sont pas abonnés aux structures de pré-collecte d'ordures et 4,8% des ménages sont abonnés. Ceux qui ne se sont pas abonnés jettent leurs déchets sur les parcelles vides (non valoriser), à côté des maisons, sur les voies publiques et les bas-fonds. La figure 25 montre le mode de gestion des déchets par les ménages interviewés.

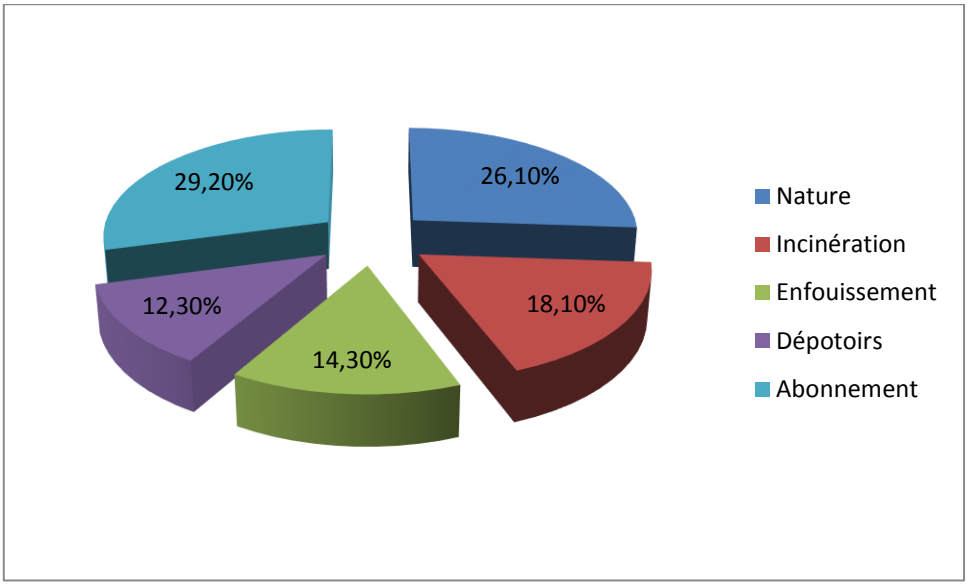


Figure 25 : Mode de gestion des déchets solides ménagers dans la commune d'Abomey-Calavi

***Source** : Résultats d'enquête de terrain, février 2016*

La figure 25 montre que 18,1% des ménages interviewés font l'incinération des déchets, 14,3% enfouissement les déchets dans les bas-fonds, 26,1% n'en font aucune gestion et 29,20% se sont abonnés aux structures de pré-collectes. En croisant les modes de gestion des déchets solides avec les résultats des analyses bactériologiques on constate une corrélation entre les deux variables.

Le tableau XXIII présente les résultats de cette corrélation.

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	117,889[a]	40	,003
Rapport de vraisemblance	121,757	40	,003
Nombre d'observations valides	740		

***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2018*

Il est important de noter qu'il existe un lien significatif entre le mode d'évacuation des ordures ménagères et la qualité de l'eau de consommation qui conditionne la santé (*p = 0,003)* pour l'élimination des ordures dans la nature et *p = 0,003* pour les dépotoirs sauvages).

Dans les comportements des populations, les ordures sont jetées dans leur environnement immédiat. Le plus souvent, ces ordures sont déposées non loin des concessions. Le véritable problème qui se pose quant à l'élimination des ordures dans les milieux ruraux est l'incapacité des autorités à faire face à l'accroissement rapide de leurs administrés, mais également la quasi inexistence des ONG de pré-collecte des ordures ménagères. Une grande part de cette insalubrité est impartie aussi à la population qui pense que la nature a un rôle d'auto épurateur, donc tous les déchets peuvent être éliminés dans la nature sans aucun risque.

5.1.2. Elimination des eaux usées

- ***Caniveaux***

Les caniveaux sont les infrastructures d'assainissement réalisés pour drainer les eaux pluviales vers les milieux naturels. Selon la Direction Générale de l'Urbanisme, le nombre de mètre linéaire de caniveaux réalisé de 1990 à 2009 est de 14 047 m. Actuellement, le point fait est de 49 050 mètre linéaire dans la commune d'Abomey-Calavi (YEMADJE, 2016) Ces caniveaux sont essentiellement construits en milieu urbain et particulièrement dans les arrondissements de Godomey, Abomey-Calavi, Glo-djigbé et Akassato.

- ***Site de traitement des eaux usées domestiques***

Ce site est sis à Tokpa Zoungo dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi. Il est géré par l'ONG DCAM Béthesda à travers le projet BENEAU de caractérisation et de traitement des eaux usées. La planche 6 illustre quelques dispositifs de traitement des eaux usées.



Planche 6 : Bassin tampon (a), Bassin de lagune (b) et Bassin de maturation (c) du Site de traitement des eaux usées domestiques de Tokpa Zoungo

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

Cette ONG traite les eaux usées domestiques par le système de lagunage. Les caniveaux de ramification partent des ménages vers la station de traitement des eaux usées. La quantité d'eau usée traitée par jour avoisine 150m^3 dont 150 Équivalent Habitants. Or le bassin est conçu pour collecter les eaux de 750 Equivalents Habitants. De là, le bassin est sous exploité à cause du manque de moyen pour pouvoir construire d'autre canalisation.

Dans la Commune de Abomey-Calavi, les eaux usées sont évacuées dans les puisards, dans les caniveaux, (seulement 5 % des personnes enquêtées disposent d'infrastructure d'évacuation des eaux usées) ou voire directement dans la rue. De plus les populations vident les contenus des puisards directement dans les rues. L'infiltration de toutes ces eaux à travers le sol jusqu'à la nappe d'eau souterraine peu profonde, ne peut que contribuer à la pollution des puits avoisinants. Il y a aussi l'effet du ruissellement ou du charriage des eaux usées vers les eaux de surface qui augmente la charge des vecteurs responsables des maladies hydriques.

5.1.3. Mode de gestion des excrétas (fèces et urines)

L'insalubrité est appréciée par le mode de gestion des excrétas. Dans les communautés rurales, la gestion des excrétas est un problème épineux auquel demeurent confrontées les populations.

Dans la Commune de Abomey-Calavi, divers modes de gestion des excrétas sont adoptés. Les différents modes d'élimination des excrétas sont indiqués dans la figure 26.

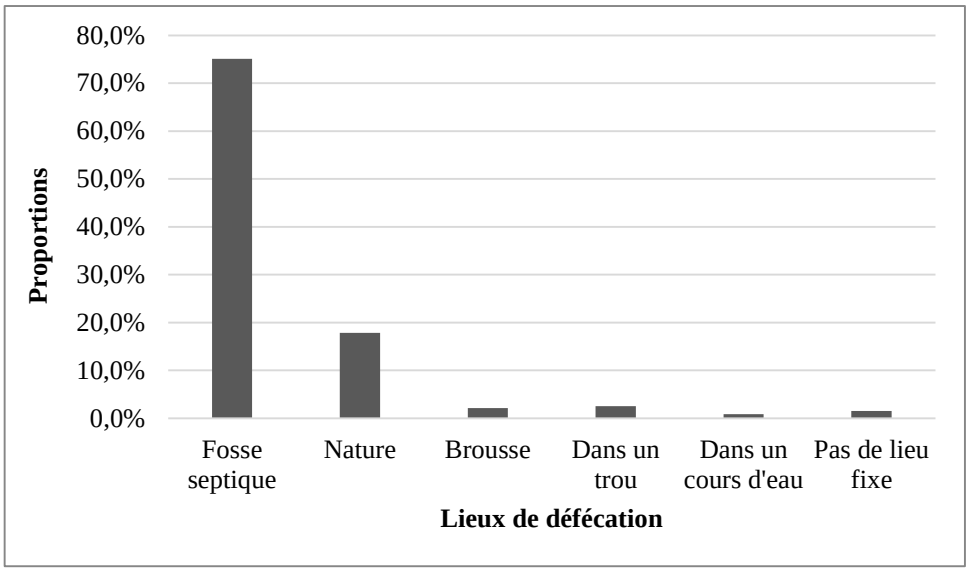


Figure 26 : Lieux de défécation des populations dans la Commune de Abomey-Calavi

***Source** : Travaux de terrain, juillet 2017*

Dans la Commune de Abomey-Calavi, 75,10 % des personnes enquêtées disposent de latrines, et 24,70 % n'en possèdent pas. Mais dans la proportion de ceux qui n'en possèdent pas, 17,8 % font leurs besoins dans la nature qui représente une fois encore le réceptacle destiné à recevoir tout ce dont les habitants se débarrassent.. Les enquêtés qui disposent de fosses septiques à domicile, dès lors qu'ils sortent pour aller vaquer à leurs occupations surtout dans les champs se voient confrontés à se mettre à l'aise dans la nature. Les fosses septiques publiques existent mais, elles ne sont pas très bien entretenues et deviennent le siège des ordures (planche 7).



Planche 7: Fosse septique dans l'arrondissement d' Abomey-Calavi

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

Les photos de la planche 7 montrent une latrine communautaire au sein d'une école et l'intérieur des fosses septiques dans une concession. L'environnement de ces infrastructures représente des sites favorables pour le développement des germes pathogènes. Le manque d'infrastructure d'assainissement contraint fortement les populations à utiliser la nature pour se mettre à l'aise.

5.2. Cohabitation des animaux dans la concession

L'élevage d'animaux domestiques est une activité menée par les populations de la Commune de Abomey-Calavi. Lors des enquêtes de terrain, 43,4 % des ménages parcourus élèvent des animaux domestiques contre 56,6 % qui n'en élèvent pas. L'élevage domestique est composé des volailles, des moutons et cabris et des porcs. Dans les arrondissements parcourus, 93,9 % des animaux élevés dorment dans la cour de la concession ou dans la nature et seulement 6,10 % ont un enclos prévu à cet effet. Ces animaux déambulent dans la cuisine qui est souvent un appâtâmes de fortune construit dans la plupart du temps sur la cour de la concession. La photo 12 montre les cabris couchés dans une cuisine.



Photo 12 : Cabris couché dans une cuisine à Avagbé (Kpanroun)

***Prise de vue** : Hondjènou, mai 2017*

Les animaux domestiques élevés de la Commune de Abomey-Calavi n'ont pas d'enclos. Ils errent dans la nature, même dans les cuisines où parfois les récipients de conservation de l'eau ne sont pas couverts. Or, les normes internationales prévoient une distance de 10 à 15 m entre les abreuvoirs des animaux et les points d'eau ainsi que des retenues d'eau (MS, 2006). Il faut noter que ces animaux pendant leur promenade en brousse et dans la nature ramassent sur leurs sabots les excréments humains contaminés qu'ils propagent ensuite dans les cuisines et partout où ils passent.

5.3. Hygiène autour des points d'eau

Les facteurs environnementaux concernent également l'hygiène autour des points d'eau à domicile, comme partout ailleurs où il existe un PE desservant la population pour ses besoins en eau. La photo 13 montre l'aspect des alentours de certains points d'eau dans la Commune de Abomey-Calavi.



Photo 13 : Environnement verdâtre d'un FPM à Bozoun (Kpanroun)

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La photo 13 montre l'hygiène autour d'une pompe FPM. Sur la photo (a), la bassine de recueil de l'eau sur un sol verdâtre et humidifié. et l'aire d'implantation du forage est verdâtre à cause de l'eau qui coule à plein temps. Cet environnement verdâtre, humidifié des alentours des points d'eau peut contribuer à la pollution des ouvrages d'eau. Cette hypothèse a été également avancée dans l'étude menée par ASSOUMA ISSA D.(2018) sur la contribution à l'évaluation des risques liés aux usages domestiques de l'eau dans la Commune de Kandi. Il conclut que les eaux souterraines de la Commune de Kandi, sont généralement exemptes de germes pathogènes. Mais que, le manque d'hygiène autour des puits d'eau et la mauvaise gestion des ordures ménagères pourraient être les sources probables de contamination voire de pollution bactériologique de ces eaux qui, malheureusement, sont consommées par les populations.

5.4. Stratégies d'approvisionnement en eau

Les facteurs comportementaux désignent les éléments liés aux comportements des membres du ménage envers la ressource. Dans cette étude, les facteurs comportementaux sont appréhendés par le mode de recueil de l'eau, son mode de transport, son mode de conservation et le moyen de prise de l'eau pour la consommation.

5.4.1. Prélèvement d'eau et risques sanitaires

S'approvisionner en eau d'un point d'eau à domicile suit en général un cycle de trois étapes. Il y a d'abord le prélèvement de l'eau, son transport et ensuite sa conservation en attendant sa consommation. L'eau est soit prélevée à l'aide d'une pompe ou d'une puisette de fortune. Les moyens de puisette de l'eau constitue en eux-mêmes la première source potentielle de pollution de l'eau avant le transport qui constitue la deuxième étape et enfin le mode de stockage, la troisième étape. Dans la Commune de Abomey-Calavi, la situation est la même. La figure 27 illustre les moyens de prélèvement de l'eau par les populations.

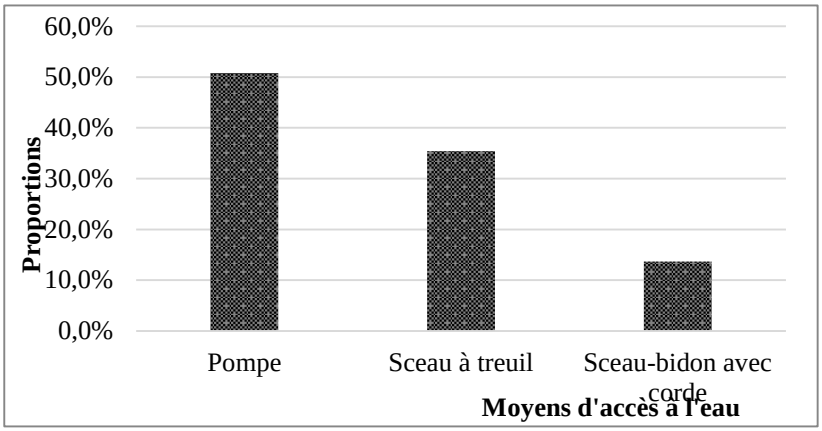


Figure 27 : Moyens de prélèvement de l'eau de consommation dans la Commune de Abomey-Calavi

***Source** : Travaux de terrain, mars 2017*

A la lecture de la figure 27, il ressort que la pompe est utilisée à hauteur de 50,8 % quand il s'agit des ouvrages modernes pour puiser l'eau. Mais, lorsqu'il s'agit des puits traditionnels, on utilise les sceaux avec treuil (35,4%) et quand il s'agit des citernes, c'est la combinaison de sceau et de bidon avec corde qui est utilisée à 13,7 %. La photo 14 présente un puits muni d'un dispositif qui sert à puiser l'eau.



Photo 14 : Puisette en bidon laissé à même le sol après le prélèvement de l'eau à Yèvié (Zinvié)

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La photo 14 montre un puits traditionnel non couvert muni d'une corde auquel est rattaché un bidon qui sert de puisette. La puisette est posée dans un environnement malsain et humidifié. Cette pratique comporte sans doute d'énormes risques pour le consommateur de l'eau prélevée avec cette puisette. Le puits est couramment utilisé, cependant, les normes de protection sont loin d'être respectées. Toujours ouverts ils ne sont pas à l'abri des eaux de ruissellement. L'eau des puits ouverts ne possédant pas de margelle ou de couvercle peut facilement être contaminée par des bactéries ou des virus drainés par infiltration des eaux de ruissellement, ou lors d'inondations ou encore par l'introduction de « puisettes » stockées dans de mauvaises conditions d'hygiène et utilisées pour puiser l'eau (IMPETUS, 2009). CAIRNCROSS,(2003) situe l'origine de la pollution la plus fréquente de l'eau à deux niveaux essentiels. Il s'agit d'abord du mode de prélèvement de l'eau qui lui-même polluant et ensuite le transport et la conservation de l'eau. Les résultats de l'étude réalisée sur la qualité chimique des eaux de pluie par COULIBALY(2005) montrent que les seaux de puisage sont généralement laissés à terre tout près du puits, donc une grande partie de la pollution de l'eau peut être attribuée à la mauvaise protection des puits sans toutefois minimiser la technique de puisage. Le même constat est fait par GOMEZ(2010) en milieu Itcha-Ifè. Il conclut que la souillure des eaux (cas des puits) est aussi causée par les instruments de puisage qui sont souvent jetés par terre et qui entraînent des débris et tout objet qui s'y accrochent dans le fond des puits. L'auteur met aussi l'accent sur les caractéristiques topographiques, géomorphologiques et lithologiques des roches en place qui facilitent le transfert par les eaux pluviales déjà contaminées vers les ouvrages hydrauliques qui sont généralement de faibles profondeurs. Les puits sans margelle ni revêtement et les marigots sont les plus exposés à la pollution bactériologique. En outre, les nappes superficielles, accessibles par les puits, apparaissent fortement contaminées par des matières organiques d'origine humaines et animales. Les eaux superficielles chargées en microorganismes s'infiltrant dans le sol sablonneux, parviennent à la nappe sans avoir bénéficié d'une filtration efficace, et occasionnent une multitude de pollutions ponctuelles. Les sources locales de contamination sont multiples. Il s'agit de l'aménagement même des puits (manque d'étanchéité du couvercle ou du scellement), du sol environnant (absence d'un monticule autour du puits pour éloigner le ruissellement de surface) de l'installation septique défectueuse ou encore de l'insalubrité des lieux. La qualité bactériologique des eaux des puits met en évidence la contamination de la nappe phréatique par les latrines, les ordures ménagères et les eaux usées. De nombreux puits ont des assises de margelles sapées par l'ablation du sol et ont de surcroît leurs revêtements fortement détériorés. Ce qui accroît les risques de transfert d'eau pluviale

contaminée et d'altération des eaux de puits et, par conséquent, favorisant la pollution hydro fécale. La gastro-entérite est la maladie la plus fréquente associée à l'ingestion d'eau contaminée par des matières fécales et entraine des conséquences très graves sur la santé. Ce risque concerne non seulement les membres d'une famille qui consomment l'eau d'un puits, mais aussi tous leurs visiteurs.

5.4.2. Transport de l'eau et risques sanitaires

Transporter l'eau du lieu d'approvisionnement au lieu d'utilisation notamment dans les habitations ou les centres de production est une charge de travail énorme qui revient généralement aux femmes et aux enfants. Ces derniers ne transportent donc que la quantité d'eau jugée indispensable (MIALO, 2017). Dans la Commune, l'eau est transportée le plus souvent à pieds bien que les distances parcourues soient relativement longues. Par ailleurs, le vélo et la moto sont utilisés par les hommes et les enfants qui s'adonnent à l'activité de la corvée d'eau. Cette situation est représentée sur la planche 8.



Planche 8 : Un homme avec une bassine d'eau sur la tête à Djigbo (Kpanroun) et une femme avec une bassine d'eau sur la tête à Dangbodji (Zinvié)

***Prise de vue**: Hondjènou, juillet 2017*

En général, l'approvisionnement en eau est une activité qui se déroule très tôt le matin avant toutes autres activités. Dans la Commune de Abomey-Calavi, les moyens de transport de l'eau les plus utilisés sont représentés sur la figure 28.

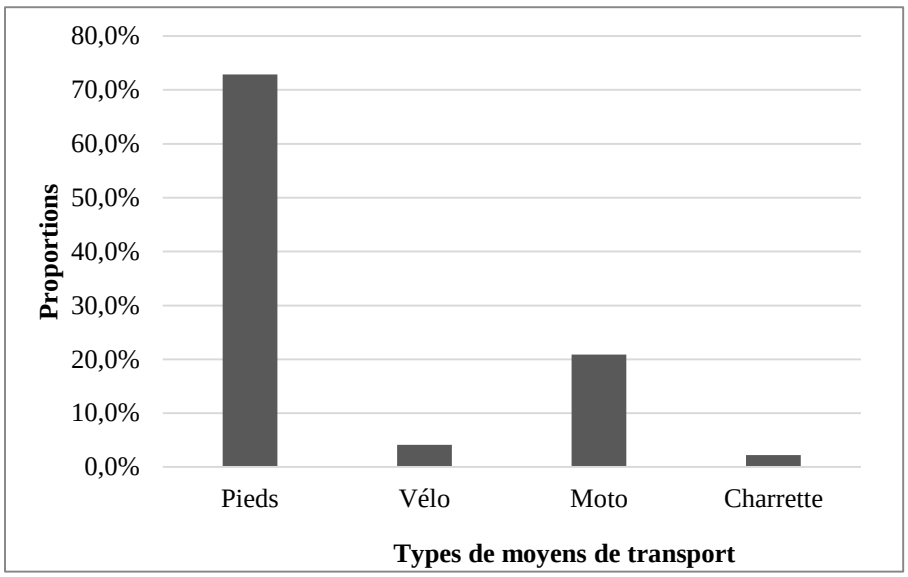


Figure 28: Moyen de transport de l'eau de consommation vers les ménages

***Source** : Travaux de terrain, juillet 2017*

L'eau est transportée peu importe la distance à 72,9 % à pieds. Le vélo (04,10 %) et la charrette sont les plus utilisés par les enfants et la moto (20,90 %) par les hommes qui font la corvée d'eau. Mais, lors du transport, l'eau destinée aussi bien à la consommation qu'aux activités domestiques n'est pas couverte pour en préserver sa qualité. Ces résultats sont conformes à ceux de NGNIKAM et *al.,* (2007) au Cameroun où ils écrivent que les mauvaises conditions de transport et de stockage de l'eau contribuent à l'altération de la qualité de l'eau de consommation qui implique une forte prévalence des maladies hydriques. En effet, les divers modes de transport de l'eau de consommation font appel à la distance parcourue surtout par les femmes et les enfants lors de l'approvisionnement en eau.

5.4.3. Conservation de l'eau et hygiène des récipients

Le mode de stockage de l'eau est relativement uniforme dans l'ensemble des ménages de la Commune de Abomey-Calavi. Le mode de stockage le plus utilisé est la jarre. Les récipients non couverts constituent près de 80 % des modes de conservation de l'eau de consommation, quel que soit le type d'approvisionnement. Ces modes de conservation de l'eau sont représentés dans la figure 29.

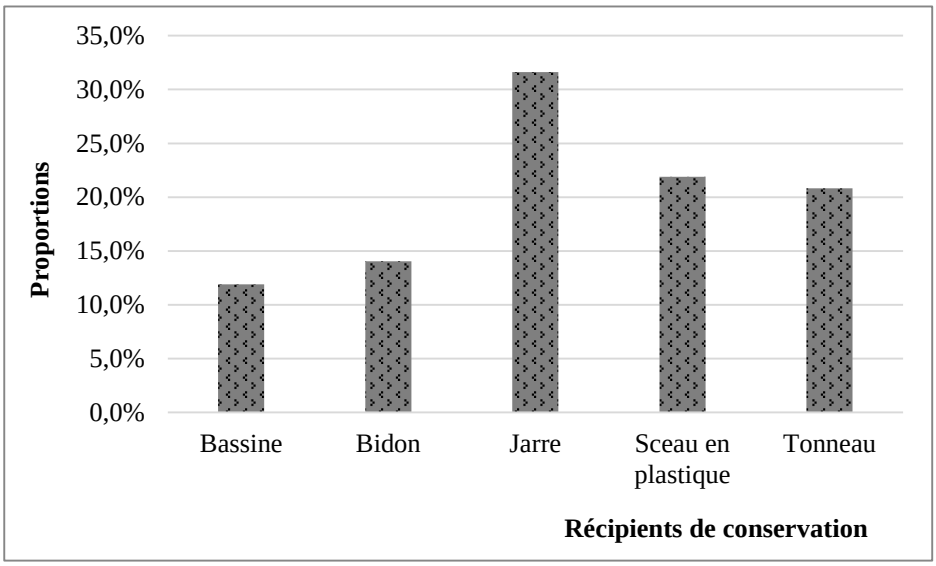


Figure 29 : Mode de conservation de l'eau de consommation à domicile

***Source** : Travaux de terrain, juillet 2017*

L'utilisation des jarres pour la conservation de l'eau est très pratiquée dans les ménages car, la jarre est reconnue pour ses propriétés rafraichissantes de l'eau. Faite en argile cuite et parfois recouvertes de ciment, la jarre permet de conserver l'eau à une température plutôt basse. Elle représente 31,60 % des modes de conservation, suivie de la plastique (21,90 %) dans tous les ménages parcourus. Les tonneaux utilisés surtout les milieux ruraux représentent 20,8 % des ménages interviewés. L'observation faite sur le terrain révèle que la plupart des récipients de conservation de l'eau de consommation étaient sales, couverts avec des objets en altération ou non couverts. Ces récipients sont déposés au dehors, à côté ou à l'intérieur des chambres. Le lieu de dépôts des récipients de stockage de l'eau de boisson était parfois insalubre. La conservation de l'eau dans les ménages est faite sans connaissance des règles d'hygiène élémentaires. Ce qui représente sans doute une source de contamination possible des réserves d'eau. De pareils résultats ont été trouvés en Côte d'Ivoire par CLAON et *al.*,(2005) ;LEKADOU et *al.*, (2003) qui ont écrit que les modes stockage de l'eau était fait par les ménages en ignorant les règles d'hygiène comme l'ont relevé également d'autres auteurs. La planche 9 illustre bien l'état des récipients de stockage de l'eau de consommation dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi.



Planche 9 : Conservation de l'eau de consommation à Tokpa-Zoungo dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La planche 12 montre une plastique couverte contenant de l'eau destinée à la consommation. Le bol pour prendre l'eau est le même qu'utilisent tous les membres de la famille pour étancher leur soif mais également pour autre activité. Sur cette même planche on observe un bidon et une jarre contenant l'eau de consommation à moins d'un mètre de la poubelle. Toutes ces manipulations favorisent la pollution de l'eau même si à la source et durant le transport elle était potable.

Ceci est d'autant plus vrai car, de fortes concentrations de germes indicateurs de pollution ont été enregistrées dans l'eau lors du transport et au stockage à domicile. Cette situation s'explique tout simplement par les diverses manipulations faites dans l'eau. Le récipient de prise de l'eau, les mains chargées de bactéries lors de la prise de l'eau et l'hygiène peu assurée des récipients de conserve de l'eau sont autant d'éléments qui peuvent altérer la qualité de l'eau de consommation surtout à domicile. Ce résultat est confirmé par CAIRNCROSS(2003) qui situe la pollution de l'eau à trois niveaux fondamentaux que sont les puisettes de l'eau, le transport de l'eau et les conditions de stockage de l'eau à domicile.

Il en est de même pour les auteurs ASSOUMA ISSA(2018) ; LEKADOU et *al.*,(2003) ;CLAON et *al., (*2005), qui trouvent que les opérations de collecte, transport, conservation et prélèvements d'eau se multiplient dans les villes où le service de l'eau est défaillant. Ces conditions seraient à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau par contamination manu portée ou aérienne. Ainsi, ces pratiques contribuent certainement à entretenir les affections liées à l'eau. La photo 15 montre le principal mode de conservation de l'eau à domicile.



Photo 15 : Conservation de l'eau dans l'arrondissement de Kpanroun

***Prise de vue** : Hondjènou, juillet 2017*

La conservation de l'eau de consommation dans les jarres est très pratiquée dans tous les arrondissements parcourus dans la Commune de Abomey-Calavi. Sur la photo 15, la jarre n'est pas recouverte. Dans cette condition l'eau n'est pas protégée, car à travers l'ouverture, les microbes peuvent pénétrer dans l'eau.

L'entretien des récipients qui servent à conserver l'eau à domicile est également un des facteurs de mesure de pollution de ces récipients et de ce fait de l'eau qui y est contenue. Tous les ménages conservent l'eau à domicile soit dans les jarres soit dans d'autres récipients. La périodicité de lavage des récipients de conservation de l'eau est représentée dans le tableau XXIV.

Tableau XXIV : Périodicité de renouvellement de l'eau des récipients de stockage

Durée avant Renouvellement	Fréquence (%)
[1-2 jours]	45,8
[3-4 jours]	26,70
[5-6 jours]	6,99
[7- à plus]	6,90

***Source** : Travaux de terrain, juillet 2017*

Il ressort du tableau XXIV que les ménages parcourus ont affirmé renouveler l'eau des récipients le premier, deuxième et troisième jour après qu'elle soit conservée dans les récipients. Ces proportions représentent respectivement 45,8 % les deux premiers jours, 26,70 % pour le 3ème et le 4ème jour et 13,89 % pour les plus de cinq jours. Des ménages parcourus, 13,60 % ont déclaré renouveler l'eau dès qu'elle est terminée des récipients de stockage. Cette catégorie de ménages n'a pas pu dire le nombre exact de jours où l'eau est conservée avant d'être renouvelée.

Tableau XXV : Test du Khi-deux entre le nombre de jours de conservation et la qualité de l'eau.

Tests du Khi-deux

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	117,889[a]	40	,001
Rapport de vraisemblance	121,757	40	,001
Nombre d'observations valides	740		

***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2018*

Il convient de noter que la qualité de l'eau évolue en fonction de la durée qu'elle passe dans le récipient de stockage. Ainsi, il existe un lien très significatif entre la qualité de l'eau et le renouvellement de l'eau des récipients de stockage (*p = 0,001*).

Selon NGNIKAM et *al.,(*2007),la conservation de l'eau de consommation au-delà de trois (03) jours représente un risque pour la santé.

L'autre aspect très important qui conditionne la qualité de l'eau de consommation est l'hygiène des récipients de conservation d'eau. Les ménages adoptent plusieurs modes de lavage des récipients pour maintenir et préserver la qualité de l'eau qui y est conservée. La manière dont les ménages entretiennent les récipients de conserve de l'eau est représentée sur la figure 30.

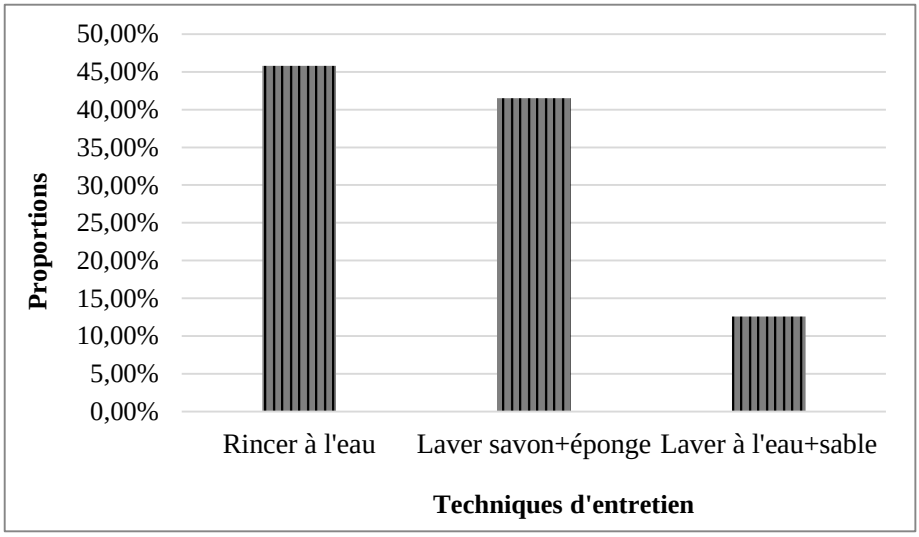


Figure 30 : Entretien des récipients de Stockage d'eau de consommation

***Source** : Travaux de terrain, juillet 2017*

Dans la Commune de Abomey-Calavi, l'hygiène des récipients de conserve de l'eau de consommation est faite de plusieurs manières. Il ressort donc de la figure 30 que, 46,1 % des

ménages assurent l'entretien des récipients d'eau avec l'association du savon et de l'éponge, 43,4 % rincent seulement les récipients après plusieurs jours de conservation de l'eau et 10,3 % des ménages lavent simplement à l'eau avec du sable. Dans ces trois modes d'entretien des récipients de stockage d'eau, il n'est noté l'utilisation de désinfectant pour éliminer les bactéries présentes dans ces récipients.

Mais quand les récipients de recueil de l'eau ne sont pas bien entretenus, et bien lavés cela laisse un environnement favorable à l'éclosion et à la multiplication des germes pathogènes vivifiables. Donc forcément l'eau qui est conservée après dans ce même récipient devient naturellement polluée.

Tableau XXVI : Test du Khi-deux entre l'entretien des récipients de stockage et la qualité de l'eau.

Tests du Khi-deux

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	117,889[a]	40	,000
Rapport de vraisemblance	121,757	40	,000
Nombre d'observations valides	740		

***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2018*

Il s'est avéré qu'il existe un lien entre l'entretien des récipients de stockage de l'eau et la qualité est hautement significatif (*p = 0,000*).

5.5. Distance de sécurité et risque de pollution des points d'eau

La distance de sécurité entre les ouvrages d'assainissement et les points d'eau est un indicateur important qui peut faciliter le transfert des germes pathogènes d'une infrastructure d'assainissement à un point d'eau.

5.5.1. Distance entre les concessions et les décharges d'ordures ménagères

La figure 31 montre les distances qui séparent les concessions des ordures ménagères dans la Commune de Abomey-Calavi.

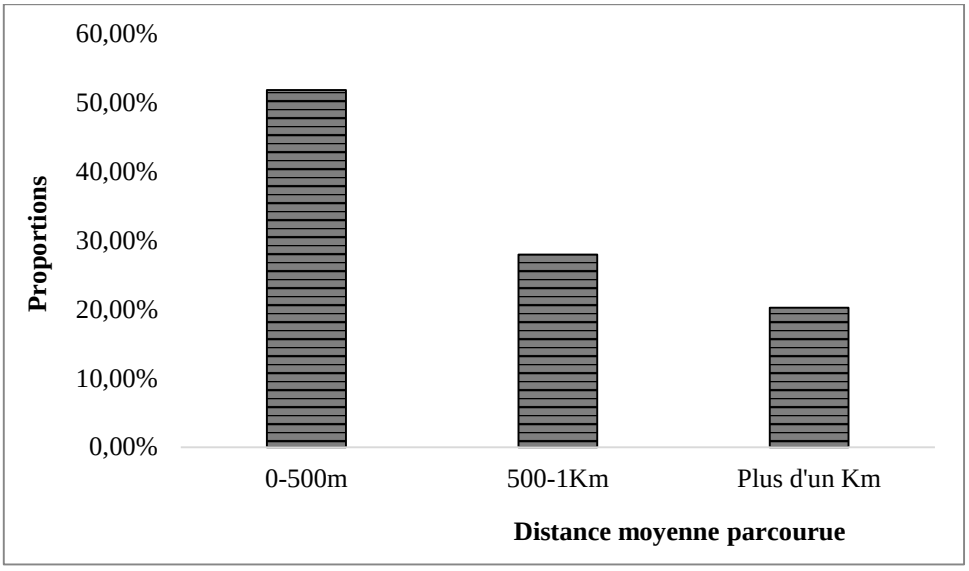


Figure 31 : Distance entre les concessions et les lieux de dépôt des ordures ménagères dans la Commune de Abomey-Calavi

***Source** : Résultats d'enquête, juillet 2017*

A la lecture de la figure 31, il ressort que 20,23 % des enquêtés ont déclaré renverser les ordures produites loin des habitations (plus d'un kilomètre) et 27,95 à une distance de plus de 0,5 km. Aussi 51, 82 % des ménages éliminent respectivement leurs ordures à une distance de moins de 500 m. La distance admise par les normes nationales entre les ordures et les concessions sont de 5 km au moins des dernières habitations (MS, 2006). Ainsi, dans la Commune de Abomey-Calavi seulement 20,23 % des concessions respectent la norme admise. Par contre 79,77 % des concessions ne respectent pas la norme admise en la matière. C'est à juste titre que tant qu'il n'y a pas de site de collecte dûment géré par les autorités communales, le problème majeur demeure. Un ménage qui rejette loin ses ordures ménagères sans sortir du lot d'habitation le fait aux dépens d'un autre qui les reçoit dans son environnement immédiat. La relation importante qui convient d'établir est aussi l'impact que les ordures ont sur la qualité de l'eau de consommation dans la Commune de Abomey-Calavi. A ce titre, il convient d'apprécier la distance qui sépare ces ordures des points d'eau de la commune.

5.5.2. Distance entre décharge d'ordures et les points d'eau

L'eau ne constitue pas seulement le principal vecteur de migration des polluants stockés dans une décharge, mais aussi la principale cible potentielle de ces polluants (eaux souterraines et superficielles). Ainsi une distance de sécurité requise doit être respectée afin de limiter ce

transfert de polluants. Les distances moyennes entre les décharges et les points d'eau sont présentées sur la figure 32.

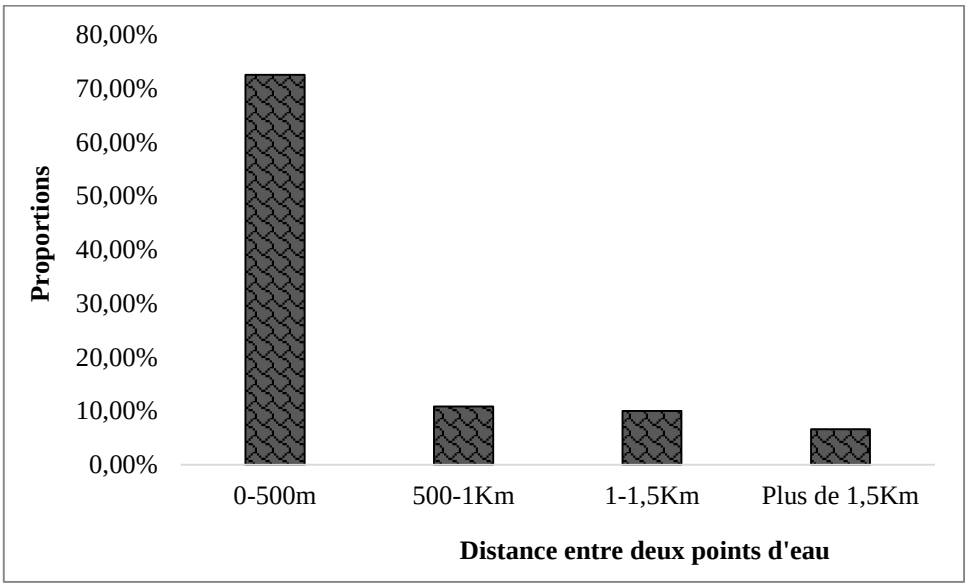


Figure 32 : Distance entre les points d'eau et les lieux de dépôt des ordures dans la Commune de Abomey-Calavi

***Source** : Travaux de terrain, 2017*

Dans la Commune de Abomey-Calavi, il ressort de la figure 32 que 72,63 % des points d'eau sont situés à moins de 500 m des décharges d'ordures mais par contre 27,39 % des points d'eau sont séparés des décharges d'ordures d'une distance de plus de 500 m. Or, la loi n° 87-015 du 21 septembre 1987 portant code de l'hygiène publique en République du Bénin en son article 8 stipule que « Tout emplacement de décharge contrôlée doit se situer à 5 km au moins des dernières habitations et à 50 m au moins d'un point d'eau. Dans la Commune de Abomey-Calavi, aucune décharge d'ordures n'est située au-delà de 5 km des habitations. Le non-respect de la distance admise entre une infrastructure hydraulique et une décharge d'ordure peut favoriser l'infiltration des polluants dans le sol qui peuvent se retrouver dans les nappes et contaminer ainsi l'eau des ouvrages. Le tableau XXVII montre le test du Khi-deux entre la distance qui sépare une décharge d'ordures et la qualité de l'eau de consommation.

Tableau XXVII : Test du Khi-deux entre la distance qui sépare une décharge d'ordures et la qualité de l'eau de consommation.

Tests du Khi-deux			
	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	117,889[a]	2	,0229
Rapport de vraisemblance	121,757	2	,0229
Nombre d'observations valides	740		
***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2018*			

En effet, le lien entre la distance qui sépare un point d'eau de la décharge d'ordures et la qualité de l'eau est significatif (*p = 0,024*). La distance qui sépare une décharge d'ordures et un point d'eau influence la qualité de l'eau de consommation.

Ces résultats sont corroborés par BERTON (2010) au Congo où ils écrivent qu'outre la pollution par les excréments, d'autres pratiques humaines contribuent aussi à l'insalubrité des eaux. Il s'agit de l'entassement des ordures ménagères à proximité des habitations. Ces ordures attirent, d'une part, les mouches - vecteurs de maladies - quand elles se posent sur les aliments non protégés et, d'autre part, sont entrainées vers les points d'eau.

5.5.3. Distance entre les puits traditionnels et les latrines

La pollution bactériologique observée dans les échantillons d'eau de puits prélevés confirme effectivement une contamination due aux déjections humaine. Ceci s'explique par le non respect des normes de sécurité admises. La principale observation faite dans la Commune de Abomey-Calavi est le très rapprochement entre les puits et les fosses septiques. Cette situation est illustrée sur la photo 16.



Photo 16 : Distance entre un puits et une fosse septique dans l'arrondissement de Zinvié (Yèvié Dokomey)

***Prise de vue** : Hondjènou, mai 2017*

Dans 65,30 % des ménages parcourus, la distance mesurée entre les puits et les latrines d'une part et entre les puits et les douches externes d'autre part varie entre 3,5 m à 05 mètres. Or la distance qui est la norme entre ces infrastructures d'assainissement est de vingt (20 m), (AGASSOUNON et *al.*, 2012). Cela pose déjà un réel problème quant à la pollution des puits dont l'eau est également consommée par la population de la Commune de Abomey-Calavi.

L'importance des dispositifs d'assainissement n'est plus à démontrer dans la réduction des maladies infectieuses. Beaucoup de travaux sur le bien-être des populations, particulièrement sur la santé, ont avancé des explications quant à la relation environnement-morbidité. La distance qui sépare les puits et les latrines constitue un facteur de risque pour la pollution des puits à domicile.

En effet, dans la Commune de Abomey-Calavi, de forts taux de coliformes fécaux sont enregistrés dans les puits. Des études ont montré que l'extension de la pollution à partir d'une latrine jusqu'aux eaux souterraines dépend de la vitesse et de la direction de circulation des eaux. La vitesse de circulation est elle-même liée à la structure physique du sol, à sa granulométrie et au degré de filtration des roches (COULIBALY, 2005).

Les résultats trouvés dans cette étude sont en conformité avec ceux de DEGBEY et *al.*,(2009) sur la qualité de l'eau de consommation en milieu professionnel à Godomey. Dans son étude, il conclut que les puits de l'arrondissement connaissent de fortes pollutions en indicateurs de contamination fécale. De pareils résultats sont en accord avec ceux trouvés par BOUTIN et DIAS(1987), pour la nappe de Marrakech au Maroc, BABADJIDE (2011) dans le bassin du Mono et LAGNIKA(2015) pour les puits de Lokossa, Parakou et Pobè au Bénin. Les mêmes

résultats sont notés au niveau des eaux de puits de la nappe phréatique de Yembeul au Sénégal par TANDIA et *al.*, (1997), NOLA et *al.*,(1998) au niveau de la nappe phréatique de Yaoundé au Cameroun.

Un environnement insalubre contribue à la propagation des agents hydriques. Comme les micro-organismes responsables de la diarrhée sont excrétés dans les selles des personnes infectées, l'élimination hygiénique des selles peut aider à interrompre la transmission de l'infection. Les matières fécales peuvent contaminer l'eau dans laquelle les enfants jouent, et dans laquelle les mères lavent le linge et puisent de l'eau pour l'usage domestique (OMS, 2006).

Les infections liées donc aux excréta sont des maladies transmissibles dont les agents causals (virus, bactéries, protozoaires ou helminthes pathogènes) sont libérés par l'organisme des personnes infectées (ou des animaux infectés dans certains cas) dans les excréta (fèces et urines). Ces agents causals finissent par atteindre d'autres personnes et pénètrent dans l'organisme soit par la bouche (lors de la consommation de cultures contaminées, par exemple), soit à travers la peau (infestation par des ankylostomes ou des schistosomes, par exemple), OMS (2013). Les excréta et les eaux usées renfermant en conséquence de fortes concentrations d'agents pathogènes. L'incapacité à traiter et à gérer correctement les eaux usées et les excréta par les communautés est directement responsable d'effets préjudiciables pour la santé et l'environnement.

Les excréta humains sont mis en cause dans la transmission de nombreuses maladies infectieuses, dont le choléra, la typhoïde, l'hépatite, la polio, la schistosomiase et des helminthiases, y compris diverses trématodoses.

Globalement, l'OMS estime que les affections hydriques sont responsables à elles seules de 3,2 % des décès dans le monde et de 4,2 % de la charge de morbidité mondiale totale (OMS, 2004b). Les maladies gastro-intestinales sont souvent utilisées comme indicateur indirect pour les maladies infectieuses véhiculées par l'eau.

DAGDEVIREN et ROBERTSON(2009) ont trouvé en Côte d'Ivoire et à Dar es Salaam (République-Unie de Tanzanie), que l'eau souterraine contaminée par les infrastructures d'assainissement inappropriées a causé l'apparition de choléra et d'autres maladies véhiculées par l'eau, dans les colonies informelles autour de ces zones. HARTEMANN (2001)dans son étude réalisée dans les pays en voie de développement et ATOKARE(2008) au Tchad ont montré que

l'environnement intervient pour une part importante dans l'explication des différences régionales de morbidité et de mortalité.

Elle entraîne entre autres effets, la prolifération microbienne et bactérienne, celle des vecteurs de germes pathogènes, la pollution de l'eau (puits et cours d'eau). Selon l'OMS (1997), la mauvaise qualité de l'environnement contribue pour 25 % à l'occurrence de toutes les maladies évitables dans le monde.

Dans son document sur l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, COULIBALY(2005) a montré que les puits sont généralement pollués par la pénétration d'impuretés par les ouvertures, la contamination par la présence de fosses septiques, les fuites des conduits d'égouts, l'infiltration des dépotoirs ou les terrains d'enfouissement et les activités menées autour du puits.

Plusieurs autres études ont mis en évidence la pollution bactériologique et azotée des nappes superficielles et des cours d'eau (MOKOFIO et *al.*,(1991) à Bangui ; BABA-MOUSSA et *al.*,(1995) à Ouagadougou ; LHADI et *al.*,(1996) ; UNESCO, 2003 ; MAKOUTODE et *al.*,(1999) à Cotonou; TAZI et *al.*(2001) ; NAIRAIN S., 2002 ; CHIPPAUX et *al.*(2002) à Niamey ; YAMEOGO, 2002 ; DEME, 2003, DIALLO, 2004 au Sénégal; HASSOUNE et *al.*,(2006); au Maroc. Ces auteurs concluent que ces pollutions proviendraient d'un mauvais assainissement des excréta.

5.6. Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) et maladies hydriques

L'indicateur de salubrité permet d'apprécier la qualité de l'environnement de chaque ménage dans la Commune de Abomey-Calavi. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau XXVIII.

Tableau XXVIII : Valeur des indices KMO et test de Bartlett

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.		0,721
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	111,693
	ddl	28
	Signification de Bartlett	0

***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2018*

L'analyse du tableau XXVIII montre que la valeur de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) est 0,721et est proche de 1. Cette valeur est supérieure à 0,70, le seuil généralement considéré comme celui au-delà duquel on peut procéder à un ACP. Cela permet d'accepter l'hypothèse d'existence de

corrélation significative entre les variables. En d'autres termes, les corrélations qui existent entre les variables sont significatives.

Le tableau XXIX présente les valeurs propres de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE). Ces valeurs permettent de mesurer la stabilité des résultats de sortie de l'ACP dans la construction de l'indicateur. Le tableau présente la décroissance des valeurs propres suivant les composantes.

Tableau XXIX: Valeurs propres issues de l'ACP

Axes factoriels	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8
Valeurs propres	6,751	0,624	0,391	0,116	0,084	0,029	0,006	4,13E-07
% de la variance	84,382	7,797	4,882	1,456	1,05	0,357	0,076	5,17E-06
% cumulés	84,382	92,179	97,061	98,517	99,567	99,924	100	100

***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2018*

L'indicateur appliqué aux ménages de la Commune d'Abomey-Calavi présente les résultats du tableau XXX.

Tableau XXX: Application de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) aux ménages de la Commune d'Abomey-Calavi

Etat de l'environnement	**Pourcentage**	**Pourcentage valide**
Salubres	44,16	44,16
Insalubres	14,5	14,5
Très insalubres	41,35	41,35
Total	**100,0**	**100,0**

***Source** : Travaux de terrain, octobre 2018*

Il ressort de l'analyse du tableau XXX que 41,35 % des ménages vivent dans un environnement très insalubres et 14,5 % dans un environnement insalubres. Ainsi, 55,85 % des ménages ont

un environnement favorable à l'éclosion et à la survie des bactéries vecteurs de maladies. Et 44,16 % des ménages vivent dans un environnement salubre donc arrivent à assurer la propreté de leur cadre de vie. Il n'y a pas cependant une grande différence entre les trois (03) états de l'environnement de la Commune. Ainsi, il est donc difficile de pouvoir identifier distinctement un environnement salubre d'un environnement très insalubre.

Il convient donc de voir si l'état de l'environnement favorise la survenue des cas de maladies hydriques au sein des ménages. Ainsi, l'indicateur de salubrité de l'environnement a été corrélé avec la survenue de cas de maladie hydrique dans chaque ménage. Les résultats de ce croisement sont présentés dans le tableau XXXI.

Tableau XXXI : Corrélation entre l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement et la survenue d'un cas de maladie hydrique

Indicateur de Salubrité des ménages	**Survenus d'un cas de maladie hydrique**		
	Non	**Oui**	**Total**
Salubres	30,1 %	39,1 %	37,0 %
Insalubres	27,7 %	33,5 %	32,0 %
Très salubres	42,3 %	27,3 %	31,0 %
Total	100 %	100 %	100 %

***Source** : Travaux de terrain, octobre 2018*

Il ressort de l'analyse du tableau XXXI que les ménages qui se localisent dans un environnement salubre présentent une prévalence hydrique très élevée (39 %) par rapport à aux ménages qui se localisent dans un environnement insalubre (33,5 %) et ceux dans un environnement très salubre (27,3 %) dans toute la Commune de Abomey-Calavi.

Les pratiques de gestion des déchets autour des points d'eau sont alors peu conformes aux normes en vigueur au Bénin et entrainent une prévalence élevée des maladies hydriques.
La figure 33 présente l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement et la répartition des maladies hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi.

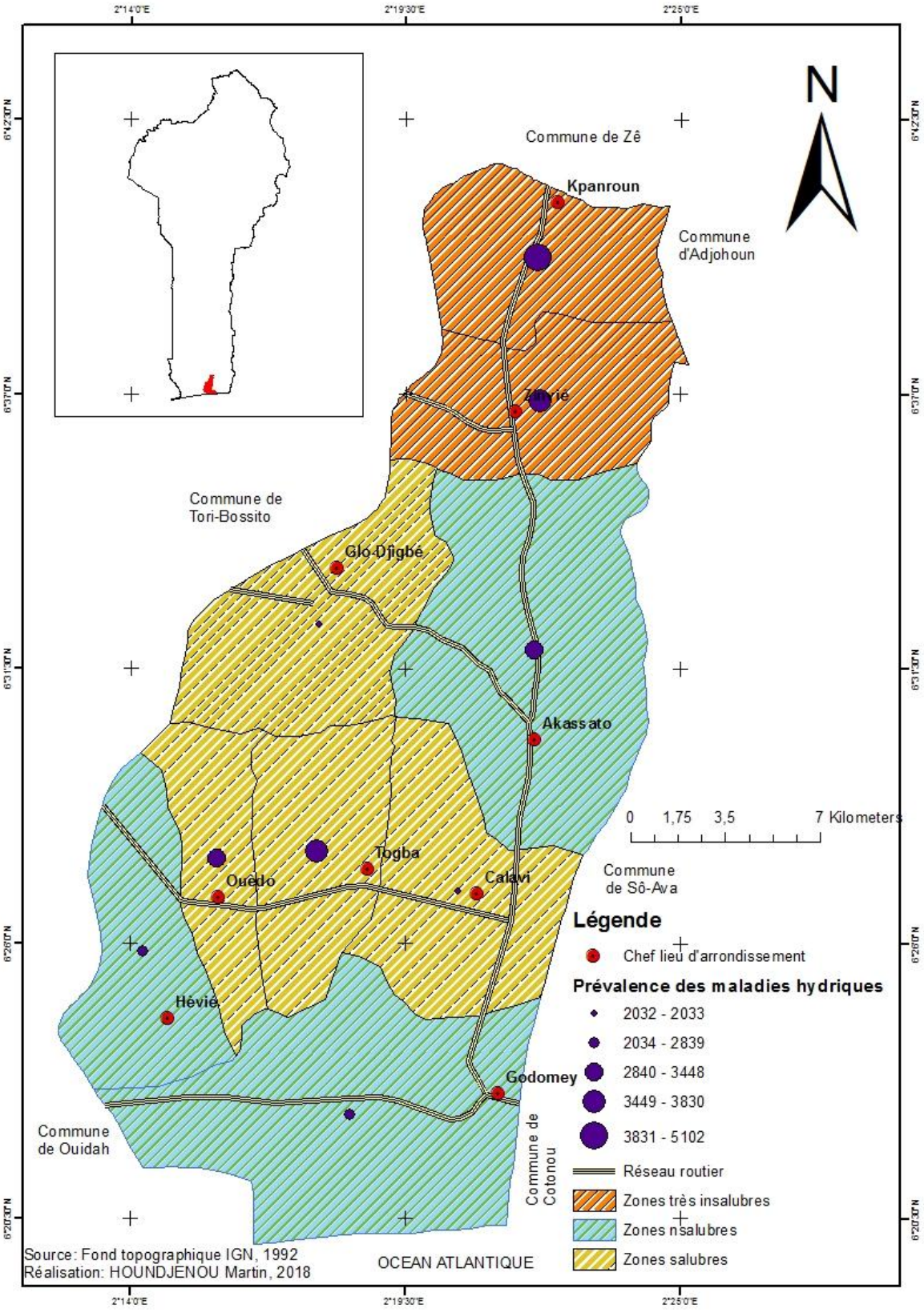


Figure 33 : Indicateur de Salubrité de l'Environnement et maladies hydriques

***Source** : Résultats d'enquête, juillet 2017*

Les écarts entre la prévalence des différents niveaux sont généralement faibles dans l'ensemble de la Commune. Mais en partant du postulat que le nombre de cas de maladie hydrique va diminuer si l'environnement est propre, les résultats ici présentés montrent toute à fait le contraire. Partant de la supposition que les mauvaises pratiques et la non observation des règles d'hygiène et d'assainissement seraient les responsables des maladies hydriques et hydro-fécales, il est observé des résultats tout à fait contraires à ce postulat. Les corrélations faites montrent qu'il n'y a pas de liens significatifs entre l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement et la survenue des cas de diarrhée au sein des ménages (p = 0,32). Ceci s'explique par le fait que l'état de l'environnement n'influence pas forcément la qualité de l'eau de consommation qui est l'élément fondamental mis en cause dans cette recherche.

5.7. Transmission et contrôle des maladies infectieuses

Les études démographiques portant sur la morbidité et la mortalité et les études épidémiologiques ou celles de la géographie de la santé permettent de mettre en évidence l'incidence de l'assainissement dans la transmission des maladies infectieuses (NGWE, 2007). Avec la pluie les eaux sont entraînées par ruissellements et en partie s'infiltrent contribuant à la recharge de la nappe, mais aussi sa pollution par l'entraînement des matières organiques et minérales de la surface. C'est ainsi que le schéma de transmission et de contrôle de la maladie a été proposé par WAGNER et LANOIS (1956) (figure 34).

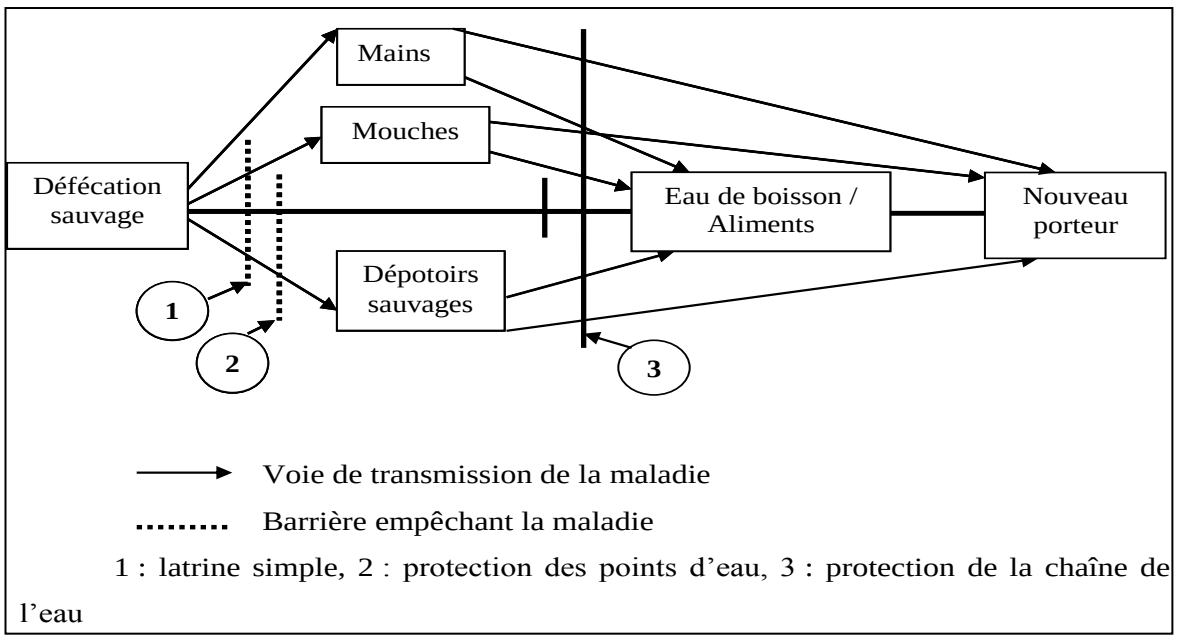


Figure 34 : Schéma de la transmission et du contrôle de la maladie

***Source** : Adapté de WAGNER et LANOIX(1956)*

Il ressort de la figure 34 que dans la Commune de Abomey-Calavi, le cycle oro-fécal est le premier responsable de la transmission des maladies infectieuses.

Ce cycle est alimenté par l'eau potable contaminée lors des prélèvements et des manipulations qui y sont faits à domicile, les sols (la pollution de l'eau et du sol par les matières fécales humaines), les mains (les mains non lavées qui prélèvent l'eau pour la consommation), et les mouches (transmission des maladies des matières fécales à l'eau ou directement aux personnes, facteur particulièrement problématique lorsque la défécation en plein air constitue la norme). Ainsi, bloquer ces voies de transmission (existence de latrines et protection des sources d'eau) est la clé pour la prévention des maladies hydriques. L'interruption du cycle oro-fécal, reposant principalement sur le lavage des mains et l'utilisation des toilettes ou des latrines qui confinent et assainissent les matières fécales, permettrait de réduire la prévalence des maladies infectieuses. Donc, il ne s'agit plus simplement de mettre en avant un accès optimal à l'eau potable pour la réduction des maladies hydriques mais également de pouvoir doter les communautés surtout rurales en infrastructures d'assainissement. Car, l'épineux et réel problème reste et demeure l'évacuation des excréments humains.

Une corrélation très étroite est notée entre les flambées de maladie et les insuffisances en matière d'accès aux sources d'eau potable. Il arrive que des phénomènes extrêmes liés au temps, telles les fortes pluies ou les inondations, entraînent une contamination des sources d'approvisionnement en eau; cela favorise une transmission fécale-orale difficile à maîtriser, qui se traduit par une hausse du nombre de cas et de décès. En effet les ménages disposant de l'eau de bonne qualité (traitée) et d'une source interne d'approvisionnement avaient la prévalence diarrhéique la plus faible par rapport aux autres (ATOKARE, 2008).

Tout ceci, influence l'évolution observée pour les maladies hydriques dans la Commune de Abomey-Calavi. C'est ainsi que les études menées par ASSOUMA ISSA, (2018)SOHOUNOU, (2018) CURTIS, et *al.*, CAIRNCROSS,(2003) ; Schwartz et *al.*, 2006 ; AZONHE, (2009); BABADJIDE, (2010);OMS (2013), SEBO(2014), ont mis l'accent sur la pluralité des modes d'approvisionnement en eau potable qui a été identifiée comme étant un facteur de risque important dans la prévalence des maladies hydriques. Ainsi, les différents paramètres qui ont un impact dans la survenue des maladies hydriques ont été appréciés par les populations.

5.8. Opérationnalisation de la matrice d'appréciation

La matrice de sensibilité a permis de mesurer le degré d'impact des différentes sources de maladies considérées dans la survenue des maladies hydriques par ordre d'importance en terme de prévalence.

Les résultats issus des travaux de terrain sont présentés dans le tableau XXXII.

Tableau XXXII : Matrice d'appréciation de l'assainissement dans la survenue des maladies hydriques

Cause de maladies	**Maladies diarrhéiques**	**Grille d'appréciation**	**Rang d'importance**
	Indice d'exposition		
Défécation sauvage	3	Fort	1er
Existence d'eaux usées dans la concession	2	Moyen	3ème
Existence d'ordures ménagères dans la concession	2	Moyen	3ex
Consommation d'eau sale	3	Fort	1ex

***Source** : FALL et al.,(2011) adapté de Hondjènou (2017)*

A la lecture du tableau XXXII, il ressort que la consommation d'eau sale et la défécation sauvage impactent fortement la survenue des cas de maladies hydriques. Par contre, l'existence des eaux usées et des ordures ménagères dans la concession impactent moyennement la survenue de cas de maladies. Par contre, l'existence des eaux usées et des ordures ménagères dans la concession impactent moyennement la survenue de cas de maladies. Les latrines, l'élimination des déchets, l'évacuation des eaux usées, le drainage des eaux de pluie sont essentiels à la sauvegarde de la qualité environnementale d'une manière plus générale, notamment en ce qui concerne la qualité des ressources en eau. Le rôle de l'assainissement et de l'hygiène dans le cycle d'évolution des maladies infectieuses n'est plus à démontrer. Plusieurs auteurs (CAIRNCROSS, 2003, PRUSS et CORVALAN, 2006, OMS, 2007, ONU-Eau, 2009) dans leurs études sur le rôle de l'assainissement, l'hygiène ainsi que la couverture

ont supposé que 94 % des cas de diarrhée sont évitables moyennant une modification de l'environnement, et notamment des interventions visant à accroître l'approvisionnement en eau salubre, et à améliorer l'hygiène et l'assainissement. Les maladies contagieuses causées par les bactéries pathogènes, les virus et les parasites sont très souvent liées à la consommation d'eau ne répondant pas à des critères minimaux de potabilité. Elles constituent pour la santé le risque le plus commun et le plus répandu. Chaque jour, 5.000 enfants décèdent à cause de maladies infectieuses, causées principalement par un système d'assainissement inadéquat (ONU-Eau, 2009). Ainsi tous les ménages n'ont pas la possibilité et la capacité de toujours consommer l'eau potable. Cependant, avec de simples mesures d'hygiène, la plupart de ces morts pourrait déjà être évitée.

Conclusion partielle

Il ressort de ce chapitre que la mauvaise gestion des déchets, des eaux usées, des excrétas, l'environnement insalubre autour de certains points d'eau ainsi que le mode de transport de l'eau et les conditions de stockage de l'eau à domicile sont les facteurs qui altèrent la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation dans la Commune de Abomey-Calavi. Il existe un lien significatif entre les paramètres environnementaux et comportementaux et la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson.

CHAPITRE VI : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DE CONSOMMATION ET PREVALENCE DES MALADIES HYDRIQUESDANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI

L'approvisionnement en eau à partir des sources d'eau recommandées est souhaitable. Mais, il arrive que ces points d'eau tombent en panne, ce qui fait que leur fréquentation est difficile voire impossible. Les ménages ayant besoin d'eau pour les activités recourent dans ce cas aux sources d'eau non recommandées. Cette situation entraîne plusieurs maladies dont les maladies hydriques qui représentent une part importante dans le profil épidémiologique de la Commune d'Abomey-Calavi. Ainsi, les paramètres physico-chimique et bactériologique de ces sources d'eau consommées par les populations ont été analysés pour s'assurer de leur qualité. Et les résultats obtenus sont comparés aux normes de l'OMS (2008) et celles de l'ABéNor (2003).

6.1. Potabilité de l'eau

Une eau potable est une eau propre à l'alimentation, donc dépourvue de tous les éléments nocifs. Elle doit être :

- Limpide, incolore, inodore, fraîche (7-12°). Ces qualités sont facilement décelées par les différents sens du corps humain. L'organisme rejette d'instinct une eau trouble (matières ou microbes en suspension), colorée, mal odorante (fermentation) ;

- Aérée ; elle doit contenir 30 cm^3 de gaz par litre ;

- Pourvue d'une faible proportion de sels minéraux (carbonates, sulfates, chlorures) qui lui donnent une saveur faible mais agréable et une certaine valeur nutritive. L'eau ne doit pas contenir plus de 0,50g/l de sels minéraux. Une eau trop salée est purgative. Trop riche en calcaire (eau dure) ou en sulfate de chaux (eau séléniteuse), cuit mal les légumes, dissous mal le savon ;

- Dépourvue de matières organiques, dont la présence est un indice de souillure. Il est toléré 5mg/l au maximum. Ces matières décolorent le permanganate de potassium à l'ébullition. Favorables au développement des microbes, ces matières en se putréfiant, donnent une odeur désagréable et des produits toxiques ;

- Dépourvue de germes, de vers, de parasites et de microbes pathogènes. L'eau potable n'est pas stérile. Le seuil de tolérance est de 100 à 1000 bactéries non pathogènes par cm^3. Par contre elle ne doit contenir ni germes parasitaires (kystes d'amibes, œufs d'ascaris, d'oxyures), ni microbes pathogènes (bacilles typhiques, vibrion cholérique, bacille dysentérique, virus de la poliomyélite). La présence de colibacilles, hôte habituel du gros intestin ou colon (d'où son

nom) indique une souillure par des excréments. Toute eau renfermant des colibacilles est rejetée. Toutefois, il est toléré jusqu'à 50 colibacilles par litre, soit 0,05/cm^3 (OMS, 2002).

En effet, en comparant les résultats des analyses régulièrement effectuées, la brusque augmentation du nombre de colibacilles indique une contamination dangereuse (puits ou conduit d'eau potable mis en communication avec un conduit d'eau d'égout fissurée par exemple, origine fréquente des épidémies de typhoïde (MAÏGA, 2005).

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne peut avoir aucun goût ou odeur désagréable. En outre l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique selon les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives à la qualité de l'eau de consommation. Ainsi, pour cette étude les références en matière de normes sont celles de l'ABeNor (2003) consignées dans le décret N° 2001-94 du 20 Février 2001 portant en République du Bénin. Ces normes sont consignées dans les tableaux XXXIII et XXXIV

Tableau XXXIII: Qualité physico-chimique de l'eau de consommation (ABeNor, 2003)

Eléments	**Valeur indicative en mg/L**
Nitrates	4,5 mg/L
Nitrites	3,2 mg/L
Ammoniac	0,5 mg/L
Couleur	15 UCV (Unité de Couleur Vraie)
Turbidité	5 UTN (Unité de Turbidité Néphélométrie
Conductivité	2100 µS/cm
Chlorure	250 mg/L
pH	6,5-8,5
Température	25 °C
Total des Sels dissouts (TDS)	-
Zinc	3 mg/L

***Source** : ABeNor, 2003*

Tableau XXXIV : Qualité bactériologique de l'eau de consommation (Directive de l'OMS 2008)

Organismes	Valeurs indicatives	Remarques
A-/ Toutes les eaux destinées à la consommation : *E. Coli* ou bactéries coliformes Thermotolérantes	0	Non détectables dans un échantillon de 100 ml
B-/ Eaux traitées à l'entrée du réseau de distribution : *E.Coli* ou bactéries coliformes Thermotolérantes Coliformes totaux	0 10	Non détectables dans un échantillon de 100 ml Non détectables dans un échantillon de 100 ml
C-/ Eaux traitées dans le réseau de distribution : *E. Coli* ou bactéries coliformes Thermotolérantes Coliformes totaux	0 10	Non détectables dans un échantillon de 100 ml Non détectables dans un échantillon de 100 ml Dans les installations importantes lorsqu'un nombre suffisant d'échantillons sont examinés, on ne doit pas trouver de coliformes dans 95 % des échantillons prélevés sur une période de 12 mois

***Source** : OMS, 2008*

Au Bénin, c'est le décret n° 2001-94 du 20 Février 2001 qui fixe les normes de qualité de l´eau potable. Les limites de qualité de l´eau potable portent sur les paramètres suivants :

- paramètres organoleptiques (couleur, odeur, saveur, turbidité) ;
- paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux (température, chlorures, sulfates, magnésium, sodium, aluminium, résidus secs) ;
- paramètres concernant les substances indésirables (nitrates, azote de Kjeldahl, oxydabilité au permanganate de potassium, phosphore, zinc, argent, fluor, etc..) ;
- paramètres concernant les substances toxiques (arsenic, cadmium, plomb, antimoine, sélénium, hydrocarbures polycycliques aromatiques) ;
- paramètres microbiologiques (salmonelles, staphylocoques pathogènes, bactériophages fécaux, entérovirus, coliformes, spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, pseudomonas) ; pesticides et produits apparentés ;
- paramètres concernant les eaux adoucies (dureté, alcalinité).

6.2. Analyse bactériologique de l'eau

Cette étape est l'une des plus importantes de cette étude car, elle permet de mesurer la qualité de l'eau de consommation des populations de la Commune d'Abomey-Calavi. La qualité de

l'eau bue au sein du ménage doit être contrôlée à au moins trois niveaux : à la sortie d'usine, au niveau du point de distribution collective ou privée et au moment de la boisson à domicile. Une fois l'eau distribuée, la qualité de l'eau peut évoluer avec les manipulations et le stockage. C'est d'ailleurs pourquoi, les analyses sont faites en trois temps. Ainsi, les analyses physico-chimique et bactériologique ont été faites pour tous les échantillons d'eau prélevés.

Les germes recherchés sont systématiquement des germes indicateurs de pollution. Il s'agit des organismes coliformes (*Eschérichia coli*), des coliformes totaux et les coliformes fécaux. Les résultats de l'analyse microbiologique des échantillons d'eau prélevés pendant la saison des pluies sont présentés par type d'ouvrage.

6.2.1. Qualité bactériologique des eaux des forages PEA

Recueillie dans un poste, l'eau des PEA est utilisée par les ménages de la population de la Commune d'Abomey-Calavi pour diverses activités mais également pour la boisson. Les résultats de la qualité bactériologique de l'eau des PEA sont présentés dans le tableau XXXV.

Tableau XXXV : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des PEA

PEA				
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Transport**	**Stockage**
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml	17/100 ml	780/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	0/100 ml	28/100 ml	450/100 ml
Escherichia coli	0/100 ml	0/100 ml	4/100 ml	260/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire DG-EAU, 2017*

Le tableau XXXV montre qu'en saison pluvieuse, l'eau des PEA prélevée à la source ne renferme aucun des germes indicateurs de pollution. Mais, durant le transport, il a été dénombré 17 UFC/100 ml à 780 UFC/100 ml de coliformes fécaux au stockage. Les coliformes totaux sont passés de 28 UFC/100 ml durant le transport à 450 UFC/100 ml au moment du stockage à domicile. La même tendance est observée pour l'*Echerichia coli* où leur nombre a évolué de 04 UFC/100 ml lors du transport à 260 UFC/100 ml au stockage.. Il ressort donc que la qualité de l'eau des PEA a été altérée au moment du transport ainsi qu'au moment de la conservation à domicile. Ceci se comprend sans doute car l'eau se transporte par les femmes et les enfants dans des plastiques ou des bassines ouverts soumis aux intempéries de l'air, de la poussière etc. Par contre, à domicile la progression des germes dans l'eau laisse sans doute penser à l'état des

récipients de prise de l'eau pour la consommation. Pour CAIRNCROSS(2003), la pollution de l'eau intervient lors du prélèvement et ensuite durant son transport et sa conservation. Le tableau XXXV montre les résultats microbiologiques de l'eau des AEV.

6.2.2. Qualité bactériologique de l'eau des AEV

Les Adductions d'Eau Villageoises sont des ouvrages généralement implantés dans les chefs lieux d'arrondissements pour faciliter le ravitaillement d'un plus grand nombre de personnes. Elles sont considérées comme source d'eau propice à la consommation. Toutefois, les prélèvements y sont faits pour apprécier leur niveau de potabilité Les résultats des analyses bactériologiques sont présentés dans le tableau XXXV.

Tableau XXXV : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des AEV

AEV				
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Transport**	**Stockage**
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml	80/100 ml	590/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	0/100 ml	938/100 ml	1800/100 ml
Escherichia-coli	0/100 ml	36/100 ml	65/100 ml	870/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire DG-EAU, 2017*

En saison pluvieuse à la source, l'eau des AEV renferme déjà de 36 UFC/100 ml d'*Escherichia coli*. Ce nombre est passé de 65 UFC/100 ml au moment du transport à 870 UFC/100 ml à domicile. Les coliformes totaux absents à la source ont été dénombrés à 938 UFC/100 ml lors du transport à 1800 UFC/100 ml au moment du stockage. Les Coliformes fécaux de 80 UFC/100 ml lors du transport est passé à 590 UFC/100 ml au stockage. En effet, la présence des germes bactériologiques détectée dans les eaux des forages serait probablement liée aux activités menées aux abords immédiats des ouvrages. La pollution de l'eau dès la sortie du réseau peut être expliquée par l'infiltration des eaux souillées liées aux activités menées autour des points d'eau par les populations. Mais pendant le transport et lors du stockage à domicile, l'eau devenue impropre à la consommation serait due aux manipulations qui sont faites sur cette dernière.

6.2.3. Qualité bactériologique de l'eau des Forages (FPM)

Existants dans toutes les localités de la Commune d'Abomey-Calavi, les forages équipés de pompe à motricité humaine sont utilisés à plus de 34 % dans la Commune d'Abomey-Calavi. Les résultats de la qualité bactériologique de l'eau des forages sont présentés dans le tableau XXXVI.

Tableau XXXVI: Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des forages (FPM)

FPM				
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Transport**	**Stockage**
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml	30/100 ml	600/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	47/100 ml	1600/100 ml	4250/100 ml
Escherichia coli	0/100 ml	12/100 ml	170/100 ml	2400/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire DG-EAU, 2017*

L'eau de forages équipés de pompe à motricité humaine (FPM) pendant la saison pluvieuse regorge à la source de 47 UFC/100 ml et de 12 UFC/100 ml respectivement de coliformes totaux et d'*Escherichia coli*. Les coliformes totaux ont évolué de 1600 UFC/100 ml lors du transport à 4250 UFC/100 ml à domicile et jusqu'à 170 UFC/100 ml lors du transport à 2400 UFC/100 ml à domicile pour *Eschericha coli*. La présence de ces bactéries d'origine fécale dans l'eau de consommation indique une contamination de l'eau par des germes pathogènes comme *Vibrio cholerae* ou Salmonella Typhi (LALEYE, 2016). L'infiltration du lixiviat au niveau de la nappe phréatique expose l'eau à diverses pollutions notamment celles bactériologiques. Selon ATCHADE (2014), le nombre de germes bactériens varie surtout au niveau des forages pédestres dont le système de tête de pompe serait un facteur important d'infiltration des eaux souillées et contaminées donc d'accroissement de la charge polluante. En effet, cette partie de l'ouvrage est en contact permanent avec les pieds (parfois chargés de bactéries) des usagers de ces forages. Pour MIALO(2017), La présence en particulier d'*Escherichia coli* indique qu'il y a une insuffisance de protection de l'eau contre la pollution fécale dans les ménages. Cette contamination peut être corrélée au défaut d'hygiène des mains et du matériel de puisage. Plus les réservoirs sont de grands volumes, plus longtemps dure l'eau en stockage et plus grand est le nombre de contacts avec l'eau, impliquant plusieurs personnes. Dans ces circonstances, les

réservoirs sont moins lavés avec un détergent et un désinfectant ; tous facteurs pouvant entraîner une sur-contamination de l'eau.

6.2.4. Qualité bactériologique de l'eau prélevée dans le fleuve Togbo

Certains ménages continuent d'utiliser l'eau du fleuve Togbo pour leurs besoins en consommation. C'est pourquoi ses paramètres bactériologiques ont été analysés pour les comparer aux normes admises. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau XXXVII.

Tableau XXXVII: Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau prélevée dans le fleuve Togbo

Cours d'eau Togbo				
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Transport**	**Stockage**
Coliformes fécaux	0/100 ml	260/100 ml	980/100 ml	8820/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	2380/100 ml	7110/100 ml	28440/100 ml
Escherichia coli	0/100 ml	3200/100 ml	12700/100 ml	88900/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire DG-EAU, 2017*

L'eau du fleuve Togbo regorge de tous les germes indicateurs de pollution pendant la saison pluvieuse. Les coliformes totaux et l'*Escherichia coli* sont les plus dénombrés et évoluant tout le long du circuit source-transport-stockage. La présence des bactéries *Escherichia coli* en nombre important donne la preuve de la pollution fécale de l'eau du fleuve Togbo. Selon MIALO(2017), les eaux de surface sont rarement potables car elles sont sans aucun traitement. De plus, elles présentent les pollutions d'origine urbaine dues aux eaux usées provenant des latrines et des fosses septiques et également d'origine agricole due aux engrais et produits pesticides ou herbicides entraînés par les eaux de pluies et le ruissellement. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par SEBO(2014) dans son étude réalisée dans le bassin du Mono. En effet, il conclut que la contamination des eaux est due, pendant la saison des pluies et la période d'inondation, aux ruissellements qui charrient de nombreux agents pathogènes vers les cours d'eau. BABADJIDE(2011), renchérissent dans son étude réalisée sur les influences de la pollution hydrique sur la santé humaine dans le bassin du Mono, que les eaux de ruissellement enrichissent les eaux superficielles des excréments, des déchets ou tout autre élément polluant qu'elles collectent au sol. Pour SOHOUNOU (2018), la présence de germes pathogènes est due

à une pollution organique probablement issue des déchets d'origine animale, humaine ou par les effluents chargés de fertilisants et de pesticides surtout organochlorés utilisés en agriculture qui sont souvent drainés vers les plans d'eau au cours de la saison pluvieuse. Aussi faut-il noter que durant la récession pluviométrique, se développent les pratiques malsaines où les populations utilisent l'eau des marigots, des cours d'eau où sont déversés les déchets pendant la saison des pluies (HONDJENOU, 2013).

6.2.5. Qualité bactériologique de l'eau des puits traditionnels

Souvent utilisée en saison pluvieuse, l'eau de pluie permet d'éviter les corvées d'eau dans tous les ménages de la Commune d'Abomey-Calavi. Les résultats de sa qualité bactériologique sont présentés dans le tableau XXXVIII.

Tableau XXXVIII: Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau de puits

Puits traditionnels			
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Stockage**
Coliformes fécaux	0/100 ml	156/100 ml	230/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	980/100 ml	1100/100 ml
Eschérichia-coli	0/100 ml	1400/100 ml	2700/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire DG-Eau, 2017*

L'analyse des échantillons d'eau des puits traditionnels, montre que l'eau dès son prélèvement est déjà polluée. Dans l'eau des puits, il a été dénombré dès le prélèvement 156 UFC/100 ml, 980 UFC/100 ml, 1400 UFC/100 ml et 44 UFC/100 ml respectivement de coliformes fécaux, de coliformes totaux et d'Escherichia-coli. Mais au moment où l'eau est stockée le nombre des germes a beaucoup évolué pour toutes les bactéries. Toutefois, l'eau de puits est moins polluée que l'eau de la rivière Togbo. Dans la Commune d'Abomey-Calavi, tous les échantillons d'eau de puits prélevés présentent des germes pathogènes signes de pollutions bactériologiques. Pour DEGBEY (2009), SEBO(2014) et MIALO(2017), la contamination bactériologique est signe d'une pollution organique probablement issue des déchets d'origine animale, humaine ou par les effluents chargés de fertilisants et de pesticides surtout organochlorés utilisés en agriculture qui sont souvent drainés vers les plans d'eau au cours de la saison pluvieuse. Cette affirmation est corroborée par KELOME et *al.,* (2012) dans leur étude réalisée sur les puits des Communes

de Parakou et de Tchaourou. Ainsi, ils affirment que la forte présence dans les puits de germes aérobies revivifiables pourrait s'expliquer par une contamination d'origine humaine et animale par l'absence d'application des règles élémentaires d'hygiène que sont : la protection correcte des puits après puisage, les activités agricoles et d'élevage, l'éloignement des fosses septiques et des latrines des puits (disposés diamétralement opposés). De pareils résultats sont trouvés par MAKOUTODE M.et *al.*,(1999) à Grand-Popo ; HEDIBLE, (2007) dans l'Atlantique ; DEGBEY et *al.*,(2009) ; à Godomey, Babadjidé 2011 dans le département du Mono ; GOMEZ(2010) en milieu Itcha-Ifè et LAGNIKA(2015)dans les arrondissements de Pobè, Lokossa et de Parakou. Pour tous ces auteurs, l'homme par ses activités contribue à la pollution de l'eau avec les rejets et dépôts de déchets. Et de plus, l'eau est un déterminant des maladies hydriques surtout dans les espaces où sa pénurie se manifeste. La pénurie de l'eau associée à l'insalubrité de l'environnement joue un rôle notoire dans l'endémisme des maladies hydriques.

6.3. Analyse des paramètres physico-chimiques

L'analyse chimique d'une eau révèle la présence de certains éléments en solution ou en suspension. Ce sont la qualité et la quantité de ces éléments qui, d'une part définissent une eau, et d'autre part précisent et limitent son emploi aux divers usages (COULIBALY, 2005).

Les paramètres chimiques pris en compte dans cette recherche sont le pH, la conductivité, les TDS, la couleur, la turbidité, les nitrates, les nitrites et l'ammonium.

6.3.1. Qualité physico-chimique de l'eau des ouvrages à la source

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau des ouvrages prélevée à la source sont présentés dans le tableau XXXIX.

Tableau XXXIX : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à la source

Paramètres	Normes ABeNor	PEA	AEV	FPM	Puits traditionnels	Rivière Togbo
pH	6.5 <ph>8.5	6,705	6,959	6,58	6,74	6,95
Conductivité (µS/cm)	2100	55,4	56,3	73	450	687
TDS (mg/l)	-	20	58,5	50	230	175
Couleur (PtCo)	15	27	0	0,596	31	78
Turbidité(NTU)	5	7	0	119,2	19	22,14
Nitrates (mg/l)	4,5	1,6	12,76	0	31	9,8
Nitrites (mg/l)	3,2	0,008	0,0264	0	1.28	1,01
Ammonium (mg/l)	0,5	0,02	0,1161	1,0062	0.009	0,9

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire DG-Eau, 2017*

Pour tous les éléments chimiques considérés, les valeurs obtenues pour les ouvrages sauf pour le fleuve Togbo sont toutes en dessous des normes de l'ABeNor (2003) et de l'OMS (2008). Les valeurs du pH des eaux de tous les ouvrages varient entre 5,705 et 6,85. Les résultats indiquent que la valeur du TDS varie dans l'ensemble des ouvrages de 20 mg/l pour les PEA à 230 mg/l pour les puits traditionnels en passant par des valeurs assez importantes de 58,5 mg/l pour les AEV, 50 mg/l pour les FPM et 175 mg/l pour le fleuve Togbo. Quant à la variabilité de la conductivité, elle montre des valeurs comprises entre 55,4 µs/cm (PEA) et 687 µs/cm (fleuve Togbo).

Cette observation révèle une conformité à 100 % des eaux analysées; car les critères normalisés béninois pour comparaison, limitent ce paramètre à 2100 µs/cm. Le fleuve Togbo présente les valeurs les plus élevées pour tous les paramètres dosés. Sa couleur n'est pas claire car elle est 78 Pt Co pour une norme de 15 Pt Co, trouble car elle est de 22,14 NTU pour une norme de 5 PTU, et chargée en ammonium car sa valeur est de 0,9 mg/l pour une norme de 0,5 mg/l. Donc l'eau de la rivière est impropre à la consommation.

6.3.2. Qualité physico-chimique de l'eau des ouvrages lors du transport

Les résultats des paramètres physico-chimiques mesurés dans l'eau au cours du transport sont présentés dans le tableau XXXX.

Tableau XXXX : Résultats des paramètres physico-chimiques prélevés durant le transport

Paramètres	Normes OMS	PEA	AEV	FPM	Fleuve Togbo
pH	6.5 <pH>8.5	6,05	6,28	6,37	6,90
Conductivité (µS/cm)	2100	153	202	225	359
TDS (mg/l)	-	48	89	262	225
Couleur (PtCo)	15	33	0,66	2,69	95
Turbidité (NTU)	5	4,5	2,33	4,43	103,4
Nitrates (mg/l)	4,5	6,8	15,5	0	17,9
Nitrites (mg/l)	3,2	0,013	0,018	0,012	3,9
Ammonium (mg/l)	0,5	0,03	0,8	1,23	2,6

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire DG-Eau, 2017*

Lors du transport de l'eau prélevée, les valeurs du pH ont évolué pour les PEA, l'AEV, les FPM et le fleuve. Les résultats des TDS et de la conductivité montrent une variation. Les variations sont notées pour tous les ouvrages sauf pour l'AEV et le fleuve Togbo où ces valeurs ont plutôt baissé. L'eau des forages présente une valeur de turbidité assez élevée même si elle demeure en dessous de la norme ABeNor. Par contre, l'eau du fleuve Togbo est assez trouble car durant le transport sa valeur initiale de 22,4 NTU a évolué jusqu'à 103,4 NTU. Pour conclure, durant le transport, les valeurs des paramètres considérés ont vraiment augmentées pour certains. Mais, il faut noter que l'eau de la rivière présente les fortes valeurs de tous les paramètres dosés.

6.3.3. Qualité physico-chimique de l'eau des ouvrages au stockage

La qualité physico-chimique des échantillons d'eau prélevés au moment du stockage est présentée dans le tableau XXXXI.

Tableau XXXXI : Qualité physico-chimique des échantillons d'eau lors du stockage

Paramètres	Normes OMS	PEA	AEV	FPM	Puits traditionnels	Fleuve Togbo
pH	6.5 <pH>8.5	6,25	6,39	6,67	6,60	7,02
Conductivité (µS/cm)	2100	149,5	175	348	550,2	244
TDS (mg/l)	-	123,5	109	149	25,3	223
Couleur (PtCo)	15	2,14	5,37	0,01	10,5	166
Turbidité (NTU)	5	2,26	3,71	1,11	1,26	56,70
Nitrates (mg/l)	4,5	18,85	17,10	0	6,20	18,30
Nitrites (mg/l)	3,2	0,16	0,15	0,024	0,018	0,019
Ammonium (mg/l)	0,5	0,001	0,003	0,05	0,02	0,0044

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire DG-Eau, 2017*

Le pH de tous les échantillons a évolué du transport au stockage d'eau à domicile. La conductivité par contre, a baissé dans tous les échantillons sauf au niveau des puits traditionnels même si elle est toujours assez considérable. Pour l'ensemble des paramètres chimiques, évalués, les valeurs obtenues sont assez faibles et restent inférieures à celles préconisées par l'OMS (2008) et l'ABeNOr (2003), sauf pour l'élément ammonium au niveau du fleuve Togbo, où sa teneur est 0,0044 mg/l. Cette faible teneur en ammonium (NH_4^+) au niveau du fleuve Togbo montre que ces particules proviennent principalement du métabolisme cellulaire (REJSEK, 2002 ; AGASSOUNON et*al.*, 2010). Aussi, l'ammonium est un indicateur de la contamination des sources d'eau par la matière organique (FIGALA et HANAK, 1986). En effet, en présence des microorganismes, l'azote organique contenu dans les matières organiques est oxydé en NH_4^+. Les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurées bien qu'elles soient aussi variées du transport au moment du stockage à domicile sont toutes en dessous des normes préconisées par l'ABénoR (2003) et l'OMS (2008). Les faibles teneurs en NH_4^+ obtenues montrent que ces particules proviennent principalement du métabolisme cellulaire (REJSEK, 2002 ; LALEYE, 2016). Les nitrites ne sont retrouvés que rarement en concentrations importantes dans les eaux naturelles (DEBIECHE, 2004), ce qui confirme les résultats de la présente étude. Seul l'ammonium dosé dans l'eau de la rivière présente une valeur au-dessus de la concentration maximale admise suivant les critères de comparaison. Ceci s'explique car,

l'ammonium est un indicateur de la contamination des sources d'eau par la matière organique (FIGALA et HANAK, 1986). La nitrification convertit le NH_4^+ en NO_3^- en passant par le NO_2. Cette biotransformation s'effectue en présence de *Nitrosomas* et de *Nitrobacter* (CHAUSSE et *al.,* 2003). Plusieurs auteurs KIRMEYER et *al.*, 2004; ODELL et *al.*,1996; WILCZAK et *al.*,1996 ; BREMER et *al.,* 2001 ; EPA, 2002; LYTLE et *al.,* 2007; MUYLWYK, 2009; ZHANG et *al.,* 2008, EDWARDS et DUDI, 2004; DOUGLAS et *al.,* 2004; ZHANG et *al.*,2010 ont aussi révélé un lien entre les problèmes de corrosion et la nitrification.

Les nitrites ne sont retrouvés que rarement en concentrations importantes dans les eaux naturelles (DEBIECHE, 2004), ce qui confirme les résultats de la présente étude.

6.4. Appréciation de la qualité de l'eau de consommation par les populations

Les populations arrivent à apprécier la qualité de l'eau par la présence de certains paramètres qui leur sont propres. Ainsi, les résultats obtenus auprès des ménages sur la qualité de l'eau de consommation qui leur est servie sont représentés sur la figure 35.

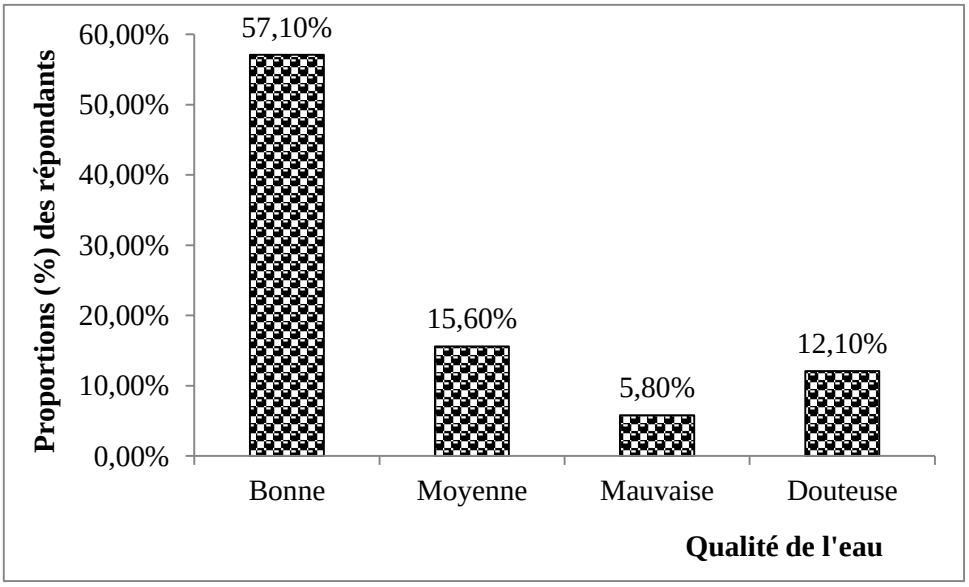


Figure 35 : Appréciation de la qualité de l'eau de consommation par les populations

***Source** : Travaux de terrain, juillet 2017*

Bien que les populations ne soient pas des techniciens en matière d'analyse d'eau, elles arrivent quand même à apprécier la qualité de l'eau, par sa couleur et son odeur. Ainsi, pour toutes les sources d'approvisionnement en eau, 57,10 % des populations certifient que l'eau est de bonne qualité, 15,60 % trouvent que l'eau est d'une qualité moyenne, 12,10 % attestent que l'eau est de qualité douteuse et5,80 % personnes interviewées reconnaissent que l'eau est de qualité

mauvaise. Et une frange de 10,40 % de la population ne savent pas comment qualifier l'eau qu'elles boivent La qualité de l'eau est souvent appréciée par les populations selon sa couleur (turbidité) et son goût (qualité organoleptique).

La potabilité de l'eau apparaît souvent sous deux aspects. Le concept potabilité est analysé du point de vue traditionnel et du point de vue scientifique. Au sens scientifique, le concept « Potabilité » est inséparable de l'état sanitaire. Elle se mesure selon des analyses commises à cet effet en laboratoire. Ainsi, l'eau potable n'est pas nuisible à la santé. Pour la conception traditionnelle, la maladie résulte de l'une des causes suivantes, des raisons physiques externes, la jalousie des autres (à travers le jet de sorts maléfiques, l'empoisonnement), et des causes surnaturelles (châtiment des ancêtres ou des esprits). La destinée est considérée comme inexorable ; si une personne est prédestinée à mourir, aucun médicament ne pourra la guérir. D'après la croyance, la vie est bien portée par les bénédictions ancestrales. Les ancêtres veillent sur les vivants de la collectivité, s'ils poursuivent les coutumes et les traditions et s'ils respectent les « tabous ». En conséquence, les populations des milieux ruraux font confiance aux ancêtres. Les eaux données par les ancêtres par l'intermédiaire des points d'eau drainent les bénédictions de survie. Par le concept qu'elles « viennent de l'ancêtre », les eaux de source, du fleuve et de quelques points d'eau naturelle sont considérées et approuvées comme propres. Alors, on les boit directement sans traitement sanitaire préalable. Selon une croyance aussi des populations, l'eau de couleur jaunâtre dans le fleuve, dans le puits ou étang est non potable. Leurs connaissances et jugements sur l'eau sont très limités. Ils jugent en apparence extérieure la potabilité de l'eau. Pour eux, les eaux claires vivantes sont potables, mais l'eau stagnante est non potable. Mais les tests de Khi-deux de Pearson réalisés suivant les sources d'eau montrent des résultats très diversifiés. En effet, la qualité de l'eau des sources d'approvisionnement est statistiquement liée à la perception des populations ($p = 0,0013$ pour la bonne qualité de l'eau des puits modernes ; $p = 0,005$ pour la qualité moyenne de l'eau des FPM ; $p = 0,016$ pour la qualité douteuse de l'eau des bornes fontaines ; p = 0,000 pour la qualité douteuse de l'eau des puits traditionnels). Tous ces paramètres mesurés dans l'eau de consommation tant en laboratoire que par les populations ont des effets directs ou indirects sur la santé de l'homme. Ainsi, ces risques sanitaires sont présentés dans le tableau XXXXII.

6.5. Risques sanitaires liés aux paramètres physico-chimiques et bactériologiques

Les risques sanitaires des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont présentés dans le tableau XXXXII.

Tableau XXXXII: Rappel des risques liés aux différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques

Paramètres	Signification et impacts
Paramètres bactériologiques	
Escherichia coli	Bactérie spécifiquement d'origine fécale (abondantes dans les fèces des hommes et des animaux à sang chaud) - C'est un indice fiable de contamination fécale récente de l'eau. - La présence de coliformes fécaux doit conduire à prendre des mesures pour protéger le consommateur. Si coliformes fécaux est présente dans plus d'un échantillon ou si des problèmes significatifs (traitement) ont été identifiés, la solution consiste à conseiller à la population de faire bouillir l'eau de consommation et de cuisine. **Impact:** - Certaines souches de coliformes fécaux sont pathogènes pour l'homme et peuvent provoquer des troubles intestinaux ressemblant au choléra, à la dysenterie ou à une gastro-entérite qui peuvent être très graves pour certaines personnes sensibles (enfants, personnes âgées).
Bactéries coliformes	Les bactéries coliformes sont présentes dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (sols, végétation, eaux naturelles) - Coliformes fécaux fait partie des coliformes mais a une origine exclusivement fécale - La découverte de bactéries coliformes doit entraîner la recherche de présence de coliformes fécaux - Ils sont utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement **Impact:** - Certaines espèces de coliformes sont pathogènes, mais excepté coliformes fécaux, les espèces pathogènes véhiculées par l'eau sont sans réel impact sanitaire.
Bactéries streptocoques	- Les bactéries streptocoques sont purement d'origine fécale et proviennent des fèces d'animaux à sang chaud (homme notamment) - Les Entérocoques fécaux sont plus résistants au stress et à la chloration que *Coliformes fécaux* et Les autres coliformes. - Les bactéries streptocoques sont résistantes à la sécheresse - Indicateur d'efficacité du traitement car plus résistants au chlore que *Coliformes fécaux* - Indicateur d'une contamination fécale plus ancienne que *Coliformes fécaux*. - Indicateur de contrôle après la pose ou la réparation de conduites ou pour détecter une pollution des eaux souterraines ou de surface par des écoulements **Impact:** - Certaines formes de bactéries streptocoques peuvent être pathogènes chez l'homme et provoquer des infections localisées.
Paramètres physico-chimiques	

Turbidité	La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matière en suspension (argile, limons, plancton, organismes microscopiques) qui donnent un aspect trouble à l'eau. - Elle peut être favorisée par la pluviométrie - La plupart des eaux superficielles ont une turbidité importante et leur consommation directe est impossible. Il faut les clarifier soit par décantation soit par addition d'un coagulant, soit par filtration. - Dans certains cas, elle peut avoir pour origine des anomalies dans le traitement, la corrosion des canalisations ou des dépôts sur les parois - Une turbidité supérieure à 5 NTU gène fortement les traitements de désinfection
Couleur	Une Unité de Couleur (UC) = 1 mg de platine en présence de cobalt (Pt/CO). - A partir de 15 UC, le consommateur peut percevoir la coloration de l'eau dans un verre d'eau. - La couleur apparente n'est généralement pas un indicateur pertinent. Il est préférable de mesurer la turbidité, les matières en suspension et le COT.
pHou **concentration enions hydrogène**	Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés - La maîtrise du pH a pour principal objectif de diminuer la corrosion, la dissolution des métaux et des incrustations dans les canalisations qui résultent des relations entre pH et d'autres paramètres (dioxyde de carbone, dureté, alcalinité, température) - Des pH < à 7 augmentent la corrosion des tuyauteries métalliques conduisant à une augmentation de certaines substances métalliques (plomb, cadmium) - Des pH > à 8 entraînent une diminution de l'efficacité de la désinfection au chlore, et augmentent les dépôts incrustants dans les canalisations - La chloration par le chlore gazeux abaisse le pH
Conductivité	Reflète la concentration de l'ensemble des minéraux dissous dans l'eau - La minéralisation de l'eau peut entraîner un goût salé, une accélération de la corrosion, des dépôts dans les tuyauteries. **Impact :** - La conductivité en tant que telle n'a pas d'effet sur la santé
TDS	Le TDS a seulement des effets esthétiques et techniques. - Une forte concentration de TDS indique que des polluants nuisibles comme le fer, le manganèse, le sulfate, le bromure et l'arsenic peuvent être présent dans l'eau. - Les TDS Produisent de l'eau calcareuse - Les savons et les détergents produisent moins de mousse avec de l'eau calcareuse qu'avec de l'eau douce. - Les fortes quantités de solides dissous peuvent avoir un goût métallique **Impact :** Les TDS seuls n'ont pas d'effet sur la santé

Nitrates **(**NO_3^-)	L'azote est présent en abondance dans la nature sous forme gazeuse, organique ou minérale - Les doses importantes ont pour principale origine les engrais et les rejets d'eaux usées mais l'augmentation des teneurs peut aussi venir d'effluents industriels, agricoles, urbains, les déjections humaines ou animales **Impact:** - Les nitrates ne sont pas en eux-mêmes dangereux pour la santé, mais c'est leur transformation en nitrites dans l'organisme qui présente un risque toxique particulièrement grave chez les nourrissons. - Les nitrates en excès contribuent à l'eutrophisation des eaux superficielles et donc à la dégradation de la qualité des ressources en eaux superficielles
Nitrites **(**NO_2^-)	Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique. **Impact:** - Les nitrites, issus de la transformation des nitrates dans l'estomac, oxydent l'hémoglobine en méthémoglobine, inapte au transport de l'oxygène des poumons aux tissus, se traduit par une cyanose ou maladie bleue du nourrisson
Ammonium (NH_4^+)	Provient de la décomposition des matières organiques, de l'usage des engrais (minéraux et organiques) et des rejets d'eaux résiduaires (urbains et industriels) **Impact :** - Peut provoquer la corrosion des conduites - Diminue d'efficacité de la désinfection - L'azote ammoniacal peut servir de nutriment pour les micro-organismes responsable de saveurs et odeurs désagréables

***Source** : DASS-NC, 2017*

Les risques liés aux différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont de plusieurs ordres. Les impacts de ces paramètres dans la survenue de certaines affections sont clairement présentés dans ce tableau. Toutefois, ces paramètres agissent différemment sur la santé selon les doses administrées. Les paramètres tels que l'*Escherichia coli*, les nitrites et nitrates méritent une surveillance particulière car les affections qu'ils entrainent peuvent être bénigne comme virulentes et très graves. Les autres paramètres non moins importants dans le cycle de survenue des maladies hydriques sont responsables de saveurs et odeurs désagréables ressenties dans l'eau de consommation.

6.6. Situation sanitaire de la Commune d'Abomey-Calavi

La situation sanitaire de la commune d'Abomey-Calavi s'appuie essentiellement sur les données officielles de la surveillance épidémiologique. Ainsi les données de 2006 à 2015 ont

été exploitées. Le dépouillement des statistiques des différentes maladies a conduit à retenir une liste des dix premières maladies qui font motifs de consultations dans les centres de santé de la Commune. Il est cependant nécessaire de notifier que ces affections varient d'une année à une autre au sein de la Commune. Ainsi, la figure 36 présente les différentes affections qui enregistrent les plus grands nombres de cas entre 2006 et 2015.

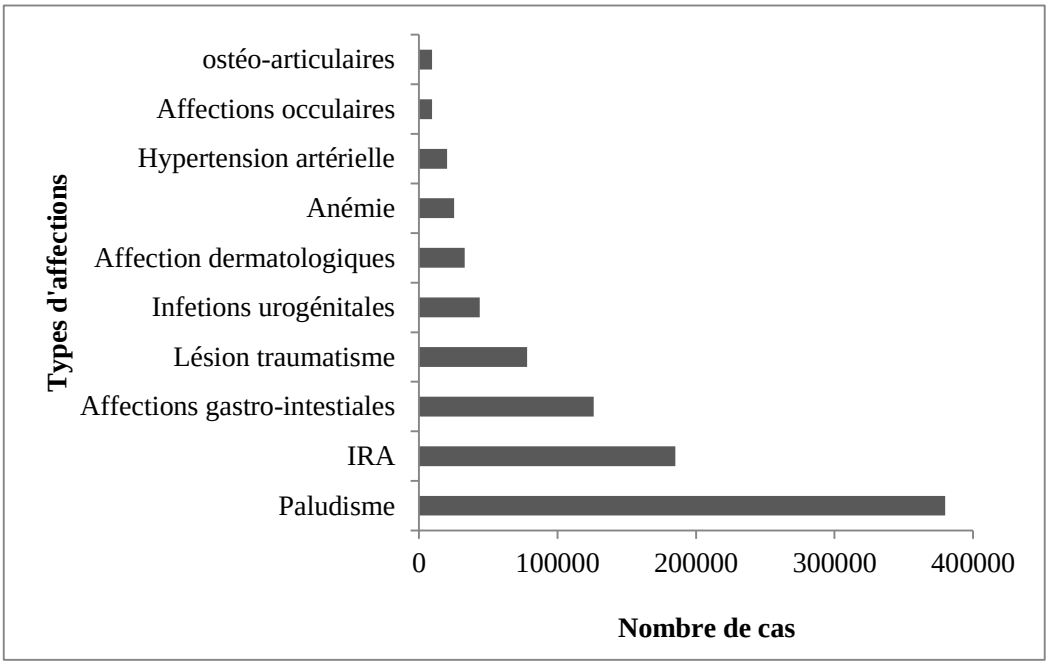


Figure36 : Motifs de consultation dans la commune d'Abomey-Calavi de 2008 à 2017

***Source** : SNIGS : 2008-2017*

Il ressort de l'analyse de la figure 36 que le profil épidémiologique des maladies à Abomey-Calavi est dominé par les pathologies infectieuses avec en tête de liste le tryptique « paludisme-infections respiratoires aigües-maladies hydriques » auquel s'ajoute une tendance à l'augmentation des pathologies non infectieuses telles que l'hypertension artérielle, les autres affections respiratoires et les autres affections dermatologiques. Le paludisme est la toute 1ère affection avec 379890cas, les affections respiratoires avec 185030 cas et les maladies hydriques avec 126060cas sur les dix ans (2006-2015). Les autres affections rencontrées lors des consultations sont mineures. Dans la Commune d'Abomey-Calavi, les maladies hydriques représentent la troisième affection, cause de décès surtout chez les enfants de moins de cinq (05) ans. Les données générales sur la morbidité révèlent pour toutes les régions, un profil dominant des maladies infectieuses et parasitaires avec le paludisme en tête de liste, suivi des pneumonies et des maladies hydriques. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés dans une

étude réalisée au Cameroun par EDC (2011), où le profil sanitaire montre que la situation sanitaire courante est dominée par les infections parasitaires, le paludisme en premier, suivi des vers intestinaux, des diarrhées infantiles et d'autres infections parmi lesquelles les IST et le VIH/SIDA qui tendent à se développer.

6.6.1. Saisonnalité des affections dans la Commune d'Abomey-Calavi

Le temps est un facteur déterminant dans l'évolution de nombreuses affections. Afin donc de caractériser la situation épidémiologique pendant les saisons (pluvieuse et sèche), l'évolution des principales affections qui sévissent dans la Commune d'Abomey-Calavi est présentée sur la figure 37.

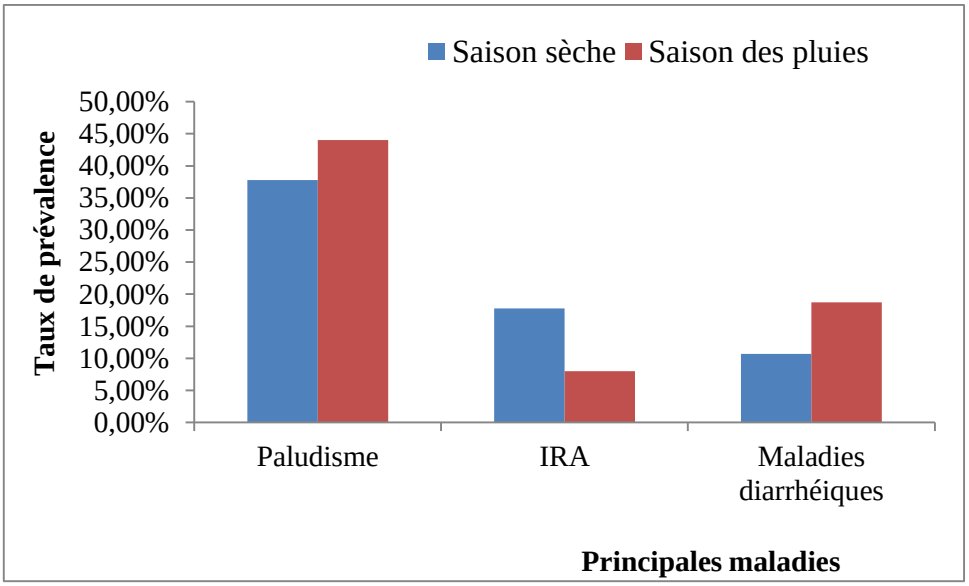


Figure37 : Fréquence des affections par saison dans la Commune d'Abomey-Calavi

***Source** : Travaux de terrain 2017*

Après lecture de la figure 37, il apparait clairement que pendant la saison des pluies toutes les affections connaissent une recrudescence. Les affections les plus recensées pendant la saison pluvieuse sont le paludisme (44,10 %), suivi des maladies hydriques (18,72%) et des IRA (8 %). Par contre pendant la saison sèche, les affections qui sévissent le plus sont également le paludisme (37,78 %), suivi des IRA (17,78%) et des maladies hydriques (10,71 %). Il ressort donc que les maladies infectieuses sont les maladies qui sévissent pendant les deux saisons de l'année.

6.6.2. Profil diarrhéique de la Commune d'Abomey-Calavi

Le Système National Intégré et de Gestion Sanitaire (SNIGS) classe sous le vocable de maladies hydriques(le choléra, la fièvre typhoïde les hépatites A et E et les autres affections gastro-intestinales. Tous ces types de maladies hydriques ont été considérés dans ce document. L'aperçu sur l'état hydrique de la Commune d'Abomey-Calavi s'est fait à partir des données du SNIGS et des données compilées au niveau des formations sanitaires publiques comme privées installées dans la Commune d'Abomey-Calavi. Ces données ont été collectées sur une période de dix (10) ans de 2006 à 2015. L'évolution des cas de maladies hydriques est représentée sur la figure 38.

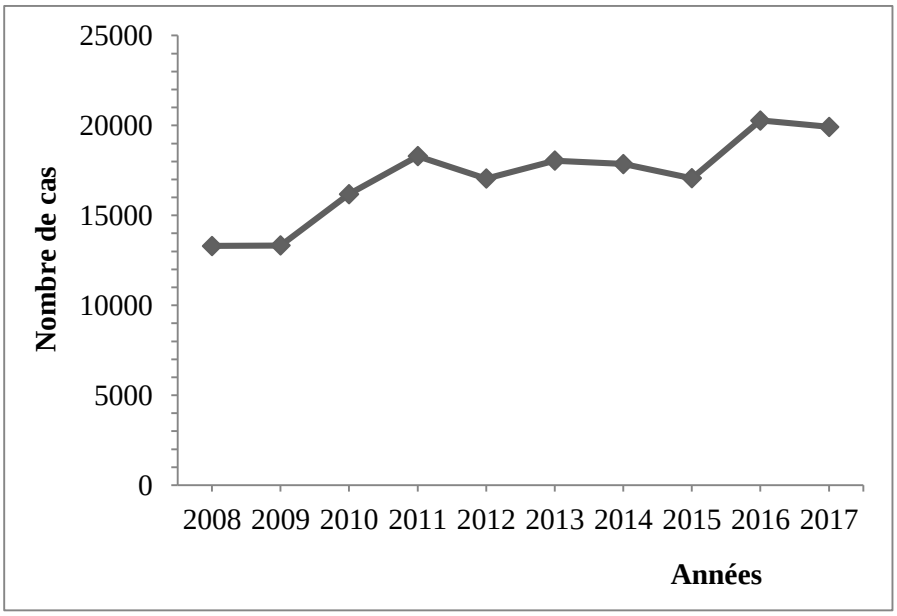


Figure 38 : Evolution des cas de maladies hydriques de 2008 à 2017 dans la Commune d'Abomey-Calavi

***Source** : SNIGS 2008-2017*

La courbe des cas de maladies hydriques évolue en dent de scie. Le nombre de cas est passé de 13304, le premier pic est observé en 2011 avec 18291 cas de maladies hydriques et le deuxième est en 2016 avec 20282 cas de maladies. Pourtant, en 2016, le taux de desserte dans la Commune d'Abomey-Calavi était de 57%.

Au regard donc de ce taux qui est au-dessus du taux de desserte observé en milieu rural, les cas de maladies hydriques sont encore importants. Mais en considérant séparément, les arrondissements, la prévalence varie considérablement (figure 39).

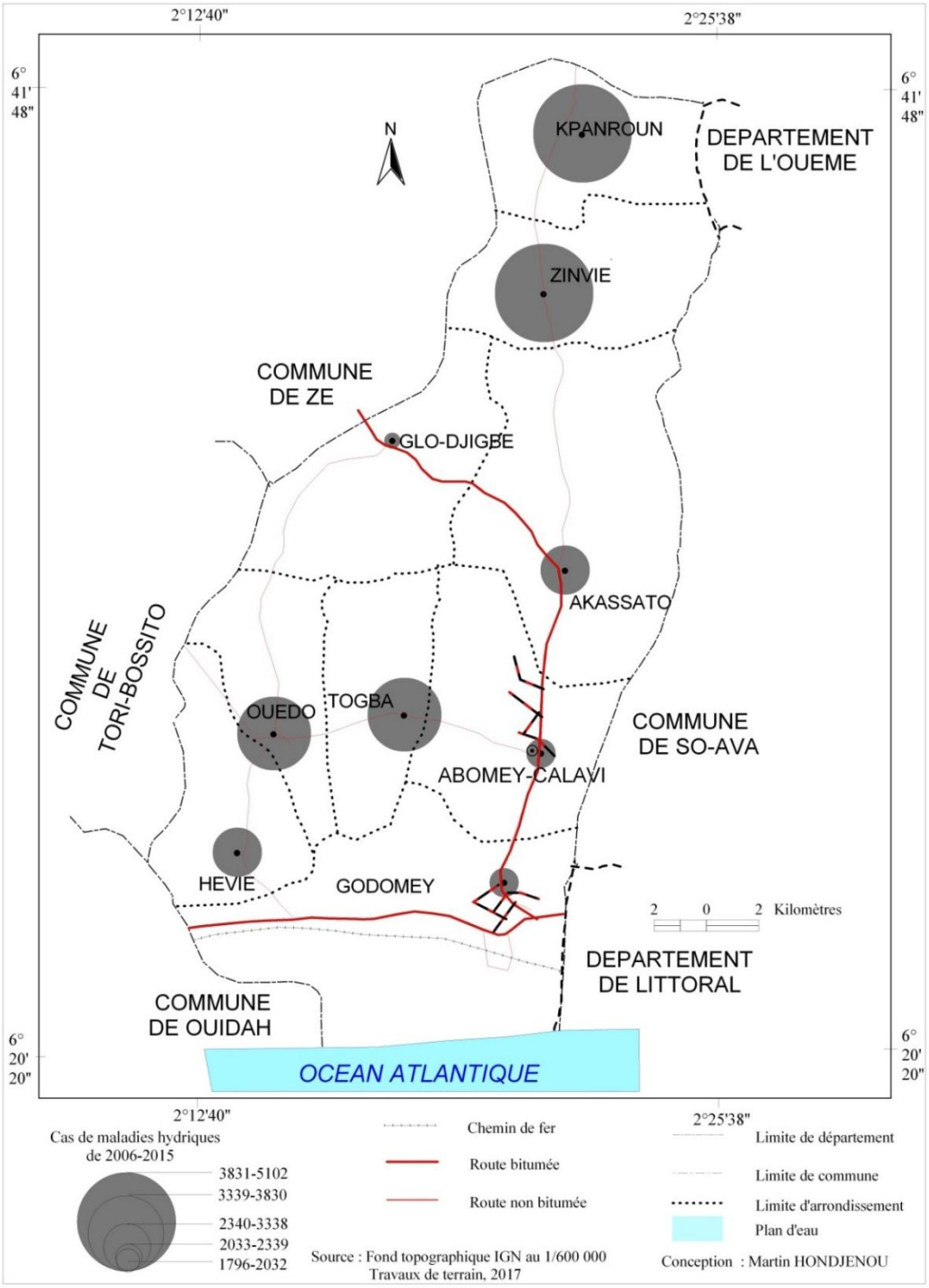


Figure 39 : Répartition des taux de prévalences des maladies hydriques par les arrondissements

***Source** : Travaux de terrain,juillet 2017*

La figure 39 révèle que dans les arrondissements de Kpanroun et Zinvié regorgent le plus de cas de maladies hydriques. En considérant le taux de panne des infrastructures hydrauliques, et la taille de la population de ces deux arrondissements, il est remarqué que Kpanroun a le taux de panne le plus élevé qui est de 31,94 % pour une population estimée à 11302 habitants et Zinvié a un taux de panne de 22,41 % pour une population de 17334 habitants. Une telle situation fait que les populations recourent aux sources d'eau non protégées pour la consommation, ce qui augmente les risques de maladies hydriques.

Les bas-fonds correspondent aux surfaces basses et déprimées selon (BELOSEVIC et *al.*,(2001) qui constituent des sites à risques et un environnement favorable à l'accumulation des eaux polluées et des détritus. Cette accumulation tient à la fois de la configuration même du site et de la texture des sols en présence. Ces eaux chargées d'immondices rejoignent les cours d'eau à écoulement lent qui stagnent par endroit. À la moindre averse, l'inondation devient inéluctable. Ces Résultats sont contraires à ceux trouvés par NGUENDO YONGSI(2014) qui a trouvé qu'à Yaoundé les dépressions allongées sont des bas-fonds dont les risques de maladie sont élevés s'ils sont jugés à travers le taux de 17,1% de maladies hydriques contrairement aux plateaux et aux versants.

6.6.3. Saisonnalité des maladies hydriques

Le temps et le climat ont de profondes répercussions sur la santé humaine. Les conditions météorologiques extrêmes font chaque année plusieurs dizaines de milliers de victimes et minent la santé physique et mentale de millions de personnes. La variabilité du climat a de vastes conséquences sur la santé. Elle influence l'évolution des maladies hydriques, du paludisme et d'autres affections qui tuent des millions de personnes chaque année et entraîne la souffrance et la maladie chez des centaines de millions d'autres.

L'évolution du climat à longue échéance risque d'exacerber les problèmes actuels et de mettre à mal les systèmes et l'infrastructure de santé publique, les régimes de protection sociale et l'approvisionnement en eau, en nourriture et autres produits et services des écosystèmes dont dépend la survie de l'être humain (OMS, 2012) La variation des maladies hydriques selon les saisons est représentée sur la figure 40.

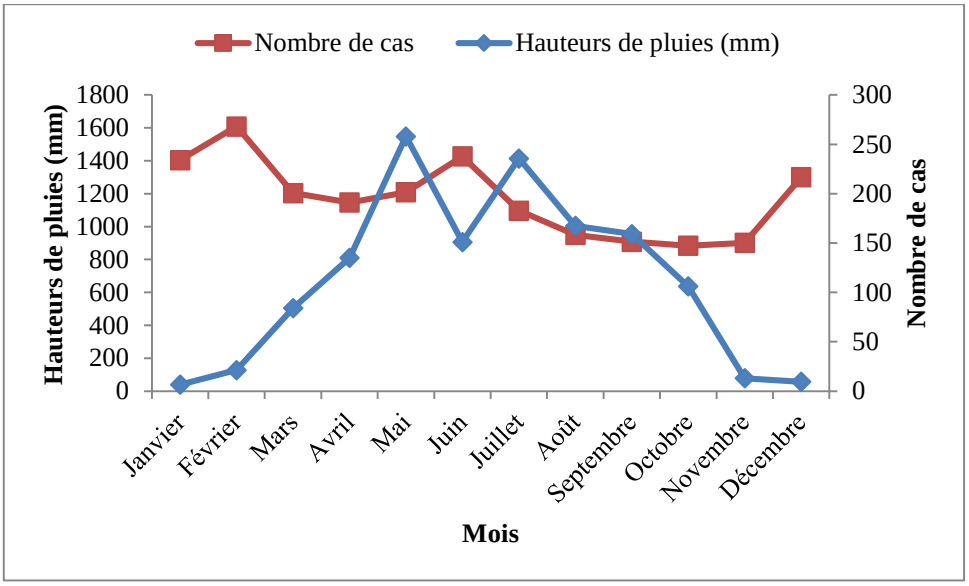


Figure 40 : Rythme intermensuel des affections diarrhéiques dans la Commune d'Abomey-Calavi

***Source** : SNIGS, ASECNA 2005-2015*

Il ressort de la figure 40 que la Commune d'Abomey-Calavi est sous le régime climatique subéquatorial à 4 saisons alternées. Une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars, une grande saison des pluies de mi-mars à mi-juillet, une petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre et une petite saison des pluies de mi-septembre à mi-novembre. Le mois de mai est le plus pluvieux de la grande saison pluvieuse avec des hauteurs de pluie s'élevant à 258,01 mm et celui de la petite saison est septembre avec 167,34 mm. Il ressort de cette analyse qu'il existe deux grandes périodes au cours desquelles il y a recrudescence des cas de maladies hydriques. Il s'agit de la grande saison sèche et de la grande saison de pluies. Mais c'est dans la grande saison sèche que le nombre de cas de maladies hydriques s'est accru considérablement (1609 cas de maladies hydriques en février).Au cours de la grande saison sèche, les puits s'assèchent et deviennent chargées en bactéries car la baisse du niveau d'eau accentue la concentration des agents pathogènes. De plus, l'eau se raréfie et les ménages sont obligés de rationner l'eau afin de passer la saison. Cette situation entraine des longues queues au niveau des forages. Ainsi, les populations se rabattent sur l'eau des marigots, du fleuve dont la boisson n'est guère recommandée. Cette attitude a pour corollaire la montée des cas de maladies hydriques.

Par contre, pendant la saison pluvieuse, l'infiltration des eaux d'inondations augmente également la concentration des agents pathogènes d'origine animale et humaine. Cette situation entraîne aussi la recrudescence des cas de maladies hydriques.

Il est remarqué que pendant les saisons de pluie les affections hydriquesun pic descendant avec les plus faibles prévalences observées dejuinànovembre. Mais par contre, pendant les saisons sèches, les affections hydriques ont une progression ascendante avec de fortes prévalences enregistrées de décembre jusqu'en mars où la prévalence la plus élevée est en février. Le mois de février correspond à la grande saison sèche. Pendant les saisons sèches en l'occurrence la grande saison sèche, il est observé la baisse de niveau des eaux dans les puits, dans les citernes et dans les cours d'eau qui conduit à une concentration des bactéries dans les eaux. Cette concentration de bactérie est probablement la cause de la forte prévalence hydrique observée pendant ces mois de la grande saison sèche.

Aussi faut-il noter que durant la récession pluviométrique, se développent les pratiques malsaines où les populations utilisent l'eau des marigots, des cours d'eau où sont déversés les déchets pendant la saison des pluies (HONDJENOU, 2013). Ces résultats confirment ceux de RANDRIANASOLO (2002) au Cameroun, de HEDIBLE(2007) dans l'Atlantique, de AZONHE(2009) dans la dépression des Tchiet de SEBO(2014) dans le bassin duMono.

La pluie est un paramètre qui favorise la multiplication des sites de reproduction des moustiques et autres vecteurs de maladies infectieuses. Selon l'Atlas de la santé et du climat (2012), les maladies infectieuses font beaucoup de victimes dans le monde. Certaines formes particulièrement virulentes sont très sensibles aux conditions climatiques. Toutefois, l'influence de l'environnement peut être appréhendée à travers les composantes que sont le climat, l'eau et l'environnement immédiat. Le climat, notamment dans les régions tropicales, intervient considérablement dans la chaîne causale de la morbidité; en offrant des conditions propices à la survie ou à la multiplication des agents pathogènes. La prolifération d'un agent pathogène est fonction du milieu. La plupart des maladies infectieuses et parasitaires ont un profil saisonnier. Lorsque les températures sont élevées, les bactéries se multiplient très rapidement notamment dans les aliments non protégés et dans les eaux stagnantes. De fortes intempéries facilitent ensuite leur dispersion et leur diffusion rapide. Ainsi dans les pays tropicaux, la morbidité par diarrhée est maximale durant la saison chaude et humide. Les cycles saisonniers des maladies infectieuses ont été attribués à différentes causes telles les modifications des conditions atmosphériques, la prévalence ou la virulence du pathogène, ou le mode de réaction de l'organisme de l'hôte.

Au Bénin donc, le secteur de l'eau est le plus vulnérable. Les paramètres climatiques se font ressentir sur le cycle de l'eau, limitant sa disponibilité, son accessibilité et son approvisionnement. D'où, la prévalence élevée des affections hydriques observées ces dernières années dans le secteur d'étude.

6.7. Evolution du taux de desserte et nombre de cas de maladies hydriques

Afin d'apprécier l'impact du taux de desserte sur l'évolution des affections hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi, la figure 41 a été réalisée sur ces deux variables de 2006 à 2015.

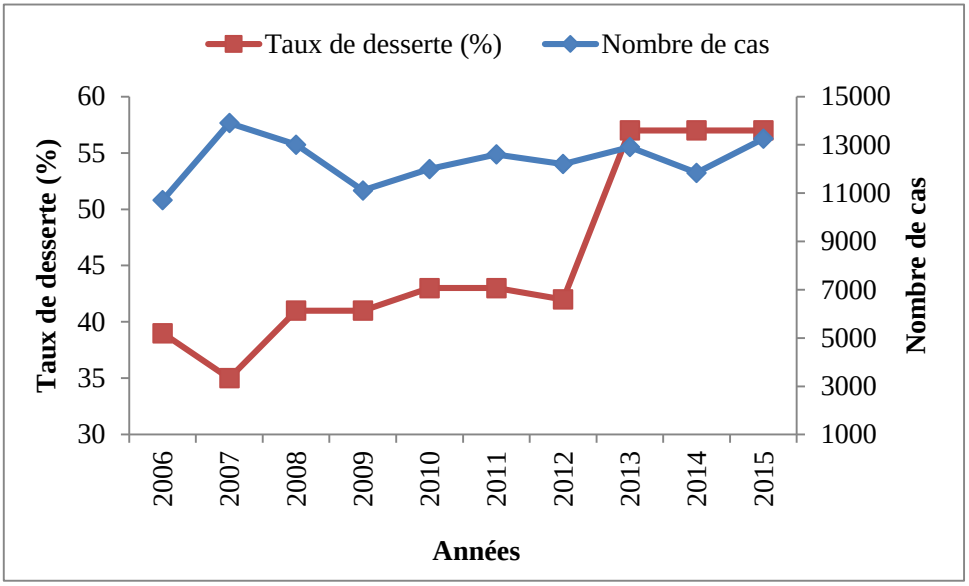


Figure 41: Evolution des cas de maladies hydriques et taux de desserte dans la Commune d'Abomey-Calavi

***Source** : SNIGS (2008-2017 et ASECNA, 2015)*

La figure 41 montre le taux de desserte en rapport avec les cas de maladies hydriques. De 2006 à 2007,il a eu une inflexion du taux de desserte en 2007. Ce taux a varié de 35 % à57 %. Mais de 2013 à 2015 il est constant (57%).Par contre, les nombres de cas de maladies hydriques ont plutôt évolué en dents de scie, ainsi, de 2006 à 2007 elle est passée de 10707 cas pour à 13904 cas. Cette période correspond aux années où le taux de panne est assez important. De 2007 à 2009 elle a baissé de 13904 cas à 11114. De 2010 à 2015 le nombre de cas de maladies hydriques varie faiblement. L'impact de l'amélioration de l'approvisionnement en eau et de celui de l'assainissement sur la mortalité et la morbidité de différentes affections est très important. Selon HOWARD et BARTRAM(2003), en ce qui concerne les affections hydriques, la diminution de la morbidité (incidence et prévalence) est de 25 % si l'accès à l'eau est amélioré

de 22 % et l'évacuation des excréments de 16 %. Mais, ces effets ne sont pas cumulatifs puisque l'amélioration n'est que de 37 % si l'accessibilité et la qualité de l'eau sont améliorées (au lieu théoriquement de 41 %). Ainsi, il est plus qu'évident que les seules variables d'accès à l'eau potable n'expliquent pas la morbidité hydrique observée dans la Commune d'Abomey-Calavi. Nombreuses sont les publications scientifiques qui tentent d'approfondir les relations entre la pathologie et la météorologie (BESANCENOT et *al.*, 2004). Certaines soulignent les rapports étroits entre le niveau de la morbidité et les changements climatiques (LAAIDI et *al.*, 2004); d'autres lient l'augmentation ou la diminution de la virulence de certains pathogènes, leur développement aux conditions météorologiques (NGUENDO YONGSI, 2014). Il serait intéressant de comprendre les causes des variations saisonnières des agents pathogènes, de façon à mieux cibler les périodes de l'année nécessitant des actions préventives. Toutes ces maladies posent de graves problèmes de santé publique.

6.8. Perception des causes des maladies hydriques

L'interruption de la chaîne d'évolution des maladies hydriques passent par la maîtrise des différentes causes d'une part mais aussi par la connaissance de leurs symptômes. Ces habitudes permettent d'anticiper sur la survenue des différents épisodes diarrhéiques. Les causes telles que perçues par les populations de la Commune d'Abomey-Calavi sont présentées sur les figures 41

Une diarrhée se déclare quand les selles se déplacent si rapidement que les intestins n'ont pas le temps d'absorber l'eau nécessaire à « l'affermissement » des selles. Plusieurs types de bactéries, ingérées avec la nourriture ou de l'eau contaminée, peuvent entraîner des épisodes diarrhéiques. Les bactéries les plus fréquentes en cause sont *Campylobacter, Salmonella, Shigella* et *Escherichia coli.* Les causes telles perçues par les ménages lors des enquêtes de terrain sont données sur la figure 42.

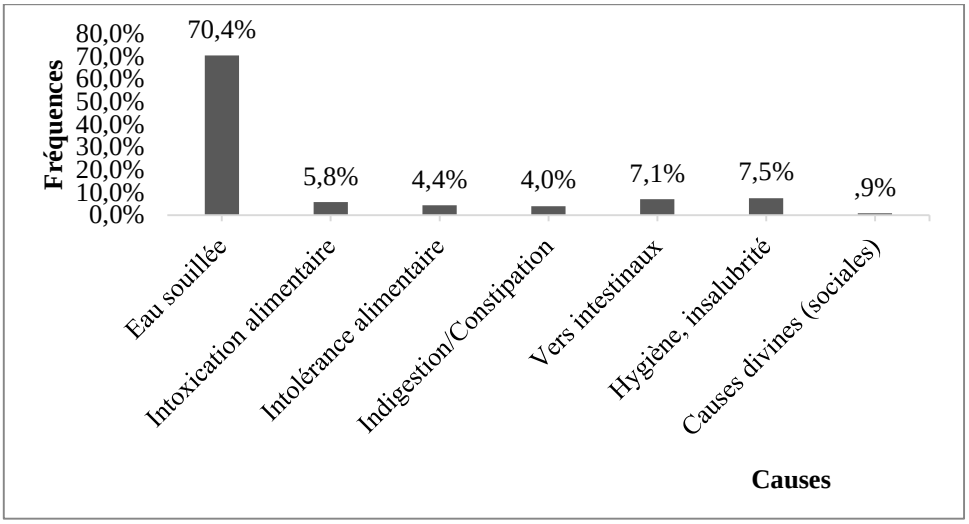


Figure42 : Perception des causes des maladies hydriques selon les populations

***Source** : Travaux de terrain, 2017*

De l'analyse de la figure 42, il ressort que 70,40 % des enquêtés allient la survenue des maladies hydriques à la consommation d'eau sale. Le manque d'hygiène de l'habitation fait (7,50 %) représente la deuxième cause évoquée suivie des vers intestinaux (7,10%). Or des études réalisées par HUBER-GIESKE et BICHARD (2013) sur les diarrhées aigües, ont montré que les étiologies sont essentiellement infectieuses. Ainsi, l'intoxication alimentaire, les agents viraux, bactériens et/ ou parasitaires sont les principales causes de risque d'épisodes diarrhéiques. Plusieurs types de bactéries, ingérées avec la nourriture ou de l'eau contaminée, peuvent entraîner des épisodes diarrhéiques. Selon AUBRY et GAUZERE(2013), plusieurs facteurs concourent à la fréquence et à la gravité des diarrhées en milieu tropical. Ainsi, il a cité les difficultés d'accessibilité à l'eau potable, la prévalence élevée des agents pathogènes dans l'environnement, la co-infection avec la rougeole, l'infection au VIH/Sida, l'intrication avec la malnutrition protéino-énergétique et les avitaminoses, l'association avec la drépanocytose et les schistosomiases. Une fois que les épisodes diarrhéiques surviennent, les populations arrivent à les reconnaître à travers plusieurs signes.

6.8.2. Mesures de prévention des maladies hydriques

Pour le commun des mortels, les moyens de préventions de toutes maladies et en particulier les affections hydriques résident dans l'observation des règles et mesures simples d'hygiène et d'assainissement du cadre de vie. Ainsi, les mesures prises par les ménages pour prévenir les affections hydriques sont présentées sur la figure 43.

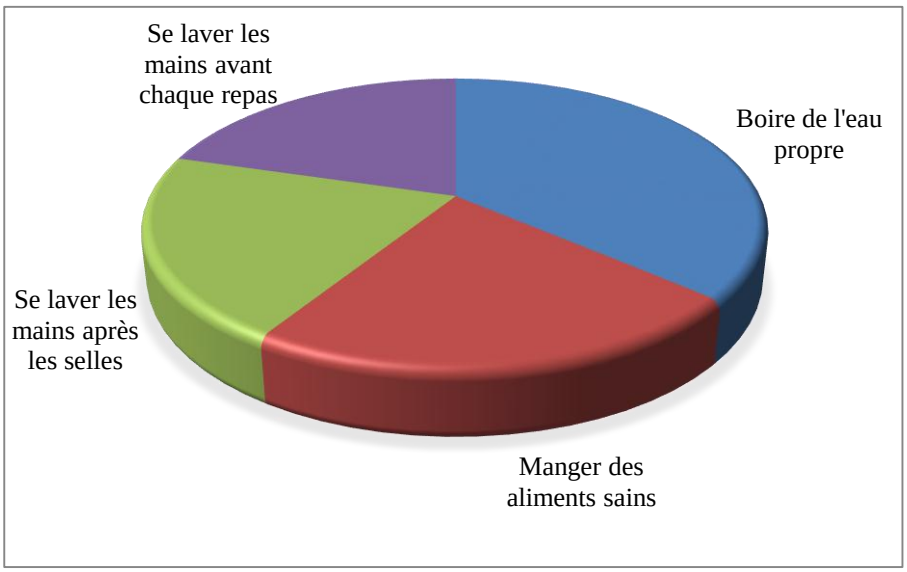


Figure 43: Mesure de prévention des maladies hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi

***Source** : Travaux de terrain, juillet 2017*

Sur la figure 43, il paraît une évidence pour 36,30 % que le meilleur moyen de prévenir les maladies hydriques est la consommation de l'eau propre. Mais, 26,60 % pensent plutôt qu'il faut manger des aliments (non contaminés) pour éviter la survenue des épisodes hydriques. Par contre, 20,60 % des populations pensent qu'il faut se laver les mains après les selles et pour une autre partie de la population estime qu'il suffit de se laver régulièrement les mains pour éviter les maladies hydriques (20,40%). Ces mesures sont identiques à ceux préconisés par l'OMS (2009), qui montre que la prévention des maladies hydriques dépend de l'approvisionnement et de la consommation d'une eau propre et sûre, du bon état du réseau d'assainissement et de l'éducation à la santé, et avec des systèmes sûrs d'évacuation des matières fécales et d'approvisionnement en eau salubre, le lavage des mains est l'un des moyens les plus efficaces, de prévenir les maladies hydriques.

Pour améliorer la santé publique, l'accès à l'eau doit s'accompagner de travaux d'assainissement et de sensibilisation des populations à l'hygiène. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par PRUSS et CORVALAN(2006) qui estime que 94 % des cas des affections hydriques sont évitables moyennant une modification de l'environnement, et notamment des interventions visant à accroître l'approvisionnement en eau salubre, et à améliorer l'hygiène et l'assainissement. En outre, une étude systématique réalisée en 2005 a conclu que les épisodes

hydriques sont réduits de 25 % lorsque l'approvisionnement en eau est amélioré, de 32 % lorsque l'assainissement est amélioré, de 45 % lorsque les gens se lavent les mains, de 39 % par le traitement et la bonne conservation de l'eau à domicile (FEWTRELL et *al.*, 2005).

6.9. Circuit thérapeutique des maladies hydriques

Les populations une fois confrontées aux épisodes hydriques trouvent les modes de traitement qui leur convient selon les moyens dont ils disposent. Les différents modes de traitement des maladies hydriques sont présentés sur la figure 44.

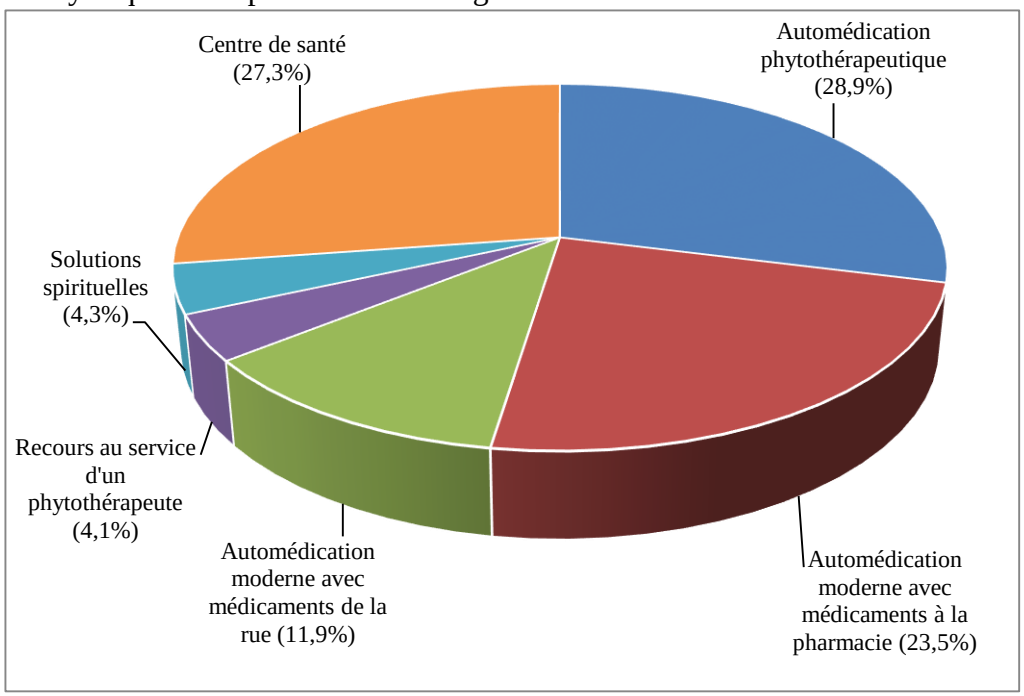


Figure 44 : Circuit thérapeutique des affections hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi

***Source** : Travaux de terrain, 2017*

La figure 44 révèle les différents modes de traitements adoptés par les ménages pour soigner les cas de maladies hydriques quand les épisodes hydriques subviennent. Près de 28,9 % des ménages se soignent avec la phytothérapie, 27,3 % vont vers un centre de santé pour une prise en charge adéquate, 23,50 %font recours aux médicaments de la pharmacie, et 11,9 % des ménages utilisent des médicaments de la rue pour se soigner. Ce faible taux de fréquentation des formations sanitaires est lié aux faibles revenus des ménages de la Commune. La relation entre le revenu des ménages et le circuit thérapeutique est linéaire. Selon TCHAOU(2013) le niveau de revenus joue un rôle de catalyseur assurant un emploi optimal des services de santé. Alors, pour lui, les parents d'un niveau élevé de vie font usage des services de santé plus que

les pauvres et protègent ainsi mieux leurs enfants. Mais, quand un cas de maladies hydriques survient au sein de la famille, les ressources sont mobilisées pour parer au plus pressé.

5.9. Mobilisation des ressources pour le traitement des maladies hydriques

Dans la Commune d'Abomey-Calavi les revenus de la population proviennent principalement des activités agro-pastorales et des petits commerces. La question du financement de la santé se pose à tous les ménages quand un cas de maladies survient. La figure 45 présente les principales sources de financement des dépenses de santé dans la Commune d'Abomey-Calavi.

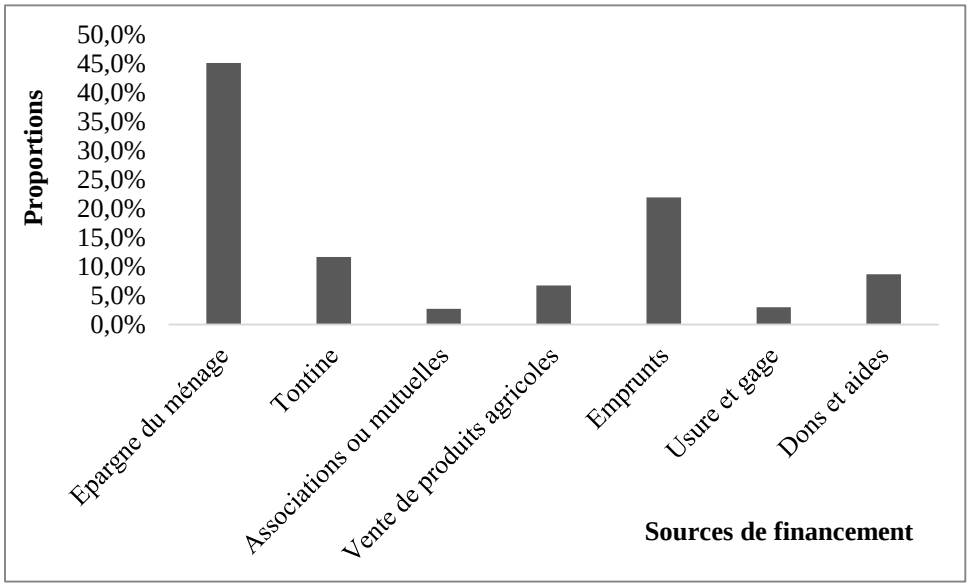


Figure 45 : Sources de financement des dépenses de santé

***Source** : Travaux de terrain, 2017*

L'analyse de la figure 45 permet d'identifier l'épargne des ménages comme la principale source de financement des dépenses de santé dans la Commune d'Abomey-Calavi notamment pour les soins de maladies hydriques. Les emprunts interviennent dans 21,90 % après que l'épargne de la famille (33,40 %) disponible soit épuisée. La vente des produits agricoles est faite dans 6,80 % des cas de prise en charge des maladies hydriques La vente des produits agricoles s'opère par un système de troc suivant le cours du produit à vendre sur le marché local, parfois même quelquefois légèrement en dessous de ce cours. Mais, la vente devient difficile quand le produit à vendre n'est pas encore disponible. Mais à défaut de la disponibilité des produits à vendre, les populations ont recours aux dons (8,60 %) et à l'épargne sous forme de tontine (11,60 %) auprès des particuliers et des ONG de micro finance. Ne pas avoir à recourir assez souvent à ces

différentes sources de financement pour la santé, suppose une bonne prévention des maladies hydriques.

Au terme de ce chapitre, il est à retenir que l'accès limité à l'eau ou l'accès à une eau de qualité douteuse signifie faire face à une forte incidence de maladies liées à l'eau. La qualité et la disponibilité partielle de l'eau ont un impact sur les maladies hydriques par le biais de la consommation, la préparation des aliments, l'hygiène personnelle et l'hygiène dans les ménages de la Commune d'Abomey-Calavi.

6.8. SUGGESTIONS

Les recommandations sont formulées à l'endroit des communautés, des autorités communales et des ONG installées dans la Commune afin d'accompagner les populations à réduire les cas de maladies hydriques. Il s'agit de :

- ✓ sensibiliser les populations sur le respect de la ceinture de sécurité autour des points d'eau afin d'empêcher la pollution de l'eau à la source ;
- ✓ sensibiliser les femmes surtout sur la nécessité de couvrir les récipients remplis d'eau lors du transport et de garder le gobelet de prise de l'eau à domicile dans l'eau stockée ;
- ✓ éduquer les femmes pour un changement de comportement afin de maintenir la qualité de l'eau depuis la source jusqu'à la consommation ;
- ✓ pratiquer l'éducation à l'hygiène et la promotion des réservoirs pour un stockage hygiénique de l'eau à domicile ;
- ✓ prévoir la distribution des maladies hydriques dans le temps et dans l'espace afin de cibler les interventions, d'anticiper les épidémies et de prévenir la propagation ;
- ✓ responsabiliser les autorités locales pour leur implication effective et efficace dans la fourniture de l'eau potable et dans la gestion efficiente des points d'eau en relation avec les populations ;
- ✓ informer les populations sur l'importance de s'abonner aux ONG de pré-collecte des ordures ménagères pour faciliter l'élimination correcte des ordures afin de limiter la pollution fécale de l'eau.

Certes des initiatives du genre existent déjà mais elles sont limitées dans les arrondissements urbains comme Abomey-Calavi, Godomey et Akassato. Il est donc impérieux et urgent que des stratégies soient mises en place par les autorités dans tous les arrondissements de commun

accord avec les populations pour régler effectivement et durablement le problème de gestion des ordures ménagères.

Cette étude ne saurait donc se limiter à cette partie du problème de l'accès à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi. Bien que dans les documents de référence en matière de taux de desserte montrent que la Commune d'Abomey-Calavi fait partie des Communes du Bénin dont l'accès à l'eau est passable, des études supplémentaires doivent être en réalité faites. Ainsi certaines pistes de recherches méritent d'être explorées afin de mieux appréhender les causes de la détérioration de la qualité de l'eau surtout à domicile où il est remarqué une multiplication excessive des bactéries. Ces études sont entre autres :

- ✓ l'analyse chimique de la jarre de stockage de l'eau à domicile afin de voir si la pollution de l'eau observée à domicile est seulement liée aux comportements des communautés et/ou à la nature des récipients;
- ✓ la mise en place de l'approche écosystémique de la santé humaine afin de déterminer une stratégie itérative de recherche pour améliorer la santé des communautés.

Conclusion partielle

La qualité de l'eau est altérée par les divers comportements des populations sur les sources d'eau. Ces manipulations dans l'eau de consommation entrainent une prévalence élevée des maladies hydriques dans la Commune de Abomey-Calavi. En effet, les maladies hydriques représentent 30,37 cas pour 1000 habitants des maladies enregistrées en consultations dans les centres de santé. Elles évoluent au même rythme que le taux de desserte dans la Commune et sont fortement influencées par les hauteurs de pluie. Ainsi, les variables météorologiques interviennent dans la transmission des affections d'origine hydrique et alimentaire, tels que le choléra et d'autres maladies hydriques. Lorsqu'un cas de maladie hydrique subvient dans une famille, les populations adoptent des mesures de prévention qui relèvent de l'observation du respect des règles d'hygiène que sont se laver les mains, assainir son environnement et également boire de l'eau potable. Le recours aux soins médicaux n'est pas immédiat. En effet, le traitement des cas de maladie hydrique dans la famille passe d'abord l'automédication phytothérapeutique, ensuite par l'automédication avec les médicaments de la rue et le recours aux centres de santé est la dernière option. C'est ainsi que des suggestions ont été faites afin de maintenir la qualité de l'eau de boisson de la source jusqu'à la consommation dans le but de réduire la forte prévalence des maladies hydriques observée dans la Commune.

DISCUSSION GENERALE DES RESULTATS

Déterminants physiques et socio-économiques limitant l'accès à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi

Dans les villes du Sud, et particulièrement dans les villes africaines, au-delà de la disponibilité de la ressource et des équipements nécessaires à son traitement, un meilleur accès à l'eau se traduit par la distance au point d'eau, et/ou le temps consacré à la collecte de l'eau, et par le coût inhérent à l'achat de l'eau. Ainsi, les problèmes d'accès à l'eau potable sont attribués soit à la mauvaise qualité de l'eau, soit à l'éloignement des points d'eau par rapport au village (BARON et TIDJANI, 2011).

La distance parcourue du domicile aux points d'eau représente une contrainte pour les ménages. Car, rappelons que la distance représente un indicateur de premier ordre puisqu'elle détermine en partie les quantités disponibles aux usages domestiques et aux usages hygiéniques. Ainsi, ce sont les ménages situés à la périphérie des centres ruraux qui ont l'eau facilement et en quantité suffisante. Ces mêmes résultats ont trouvés par CAINRCROSS (2003) où il écrit que plus la distance est longue, plus la quantité de l'eau diminue. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par le PNUD (2006) dans plusieurs pays de l'Afrique où il apparaît que le temps et l'énergie perdus à puiser de l'eau sur de longues distances, tâche incombant surtout aux femmes et aux fillettes, privent ces dernières de temps pour se livrer à des activités génératrices de revenus et aller à l'école.

En Afrique, des millions de femmes et d'enfants parcourent chaque jour de longues distances pour aller chercher de l'eau. En moyenne, un membre du ménage (généralement une femme ou un enfant fille) a besoin d'une demi-heure environ pour se rendre au point d'eau, puiser de l'eau et revenir, ce qui n'est pas sans inconvénients pour la scolarité des enfants et l'égalité entre garçons et filles**.** Ces résultats sont en adéquation avec ceux de DOS SANTOS S., (2005) à Ouagadougou, LEWIS, et *al.*,(2007), en Afrique, OMS (2007), COLLIGNON, et VEZINA (2000) dans dix (10) pays d'Afrique.

Il existe de fortes différences dans le prix du mètre cube selon le type d'approvisionnement, à consommation égale. Pour les adductions qui fonctionnent grâce à l'énergie électrique, le prix de l'eau est de 10 francs CFA la bassine de 25 litres sur toute la commune. Pour le service public de l'eau en toute saison l'eau est vendue très moins cher. Mais, elle n'est pas disponible en tout temps. Par contre, au niveau des AEV (adductions d'eau villageoise) qui fonctionnent à

partir du gasoil (qui coûte cher), le prix de la bassine est plus cher comme chez les abonnés privés. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par MIALO(2017) dans la Commune de Lalo, DOS SANTOS(2005) au Burkina-Faso, PS-Eau (2009) dans les communes de Toffo, Bohicon et de Ouidah.

Il existe peu de documentation abordant l'ensemble des aspects définissant l'accessibilité à l'eau, incluant surtout les facteurs physiques, qui se traduisent en termes de quantités disponibles et utilisées, et de qualité des eaux consommées. Ainsi, la toute première hypothèse sur les facteurs qui limitent l'accès à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi émise dans cette recherche est vérifiée.

Pratiques et comportements des populations affectant la qualité de l'eau de consommation dans la commune d'Abomey-Calavi

La chaîne de contamination de l'eau est désormais établie. Les pratiques humaines sont les principaux facteurs responsables de l'insalubrité de l'eau. En effet, le mode d'élimination des ordures, des eaux usées, des excréta, les conditions de prélèvement, de transport, et de stockage de l'eau, les fréquences de renouvellement de l'eau des récipients de stockage, les divers modes de lavage des récipients d'eau sont les principaux facteurs qui polluent l'eau de consommation. Ces résultats sont corroborés par NGNIKAM et *al.,* (2007) qui ont identifié plusieurs facteurs pouvant influencer la qualité de l'eau. Ces principaux facteurs sont la nature et l'origine du récipient, l'environnement du récipient, le standing de l'habitation, la durée de stockage, la caractérisation de la prise d'eau et les conditions de transport (récipient et distance parcourue).

Les analyses d'eau ont été faites en saison pluvieuse seulement. Ceci se justifie par le fait que la pollution même si elle varie d'une saison à l'autre n'est pas le plus important mais c'est la présence des germes pathogènes et la variation des paramètres physico-chimiques qui attirent plus l'attention. Si, la pollution, surtout bactériologique est détectée dans l'eau au cours de n'importe quelle saison, l'eau devient automatiquement impropre à la consommation pour toutes les saisons. Dans la Commune d'Abomey-Calavi, 33 échantillons d'eau prélevés ont été analysés à trois niveaux que sont à la source, pendant le transport et au stockage à domicile. Il ressort donc des résultats que tous les échantillons d'eau prélevés présentent des germes pathogènes signes de pollutions bactériologiques durant le transport et au stockage de l'eau à domicile. Même si à la source certains échantillons d'eau sont exemptes de pollution, leur qualité devient dégradée pendant le transport et au stockage à domicile.

L'eau fournie par les forages est relativement bonne, mais sa qualité se dégrade au cours du transport et surtout pendant le stockage au niveau des ménages. En effet, la phase de transport n'est pas la plus problématique. La présence de germes est due à l'utilisation de bidons de transport à entrée étroite, donc difficile à nettoyer efficacement et montrant le développement d'un biofilm et d'algues sur les parois. Mais par contre, la phase de stockage est la plus problématique. L'accessibilité de l'eau stockée aux animaux et aux enfants est un facteur de contamination certain. Le mode de puisage par le biais d'un gobelet entraîne aussi une mise en contact de micro-organismes du milieu avec l'eau. Enfin, la propreté du récipient ainsi que l'hygiène du ménage ont un impact réel sur la qualité de l'eau (SOHOUNOU, 2018)

Pour EDORH(2007), MIALO(2014) et SOHOUNOU (2018), la contamination bactériologique est signe d'une pollution organique probablement issue des déchets d'origine animale, humaine ou par les effluents chargés de fertilisants et de pesticides surtout organochlorés utilisés en agriculture qui sont souvent drainés vers les plans d'eau au cours de la saison pluvieuse. Cette affirmation est confirmée par KELOME et *al.,* (2012) dans leur étude réalisée sur les puits des Communes de Parakou et de Tchaourou. Ainsi, ils affirment que la forte présence dans les puits de germes aérobies revivifiables pourrait s'expliquer par une contamination d'origine humaine et animale par l'absence d'application des règles élémentaires d'hygiène que sont : la protection correcte des puits après puisage, les activités agricoles et d'élevage, l'éloignement des fausses septiques et des latrines des puits (disposés diamétralement opposés). De pareils résultats sont trouvés par MAKOUTODE et *al.*,(1999) à Grand-Popo, HEDIBLE (2007) dans l'Atlantique, BABADJIDE (2011) dans le bassin du Mono et LAGNIKA (2015) dans les arrondissements de Pobè, Lokossa et de Parakou. Pour tous ses auteurs, l'homme par ces activités contribue à la pollution de l'eau avec les rejets et dépôts de déchets. Cependant, les fortes concentrations enregistrées lors du transport et à domicile au moment du stockage de l'eau s'explique tout simplement par les diverses manipulations faites dans l'eau. Le récipient de prise de l'eau, les mains chargées de bactéries lors de la prise de l'eau et l'hygiène peu assurée des récipients de conserve de l'eau sont autant d'éléments qui peuvent altérer la qualité de l'eau de boisson surtout à domicile. Ce résultat est confirmé par CAIRNCROSS (2003) qui situe la pollution de l'eau à trois niveaux fondamentaux. Que sont les puisettes de l'eau, le transport de l'eau et les conditions de stockage de l'eau à domicile. Ainsi, la variation de la qualité de l'eau au moment du transport et à domicile rend compte des comportements et des pratiques en matières

d'activités et d'hygiène des populations dans la Commune d'Abomey-Calavi. Donc l'hypothèse 2 de la présente étude est vérifiée également.

Qualité de l'eau de consommation et prévalence des maladies hydriques à Abomey-Calavi

L'accès limité à l'eau ou l'accès à une eau de qualité douteuse signifie faire face à une incidence élevée de maladies liées à l'eau. Les ruraux contribuent largement à la pollution de leur environnement hydrographique. En ce qui concerne les eaux de surface et souterraines, les risques de pollution des eaux par les hommes et de contamination des populations par la consommation d'eau non potable sont variables d'une zone à l'autre (BAECHLER, 2012).

La qualité de l'eau à usage domestique est menacée par des contaminants microbiologiques et physico-chimiques. Ces derniers tels que les nitrites et les nitrates, etc. entraînent des effets sanitaires insidieux mais ne sont pas systématiquement recherchés dans les pays en développement (Papa et *al.,* 2010). Dans cette étude, l'évaluation de la potabilité de l'eau a porté sur les paramètres bactériologiques et physico-chimiques. La mauvaise qualité des eaux stockées est à rapprocher de l'absence de désinfectant, caractérisée par de faibles valeurs de chlore résiduel, et des conditions de stockage de l'eau dans les ménages (LALEYE, 2016). En effet, les températures élevées à l'intérieur des domiciles favorisent l'évaporation du chlore et la prolifération bactérienne. La présence en particulier d'*Escherichia coli* indique qu'il y a une insuffisance de protection de l'eau contre la pollution fécale dans les ménages. Cette contamination peut être corrélée au défaut d'hygiène des mains et du matériel de puisage.

Les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés bien qu'elles ont aussi variés du transport au moment du stockage à domicile ne respectent pas les normes préconisées par l'ABénoR (2003) et l'OMS (2008). Les faibles teneurs en NH_4^+ obtenues montrent que ces particules proviennent principalement du métabolisme cellulaire (REJSEK, 2002). Les nitrites ne sont retrouvés que rarement en concentrations importantes dans les eaux naturelles (DEBIECHE, 2004), ce qui confirme les résultats de la présente étude. Seul l'ammonium dosé dans l'eau de la rivière présente une valeur au-dessus de la concentration maximale admise suivant les critères de comparaison. Ceci s'explique car, l'ammonium est un indicateur de la contamination des sources d'eau par la matière organique (FIGALA et HANAK, 1986).

Plus les réservoirs sont de grands volumes, plus longtemps dure l'eau en stockage et plus grand est le nombre de contacts avec l'eau, impliquant plusieurs personnes. Dans ces circonstances, les réservoirs sont moins lavés avec un détergent et un désinfectant ; tous facteurs pouvant

entraîner une sur-contamination (SACKOU et *al.*, 2010). Il est donc établi que l'ensemble de ces pratiques a une influence sur la prévalence des maladies hydriques. En effet, la diarrhée, symptôme majeur des maladies hydriques est fréquente dans les ménages n'ayant pas d'accès à une source d'eau améliorée (SEBO, 2014). Dans ce travail, la présence de germes a été significativement associée au grand volume des récipients utilisés et l'absence de couvercle.

Donc, en émettant comme hypothèse qu'il y aura diminution de la prévalence des cas de maladies hydriques si le taux de desserte en eau est au-dessus de la norme en milieu rural dans tous les arrondissements de la Commune d'Abomey-Calavi, les résultats de la présente recherche sont contraires à ce postulat. Il s'avère donc que dans la présente étude la prévalence des maladies hydriques évolue pratiquement au même rythme que le taux de desserte. Tout ceci, influence la fréquence positive observée pour les maladies hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi. Ces mêmes résultats sont trouvés par MAKOUTODE et *al.*, 1999 ; OREKAN, 2000 ; CURTIS et CAIRNCROSS, 2003 ; SCHWARTZ et *al.*, 2006 ; AZONHE, 2009 ; BABADJIDE, 2011), l'OMS (2016), SEBO (2014), MIALO, 2017. Ils ont mis l'accent sur la pluralité des modes d'approvisionnement en eau potable qui a été identifiée comme étant un facteur de risque important dans la prévalence des maladies hydriques. Ainsi, la troisième hypothèse de cette étude est vérifiée.

CONCLUSION GENERALE

Elément vital, chargé de symboles, de culture et de spiritualité, l'eau n'a jamais, par le passé, été traitée comme une marchandise banale. Cette ressource est indispensable à la vie et non substituable. C'est donc dans ce contexte que la présente recherche basée sur les conditions socio-économiques d'accès à l'eau de consommation a permis d'établir les relations probables qui existent entre les différents facteurs d'accès à l'eau de consommation (accès géographique, financier et culturel) et les maladies hydriques dans la Commune de Abomey-Calavi. Mais, avant de parvenir à cette ultime étape, deux séries de données ont été utilisées. La première concerne les données déjà disponibles au niveau de certaines structures et organismes (SNIGS, BDI/DG-Eau) et la deuxième les données socio-économiques recueillies auprès des ménages et des personnes ressources. A l'issu donc de ces étapes, les résultats obtenus ont permis de caractériser l'eau de consommation dans la Commune de Abomey-Calavi, d'apprécier la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau et également d'établir les corrélations entre la prévalence hydrique et les modes d'accès à l'eau.

En effet, l'Accès à l'eau de boisson dans la Commune de Abomey-Calavi est assuré par deux types de sources. Les sources approuvées (ouvrages hydrauliques) et celles non approuvées (eaux de surface, puits traditionnels, eaux de pluie). Dans la Commune de Abomey-Calavi, le taux de desserte en eau potable est de 57 % en 2015. Mais des disparités existent entre les arrondissements considérés séparément. Les arrondissements de Ouèdo, Zinvié et Kpanroun ont les taux de desserte les plus bas de la Commune. Ce qui contraint les populations de ces arrondissements à s'approvisionner à partir des sources d'eau non approuvées pour satisfaire leurs besoins en eau. Il existe 253 points d'eau dans la Commune pour un besoin de 2173 points d'eau. Mais ces points d'eau existants n'arrivent pas toujours à fournir de l'eau pour satisfaire les besoins des populations sans cesse croissante. De plus, les longues distances parcourues, le coût inhérent à l'eau, les coupures d'eau observées qui durent parfois deux (02) à trois (03) jours et la géologie en place limitent l'accès à l'eau pour certains ménages qui sont donc obligés de consommer l'eau des sources non approuvées (puits traditionnels, citerne et rivière). C'est ainsi que les sources d'eau qui desservent les populations en eau dans la Commune ont été soumises à des analyses physico-chimiques et bactériologique afin d'apprécier leur qualité.

Les mesures in situ montrent que les eaux échantillonnées sont fortement minéralisées ce qui est lié à la nature des roches géologiques en place ainsi qu'à la nature des sols qui facilitent l'infiltration des particules en suspension.

L’analyse microbiologique des échantillons d’eaux de puits, de forages et du fleuve Togbo a montré une forte présence de germes banals, de coliformes totaux et de germes pathogènes tels que les *Escherichia coli*, les *Salmonella* et *Shigella*, les streptocoques fécaux et les *Clostridium*. Les échantillons du fleuve Togbo et des puits contiennent les plus fortes concentrations de ces micro-organismes au-delà des valeurs maximales admissibles. Mais les échantillons de forage à la sortie du réseau ne sont pas pollués par les germes pathogènes. Lors du transport et durant la conservation à domicile, ces eaux deviennent polluées par la présence des germes dont les valeurs sont au-dessus de celles admises par L’OMS. De ce point de vue, les eaux du secteur d’étude deviennent dans leur majorité polluées durant le transport et au stockage à domicile.

Cette altération de la qualité de l’eau est due aux facteurs comportements des populations de la Commune. L’étude a montré que l’assainissement et l’hygiène constituent un véritable problème tant pour les ménages que les autorités. En effet, la Commune de Abomey-Calavi présente une gestion hasardeuse des eaux usées, des ordures ménagères et également de l’élimination des fèces. Les abords immédiats des points d’eau sont insalubres et mal entretenus. Certains végètent dans la boue, les tas d’immondices et les mauvaises herbes. Les fèces humaines et les déjections animales sont mal gérées ou simplement déposées dans la nature (l’air libre) qui devient le lieu de défécation des populations. A ces facteurs s’ajoutent les eaux vannes et celles de douches non canalisées qui constituent de véritables gites larvaires pour l’éclosion des germes et bactéries dont le contact avec les sources d’eau est facilité par les eaux de ruissellement. Outre ces facteurs, il existe également les conditions de transport et de stockage de l’eau, les différentes manipulations faites sur l’eau, les récipients de prises de l’eau et la propreté des mains trempées dans l’eau par les membres du ménage au moment de son prélèvement ainsi que l’hygiène du contenant de l’eau. La pollution des eaux est appréciée par les populations à travers les éléments visuels et organoleptiques dont la couleur, l’odeur, la saveur et aussi la charge en débris et en particules de roches qu’elles contiennent. Et la qualité de l’eau est un concept particulier qui signifie dénuée de toute impureté visuelle c'est-à-dire une eau claire et limpide. Ces divers pratiques et comportements influencent la prévalence des maladies hydriques.

L’étude a aussi montré une forte prévalence des maladies hydriques qui varie d’un arrondissement à un autre. Ces maladies sont les diarrhées, les hépatites A et E, la fièvre typhoïde les affections gastro-intestinales, et parfois des épidémies de choléra. Les statistiques épidémiologiques de la Zone Sanitaire Abomey-Calavi-Sô-Ava montrent que les maladies

hydriques occupent le 3ème rang des affections avec un pourcentage estimé à 30,37 cas pour 1000 habitants. Le croisement entre l'évolution des cas de diarrhée et le taux de desserte en eau montre que les maladies hydriques évoluent au même titre que le taux de desserte alors que dans la Commune 33,33 % des arrondissements ont un taux de desserte supérieur à celle de la moyenne nationale qui est 69,3 %.

L'impact des maladies hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi est aussi bien économique que social. Il se manifeste d'abord par les dépenses engagées par le patient ou sa famille pour les soins et les pertes de ressources dues au nombre de jours sans activité. Ensuite, les gardes malades finissent par abandonner les malades pour vaquer à leurs occupations créant ainsi des tensions entre les membres de la famille. Pour combattre les impacts des maladies hydriques, les populations d'Abomey-Calavi adoptent ainsi des méthodes endogènes de prévention et de traitement curatives. Les méthodes préventives passent par les techniques de purification de l'eau telles que la décantation, l'utilisation de l'alun, la filtration et l'ébullition. Ces méthodes sont certes efficaces à rendre l'eau pure et limpide, mais toutefois, elles ne garantissent pas l'élimination des germes pathogènes contenus dans l'eau ni ne régulent la concentration des ions excédentaires nocifs à la santé.

Les facteurs explicatifs de la variabilité de la prévalence au sein de la Commune ne sont plus uniquement les différents modes d'accès à l'eau mais l'aspect environnemental aussi a un poids important dans cette balance de la prévalence. Lorsque les sources d'approvisionnement en eau potable améliorées sont accessibles, il faut encore déployer des efforts très importants pour améliorer l'accès aux services de soins. Le branchement à un réseau de distribution public permet de consacrer une plus grande part de la consommation à l'hygiène, et il est avéré que cette formule qui présente le coût par habitant le plus élevé, donne les meilleurs résultats sur le plan sanitaire. Les résultats ainsi obtenus, rendent compte des réalités en matière d'accès à l'eau et en matière de prévalence des maladies hydriques dans la Commune de Abomey-Calavi. Les relations entre l'environnement et la santé sont très développées. C'est donc à juste titre que de vastes opérations de sensibilisation doivent être régulièrement initiées autour de grandes thématiques pour éduquer les populations sur les effets de l'environnement sur la santé. L'éducation à l'environnement et à la santé se trouve aujourd'hui être un outil très efficace dans la lutte contre les maladies liées à l'environnement. Il s'avère donc important, surtout pour les autorités locales avec l'avènement de la décentralisation qui leur transfert des compétences afin d'assurer un meilleur équilibre surtout sur le plan assainissement et hygiène de base pour réduire

la prévalence des maladies hydriques. D'énormes efforts sont déjà faits par des ONG comme COSGAC intervenants dans les domaines de l'assainissement, l'hygiène et l'accès à l'eau potable dans la commune. Mais néanmoins, les actions de ces ONG doivent porter sur les volets que sont l'éducation de base relative à l'environnement, à la santé et l'assainissement et la gestion des ordures ménagères. Ainsi, des actions essentielles d'appoint doivent être menées dans une approche intégrée alliant des solutions techniques (promotion du branchement au réseau d'adduction ou de réservoirs adaptés) et une éducation appropriée dans le but de réduire les risques de maladies hydriques dans la communauté.

BIBLIOGRAPHIE

ADAM, K S., et BOKO, M., (1993) ; Le Bénin. Paris, *Edicef*, 2ème édition, 93 pages.

AFD, (2012) ; L'AFD, l'eau et l'assainissement Un service pour tous, une ressource pour demain. *Edition Planète*, France, 8 pages.

AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, M., TOUKOUROU, F., AHANHANZO, C., AGBANGLA, C., SONCY, M., et de SOUZA, C., (2007) ; Evaluation des risques infectieux liés à l'utilisation des flaques d'eau. *Climat et Développement*, vol 4, pp114-120.

AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, M., ALASSANE, A., MAMA, D., AHANHANZO, C., TOUKOUROU, F., et AGBANGLA, C., (2010) ; Contrôle des paramètres physicochimiques des eaux en bouteille vendues à Cotonou. *SOACHIM*, vol 7 : pp 131-138.

AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, M., AYI-FANOU, L., LOZES, L., FADONOUGBO, R., et ANAGO, G., (2012) ; Impacts sanitaires liés à l'usage des eaux de puits, à l'assainissement et à l'aménagement à Gbôdjê dans l'arrondissement de Godomey au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci* ; vol 6(2), pp 592-602.

AGBANGLA, C., AHANHANZO, C., AGHAZADEH, N., et MOGADAM, A. A., (2004): Evaluation effect of geological formation on groundwater quality in the Harzandat plain aquifer. *Symposium of Geosciences of Iran*, vol22,pp 392-395.

AGBOSSOU, K.E., (2015) ; Cours de Gestion intégrée des ressources en eau, LHME-FSA, UAC, 80 p.

AICD, (2009): Africa's Infrastructure: A Time for Transformation - Water resources are underutilized in Africa across the board, yet conflicts between water uses are common. Africa Infrastructure Country Diagnostic, (Consulté le 10/03/2013).

AMEGEE, K. P., (1992) : Analyse du secteur eau et assainissement au Bénin. - Cotonou : Ministère de la Santé, 93 p.

ANCELLE, T., (2011) : Statistique Epidémiologique, 2ème édition, *Coll. Sciences Fondamentales*, Maloine, Paris, 9 p.

ANONYME, (2003) : Larousse encyclopédique, 100 ème édition.

AKPY, C. M., (2016) ; Evaluation des besoins actuels et futurs (2025) en eau par secteur : identification et analyse des différents usages dans la commune d'Abomey-Calavi (République du Bénin). Mémoire de maîtrise de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 97p.

ARCHIBALD, P., (2000) ; Règlement sur la qualité de l'eau potable. Pressgen, Madagascar, 98p.

ARCHIBALD, F., (2000); the presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems – a cause for concern? Water Quality Research Journal of Canada, vol 35(1), pp 1-22.

ASSOUMA ISSA, D., (2018) ; Analyse spatiale des sources d'approvisionnement en eau dans la Commune de Kandi au nord du Bénin. Thèse de Doctorat, EDP, FASHS, UAC, 289p.

ATCHADE, G., (2014) ; Impacts de la dynamique du climat et de l'occupation des terres sur les ressources en eau du bassin versant de la rivière zou dans le Bénin méridional. Thèse de Doctorat Unique. EDP, FLASH, UAC, 235 p.

ATIDEGLA, S. C., AGBOSSOU, K. E., (2010) ; Pollutions chimique et bactériologique des eaux souterraines des exploitations maraîchères irriguées de la commune de Grand-Popo : cas des nitrates et bactéries fécales. *Int J Biol Chem Sc*i, vol 4, pp 327-337.

ATOKARE, A., (2008) ; Facteurs explicatifs de la morbidité diarrhéique chez les enfants de moins de cinq ans au Tchad. *DESSD, IFORD,* Université de Yaoundé II, 92 p.

AUBRY, P., et GAÜZERE, B.A., (2012) ; Les maladies liées à l'eau, in Médecine Tropicale 7 p.

AWWA (2006): Water chlorination/chloramination practices and principles: manual of water supply practices. *2ème edition.* American Water Works Association, Denver, Colorado, 54 p.

AZAMI HASSANI, T., (1996) ; Contribution à l'étude de la pollution des eaux continentales au Maroc : « Evolution de l'impact des effluents d'une raffinerie (S.C.P) sur un oued en zone semi continentale (R-dom) ».Thèse de troisième cycle. Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences –Semlalia, Marrakech.

AZONHE, T., (2009) ; Analyse systémique des déterminants environnementaux de la morbidité paludique et diarrhéique chez les populations du secteur agricole dans la dépression des Tchi au sud du Bénin. Thèse de doctorat, EDP/GENV/FLASH/UAC, 238 p.

AZONTONDE, H.A., (1991) ; Propriétés physiques et hydrauliques des sols du Bénin. Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian Zone.*IAHS*, vol 199: pp 249-258.

BA, B., (2001) ; Impacts de la consommation des eaux de puits sur la santé des populations dans la région de Ziguinchor. Mémoire de DEA, ESP/UCAD, 42 p. + annexes.

BA, I., (2000) ; Etat de santé et environnement : l'exemple des maladies diarrhéiques dans l'arrondissement de Niodor. Mémoire de géographie, UCAD, Département de Géographie, Dakar, 95p.

BABADJIDE, C.L., (2011) ; Influences de la pollution hydrique sur la santé humaine dans le bassin du Mono au Bénin, Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, EDP, FLASH, UAC, 314 p.

BABA–MOUSSA, A., MAYSTRE, L. Y., SCHERTENLEIB, R. (1995) ; Étude de la pollution bactériologique de la nappe phréatique à partir d'une latrine en Afrique subtropicale. *La Tribune de l'Eau [Trib. Eau] ;* vol 48 (578) :pp43-58.

BAECHLER, L., (2012) ; « La bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable ». *L'Europe en Formation*, vol3 (365) : 3-21.

BAHIR, M., MENANI M., OLIVEIRA (da) SILVA BLAVOUX B., (2003) : Impact de la sécheresse sur la ressource en eau en zone semi-aride : cas de l'aquifère Barrémien –Aptien de la zone côtière d'Essaouira (Maroc). Ecologia de la intrusion de agua de mar en acuiferos costeros : paises mediterraneos. *IGME.ISBN*, vol84, pp 740-748.

BAKKER, K. (2008): The ambiguity of Community: Debating Alternatives to Private Sector Provision of Urban Water Supply. *Water Alternatives*, vol 1 N°2, pp 236-252.

BALTAZAR, J.C., SOLON, F. S., (1988); Disposal of faeces of children under two years old and diarrhoea. A case control study. *In International Journal Epidemiology*, Supply, vol18, N° 2-4 pp 16-19.

BANDURA, R.,**(2005);**Measuring Country Performance and State Behavior: A Survey of Composite Indices. New York, United Nations Development Programme 65 p.

Banque Mondiale, (1994) : Rapport sur le développement dans le monde: des infrastructures dans le développement, Banque Mondiale, Washington DC, 245 pages.

BARBIERI, M., (1991) : Les déterminants de la mortalité des enfants dans le Tiers monde, Les dossiers du CEPED, CEPED, Paris, 40 p.

BARTHEL, R., SONNEVELD, B. G. J. S., GÖTZINGER, J., KEYZER, M. A., PANDE, S., PRINTZ, A., et GAISER, T., (2009): Integrated assessment of groundwater resources in the Ouémé basin, Benin, West Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol 34N°4-5, pp 236-250.

BARON, C., TIDJANI, A. M., (2011) : « L'accès à l'eau en Afrique subsaharienne : au-delà des modèles, une pluralité d'innovations locales », *Mondes en développement*, vol 3 / 2011,N°155, pp 7-22.

BÉLOSEVIC, M., CRAIK, S.A., STAFFORD, J.-L., NEUMANN, N.-F., KRUITHOF, J., SMITH, D.W., (2001); Studies on the resistance/reactivation of Giardia muris cysts and Cryptospor-idiumparvum locusts exposed to medium-pressure ultraviolet radiation.*FEMS Microbiol. Lett*,vol 204 N°1, pp 197-203.

BEAUD, M. (2003) ; L'art de la thèse. Comment préparer et rédiger une thèse de doctorat, un mémoire de DEA ou une maîtrise ou travail universitaire. Nouvelle édition. Paris: La découverte, 196p.

Bénin, études nationales de perspectives à long terme, (2000) : Bénin, 2025 Alafia, Stratégies de développement du Bénin, pp 112-113.

BERTON, Y. O., (2010) ; L'approvisionnement en eau des populations rurales au Congo-Brazzaville**.** *Dynamique des campagnes tropicales,* vol 249, pp 7-30.

BESANCENOT, J.P., (1992) ; Risques pathologiques : Rythmes et paroxysmes climatiques. Paris-Londres-Rome, John Libbey Eurotext, 414 p.

BESANCENOT, J.P., **HANDSCHUMACHER, P., NDIONE, J.A., MBAYE, I., LAIDI, K., (2004)** : Climat eau et santé au Sahel ouest-africain. *Sécheresse*; 15: 33-41

BESSAN, M. (2011) ;Dynamique de la population et approvisionnement en eau de boisson dans la commune d'Adjohoun.,Mémoire de DEA, FLASH / UAC, 98 p.

BEWA, G. A., (2018); Pratiques d'hygiène et d'assainissement de base et leurs effets sur la santé humaine dans la Commune d'Allada (République du Bénin). Thèse de Doctorat, EDP, FASHS, UAC, 227p.

BOKO M. et OGOUWALE E. ; (2005) : Eléments d'approche méthodologique en géographie et sciences de l'environnement et structure de rédaction des travaux d'étude et de recherche. 50 Pages.

BOUTIN, C., et DIAS, N., (1987) ; Impact de l'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech sur la nappe phréatique. *Bull. Fac. Sci. Marrakech (Sect. Sci. Vie),* vol 3, pp 5-25.

BOUKARI,M. (2002) ;Réactualisation des connaissances hydrogéologiques relatives au bassin sédimentaire côtier du Bénin. Rap. DH. Appui à la Gestion des Ressources en Eau (AGRE). Cotonou Bénin. 134 pages + annexes.

BUISSON,Y. (2001) ; Les diarrhées, un problème de santé publique. *Médecine Tropicale,* vol 61, pp 205- 209.

BOURGEOIS, C. M., et LEVEAU, J. Y., (1991) ; Technique d'analyse et contrôle dans les industries agroalimentaires. *Contrôle microbiologique,* vol 3, pp 327-334.

BRASSEUR, G., (2009) : Incidences du changement climatique sur la qualité de l'air. *Bulletin de l'OMM,* vol 58 N°1, pp 10-15.

BREMER, P.J., WEBSTER, B.J.,et WELLS, D.B., (2001); Bio corrosion of copper in potable water. *J. Am. Water Works Assoc,* vol93N°8, pp 82–91.

BRIAND,A., et LEMAITRE, A., (2004) ; «Privatisation de la distribution de l'eau en Afrique : une aubaine ? », Université d'Artois, Arras, 115p.

BRICHA, S., OUNINE, K., OULKHEIR, S., El HALOUI, N., et ATTARASSI, B., (2007) ; Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc). Afrique SCIENCE vol 03, N°3, pp 391 – 404.

BRICOUT, F., (1988) ; L'accès à l'eau potable dans les villes d'Afrique Occidentale : l'exemple de Ouagadougou au Burkina Faso. Mémoire de DEA de géographie, Université Paris I, 95 p.

BROOKS, D.B., RACHED, E., et SAADE, M., (1997); Management of water demand in Africa and the Middle East. Current Practices and Future Needs. IDRC, 162 p.

BURTON,J. (2001) ; La Gestion Intégrée des ressources en eau, Manuel de formation. *IEPF/AUF*, Paris, 261P.

CAE (2010) : Approvisionnement en eau potable au Bénin: problèmes et perspectives, Rapport, 68 p.

CAMDESSUS, M, BADRE, B, CHERET, I, TENIERE-BUCHOT, PF., (2004) ; Eau. Edition Camper A., Le Chevalier J. **(**1991) : Fiches synthèses sur l'eau potable. Canada, Insq, 32 p.

CAIRNCROSS, S., (2003); Measuring the health impact of water and sanitation, pp 1-4.

CAIRNCROSS, S., O`NEILL, D., MCCOY, A., SETHI, D., (2003c); Health, environment and the burden of Disease. *A guidance note. DFID,* pp1-53.

CEBENOR, (2001) ; Eaux minérales et eaux de source : spécifications et critères de qualité, 17 p.

CEBENOR, (2003) ; Eaux minérales naturelles et eaux de source : (Norme Béninoise), spécifications et critères de qualité. 1ère édition, Bénin, 17 p.

CEDEAO, (2008) ; Les maladies transmissibles. Atlas de l'Intégration Régionale en Afrique de l'Ouest : Série population, 20 p.

CEAEQ, (2000) ; Recherche et dénombrement des coliformes totaux, méthode par filtration sur membrane. Québec: Gouvernement du Québec, 27 p.

CEAEQ, (2004) ; Recherche et dénombrement des entérocoques ; méthode par filtration sur membrane. Québec: Gouvernement du Québec, 20 p.

CHAUSSE, K., PHANEUF, D., et LEVALLOIS,P., (2003) ;Nitrates/Nitrites dans fiche de synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Institut National de santé publique. Québec. Contamination of the Gangetic river system right at.its source. Ecological Indicators 49 p.

CHARRIÈRE, G., MOSSEL, D. A. A., BEAUDEAU, P.,et LECLERC, H., (1994);Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of enterobacteriaceae and of selection of *Enterococcus spp*. For the official monitoring of drinking water supplies.*Journal of Applied bacteriology*, vol 76, pp 336-244.

CHARLET, F., BAMORY, D.,**(1985) ;** Expérimentation de solution en vue d'améliorer la qualité de l'eau à domicile en milieu rural. In : VILLOUD M. C. *Eau et Santé. - Abidjan : INSP – SNES*, pp 85-88.

CHEIK, F., (2008) ; Etude de la qualité de l'eau de robinet et celle de la nappe phréatique dans les

différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédia waye. Mémoire de maîtrise de géographie, Université Cheikh Anta Diop Dakar, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, 124 p.

CHIPPAUX, J.-P., HOUSSIER, S., GROSS, P., BOUVIER, C., BRISSAUD, F., (2002) ; Étude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. *Bull Soc Pathol Exot*, vol **94** N° 2, pp 119-**123.**

CHIPPAUX, J.-P., PERNOT, C., JOUANNEAU, D., CIORNEI, G., MOULIN-ESNART, P., COURET, D., (2007) ; Evaluation de la potabilité de l'eau dans une zone peuplée du Sahel sénégalais : Niakhar. Environnement, Risques &Santé, Vol. 6, N° 5, pp 373-381.

CLAON, J.S., SACKOU, K.J., ATTIA,A.R., (2005) ; Accessibilité, hygiène et qualité de l'eau à usage domestique dans la commune de Koumassi. Abidjan,*Cahier de Santé Publique*, vol 4 N°2, pp 5-12.

CLAVAL, P. (1984) ; Géographie humaine et économique contemporaine. PUF, Paris, 442 p.

CLEGBAZA, G. (2000) ; Qualité de l'eau et technique de désinfection. Cotonou, 27 p.

CODJIA, D.H.F., (2018) ;Facteurs environnementaux et prévalence des maladies liées à l'eau dans la commune de Tori-Bossito (République du Bénin, Afrique de l'Ouest), Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, EDP, FASHS, UAC, 277 p.

COING, H., CONAN, H., ETIENNE, J., JAGLIN, S., MOREL, à l'huissier A., et TAMIATTO, M., (1998) ;Pour une gestion durable des systèmes d'approvisionnement en eau potable dans les petits centres et villes d'Afrique, communication à la conférence internationale eau et développement durable, UNESCO Paris, 19, 20 et 21 mars 1998.

CURTIS, V.A., CAIRNCROSS, S., (2003); Effect of washing hands with soap on diarrhea risk in the community: a systematic review. London School of Hygiene and Tropical Médecine, 98 p.

CURTIS, V.A., CAIRNCROSS, S., (2003); Effect of washing hands with soap on diarrhea risk in the community: a systematic review. London School of Hygiene and Tropical Médecine 47 p.

COCHETON, J.-J., GUERRE, J., PEQUIGNOT, H. (1987) ; Histoire illustrée de l'hépato gastro-entérologie de l'antiquité à nos jours. Paris, Roger Da costa.

Code de l'Hygiène Publique (1987) : loi n°87-015 du 21 septembre 1987 portant code de l'hygiène publique, 19 p.

COHEN, Y., SMITH, S.,et BARIBEAU, H., (2001). Nitrification: causes, prevention and control. *Op flow*, vol 27, N°12, pp 6-12.

COLLIGNON, B., et VEZINA, M., (2000) ;Les opérateurs indépendants des services de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement en milieu urbain africain. Banque

internationale pour la reconstruction et le développement/ Banque mondiale. 1818 H Street N.W. Washington, DC 20433, 97 p.

Comité Directeur Inter-Institutions de Coopération pour la Décennie, (1990) ; Impact de l'eau et de l'assainissement sur les maladies hydriques. Genève, 178 p.

COULIBALY, K., (2005) ;Etude sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto- Stomatologie, 69 p.

COPELAND, C.C, BEERS, B.B.,et THOMPSON, M.R.,(2009); Fecal contamination of drinkingwater in a Brazilianshanty town: importance of household storage andnew human fecal marker testing. *Journal Water Health*, vol 7, pp 324-31.

DAGDEVIREN, H., et ROBERTSON, S., (2009); Access to water in the slums of the developing world. Policy Centre for Inclusive Growth Working, Paper 57. UNDP.http://www.ipc-undp.org/pub/IPCWorkingPaper57.pdf, consulté le 20/05/2017 à 13 h.

DEBIECHE, T.H., (2004) ; Evolution de la qualité des eaux sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle: La basse plaine Seybousse. Thèse de doctorat, Université Franche-Comté des sciences et techniques, 199 p.

DEGBEY, C., (2004) ; La qualité de l'eau des puits dans la Commune d'Abomey-Calavi et les facteurs exogènes de la pollution. Mémoire de DEA, UAC/ FLASH, 112p.

DEGBEY, C., MAKOUTODE, M., OUENDO, E.M., FAYOMI, B., de BROUWER, C., (2008) ; La qualité de l'eau de puits dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin. *Environnement Risque Santé 2008,* vol 7,pp 279-283. doi: 10.1684/ ers.0158.

DEGBEY, C., MAKOUTODE, M., OUENDO, E.M., FAYOMI, B., de BROUWER, C., (2010) ;La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey en 2009 au Bénin Afrique de l'Ouest. *Journal Int Santé Trav*, vol 1, pp 15-22.

DEGBEY, C., MAKOUTODE, M., AGUEH, V., DRAMAIX, M., de BROUWER, C., (2011) ; Facteurs associés à la qualité de l'eau de puits et prévalence des maladies hydriques dans la commune d'Abomey-Cala Tirés à part, C. Degbey vi (Bénin). Sante, vol 21, pp 47-55. doi : 10.1684/san. 2011.0238.

DEME I. (2003) : Contribution à l'étude de la qualité des eaux et de la vulnérabilité de la nappe phréatique de la Commune de Bakel et environs (Sénégal). Mémoire de D.E.A. de Géologie Appliquée, Mention hydrogéologie, U.C.A.D, 88 p + annexes.

DESILLE, D., (2012) ; guide pratique : Conservation et traitement de l'eau à domicile, PS-Eau 36 p.

DG-Eau, (2006) ; Rapport de synthèse de l'atelier national sur la définition d'une gestion pérenne des AEV. Cotonou, MMEE, 12 p.

DG Eau, (2010) ; Evaluation du processus de professionnalisation de la gestion des AEV au Bénin, Rapport final, 131 P.

DG-EAU, **(2014)** ; Accès à l'eau potable : le Benin atteint les OMD http://www.afwa-hq.org/index.php/fr/actualites/item/829-acces-a-l-eau-potable-le-benin-atteint-les-omd.

DG-EAU, **(1999)** ; Vision nationale de l'eau en l'an 20125. Rapport de synthèse, MMEH, Cotonou, 28 p.

DG-EAU, (2008) ; Politique Nationale de l'Eau, version définitive. Rapport de Synthèse, MEE, Cotonou, 51 p.

Direction Générale de l'Hydraulique, (2005) ;"Stratégie nationale de l'approvisionnement en eau potable en milieu rural du Benin 2005-2015". République du Benin, 21 p.

DH (2000) ; Vision Eau Bénin 2025. Cotonou, 28 p.

DIALLO, M.S., (2004) ;Contribution à l'étude de la qualité des ressources en eau dans la zone de Dinde fello (région de Tambacounda-Département de Kédougou*)* Sénégal. Départ. Géol., Fac. Sci. Et Tech., Univ. Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal 9 p.

DIOP, S., REKACEWICZ, P., (2003) ;Atlas Mondial de l'eau, une pénurie annoncée. Ed. Autrement. 60 p

DJAFAROU A. (2004) ;La contribution à l'évaluation des risques liés aux usages domestiques de l'eau dans la Commune de Kandi. Mémoire de DESS, IMSP, 69 p

DJUIKOM, E., TEMGOUA, E., JUGNIA, L., NOLA, M., BAANE,M. (2009) ; Pollution bactériologique des puits d'eau utilisés par les populations dans la communauté urbaine de Douala Cameroun. Int J Biol Chem Sci, vol 3, pp 251-260.

Document de programme du Burkina Faso, (2006) ; Programme d'Approvisionnement National en Eau Potable et d'Assainissement à l'horizon 2015 (PN-AEPA) 55 p.

DOS SANTOS,S., (2005b) ; La quête de l'eau en milieu urbain sahélien : l'accès et la perte de l'eau courante à Ouagadougou.Étude de la population africaine, vol 19, *supplément B*, pp 275-303.

DOS SANTOS, S., LEGRAND, T.K., **(2005);** Effect of Water Supply on Child Survival. A Study of Qualitative and Quantitative Data from Ouagadougou (Burkina Faso). Population Association of America 2005 Annual Meeting, Philadelphia, 31 march-2April 2005, http://paa2005.princeton.edu/download.aspx?submissionId=51559, 19 p.

DOS SANTOS, S., (2006) ; Accès à l'eau et enjeux socio-sanitaires à Ouagadougou – Burkina Faso. *In Espace populations sociétés,* Document disponible en ligne sur le site http://eps.revues.org/index1519.html, consulté le 13/2017 à 20 h 10'

DOSSOU GUEDEGBE, O. V., (2005) ; Contribution de l'évaluation environnementale stratégique (EES) à l'aménagement du territoire : cas du plan directeur d'aménagement du plateau d'Abomey-Calavi (République du Bénin). Thèse de Doctorat Unique, Abomey-Calavi, Bénin, 348 p.

DDSP/SEPS/SNIGS, (2009) ; Statistiques sanitaires des départements Atlantique et Littoral, Cotonou, Bénin,340p.

DUPOND, A., (2007) ; Autour de la phénoménologie de la perception. Note de cours 84 p.

DUSSART, C., (1983) : Comportement du Consommateur et Stratégie de Marketing, *Mc GrawHill*, 77 p.

. EDBERG, S. C., RICE, E. W., KARLIN, R. J., ALLEN, M. J., (2000); Escherichia coli : the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of AppliedMicrobiology*, 88: 106S-116S.

Encyclopédie Afrique Jeune, (1992) ; L'eau source de vie. NEA, Paris, 47p.

Enterprise Works World Wide, (2003); Eau potable, Rapport, 2p.

ECHARI, C., (1994) ;Impact du statut de la femme sur la santé des enfants au Mexique.Thèse de doctorat, Louvain-la-Neuve, 290 p.

EDC, (2011) ; Projet hydroélectrique de Lom Pangar évaluation environnementale et sociale volume 1. Evaluation des impacts environnementaux et sociaux (EIES), annexe 5. Analyse complémentaire du volet santé, 146 p.

EDORH, A. P., GUEDENON, P., KOUMOLOU, L., BOKO, M., (2006) ; Qualité microbienne de l'eau de boisson dans les restaurants de Porto-Novo. UAC LECREDE, N°3 pp87-96.

EDORH, A.P., GNANDI, K., ELEGBEDE, M. B., ENONHEDO, S.F., BOKO, M., (2007) ;Qualité de l'eau des nappes et son impact sur la santé des populations à Kérou. *Climat et développement* ; n° 4, UAC, pp 27-37.

EDORH, A. P., AGONKPAHOUN, E., GNANDI, K., GUEDENON, P., KOUMOLOU, L., AMOUSSOU, C., AYEDOUN, A. M., BOKO, M., GBEASSOR, M., RIHN, B. H., and CREPPY, E. E., (2009); An assessment of the contamination of Achatina achatina by toxic metals in Okpara village (Benin). *Int. J. Biol. Chem. Sci*., vol 3, N°6, pp 1428-1436.

EDORH, A. P., ADAM, S., TOTIN, H., KOUMOLOU, L., AMOUSSOU, E., AKLIKOKOU, K. et BOKO, M., (2010) ; Pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson, les sols et les

sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara (Bénin).*Int. J. Biol. Chem. Sci*., vol 4, N°4, pp 1170-1179.

EDS (2001) ; Enquête Démographique et de Santé du Bénin, rapport de synthèse, 20 p.

EDS (2011) ; Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs multiples au Cameroun (EDS-MICS), 576 p.

EDS (2012) ; Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs multiples au Bénin (EDS-MICS IV. Rapport préliminaire, 40 p.

EDSB-IV (2013) ; Enquête Démographique et de Santé au Bénin (EDSB-IV). Rapport final 2011-2012, 573 p.

EDS-RDC (2011) ; Enquête Démographique et de Santé et à indicateurs multiples en République Démocratique du Congo, rapport final, 576 p.

EDWARDS, M.,et DUDI, A., (2004); Role of chlorine and chloramine in corrosion of lead-bearing plumbing materials. *Journal. Am. Water Works Assoc,* vol 96, N°10, pp 69-81.

El ASSLOUJ, J., KHOLTEI, S., El AMRANI-PAAZA, N., et HILALI, A., (2007) ; Étude de la qualité physicochimique des eaux souterraines de la communauté Mzamza, au voisinage des eaux usées. *Afrique Science,*vol03 N°1, pp 109-122.

El HAISSOUFI, H., BERRADA, S., MERZOUKI, M., AABOUCH, M., BENNANI, L., BENLEMLIH, M., IDIR, M., ZANIBOU, A., BENNIS, Y., etEl OUALI-LALAMI, A., (2011) ;Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fes, Maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.,* vol 5,N°1, pp 37-68.

El HASSOUNE, M., BOUZIDI, A., KOULALI, Y., et HADARBACH, D., (2006) ; Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Setta (Maroc). *Bull. de l'Inst. Sci., Rabat Sect. Sci. De la vie ;* vol28, pp 61-71.

El HASSOUNE, M., El KETTANI, S., KOULALI Y., BOUZIDI A. (2010); Bacteriological contamination of ground water from wastewater of Settat-city, Morocco.Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. 1 (2010) 1-21.

EPUR, (2007) ; Eau de pluie. Edition 2, N°01, 18 p.

ESREY, S.A. (1996): Water, waste, and well-being: a multi country study. *Am.J.Epidemiol*; vol 143, pp 608-623.

ETIENNE, J., MAIGA, A. H., MOREL, A., L'HUISSIER, A.,(1998) ; Politique de l'eau en Afrique subsaharienne : Aspects socio-économiques de la demande en eau domestique en Afrique subsaharienne : Quelles leçons pour la gestion de l'eau, revue Observatoire africain sur la justice économique et sociale http://www.aidtransparency.org/observatoire/eau8.htm (02/02/2017).

ETIENNE, J., (2009) ; Eau et assainissement : croyances, modes et modèles. *In Magazine du Programme des Nations Unies*, vol. 16, n°3, l'Environnement, 10 p.

ETIENNE J. (2003) ;Eau et assainissement en Afrique : croyances, modes et modèles. *Afrique Contemporaine, n°205, printemps.* pp. 103-117

FALKENMARK, M., (1989);The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed. *Ambio,*vol 18, N°2, pp 112-118.

FALKENMARK, M., WIDSTRAND, C., (1992); Population and Water Resources, A Delicate Balance.*Population Bulletin,*vol 47, N°3, 1-36.

FAO, (2006); Food and Agriculture Organization, Global forest resources assessment 2005.Progress towards sustainable forest management.FAO Forest y Paper 147 p.

FAO, (2006a);World agriculture: towards 2030/2050. Intérim report. FAO, Rome, Italy consulté le 03/01/2016 à 21h 02'.

FAO, (2006b);Water desalination for agricultural applications.Prepared by J. Martinez Beltrán and S. Koo-Oshima,*FAO* Land and Water Discussion Paper,N°5, consulté le 30/03/2018 à 9h 48'.

FAO, (2013) : 38e Rapport sur l'eau : Faire face à la pénurie d'eau, un cadre d'action pour l'agriculture et la sécurité alimentaire, 180 p.

FALL,B., CORREA, S., SARR, J.P.,(2011) ; Guide Méthodologique Pour L'Evaluation de la Vulnérabilité au Changement Climatique au Niveau Communautaire (Zones Côtières), consultant report by Environnement-Développement du Tiers Monde (ENDA), Dakar, Sénégal, for USAID/COMFISH Project, 48 p.

FARAH, F., (2003) ;Population, traditions and development in western Côte-d'Ivoire. in une science pour l'humanité. Centre de recherche pour le développement international, ID 39209, Ottawa (Canada), 260 p.

FAYE, C., (2013) ; Evaluation et gestion intégré des ressources en eau dans un contexte de variabilité hydro climatique : cas du bassin versant de la Falémé. Thèse de doctorat UCAD, FLAH, Département de Géographie 309 p.

FEACHEM,. R.G., BRISCOE,. J etRAHAMAN,. M, (1987) ; Evaluation de l'effet sur la santé : approvisionnement en eau, assainissement et hygiène. UNICEF, ICDDR_B, CRDI (Centre de Recherche pour le Développement International), Ottawa, Canada.

FEACHEM, R. G, COUSENS, S.N., KIRKWOOD, B., MERTENS, T.E., (1988); Case control studies of childhood diarrhea. *Minimizing bias*, WHO, CDD/EDP/88.2 Geneva.

FEWTRELL, L, KAUFMANN, RB, KAY, D, ENANORIA, W, HALLER, L, COLFORD, JM., (2005); Water, Sanitation, and hygiene interventions tore duce diarrhea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis,*vol 5, pp 42-52.

FIGALA, J., etHANAK, P., (1986);Nauka o zivotnim prostredi Praha: Vysoka skola zemedelska Praha. *Video press MON*; pp 63-79.

FMI, (2012) ;Côte d'Ivoire Rapport de mise en œuvre de la stratégie de réduction de la pauvreté, rapport d'avancement annuel, 144 p.

GAGNEUX, S., SCHNEIDER, C., (1997) ; Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux usées et polluées en agriculture urbaine : cas du maraîchage à Nouakchott (Mauritanie). Travail de Diplôme en Santé publique et épidémiologie, Institut Tropical Suisse, Bâle, 274 p.

GAGNEUX, S., SCHNEIDER, C., ODERMATT, P. (1999) ; La diarrhée chez les agriculteurs urbains de Nouakchott en Mauritanie. *Méd. Trop.*N° 59, pp 253-259.

GARNIER, D., (1998) ; Dictionnaire des termes de médecine. 27 Ed, Maloine, 230 p.

GAUTHIER, A. M., (2004) ; De l'eau pour tous, Amis de la Mission N°4, 3p.

GEORGE, P., VERGER, F., (1996) ; Dictionnaire de la géographie. Edition PUF, 500 p.

GEORGE, P., (1984) ; Dictionnaire de la géographie. 3è Ed. PUF Paris, 485 p.

GoBénin, (2016) ; Evaluation des besoins actuels et futurs (2025) en eau par secteur : identification et analyse des différents usages et inventaire des infrastructures d'eau et d'assainissement dans la Commune d'Abomey-Calavi. Rpport final, 98p.

GoBénin, (2016) ;Evaluation des ressources en eau et des prélèvements dans la Commune d'Abomey-Calavi. Rapport, 87p.

GODOUI, C., (2012) ;Contribution à la gestion intégrée des ressources en eau dans le département du Couffo. Thèse de doctorat, EDP/GENV/FLASH/UAC, 364 p.

GOMEZ, C.A., **(2010)** ;Qualité des eaux de consommation et l'état de santé des populations en milieu Itcha-Ifè dans le département des Collines au Bénin. Thèse de Doctorat Unique de géographie, EDP/FLASH/UAC, 265 p.

GREY, D., (2000): The Challenge of Water in Africa - A Perspective, 23 February 2000 Overseas Development Institute (ODI) Public event, London. http://www.odi. org.uk/events/details.aspid=2354&title=challenge-water-africa-perspectiv (Last accessed on September 13, 2017).

Groupement CACG (2004) ; Étude de la Stratégie de Gestion des Ressources en Eau du Bassin de l'Oum Er Rbia. Rapport d'étude définitif sous-mission II.1b «Synthèse des études réalisées » (Hydrogéologie), / Maroc Développement, juin 2004.

GUINNEKEN et TEUNISSEN (1989) ; La morbidité et la mortalité par diarrhée's in mortalité et société en Afrique au Sud du Sahara, éd par PISON, G., VANDE WALL, E., SALADAKANDA, Paris, INED, PUF, pp 169-193

GULER, C., et THYNE,G.D., (2004); Hydrologic and geologic factors controlling surface and groundwater chemistry in Indian Wells-Owens Valley area, southeastern California, USA".*Journal of Hydrology;*vol 285, pp 177-198.

GUMBO, B., (2004);The status of water demand management in selected cities of southern Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*,vol 29 N°15-18, pp 1225-1231.

HAKMI, A.,(2006) ; Traitement des eaux « traitement de l'eau de source Bousfer. Mémoire de master, Université des Sciences et de la technologie, Algérie 85 p.

HANSEN, K., (2008); NASA Data Show African Droughts Linked To Warmer Indian Ocean. Terra Daily: News About Planet Earth. http://www.terradaily.com/reports/

HARTE, J., HOLDERN C., SCHNEIDE, R.,et SHIRLEY, C., (1991); Toxics A to Z guide to everyday pollution hazards. University of California Press. Oxford, England, 478 p.

HARTEMANN,P., (2001) ; Approvisionnement en eau et assainissement en milieu tropical. *Médecine Tropicale*, vol 61, pp 210-213.

HEDIBLE, S.C., (2007) ; Perceptions et stratégies d'adaptation des communautés rurales du département de l'Atlantique face à la dégradation de la qualité de l'eau de consommation.Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 215 p.

HODE,B.A., (2011) ; Déterminants environnementaux des maladies liées à l'eau dans la commune de Sô-Ava. Mémoire de master, 92p.

HONDJENOU, M., (2011) ; Conditions de vie et santé de la population dans la ville de Bohicon. Mémoire de maîtrise, DGAT, FLASH, UAC ; 87 p.

HONDJENOU, M., (2013) ; Problématique de l'assainissement et santé infantile dans la ville de Bohicon. Mémoire de DEA, UAC, FLASH, EDP, 106 p.

HOUSSOU, C.S., (1998) ; Les Bioclimats humains de l'Atacora (Nord-Ouest du Bénin) et leurs implications socio-économiques. Thèse de Doctorat de géographie, UMR 5080, CNRS « climatologie de l'espace tropical », Université de Bourgogne, Centre de recherche de climatologie, 336 p.

HOUSSOU,C.S., VISSIN,E.W., PERARD J., (2006) ; Variabilité climatique et pathologie dans le département du Mono (Bénin, Afrique de l'Ouest). Colloque AIC, Epernay France, 8 p.

HOLSEN, T.M., PARK, J.K., JENKINS,D., SELLECK, R.E., (1991); Contamination of potable water by permeation of plastic pipe.*JAWWA*, vol 83,N°8, pp 53-56.

HOUNDENOU, C., (1999) ; variabilité et maïsiculture en milieu tropical humide. L'exemple du Bénin, diagnostique et modélisation. Thèse de doctorat Université de Bourgogne, Dijon, 390 p.

HOUNMENOU, B., (2003) ; Nouveaux modes de coordination des acteurs dans le développement local – Cas des zones rurales au Bénin », *Développement Durable et Territoires*, Dossier 2, http://developpementdurable.revues.org, 25 pages.

HOUNMENOU,B., (2006) ; Gouvernance de l'eau potable et dynamiques locales en zone rurale au Bénin », Développement durable et territoires [En ligne], Dossier 6 | 2006, mis en ligne le 12 mai 2006, consulté le 20/11/2017. URL :http://developpementdurable.revues.org/17; DOI : 10. 4000/développement durable.1763

HOWARD,G., BARTRAM, J., (2003);Domestic Water Quantity, Service Level and health, Geneva, WHO, 33 p.

HOSSIEN, M.T., (2004); Hydrochemical evaluation of groundwater in the Blue Nile Basin.eastern Sudan, using conventional and multivariate techniques". *Hydrogeology Journal*,vol 12, pp 144-158.

HOUEHA, Y.C.L.H., (2007): L'amélioration des conditions d'accès à une eau potable pour l'eau de boisson dans les milieux ruraux du bénin: étude des pratiques locales, mémoire de maîtrise en science de l'environnement, Université du Québec à Montréal service des bibliothèques, 117 p.

HUBER-GIESKE, T., et BICHARD, P.,(2013) : Diarrhées aigües, HUG, 12 p.

Impétus, (2009) ;Atlas du Bénin: Résultats de recherche 2007-2009, troisième édition ; 144 p.

Info CREPA, (2004) ; Dossier : Quel rôle attribue a la commune pour une gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain ? Revue N° 44, 30 p.

INSAE/MISD/CIDL, (2001) ; Atlas monographiques des Communes du Bénin. Cotonou.

INSAE, (2004) ;Cahier des villages et quartiers de ville du département de l'Atlantique. Cotonou, 26 p.

INSAE, (2002) ; Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation. Cotonou, 250 p.

INSAE, (2006) ; Troisième Enquête Démographique et de Santé/Bénin (EDSB III). Rapport définitif, UE/USAID/UNICEF/UNFPA, Bénin, 512 p.

INSAE, (2009) ; Enquête modulaire intégrée sur les conditions de vie des ménages (EMICoV) 2007. Principaux indicateurs, MPDEAP, 60 p.

INSAE, (2011) ; Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages (EMICoV). Enquête de suivi 2010, principaux indicateurs, MCA-Bénin/PNUD/UNICEF, 124 p.

INSAE, (2011) ; Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages (EMICoV). 2ème édition, Rapport préliminaire, PNUD/UNICEF/DANIDA/GIZ, 124 p.

INSAE, (2016) ; Effectifs de la population des villages etquartiers de ville du Bénin (RGPH-4, 2013), 85 p.

IWMI, (2006); Recycling Realities: Managing health risks to make wastewater an asset. IWMI Policy Briefi ng Issue 17. International Water Management Institute. Http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Water_Policy_Briefs/PDF/wpb17.pdf. (Last accessed on April 29, 2010), consulté le 23/05/ 2018 à 13h 10'

IWMI, (2008); Research Theme 4 : Water and Society. International Water Management Institute, Sri Lanka. http://www.iwmi.cgiar.org/Research_Impacts/ Research Themes/ (Last accessed on April 29, 2010), consulté le 23 /05/ 2018 à 14h 03'

IWWA, (2011); Deliverable 2.1.: Regional Evaluation of the SWM Situation in Target Countries.Integrated Waste Management in Western Africa 7 p.

JADHAV, S.S., SARKAR, S.N., RAM, G.C., TRIPATHI, H.C., (2007) ; Immunosuppressive effect of subchronic exposure to a mixture of eight heavy metals, found as groundwater contaminants in different areas of India, through drinking water in male rats. Arch. Environ. Contam.Toxicol, vol 53, pp 450-458.

KAORUKO, S., TAKEHITO, T., NGUYEN, K., QUANG, L., MASAFUMI, W., TOMOKO, I., KEIKO, N., (2008): Bacterial quality of drinking water stored in containers by boat households in Hue City, Vietnam. *Environ Health Prev Med*; vol 13, pp 198-206.

KELOME, N.C., AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, M., AYI FANOU, L., VIHOTOGBE, J., MAMA, D., (2012) ; Etude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de quelques puits à grand diamètre : Communes de Parakou et Tchaourou au Bénin**.** *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 6 N°2,pp 210-226.

KEMORAL, A., (2016) ; Evaluation de la qualité microbiologique de l'eau des puits et des forages dans la commune d'Abomey-Calavi. Mémoire de master en physiologie et application, UAC, Abomey-Calavi, 79p.

KIRMEYER, G.J., LECHEVALLIER, M., BARIBEAU, H., MARTEL, K., THOMPSON, G., RADDER, L., KLEMENT, W., et FLORES, A., (2004); Optimizing chloramines treatment. 2ème édition. American water works research foundation et American water works association, Denver, Colorado (rapport N° 90993de l'awwa rf).

KOMBASSERE, WK., (2007) ; L'accès à l'eau potable et les risques diarrhéiques dans les zones irrégulières de Ouagadougou: les cas de Yamtenga. Mémoire de Maîtrise de Géographie, Université de Ouagadougou, 67p.

KOSEK, M., BERN, C., GUERRANT, R.L., (2001); The global burden of diarrheal disease, as estimated from studies published between 1992 and 2000. *Bulletin of the World Health Organization*; vol 83, N°3, pp 197-204.

KOUAM KENMOGNE, G.-R., ROSILLON, F., NONO, A., NZEUKOU NZEUGANG, A., et GRELLE MPAKAM, H., (2011) ; Les maladies hydriques à l'épreuve de la gestion des ressources en eau dans une zone urbaine d'un pays en développement : cas de la ville de Yaoundé (Centre-Cameroun).Eur.j.waterqual.URL: http://dx.doi.org/10.1051/water/2011004.

KOUMASSI D. H. ; (2011) : Aspects socio-économiques de la gestion intégrée des ressources en eau dans la commune de Savalou. Mémoire de DEA, 77pages.

KRIRA, A., CHAKOUR, B., et FOUTA, H.,(2001) ; Intensification de l'agriculture et son impact sur l'environnement. Cas des nitrates dans la nappe phréatique de M'nasra du Ghab. Actes 1er colloque sur le développement agricole et la recherche agronomique au niveau de la région du Ghab.

LAAIDI, K., MINIER, D., OSSEBY, G.V., COUVREUR, G. BESANCENOT, J.-P., MOREAU, T., GIROUD, M., (2004) ;Variation saisonnière des accidents vasculaires cérébraux et influence des conditions météorologiques. *Revue Neurologique*; N°160,vol 3 pp 321-330.

LALEYE, E.S., (2016) ; Identification et analyse des déterminants de la contamination des eaux des sources et forages artésiens dans les communes de Zagnanado et de Zogbodomey au Bénin, Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, EDP, FASHS, UAC, 269 p.

Larousse illustré, (2005) ; 100ème édition

Larousse Médicale, (1998) ; Dictionnaire de médecine. Paris, Hachette, 1018 p.

Livre bleu du Bénin, (2009) ; l'eau, l'assainissement, la vie et le développement humain durable, Cotonou, 101 P.

LENNTECH,Z., (2006) ;Normes de l'OMS sur l'eau potable**,** publié en 2006 sur :http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau potable.htm. Consulté 15 Février 2018.

LEKADOU, K.S., OGA, A.S., CLAON, J.S., (2003) ; Impact d'un récipient dénommé « vessel » sur la qualité hygiénique de l'eau stockée dans les ménages en milieu défavorisé à Abidjan. *Journal des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques*,vol 4 N°1,pp 5-12.

LAGNIKA, M., (2015) ; Diversité faunistique et qualité de l'eau des puits dans les Communes de Lokossa, Parakou et Pobè au Bénin. Thèse de doctorat, ED/FAST/UAC, 244 p.

LALANDE, A., (1985) ; Vocabulaire technique et critique de la philosophie. Paris, PUF, 15è édition, NP.

LANOIS, J.N., et ROYM, C.,(1976) ; Manuel du Technicien Sanitaire Genève, 193 p.

LADWEIN, R., (1999) ; Le comportement du consommateur et de l'acheteur. *Edition Economica*, Paris, Collection Gestion, 402 p.

Larousse, (2003) ; Dictionnaire encyclopédique, édition Larousse, Paris CEDEX 06,1815 p.

LEDEUR, S., (2004) ; Utilisation d'un système d'information géographique comme outil de compréhension des épidémies d'origines hydrique et comme outil d'aide à la décision: étude dans un contexte urbain (Ouagadougou, Burkina- Faso).Mémoire d'ingénieur du Génie sanitaire, Ecole nationale de santé publique (ENSP), Rennes, 65p.

LEGBA, C.S., (2017) ; Croissance urbaine et accès à l'eau potable dans la ville de Djougou, Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, EDP, FASHS, UAC, 224 p.

LEWIS, S., NORMAN, R., NANNAN, N., THOMAS, E., BRADSHAW, D., (2007); and the South African Comparative Risk Assessment Collaborating Group Estimating the burden of disease attributable to unsafe water and lack of sanitation and hygiene in South Africa in 2000. *South African Medical Journal*; vol 97, pp 755-762.

LEWIS, S.J.,et HEATON, K.W.,(1997); « Stool form scale as a useful guide to intestinal transit time » *Scand J Gastroenterol*,vol 32, N°9, pp 920-940.

LHADI, E.K., MOUNTADAR, M., et TOUNSI, A., (1996) ; Pollution par les nitrates des eaux souterraines de la zone littorale de la province d'el Jadida (Maroc). *Hydrogéologie*,vol3, pp 21-23.

LIFAD/ABPEE (2006) ; Etude initiale des impacts environnementaux du premier DSRP dans le cadre d'une Evaluation Environnementale Stratégique (EES) au Bénin, MEHU/ABE, PNUD, GIZ, 121 p.

LYTLE, D., SORG, T., WANG, L., MUHLEN, C., RAHRIG, M.,et FRENCH, K., (2007); Biological nitrification in a full scale and pilot scale iron removal drinking water treatment plant. *Journal Water SRT – Aqua*; vol 56 N°2, pp 125-136.

MAEP (2007) ; Document de préparation du Programme d'urgence d'installation de 3000 jeunes dans la vallée de l'Ouémé ; MAEP 2007 ; ++ p.

MAIER, S.H., (1999); Modeling water quality for water distribution systems. Thèse de doctorat, Brunel, University, Uxbridge, GB.

MAIGA, A.S., (2005) ; Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. Thèse de la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, 77 p.

MAIRE, R., POMEL, S.,et SALOMON, J.N., (1994) ; Enregistreurs et indicateurs de l'environnement en zone tropicale, *Presses Universitaires de Bordeaux*, 492 p.

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 Bénin : cas de la sous-préfecture de Grand-Popo. *In Médecine d'Afrique Noire* ; vol. 46 (11), pp 528-534.

Malnutrition Wash infections (2007) ; Dynamiques des interactions: Malnutritions, Eau Assainissement Hygiène, Infections, version 2005, révisée en 2007, éditée (support CD), 47 p.

MAYRAND, K., MORIN, J. F., et PAQUIN, M., (2002) ; L'exportation d'eau en vrac : Survol des enjeux juridiques, socioéconomiques et environnementaux; http://unisfera.org/ Unisfera - Exp. Eau. [Consulté le 14/11/2017].

MGE Conseils/CREPA., (2009) ; Livre Bleu Bénin-Rapport pays, l'eau, l'assainissement, la vie et le développement humain durable 103 p.

MIALO, E.S., (2016) ; Eau de boisson et maladies hydriques dans la commune de Lalo au Sud-Bénin, Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, EDP, FASHS, UAC, 270 p.

MISD, (2001) ; Atlas monographique des Communes du Bénin. Projet tripartite bénino-franco-allemand d'appui à la décentralisation/déconcentration, Cotonou, 258 p.

Ministère de la Santé, (1977) ; Surveillance de la qualité de l'eau de boisson. Genève, 143 p.

Ministère de la Santé, (1985) ; Directives de qualité pour l'eau de boisson (Additif au volume II, Recommandations). 2ème édition. Genève, 129 p.

Ministère de la santé, (1986) ; Directive de qualité pour l'eau de boisson (volume II Critères d'hygiène et documentation à l'appui). 2ème édition. Genève, 341 p.

Ministère de la Santé, (1986) ; Directive de qualité pour l'eau de boisson (volume II Critères d'hygiène et documentation à l'appui). 2ème édition. Genève, 1050 p.

Ministère de la Santé, (1986) ; Directives de qualité pour l'eau de boisson (volume III Contrôle de la qualité pour l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités). 2ème édition. Genève, 120 p.

Ministère de la Santé, (1987) ; Code d'Hygiène Publique. Loi n°87-015 du 21 septembre 1987. Cotonou, 26 p.

Ministère de la Santé, (1992) ; Programme de lutte contre les maladies hydriques incluant le Choléra. Direction Nationale de Protection Sanitaire, 31 p.

Ministère de la Santé, (1992) ; Rapport de la commission/Santé et Environnement

Ministère de la Santé, (1993); Improving water and sanitation hygiene behaviors for the reduction of diarrheal disease. The report of an informal consultation.CWS/CDD/WH, Genève, 229 p.

Ministère de la Santé, (1996) ; L'Initiative PHAST Participation à la transformation de l'hygiène et de l'assainissement: une nouvelle méthode de travail avec les communautés Genève, 41 p.

Ministère de la Santé, (1998) ; Directives de qualité pour l'eau de boisson (Additif au volume II Recommandations). 2ème édition. Genève, 40 p.

Ministère de la Santé, (2003) ; Programme National d'Hygiène et d'Assainissement de Base (PNHAB). Cotonou, 86 p.

Ministère de la Santé, (2006) ; Direction de la programmation et de la prospective. Service des statistiques et de la documentation. Annuaire des statistiques sanitaires. Cotonou, 184 p + annexes.

MISSANG NDONG, J. M., (2001) ; *Facteurs explicatifs de la morbidité des enfants au Cameroun : Cas des maladies hydriques,* mémoire de DESS en Démographie, IFORD, 93 p.

MOKOFIO, F., RENAUDET, J., OPANDY, C., BASTARD, G., ABEYE, J., YETE, M.L., TOUABE, J.,GONDAO, L., VOHITO,J.A., (1991) ; Qualité bactériologique des eaux des puits, des sources et des forages dans la ville de Bangui : Premiers résultats et perspectives. *Médecine d'Afrique Noire,* vol38 Nº11, 3 p.

MORIARTY, P.M., BUTTERWORTH, J. A., BATCHELOR, C.H., (2004); Integrated Water Resources Management and the domestic water and sanitation sub-sector. IRC Thematic Overview Paper.Available at http://www.irc.nl/page/1043.

MUYLWYK,Q. (2009); Chloramine 101: Introduction to planning, design, implementation, and operation with chloramine. A little bit of chloramines chemistry. *American Water Works Association Annual Conference and Exposition*; San Diego, California, pp 14-18.

NGNIKAM, E., MOUGOUE, B., et TIETCHE, F., (2007) ; Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 13 p.

NGUENDO YONGSI, H. B., (2014) ; Morphologie des terrains et maladies hydriques à Yaoundé (Cameroun) : un essai de géomorphologie médicale en milieu urbain tropical». *Revue canadienne de géographie tropicale* [En ligne], (1) 2 : pp 24-36. mis en ligne le 05 décembre URL: http://laurentienne.ca/rcgt.

NGWE E. (2007) ; Population et environnement, notes de cours, DESSD, IFORD.

NOLA M., NJINE T., MONKIEDJE A., SIKATI F.V.et DJUIKOM E. (1998) : Qualité bactériologique des eaux des sources et des puits de Yaoundé (Cameroun). *Cahiers santé*, vol 8, Nº5, pp 330-336.

ODELL, L., KIRMEYER, G., WILCZAK, A., JACANGELO,J., MARCHINKO, J., et WOLFE, R.,(1996); Controlling nitrification in chloraminated systems. *Journal. Am. Water Works Assoc*, vol 88, N°7, pp 86-98.

ODOULAMI, L., (2009) ; La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin), Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, EDP, FLASH, UAC, 230 p.

OFEV, (2009) ; Glossaire, quelques définitions en rapport avec l'utilisation de l'eau. *Confédération Suisse*, 1 p.

OGOUWALE, E. (2006) ; Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : Indicateurs, scénarios et prospectives de la sécurité alimentaire. Thèse de doctorat unique de géographie, EDP/FLASH/UAC, 299 p.

OMS, (1946) ; Préambule à la Constitution de l'Organisation Mondiale de la Santé, tel qu'adopté par la Conférence Internationale sur la Santé, New York, 19-22 juin 1946, signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 Etats. Actes officiels de l'Organisation Mondiale de la Santé, n° 02, 100 p et entré en vigueur le 7 avril 1948, Document disponible en ligne sur le site http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_fr.pdf

OMS,(1979) ; Les virus humains de l'eau, les eaux usées et le sol. Série de rapport technique d'un groupe scientifique de l'OMS, Genève, 54p.

OMS, (1981) ; Eau potable et assainissement, 1981-1990 : vers une meilleure santé, OMS, Genève, Suisse, 59p.

OMS, (1983) ; Place de l'épidémiologie dans l'action de santé locale : l'expérience d'un groupe de pays en développement, Genève, 43p.

OMS, (1986) ; Directives de qualité pour l'eau de boisson. (Volume II critères d'hygiène et documentation à l'appui). OMS, Genève, Suisse, 34p.

OMS, (1990) ; Comité Directeur Inter-Institution de Coopération pour la décennie. Impact de la DIEPA de l'eau et de l'assainissement sur les maladies hydriques –Genève, p178.

OMS, (1993) ;*Cours sur la diarrhée*. Manuel de l'étudiant, Genève, 147 p.

OMS, (1995) ; Risque pour la santé du fait de l'environnement, OMS, Genève, 406p.

OMS, (1996) ; Exploitation et entretien des systèmes de distribution d'eau et d'assainissement en milieu urbain. Guide du gestionnaire. OMS, Genève, Suisse, 108p.

OMS, (1997) ; La santé et l'environnement dans le cadre du développement durable. Résumé d'orientation, Genève, Suisse, 23 p.

OMS, (1998) ; Directives de Qualité pour l'eau de boisson. (Additif au Volume I : Recommandations). OMS, Genève, Suisse, 40p.

OMS, (2000) ; « Directives de qualité pour l'eau de boisson ». 2nd Ed. Vol 2, Critères d'hygiène et documentation à l'appui, 105p.

OMS, (2003) ; Année internationale de l'eau douce, faits et chiffres, les maladies liées à l'eau. Document disponible en ligne sur le site www.who.int.

OMS, (2003) ; Situation du réseau EPA au 31 décembre 2002. 135 p.

OMS, (2006) ; Prévenir la maladie grâce à un environnement sain. Une estimation de la charge de morbidité imputable à l'environnement. Document disponible en ligne sur le site www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdisease.pdf

OMS, (2007) ; Combattre les maladies véhiculées par l'eau a la maison / Réseau international pour le traitement et la bonne conservation de l'eau a domicile, Organisation mondiale de la Sante 36 p.

OMS, (2010) ; Rapport sur le progrès en matière d'assainissement et d'alimentation en eau. Paris, France, 58 p.

OMS, (2016) ; Trypanosomiase humaine africaine (maladie du sommeil) Aide mémoire N°259

OMS/UNICEF, (2004): Prise en charge de la diarrhée aigüe. 13 p.

OMS/UNICEF (2005): Water for life, making it happen. Rapport d'étude 44 p.

OMS (2005b) : Célébration de la Décennie Internationale d'action l'Eau Source de Vie : 2005-2015 ; Journée Mondiale de l'eau. Guide de sensibilisation. Genève, 34 p.

OMS/UNICEF, (2010); Progress on Sanitation and Drinking Water- 2010 Update. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241563956_eng_full_text.pdf

OMS/UNICEF, (2014); Progression Drinking Water and Sanitation.Rapport-OMS, 80 p.

OMS/UNICEF, (2015); Progress on sanitation and Drinking Water.Rapport-OMS, 90 p.

ONU-Eau, (2008) ; L'assainissement est essentiel à la santé · Fiche factuelle n. 1, 2 p.

ONU-Eau, (2009); The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. World Water Assessment Programme (WWAP). UNESCO, Paris, France, and Earth scan, London, UK.

ONU-Eau (2012); The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under uncertainty and risk. World Water Assessment Programme (WWAP). UNESCO, Paris, France.

ONIBOKUN A., (2002) ; La gestion des déchets urbains. Des solutions pour l'Afrique. Karthala, Paris, 256 p.

OREKAN, V., (2000) ;Impacts de l'exploitation des bas-fonds sur la santé des populations : cas des sous-préfectures de Dassa-Zoumè et de Glazoué dans le département des Collines au Bénin. Mémoire de DEA, EDP/GENV/FLASH/UAC, 79 p.

PAPA, N., IBRAHIMA, O. B., DIENG, M., CHEIKH, F., ANTA, T. D. **(2010)** ; Qualité de l'eau de consommation des ménages : analyse et plan d'action en zone rurale sénégalaise. Santé publique 2010; vol 22 N°2, pp 193-200.

PICHERAL H. et SALEM G. (1992) ; De la géographie médicale à la géographie de la Santé-bilan et tendances de la géographie française (1960-1991).Cahiers GEOS 22:1-44.

PICHERAL H. **(2001) ;** Dictionnaire raisonné de la géographie de la santé, Université Montpellier 3, Cahiers GEOS, 308p.

PLAGE, (2010) ; Programme Locale d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement, 138p.

PNE, (2008) ; Rapport de l'atelier de formation sur la gestion Intégrée des ressources en eau de la commune d'Agbangnizoun, 12 p.

PNUD, (2006); Getting Africa on Track to Meet the MDGs on Water Supply and Sanitation. Oxford University Press, 166 p. Development

Programme.http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2006_Presskit_en pdf.

PNUD, (2006) ; Résumé du rapport mondial sur le développement humain, 59 p.

PNUD, (2010) ; Au-delà de la pénurie, Pouvoir, Pauvreté et crise mondiale de l'eau, Rapport Mondial sur le Développement Humain, 64p.

PNUD, (2012) ;Contribution à l'élaboration du DSRP II au Togo. Rapport du Comité sectoriel "Eau, assainissement, environnement et cadre de vie" Volume 1 : Eau et assainissement Version finale, 129 p.

PNUE/OMS/OIT, (1997) ;Environnemental healt.

Criteria N°3. Canada, Lead, 25 p.

PODA, J., (2007) ; Les maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta : état des lieux et perspectives. Volta Basin Focal Project Report N° 4. IRD, Montpellier, France, and CPWF, Colombo, Sri Lanka, 87 p.

PRAS, B. et TARONDEAU, J.,(1981) ;Comportement de l'Acheteur, édition Sirey 66 p.

PS-Eau, (2009) ;Gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain, 192 p.

PS-Eau, (2012) ;Guide pratique sur l'accès à l'eau dans les pays en voie de développement, 18 questions pour des services durables, 52 p.

RANDRIANASOLO, Z., (2002) ; Les déterminants de la diarrhée chez les enfants de moins de cinq ans à Yaoundé, mémoire de DESS en Démographie, *IFORD*, 103 p.

REJSEK, F., (2002) ;Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Aquitaine, Bordeaux, France, 358 p.

RODIER, J., (2009) ; L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9ème édition, pp1113-1115.

SACKOU, K.J., ATTIA, A.R., CLAON, J.S., (2010) ; Analyse qualitative de l'accès à l'eau dans les quartiers précaires du district d'Abidjan. *Cahier de Santé Publique* ; vol 9,N°1,pp 7-15.

SADIQ, R., KLEINER, Y., RAJANI, B. B., (2004); Aggregative risk analysis for water quality failure in distribution networks, AQUA. *Journal of Water Supply, Research & Technology,* vol 53, N°4, pp 241-261.

Santé Canada, (1995) ; Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique les chloramines. Bureau des dangers des produits chimiques, Direction générale de la protection de la santé publique. Ottawa, Ontario. Disponible à : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/chloramines/index-fra.php.

Santé Canada, (2002) ;Résumé des recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada (résumé préparé par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du comité fédéral-provincial-territorial de l'hygiène du milieu et du travail), Accessible à: www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/sommaire.pdf.

Santé Canada, (2008b) : Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique Le chlorite et le chlorate. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). Disponible à : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/chlorite-chlorate/chlorite-chlorate-fra.pdf

Santé Canada, (2011) ; Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique -N-Nitrosodimethylamine. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). Disponible à : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/ndma/ndma-fra.pdf

SAUNDERS, A. M., KRISTIANSEN, A., LUND, M. B., REVSBECH,N. P., SCHRAMM A., (2009); Detection and persistence offecal Bacteroidales as water quality indicators inunchlorinated drinking water.*Syst Appl Microbiol*,vol 32, pp 362-370.

SERHAU, (2006) : Schéma directeur d'aménagement de la Commune d'Abomey-Calavi, horizon 2021 version finale 190 p.

SCHWARTZ, D., (1995) ; Méthodes statistiques à l'usage des médecins et biologistes. Collection statistique en biologie et en médecine, 4ème édition, Flammarion, Médecine et Sciences, Paris, 314 p.

SCHWARTZ, B.S., HARRIS, J.B., KHAN, A.I., (2006); Diarrhoeal epidemics in Dhaka, Bangladesh, during three consecutive floods: 1988, 1998 and 2004. *In Jour Trop Med Hyg*,vol 74, N°6, pp 1067-1073.

SEBO VIFAN, E., (2014) ;Analyse des facteurs de différenciation de la morbidité diarrhéique dans le bassin géographique sud-Béninois du fleuve mono (Afrique de l'ouest). Thèse de doctorat, EDP/GENV/FLASH/UAC, 339 p.

SINAN, M., (2000) ; Méthodologie d'identification, d'évaluation et de protection des ressources en eau des aquifères régionaux par la combinaison des SIG, de la géophysique et de la géostatistique. Application à l'aquifère du Haouz de Marrakech (Maroc). Thèse d'Etat, Université Mohamed V de Rabat, Maroc, 287 p.

SKADSEN, J., (1993);Nitrification in distribution system.*Journal.Am. Water Works Assoc,* vol 85, N°7, pp 95-103.

SLANSKY, M., (1959) ;Contribution à l'étude géologique du Bassin sédimentaire côtier du Dahomey et du Togo. Thèse. Univ. Nancy, série 59, N° 165 et 1962, Mém. BRGM N° 11, 170 p.

SNEL, M., (2003); School Sanitation and Hygiene Education.Thematic overview paper *IRC International water and sanitationCentre*,pp 1-50.

SOGLO, Y. Y., KIBI, N., THIOMBIANO, T.,(2001) ;Détermination de la demande d'eau potable par la création d'un marché fictif base sur le consentement à payer : cas de la ville de Cotonou au Bénin, 22 p.

SOHOUNOU, M., (2018) ; Qualité de l'eau de boisson et risques toxicologiques dans la commune d'Allada au Bénin, Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, EDP, FASHS, UAC, 211 p.

SOME, Y.S.C., SORO, T. D., OUEDRAOGO, S., (2014) ; Étude de la prévalence des maladies liées à l'eau et influences des facteurs environnementaux dans l'arrondissement de Nomgr-Masson : cas du quartier Tanghin (Ouagadougou-Burkina Faso), Int. J. Biol. Chem. Sci. Vol 8, N°1, pp 289-303.

SY, I., (2006) ; La gestion de la salubrité à Rufisque (Sénégal) : enjeux sanitaires et pratiques urbaines. Thèse d'Etat de l'Université Louis Pasteur-Strasbourg, 528 p.

SY, Z.A., WADE, S., (2007) ; Assainissement, salubrité et santé infanto-juvénile en milieu urbain : analyse de l'impact de l'assainissement sur le développement de la pathologie urbaine.

Colloque Santé et environnement : risques et enjeux, Université Senghor, Alexandrie, Egypte 17-18 février, 11 p.

TANDIA, A. A., GAYE, C. B., FAYE, A.,**(1997)** ; Origine des teneurs élevées en nitrates dans la nappe phréatique des sables quaternaires (région de Dakar, Sénégal). Sécheresse,vol 8,N°4, pp 291-400.

TANIGNON-ADINGNI,Y.N., (2011) ; Problématique de l'urbanisation et protection des ressources en eau souterraine : cas de la Commune d'Abomey- Calavi, mémoire de master spécialisé en génie sanitaire et environnement à 2IE, 58 p.

TAZI O., FAHDE A., El YOUNOUSSI, S., (2001) ; Impact de la pollution sur l'unique réseau hydrographique de Casablanca, Maroc. *Sécheresse: (Montrouge),* vol 12, N°2, pp 129-134.

THOMPSON,J., CAIRNCROSS, S.,**(2002);** Drawers of water: assessing domestic use of water. *In Africa Bull World Health Organ,*vol 80, pp 61-62.

TIZAMBO, C.W., (2010) ; Normes en eau potable et assainissement. Maîtrise Professionnelle, option eau et assainissement. Note de Cours.

TCHAOU, G. A., (2013) ; Dynamique de population et offres de services de soins de santé modernes dans la zone sanitaire Abomey-Calavi / Sô-Ava. Thèse de Doctorat, EDP, FASHS, UAC, 341p.

TOM, G., BARNETT, T., LEW, W., SELMANTS, J., (1987); Curing the Consumer: The Role of Salient Cues in Consumer Perception. *The Journal of Consumer Marketing*, vol 4, pp 23-27.

TOTIN, V.S.H., (2010) ;Sensibilité des eaux souterraines du bassin sédimentaire côtier du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation : Stratégies de gestion durable. Thèse de Doctorat, de l'université d'Abomey-Calavi, 283 p.

UE/OMS (2007): Normes de l'eau applicable destinée à la consommation humaine. 19 p. websiaep.faye.free/qualité_de_leau/normes_de_leau/arrete_11-012007_qualite_eau.

UNDP (2006a): Human Development Report 2006. United Nations Development Programme.http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2006. en pdf

UNECA (2006): African Water Development Report. United Nations Economic Commission for Africa.http://www.uneca.org/awich/AWDR_ 2006 htm, consulté le 12/06/2018 à 17h 08'.

UNPD, (2004);Human Development Report New York, United Nations Development Program, 285 p.

UNICEF,(2000) ;Enfants et femmes avenir du Bénin. Cotonou, 62 p.

UNICEF, (2004) ; Connaissances, attitudes et pratiques en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène dans les provinces d'Antananarivo et de Toliary. Rapport d'analyse, 137 p.

UNESCO, (2003) ; Programme Mondial pour l'Evaluation des Ressources en Eau : L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie. Rapport mondial sur la mise en valeur de l'eau dans le monde, UNESCO, 580 p.

VAZQUEZ, E. SUNNE, X., SANCHEZ, V.,CARRERA, J.,(2005); Introductory review of specific factors influencing urban groundwater, an emerging branch of hydrogeology, with reference to Barcelona, Spain. *Hydrogeology Journal*,vol 13, pp 522-533.

VILLAND, M., MONTIEL, A., DUCHEMIN, J., LARUVIERE, M., ZARRABI, P., (2001) ; Eau et santé : guide pratique pour les intervenants en milieu rural africain, PS-EAU : Edition du Gret, 109 p.

VISSIN, E. W., (2007) ; Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, Dijon, 311 p.

WARI, A.S., (2012) ;Problématique de la gestion des déchets ménagers urbains de la ville de N'djamena: cas du 8eme arrondissement. Mémoire de master en ingénierie de l'eau et de l'environnement,Fondation 2IE, 55 p.

WHO, (2002) ; La communication pour agir sur les comportements et faire reculer le paludisme ; Guide de module, OMS/DCPEGMT, juin 2002, Edition provisoire, 32 p. Disponible à l'adresse : http://www.who.int/malaria/docs/communication.pdf

WHO, (2008); Guidelines for drinking-water quality: Incorporating 1st and 2nd addenda. Vol. 1, Recommendations, – 3rd éd., Geneva, 668 p.

WIBOWO,D., TISDELL, C., (1993); Health, safe water and sanitation: a cross-sectional healthproduction function for central Java, Indonesia. *Bull. World Health Organ,*vol 71, pp 237-245.

WILCZAK, A., (2006a); Chapitre 2: Nitrification in water and wastewater treatment. Dans: Fundamentals and control of nitrification in chloraminated drinking water distribution systems. Manual of Water Supply Practices M56.1ère édition.*American Water Works Association,* Denver, Colorado.

WILCZAK, A., (2006b); Chapitre 4: Overview of causes and control of nitrification in water distribution systems. Dans: Fundamentals and control of nitrification in chloraminated drinking water distribution systems. Manual of Water Supply Practices M56.1ère édition.*American Water Works Association*, Denver, Colorado.

WILCZAK A., JACANGELO J., MARCINKO J., ODELL L., KIRMEYER G. et WOLF R. (1996);Occurrence of nitrification in chloraminated distribution systems. *Journal. Am. Water Works Assoc*, vol88 N°7, pp 74-85.

WOLDEMICAEL, G., (2004); Diarrheal morbidity among young children in Eritrea: environmental and socio-economic determinants. Journal of Health, Population and Nutrition, vol 2,pp 83-90. Water Reports N°.29, FAO, Rome. ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/wr29_eng.pdf. (Last accessed on February 2, 2010).

WRIGHT, J., GUNDRY, S., CONROY, R.,(2004); Household drinking water in developing countries: a systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. *Trop Med Int Health*, vol 9, pp 106-17.

WYSS, K., NDIAYE, M., YEMADJI, N.D., JACOLIN, P., (2000) ; Villes en sursis au Sahel. Expériences au Tchad et au Sénégal. ITS/ENDA-GRAF, Edition *L'Harmattan*, Paris, 276 p.

WYSS, K., YEMADJI, N.D., CISSE, G., TANNER, M., (2001) ; Gestion par leurs occupants d'environnements urbains défavorisés au Sahel. SIMPERVIRA N°10 Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS) Abidjan Côte d'Ivoire, 142 p

YAMEOGO, S., SAVADOGO NINDAOUA, A., (2002) ; Les ouvrages de captage de la ville de Ouagadougou et leur vulnérabilité à la pollution. *Labo Hydrogéologie*, Univ .de Ouagadougou, UFR/SVT, 9 p.

YEMADJE, A. A. S., (2009) ; Problématique d'assainissement de base : Cas de l'arrondissement d'Abomey-Calavi, mémoire de DEA, FLASH/UAC, 71 p.

YEMADJE, A. A. S., (2013) ; Basic Purification And Management Of Household Waste In The District Of Abomey-Calavi In Benin Republic: Case Of Agamadin, Gbodjo And Tokpa-Zoungo Areas, International Research Journal of Environment Sciences Vol. 2,N°3, pp. 28-34.

YEMADJE A. A. S., (2014) ; Décharges incontrôlées dans les arrondissements d'Abomey-Calavi et de Godomey : Impacts sur les sols, les eaux et la santé, Thèse de Doctorat, FLASH/UAC, 362 p.

YONKEU, S., MAIGA, A. H., WETHE, J., MAMPOUYA, M., MAGA, G. P., (2003) ; Conditions socio-économiques des populations et risques de maladies: Le bassin versant du barrage de Yitenga au Burkina Faso. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol *4*, N°1, pp 255-268.

ZANNOU,. F., (2006) ; Phénomène des postes d´eau autonomes privés au Bénin : diagnostic, impacts et solutions alternatives. Mémoire de DESS-MEQUE FAST/UAC. 111p.

ZHANG, Y., GROIFFIN, A., EDWARDS, M., (2008); Nitrification in premise plumbing: role of phosphate, pH, and pipe corrosion. *Environ. Sci. Technol*, vol 42, N°12 pp 4280-4284.

ZOUNON, O., (2010) ; Gestion de l'eau de consommation et problèmes de santé des populations dans la Commune de Comé. Mémoire de DEA/EDP/FLASH/UAC, 123 p.

Sites Web

Situation actuelle du secteur de l'eau et problèmes majeurs, URL : www.portaileau.org/mission/afrique/benin-suite.html consulté le 04/05/09

Jeune Afrique Economie, Distribution de l'eau : Investir pour développer l'accès à l'eau potable sur le continent, URL : http://www.jeuneafrique.com/Article/JA2671p018.xml0/ consulté le 01/03/12

Liste des Tableaux

Tableau I: Normes d'accès à l'eau potable au Bénin 37
Tableau II : Répartition des ménages interviewés par Arrondissement 46
Tableau III : Répartition des personnes ressources 46
Tableau IV : variables de l'indicateur d'Accès à l'eau de Consommation (IAEC) 57
Tableau V: Variables de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) 64
Tableau VI : Matrice d'appréciation de l'assainissement dans la survenue des maladies hydriques 65
Tableau VII : Présentation de la grille d'exposition, d'impact et d'évaluation 65
Tableau VIII : Recharge des aquifères du bassin sédimentaire côtier 81
Tableau IX : Inventaire des FPM 111
Tableau X : Inventaire des PEA 111
Tableau XI : Inventaire des BF 112
Tableau XII : Inventaire des AEV 112
Tableau XIII : Correspondance entre ouvrage et équivalent point d'eau 114
Tableau XIV : Nombre d'équivalent point d'eau et le taux de desserte par arrondissement 114
Tableau XV : Comparaison des taux de desserte de 2012 et de 2016 116
Tableau XVI: L'indice de KMO et le test de Bartlett 119
Tableau XVII: Valeurs propres des composantes principales 120
Tableau XVIII: Application de l'Indicateur d'Accès à l'Eau Consommation (IAEC) aux ménages de la Commune d'Abomey-Calavi 120
Tableau XIX : Variation saisonnière des prix du mètre cube d'eau 129
Tableau XX : Comparaison du prix du m^3 d'eau au Bénin, au Togo et au Mali 130
Tableau XXI: Dépense mensuelle théorique de consommation d'eau par ménage 131
Tableau XXII: Répartition (en %) de la population fonction des revenus des ménages dans la commune 132
Tableau XXIV : Périodicité de renouvellement de l'eau des récipients de stockage 148
Tableau XXV : Test du Khi-deux entre le nombre de jours de conservation et la qualité de l'eau. 149
Tableau XXVI : Test du Khi-deux entre l'entretien des récipients de stockage et la qualité de l'eau. 150
Tableau XXVII : Test du Khi-deux entre la distance qui sépare une décharge d'ordures et la qualité de l'eau de consommation. 153
Tableau XXVIII : Valeur des indices KMO et test de Bartlett 156

Tableau XXIX: Valeurs propres issues de l'ACP 157

Tableau XXX: Application de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) aux ménages de la Commune d'Abomey-Calavi 157

Tableau XXXI : Corrélation entre l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement et la survenue d'un cas de maladie hydrique 158

Tableau XXXII : Matrice d'appréciation de l'assainissement dans la survenue des maladies hydriques 162

Tableau XXXIII: Qualité physico-chimique de l'eau de consommation (ABeNor, 2003).... 165

Tableau XXXIV : Qualité bactériologique de l'eau de consommation (Directive de l'OMS 2008) 166

Tableau XXXV : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des PEA 167

Tableau XXXV : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des AEV..... 168

Tableau XXXVI: Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des forages (FPM) .. 169

Tableau XXXVII: Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau prélevée dans le fleuve Togbo..... 170

Tableau XXXVIII: Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau de puits..... 171

Tableau XXXIX : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à la source 173

Tableau XXXX : Résultats des paramètres physico-chimiques prélevés durant le transport 174

Tableau XXXXI : Qualité physico-chimique des échantillons d'eau lors du stockage 175

Tableau XXXXII: Rappel des risques liés aux différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques..... 178

Liste des Figures

Figure 1: Schéma conceptuel des aspects socio-économiques et sanitaires de la consommation de l'eau dans la Commune d'Abomey-Calavi 33
Figure 2 : Site de prélèvement des échantillons d'eau 48
Figure 3 : Situation géographique de la commune d'Abomey-Calavi 70
Figure 4 : Réseau hydrographique de la commune d'Abomey-Calavi 73
Figure 5 : Structures hydrogéologiques de la commune d'Abomey-Calavi 77
Figure 6 : Variabilité des précipitations annuelles 1967 à 2014 en écarts centrés réduits 78
Figure 7 : Evolution du régime pluviométrique mensuelle de la station de Cotonou 79
Figure 8 : Variation saisonnière du bilan climatique moyen (1953-2015)..... 80
Figure 9 : Evolution démographique de la commune d'Abomey-Calavi de 1979 à 2025 82
Figure 10 : Situation matrimoniale des chefs de ménages de la Commune de Abomey-Calavi 84
Figure 11 : Taille des ménages parcourus 85
Figure 12 : Niveau d'instruction des chefs de ménages dans la Commune de Abomey-Calavi 86
Figure 13 : Nombre d'abonnés dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi 90
Figure 14 : Nombre d'abonnés dans l'arrondissement de Godomey. 90
Figure 15 : Nombre de cas de résiliation dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi..... 91
Figure 16 : Nombre de cas de résiliation dans l'arrondissement de Godomey 91
Figure 17 : Raisons de l'abandon des infrastructures hydrauliques 103
Figure 18 : Besoins journaliers en eau de consommation 104
Figure 19 : Sources d'eau pour les usages domestiques 106
Figure 20: Analyse à de la gestion des infrastructures d'accès à l'eau de consommation dans la commune d'Abomey-Calavi 109
Figure 21: Spatialisation des infrastructures hydrauliques dans la commune d'Abomey-Calavi 118
Figure 22 : Distance moyenne parcourue pour avoir accès à l'eau 122
Figure 23 : Proportions des différentes distances parcourues 125
Figure 24 : Nombre d'heures perdues pour s'approvisionner en eau dans la Commune d'Abomey-Calavi 126
Figure 25 : Mode de gestion des déchets solides ménagers dans la commune d'Abomey-Calavi 136
Figure 26 : Lieux de défécation des populations dans la Commune de Abomey-Calavi 139

Figure 27 : Moyens de prélèvement de l'eau de consommation dans la Commune de Abomey-Calavi..... 142
Figure 28: Moyen de transport de l'eau de consommation vers les ménages..... 145
Figure 29 : Mode de conservation de l'eau de consommation à domicile..... 146
Figure 30 : Entretien des récipients de Stockage d'eau de consommation 149
Figure 31 : Distance entre les concessions et les lieux de dépôt des ordures ménagères dans la Commune de Abomey-Calavi..... 151
Figure 32 : Distance entre les points d'eau et les lieux de dépôt des ordures dans la Commune de Abomey-Calavi..... 152
Figure 33 : Indicateur de Salubrité de l'Environnement et maladies hydriques 159
Figure 34 : Schéma de la transmission et du contrôle de la maladie..... 160
Figure 35 : Appréciation de la qualité de l'eau de consommation par les populations..... 176
Figure36 : Motifs de consultation dans la commune d'Abomey-Calavi de 2008 à 2017..... 181
Figure37 : Fréquence des affections par saison dans la Commune d'Abomey-Calavi..... 182
Figure 38 : Evolution des cas de maladies hydriques de 2008 à 2017 dans la Commune d'Abomey-Calavi..... 183
Figure 39 : Répartition des taux de prévalences des maladies hydriques par les arrondissements 185
Figure 40 : Rythme intermensuel des affections diarrhéiques dans la Commune d'Abomey-Calavi..... 186
Figure 41: Evolution des cas de maladies hydriques et taux de desserte dans la Commune d'Abomey-Calavi..... 188
Figure42 : Perception des causes des maladies hydriques selon les populations..... 190
Figure 43: Mesure de prévention des maladies hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi 191
Figure 44 : Circuit thérapeutique des affections hydriques dans la Commune d'Abomey-Calavi 192
Figure 45 : Sources de financement des dépenses de santé 193

Liste des photos

Photo 1 : Forage équipé d'une station de pompage à Zinvié-Centre 93

Photo 2 : Château d'eau à Allansankomè dans l'arrondissement de Ouèdo 93

Photo 3 : Présence d'une borne fontaine nouvellement construite à Kansoukpa dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi 94

Photo 4 : Forage équipé de pompe à motricité humaine utilisant des manches à Houèkèhonou dans l'arrondissement d'Akassato 95

Photo 5 : Robinets servant le PEA à Agonsoudja dans l'arrondissement d'Akassato. 96

Photo 6 : Puits traditionnel à treuil à Drabo dans l'Arrondissement de Togba. 97

Photo7 : Puits traditionnel dans l'Arrondissement de Kpanroun 97

Photo 8 : Recueil d'eau pluviale à l'aide de citerne à Avagbé dans l'arrondissement de Kpanroun 99

Photo 9 : Intérieur d'une citerne toujours en usage à Sèmè (Abomey-Calavi-centre) 100

Photo 10 : Citerne dans une concession à Drabo 101

Photo 11 : Utilisation de l'eau de mare pour la lessive à Bozoun 106

Photo 12 : Cabris couché dans une cuisine à Avagbé (Kpanroun) 140

Photo 13 : Environnement verdâtre d'un FPM à Bozoun (Kpanroun) 141

Photo 14 : Puisette en bidon laissé à même le sol après le prélèvement de l'eau à Yèvié (Zinvié) 142

Photo 15 : Conservation de l'eau dans l'arrondissement de Kpanroun 148

Photo 16 : Distance entre un puits et une fosse septique dans l'arrondissement de Zinvié (Yèvié Dokomey) 154

Liste des planches

Planche 1 : Marécage à Dokomey dans l'arrondissement de Zinvié (a) et plan d'eau "lac vert'' à Djigbo dans l'arrondissement de Kpanroun (b) 75

Planche 2 : Ouvrages de captage de l'eau souterraine dans les villages de Kansounkpa (a) arrondissement central d'Abomey-Calavi et de Bozoun (b) arrondissement de Kpanroun..... 81

Planche 3 : Utilisation de l'eau de surface à Bozoun et Avagbo dans Kpanroun 102

Planche 4 : Ramassage (a) et déversement des ordures (b) par l'ONG BALEM 135

Planche 5 : Déversement des ordures dans les bas-fonds(a) et Décharge sauvage derrière une maison habitation à Agori dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi (b)..... 136

Planche 6 : Bassin tampon (a), Bassin de lagune (b) et Bassin de maturation (c) du Site de traitement des eaux usées domestiques de Tokpa Zoungo..... 138

Planche 7: Fosse septique dans l'arrondissement d' Abomey-Calavi..... 139

Planche 8 : Un homme avec une bassine d'eau sur la tête à Djigbo (Kpanroun) et une femme avec une bassine d'eau sur la tête à Dangbodji (Zinvié)..... 144

Planche 9 : Conservation de l'eau de consommation à Tokpa-Zoungo dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi 147

ANNEXES

Annexe 1 : Protocole d'analyse des échantillons d'eau

Les analyses du laboratoire concernent les paramètres physiques, chimiques et bactériologiques des échantillons prélevés. Elles sont faites au laboratoire de la DG-Eau.

Elle a pour objectif de vérifier la qualité des eaux de boisson utilisées par les ménages (forages, puits, eaux de surface). Les coliformes et les Escherichia coli ont été recherchés quantitativement. Il en est de même pour certains paramètres physico-chimiques spécifiques en l'occurrence le nitrate, le nitrite et l'ammonium.

Modes opératoire des paramètres physico-chimiques mesurés

- **pH mode opératoire**

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension ;
- rincer l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable ;
- plonger l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres ;
- attendre que la valeur soit stable avant la lecture ;
- rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre pour réaliser la mesure suivante.

- **Fonctionnement du turbidimètre**

- Appuyer sur le bouton d'alimentation électrique situé à l'arrière de l'appareil ;
- remplir une cuvette propre jusqu'au trait (30 ml) avec de l'eau à analyser en évitant la formation de bulle d'air ;
- tenir la cuvette par le bouchon et l'essuyer avec mouchoir doux sans peluches pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts ;
- placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot ;
- presser la touche SIGNAL.AVG pour choisir le mode d'intégration du signal (actif ou non)
- presser la touche UNITS pour sélectionner l'unité de mesure N.T.U ;
- lire et noter le résultat affiché ;
- ouvrir le capot et retirer la cuvette du puits de mesure ;
- vider la cuvette et la rincer avant la mesure suivante.

- **Fonctionnement de l'appareil de mesure de la conductivité électrique**

- Retirer l'électrode de son étui de protection ;
- rincer l'électrode à l'eau distillée ;
- plonger la cellule dans l'échantillon à analyser ;
- appuyer sur + ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension
- vérifier que ARNG soit affiché si non appuyer sur _
- vérifier que n FL soit affiché sinon appuyer sur TC jusqu'à apparition
- vérifier que la température et l'unité Sal soient affichées sinon sur la touche _ jusqu'à leur apparition.
- appuyer sur la touche_ jusqu'à ce que s'affiche TDS sur l'écran
- attendre que la valeur soit stable avant de prendre la mesure des solides totaux dissous (TDS)
- appuyer sur la touche_ jusqu'à ce que s'affiche Lin, ARNG et le lire la valeur de la conductivité en 115/cm
- retirer l'électrode de la solution à mesurer et mettre dans son étui de protection.

- **Couleur mode opératoire**

- Mettre l'appareil sous tension ;
- entrer le numéro 120 du programme mémorisé pour la couleur ;
- ajuster la longueur d'onde à 450 nm ;
- placer le blanc (25 ml d'eau distillée) ;
- ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche ZERO ;
- retirer le blanc et placer 25 ml de l'échantillon filtré (couleur vraie) ou 25 ml de l'échantillon non filtré (couleur apparente) ;
- appuyer READ et le résultat en unités pt-co APHA s'affiche.

- **Nitrites mode opératoire**

- Allumer le spectrophotomètre DR/4000, presser la touche de fonction PROGRAM. HACH. Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour les nitrites 2610 et presser ENTER. La longueur d'onde (_) 507 nm automatiquement sélectionnée ;
- remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon ;
- ajouter le contenu d'une gélule de nitriver 3 à la cuvette (l'échantillon préparé) ;
- boucher et agiter pour dissoudre ;

- NB : En présence de nitrite, une coloration rose se développe.
- Presser la touche de fonction DEMAR MINUT. Une période de réaction de 20 minutes commence ;
- lorsque le minuteur sonne, remplir une autre cuvette (le blanc) avec 10 ml d'échantillon ;
- placer le blanc dans le compartiment de mesure ;
- presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : 0,000mg / l N-N02-
- retirer le bouchon ;
- placer l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure. Fermer le capot et lire la valeur affichée en mg/l de N-N0.

o **Nitrates mode opératoire**

- Allumer le spectrophotomètre DR/4000. Presser la touche de fonction PROGRAM. HACH.
- Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour le nitrate, méthode Test' N tube en entrant 2511 au clavier numérique et Presser ENTER ;
- **NB** : Si les échantillons ne peuvent pas être analysés immédiatement, voir prélèvement, conservation et stockage à la suite de cette technique ; avant l'analyse, ajuster le pH des échantillons conservés.
- L'affichage indique : PROGRAM HACH : 2511 N, Nitrate GH T.N.T. La longueur d'onde 410 nm est automatiquement sélectionnée ;
- placer et aligner l'adaptateur de tube à essai dans le compartiment d'échantillon de l'appareil. Le fixer avec le bouton moleté ;
- retirer le bouchon d'un tube Test N tube de Nitraver x Réactif A et ajouter1,00 ml d'échantillon. (ceci sera le blanc) ;
- boucher hermétiquement le tube et le retourner 10 fois pour mélanger ;
- **NB** : Si ces instructions ne sont pas suivies, des résultats trop faibles seront obtenus.
- Tenir le tube vertical avec le bouchon vers le haut. Retourner le tube et attendre que la solution s'écoule vers le bouchon ;
- Remettre le tube à l'endroit et attendre que toute la solution s'écoule vers le fond du tube. Ceci est un retournement. Répéter 10 fois ;
- essuyer l'extérieur du tube avec un tissu propre ;
- **NB** : Essuyer avec un tissu mouillé puis avec un tissu sec pour éliminer les traces de doigts et autres marques.

- Placer le blanc dans le compartiment de mesure. Fermer le capot ;
- presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : 0,0mg /l N-N0 3-
- retirer le tube de l'appareil. Retirer le bouchon du tube en utilisant un entonnoir ;
- ajouter le contenu d'une gélule de réactif Nitraver x Réactif B au tube ;
- boucher hermétiquement le tube et retourner 10 fois pour mélanger. (Ceci sera l'échantillon préparé). Une petite quantité de poudre ne se dissout pas ;
- presser la touche de fonction DEMAR MINUT. Une période de réaction de 5 minutes commence. Ne pas retourner le tube de nouveau ;
- **NB** : En présence de nitrate, une coloration jaune se développe.
- Lorsque le minuteur sonne, essuyer l'extérieur du tube avec un tissu propre ;
- placer l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure.
- fermer le capot. La concentration de nitrate en mg /l d'azote (N) (ou l'unité choisie) s'affiche.
- **NB** : Lire l'échantillon moins de 5 minutes après la sonnerie du minuteur.

o **Ammoniac libre mode opératoire**

- Allumer le spectrophotomètre DR/6000 ;
- presser la touche de fonction PROGRAM HACH.
- sélectionner le numéro de programme mémorisé pour la monochloramine et l'ammoniac libre en choisissant le numéro correspondant et presser ENTER. L'affichage indique : PROGRAM. HACH : 2470 N, monochloramine, la longueur d'onde 655 nm, est automatiquement sélectionnée ;
- remplir trois cuvettes rondes de 10 ml jusqu'au trait 10 ml avec l'échantillon.
- étiqueter une cuvette « blanc », une cuvette « ammoniac libre » et une cuvette « monochloramine » ;
- boucher la cuvette marquée blanc. Aucun réactif n'est ajouté ;
- pour la mesure de l'ammoniac libre ajouter une goutte de solution d'hypochlorite à la cuvette marquée ammoniac. Boucher la cuvette et mélanger ;
- ajouter rapidement le contenu d'une gélule de réactif monochloramine à la cuvette marquée ammoniac libre et celle marquée monochloramine ;
- boucher et agiter pour dissoudre ;
- presser la touche de fonction DEMAR MINUT. Une période de 15 minutes commence ;
- essuyer les marques de doigts et traces de liquide sur les cuvettes ;

- lorsque le minuteur sonne, placer le blanc dans le compartiment de mesure et fermer le capot.
- presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : 0,01 mg /l N -NH_2 Cl ;
- placer la cuvette marquée monochloramine dans le compartiment de mesure ;
- Fermer le capot. La concentration de monochloramine en mg/l d'azote N-NH_2 Cl (ou l'unité choisie) s'affiche.
- **NB** : Ne pas retirer la cuvette du compartiment de mesure.
- Presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : n. mg /l N-NH_2 Cl.
- **NB** : Une valeur négative est affichée lors du réglage du zéro pour corriger le blanc de réactif.
- Placer la cuvette marquée ammoniac libre dans le compartiment de mesure ;
- Fermer le capot.

La concentration d'ammoniac en mg/l d'azote N-NH_3 s'affiche.

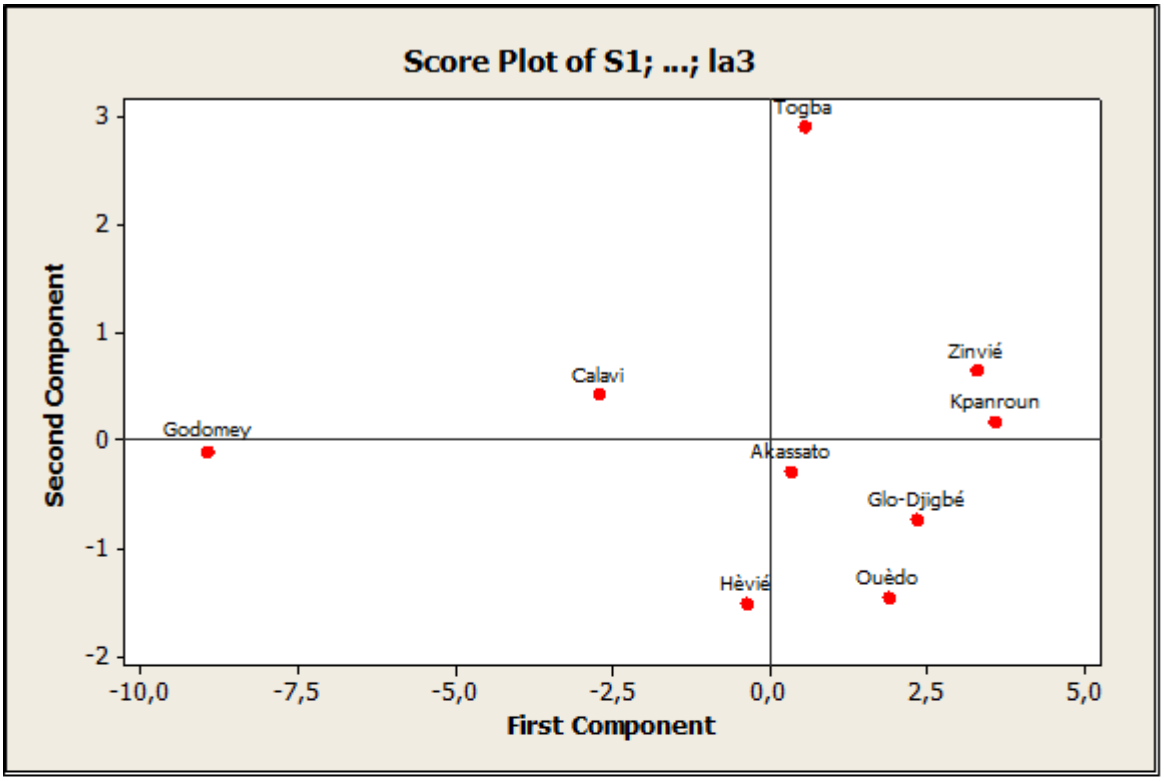
ANNEXE 2:ALGORITHME DE BUFFERING

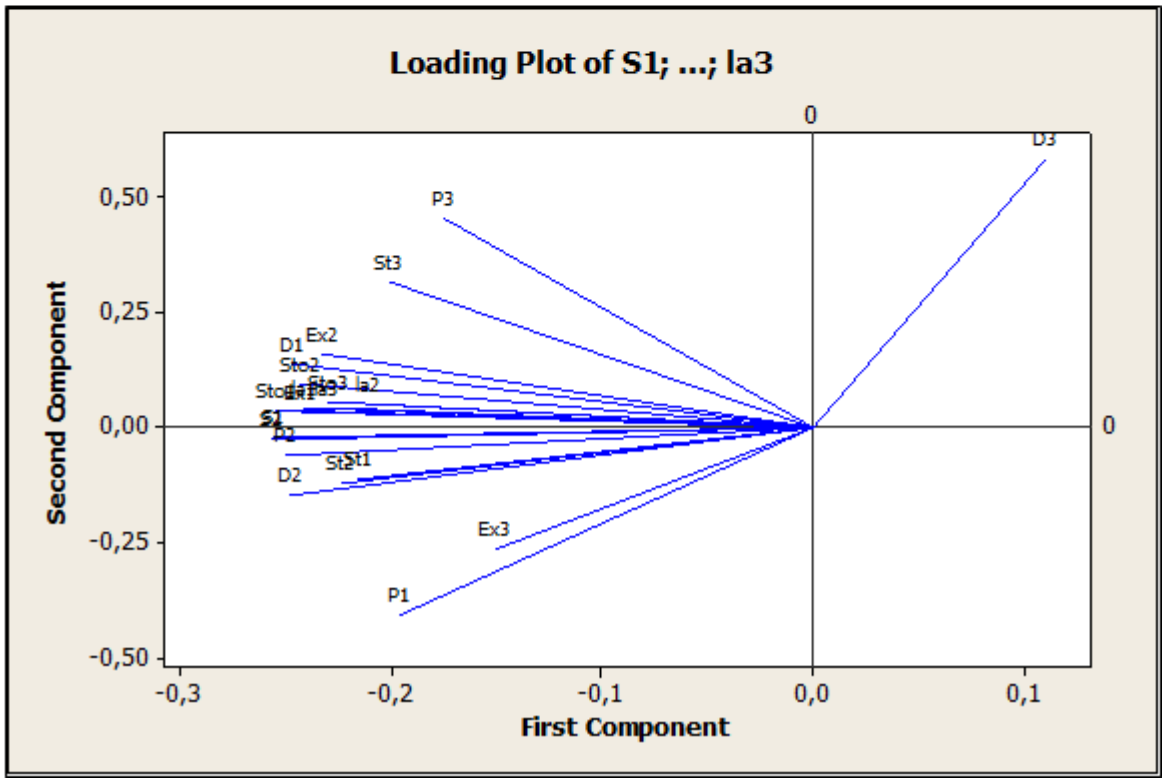






ANNEXE 3 : RESULTATS ACP (Indice d'Accès à l'Eau de Consommation)





Variance totale expliquée

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	14,913	71,016	71,016	14,913	71,016	71,016
2	1,816	8,649	79,665	1,816	8,649	79,665
3	1,502	7,153	86,817	1,502	7,153	86,817
4	1,323	6,302	93,119	1,323	6,302	93,119
5	,582	2,774	95,892			
6	,552	2,626	98,519			
7	,171	,814	99,333			
8	,140	,667	100,000			
9	1,017E-013	1,081E-013	100,000			
10	1,005E-013	1,023E-013	100,000			
11	1,005E-013	1,023E-013	100,000			
12	1,003E-013	1,016E-013	100,000			
13	1,002E-013	1,009E-013	100,000			
14	1,000E-013	1,002E-013	100,000			
15	-1,001E-013	-1,004E-013	100,000			
16	-1,001E-013	-1,006E-013	100,000			
17	-1,004E-013	-1,018E-013	100,000			
18	-1,004E-013	-1,020E-013	100,000			
19	-1,006E-013	-1,031E-013	100,000			
20	-1,010E-013	-1,050E-013	100,000			
21	-1,017E-013	-1,079E-013	100,000			

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

Matrice des composantes[a]

	Composante			
	1	2	3	4
S1	,987	-,029	-,085	,006
S2	,993	-,045	,028	,016
S3	-,539	,028	,196	,727
D1	,960	,180	-,056	-,126
D2	,957	-,189	,039	,167
D3	-,440	,794	,179	,294
P1	,763	-,549	,018	,050
P2	,964	-,067	-,200	,077
P3	,645	,608	,375	-,250
Ex1	,935	,082	-,265	,091
Ex2	,911	,115	,186	-,203
Ex3	,535	-,378	,676	,114
St1	,832	-,182	,201	,147
St2	,821	-,025	-,398	,225
St3	,791	,367	,004	-,274
Sto1	,978	,018	-,063	-,021
Sto2	,929	,148	,042	,182
Sto3	,899	,032	,355	,023
la1	,928	,021	,333	,079
la2	,656	,283	-,292	,560
la3	,897	,057	-,387	-,169

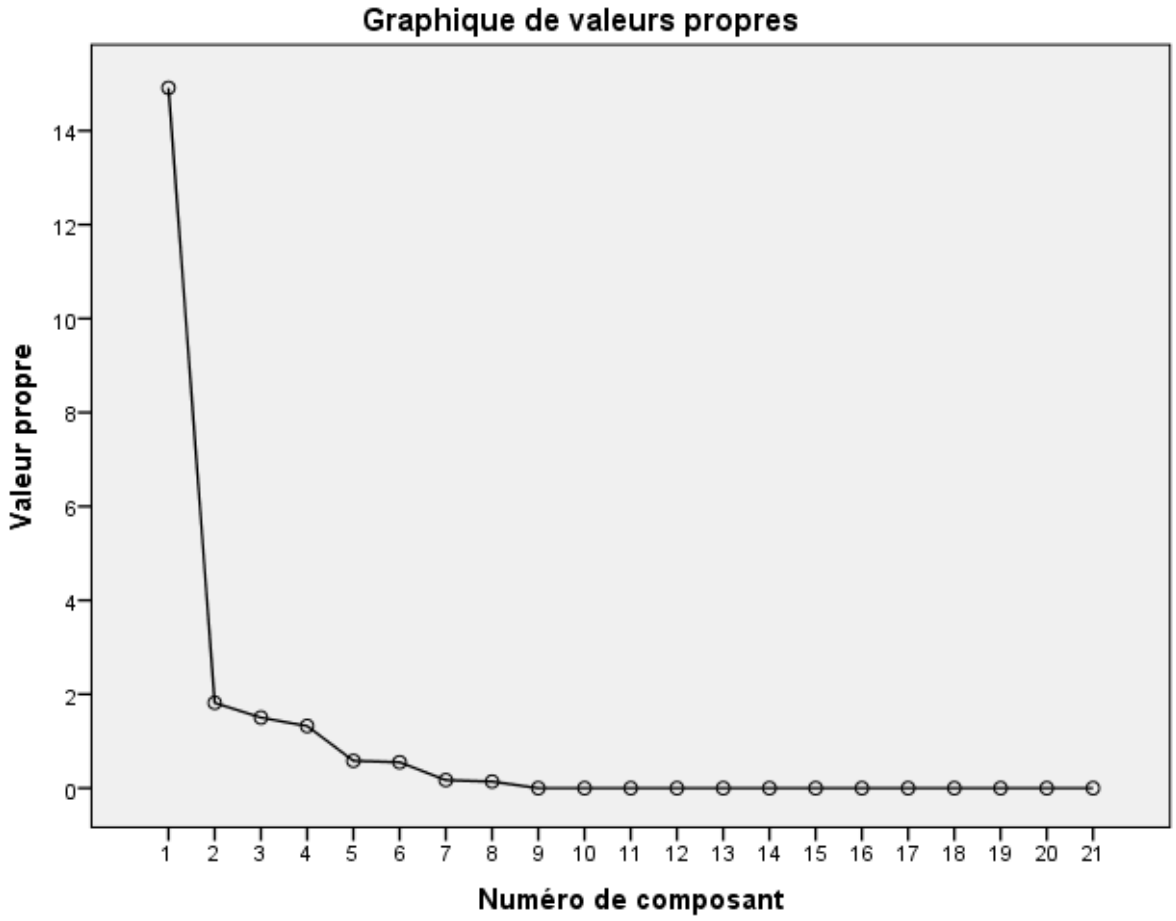
Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales à 4 composantes extraites.

Matrice des coefficients des coordonnées des composantes

	Composante			
	1	2	3	4
S1	,066	-,016	-,056	,005
S2	,067	-,025	,019	,012
S3	-,036	,015	,131	,550
D1	,064	,099	-,037	-,095
D2	,064	-,104	,026	,126
D3	-,030	,437	,119	,222
P1	,051	-,303	,012	,038
P2	,065	-,037	-,133	,058
P3	,043	,335	,250	-,189
Ex1	,063	,045	-,176	,069
Ex2	,061	,063	,124	-,154
Ex3	,036	-,208	,450	,086
St1	,056	-,100	,134	,111
St2	,055	-,014	-,265	,170
St3	,053	,202	,003	-,207
Sto1	,066	,010	-,042	-,016
Sto2	,062	,081	,028	,138
Sto3	,060	,018	,236	,018
la1	,062	,011	,222	,060
la2	,044	,156	-,195	,423
la3	,060	,031	-,258	-,128

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

Scores composante.

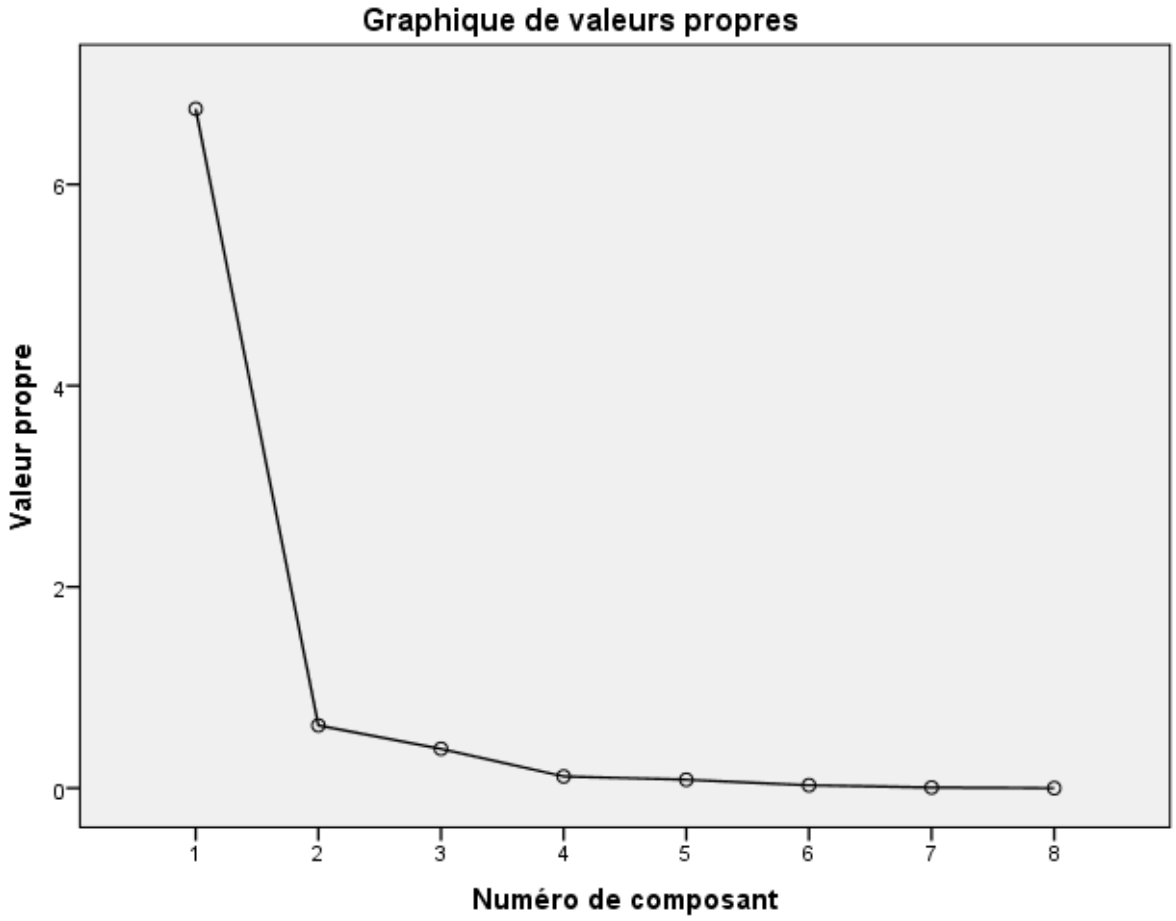


L'Indice de Salubrité de l'Environnement (ISE)

Variance totale expliquée

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	6,751	84,382	84,382	6,751	84,382	84,382
2	,624	7,797	92,179			
3	,391	4,882	97,061			
4	,116	1,456	98,517			
5	,084	1,050	99,567			
6	,029	,357	99,924			
7	,006	,076	100,000			
8	4,134E-007	5,167E-006	100,000			

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.



Matrice des composantes[a]

	Composante
	1
@1	,925
@2	,943
@3	,927
@1	,934
@2	,922
@3	,882
@2	,883
@3	,931

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales à 1 composante extraite.

ANNEXE 4 : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

N° /___/___/___/ (A ne pas remplir)

THEME : Consommation de l'eau dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin : aspects socio-économique et sanitaire

Section 1 : Identification et caractéristiques socio-démographiques

N°	Variables	Modalités	Codes	Saut
Q10	Arrondissement	_____	/____/	
Q11	Village	_____		
Q12	Combien êtes-vous dans le ménage ?	02-05 personnes 05-09 personnes 09 et plus	1 2 3	
Q13	Combien de chambres (ménages) il y a-t-il dans la concession ?	/___/___/		
Q14	Activités professionnelles			
Q15	Revenus du ménage			

Objectif spécifique 1 : Caractériser les déterminants physique, humain et socio-économique de l'accès à l'eau de consommation dans la Commune d'Abomey-Calavi

Section 2 : Caractérisation de l'utilisation de l'eau de consommation et accessibilité aux infrastructures hydrauliques

N°	Questions	Réponses	Code	saut
Q16	Quels usages faites-vous des eaux de pluie ?	Boisson Lessive Vaisselle Bain Cuisson Autres usages	1 2 3 4 5 6	
Q17	Quels usages faites-vous des eaux de surface ?	Boisson Lessive Vaisselle Bain Cuisson Autres usages	1 2 3 4 5 6	
Q18	Quels usages faites-vous des eaux souterraines ?	Boisson Lessive Vaisselle Bain Cuisson Autres usages	1 2 3 4 5 6	
Q19	L'eau de consommation est-elle disponible toute l'année		1 0	
Q20	En cas de pénurie y a –t-il des priorités		1 0	
Q21	Si oui, indiquer ces priorités			
Q22	Quelle est l'infrastructure que vous utilisez pour vous approvisionner en eau ?	Puits traditionnels Puits modernes FPM PEA Privés AEV + Bornes fontaines Citerne Pompe SONEB Branchements privés	1 2 3 4 5 6 7 8	
Q23	Pourquoi utilisez-vous ces infrastructures pour vous approvisionner en eau potable ?	Distance réduite de la maison Qualité appréciable de l'eau Prix bas de l'eau Autres (Précisez) _____ _____	1 2 3 4	

Q24	Arrive-t-il que ces infrastructures soient abandonnées ?	Oui Non	1 0	
Q24a	Si oui, pourquoi ?	Panne technique Conflit de gestion Longue file d'attente Baisse de la pression Qualité douteuse de l'eau Mauvaise gestion Distance longue au point d'eau Coupure Prix élevé de l'eau Autre (Précisez) _____ _____		
Q25	A quelle distance se trouve le point d'eau de votre domicile ?	Moins de 200 m Entre 200 et 500 m Entre 1 et 2 Km Entre 2 et 3 Km Plus de 3 Km Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3 4 5 6	
Q26	Quel est le moyen de déplacement que vous utilisez pour aller chercher l'eau?	Pieds Vélo Moto Charrette Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3 4 5	Si 1 >> Q309
Q27	Combien de minutes faites-vous pour aller au point d'eau ?	/___/___/___/ minutes		
Q28	Combien de minutes attendez-vous au point d'eau avant de vous approvisionner ?	/___/___/___/ minutes		
Q29	Combien de minutes faites-vous pour revenir du point d'eau à votre maison ?	/___/___/___/ minutes		
Q30	Combien de fois allez-vous vous approvisionner en eau par jour ?			
Q31	Quelle quantité d'eau consommez-vous par jour dans le ménage ?	20 L - 40 L 40 L – 60 L 60 L – 80 L Plus de 80 L	1 2 3 4	
Q 32	L'eau est-elle vendue dans votre village ?	Oui Non	1 2	
Q32a	A combien est vendu la bassine de 20 L ?	/___/____/ F		
Q32b	A combien est vendu le bidon de 25 L ?	/___/____/ F		
Q32c	A combien est vendu la bassine de 30 L ?	/___/____/ F		
Q32d	A combien est vendu la bassine de 50 L ?	/___/____/ F		
Q32e	A combien est vendu la bassine de 60 L ?	/___/____/ F		
Q32f	Combien dépensez-vous pour l'eau par jour	/___/____/___/____/ F		
Q32g	Combien dépensez-vous pour l'eau par semaine	/___/____/___/____F		
Q32h	Combien dépensez-vous pour l'eau par mois	___/____/___/____F		

Objectif spécifique 2 : déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation et la prévalence des maladies hydriques dans le secteur d'étude

Section 3 : Caractéristiques épidémiologiques des ménages

Q33	Comment appréciez-vous la qualité de l'eau provenant de ces infrastructures hydrauliques ?	Bonne Moyenne Mauvaise Douteuse Autre (précisez)_____	1 2 3 4 5	
Q34	De quelles maladies souffrez-vous souvent dans le ménage ?	Paludisme Diarrhée IRA Maladies de la peau Constipation Malnutrition Infections respiratoires Troubles cardiaques Traumatismes Dermatoses Problèmes d'yeux Autre (Précisez)_____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
Q35	Quelles sont les maladies dont vous souffrez pendant les saisons sèches ?	Paludisme Diarrhée IRA Maladies de la peau Constipation Malnutrition Infections respiratoires Troubles cardiaques Traumatismes Dermatoses Problèmes d'yeux Autre (Précisez)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
Q36	Quelles sont les maladies dont vous souffrez pendant les saisons pluvieuses?	Paludisme Diarrhée IRA Maladies de la peau Constipation Malnutrition Infections respiratoires Troubles cardiaques Traumatismes Dermatoses Problèmes d'yeux Autre (Précisez)		
Q37	Les membres de votre ménage ont-t-ils souffert deshydriques ces trente derniers jours ?	Oui Non	1 2	
Q38	Quelles sont les causes de ces affections ?	Eau souillée Intoxication alimentaire Intolérance alimentaire Indigestion/constipation Vers intestinaux Hygiène, insalubrité Causes divines (sociales)	1 2 3 4 5 6 7	
Q39	Quelles sont les symptômes de ces affections?	Fièvre Céphalée Vomissement Selles molles plus de trois fois par jour Douleurs abdominales Courbature Autre (Précisez)	1 2 3 4 5 6 7 8	

Q40	Comment peut-on prévenir les maladies hydriques?	Boire de l'eau propre Manger des aliments sains (non contaminés) Se laver les mains après les selles Se laver les mains avant chaque repas Assainir son cadre de vie Préserver la nature et les cours d'eau des déchets et des excréta de toutes sortes Autres (à préciser)	1 2 3 4 5 6 7	
Q41	Comment traitez-vous les cas de maladies hydriques dans votre ménage ?	Injections Comprimés Infusion/décoction Autre (Précisez)	1 2 3 4	
Q42	Lorsque vous êtes malade, quel est votre premier recours thérapeutique ?	Automédication phytothérapeutique Automédication moderne (avec médicaments de la rue) Automédication moderne (avec médicaments de la pharmacie) Recours au service d'un phytothérapeute Solution spirituelle Centre de santé Autres (précisez)	1 2 3 4 5 6 7	
Q43	D'où proviennent les ressources financières que vous utilisez pour soigner les cas de maladies hydriques?	Epargne du ménage Tontine Associations ou Mutuelles Vente de produits agricoles Emprunts Usure et gage Dons et aides Autres (à préciser)	1 2 3 4 5 6 7 8	

Objectif spécifique 3 : Analyser les facteurs de pollution de l'eau de consommation dans la commune d'Abomey-Calavi.

Section 4 : Gestion de l'environnement et santé

Q44	Comment gérez-vous les ordures ménagères?	Incinération Enfouissement Dépotoirs Nature Autre (Précisez) _____ _____	
Q45	Existe-t-il une décharge d'ordures dans votre village ?	Oui Non	
Q46	A quelle distance se situe la décharge d'ordure de la source d'eau que vous consommez ?	100 à 500 m 500 m à 1Km 1 à 3 Km Plus de 3 Km Autres (à préciser) _____	
Q47	A quelle distance se situe la décharge d'ordure de votre concession ?	A côté de l'habitation 100 m de l'habitation Plus de 100 m de l'habitation Autres (préciser) _____ _____	

Q48	Le rejet des ordures dans la nature peut-elle rendre malade ?	Oui Non	1 0
Q49	Quelle maladie cette pratique peut –elle entrainer ?	Diarrhée Maux de ventre Vers intestinaux Autre (Précisez) _____	1 2 3 4
Q50	Avez-vous des fosses septiques ?	Oui Non	1 0
Q51	Quel est votre lieu d'aisance habituel ?	Fosse septique Nature Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3
Q52	A combien de mètre de votre habitation les enfants vont-ils leurs selles ?	Sur le dépotoir à côté Dans la végétation à côté de l'habitation Derrière la concession Pas de lieu fixe Dans la végétation, loin de l'habitation Dans les fosses septiques dans la concession Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3 4 5 6 7
Q53	Le rejet des excrétas dans la nature peut être rendre malade ?	Oui Non	1 0
Q54	Quelles sont les affections qui peuvent provenir de la défécation sauvage ?	Choléra Diarrhée Maux de ventre Vers intestinaux Autres _____ _____	1 2 3 4 5
Q55	Envisagez-vous construire une infrastructure d'évacuation des excrétas ?	Oui Non	1 0
Q56	Elevez-vous des animaux	Oui Non	1 0
Q57	Où vivent-ils ?	Dans la nature Dans un enclos Dans la cour Autre (Précisez)	1 2 3 4
Q58	Où mangent-ils ?	Dans la nature Dans l'enclos Dans la cour Autre (Précisez)	1 2 3 4
Q59	Avec quoi prenez-vous l'eau au point d'eau ?	Sceau+bidon avec corde Sceau à treuil Pompe Autre (Précisez)_____	1 2 3 4
Q60	Avec quoi stabilisez-vous l'eau lors du transport ?	des feuilles de branchage de la toile cirée un plateau Autre (Précisez) _____	1 2 3 4
Q61	Dans quoi stockez-vous à domicile ?	Jarre Bassine Tonneau Sceau Bidon	1 2 3 4 5

		Autres_____	6	
Q62	Comment entretenez-vous le récipient d'eau ?	Rincer à l'eau Laver savon + éponge Laver à l'eau + sable Autre (Précisez)_____	1 2 3 4	
Q63	A quelle périodicité renouvelez-vous des récipients ?	Tous les jours Tous les deux jours Tous les trois jours Tous les quatre jours Tous les cinq jours Tous les six jours Tous les sept jours Autre (Précisez)	1 2 3 4 5 6 7 8	

Table des matières

Dédicace 3
Remerciements 4
SIGLES ET ACRONYMES 6
RESUME 8
ABSTRACT 9
INTRODUCTION GENERALE 10
PARTIE I : CADRES THEORIQUE, CONCEPTUEL ET APPROCHE METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE 14
CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE ET CONCEPTUEL 15
1.1. Revue de la littérature 15
1.1.1. Déterminants physiques et socio-économiques de l'accès à l'eau de consommation 15
1.1.2. Gestion des organismes d'eau 18
1.1.3. Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation 20
1.1.4. Facteurs de pollution de l'eau de boisson 22
1.1.5. Maladies liées à l'eau de consommation 24
1.1.6. Problématique d'appréciation de la relation entre environnement-eau-santé 26
1.1.7. Géographie de la santé 27
1.2. Problématique de recherche 28
1.2.1. Constats 28
1.2.2. Justification du choix du milieu de recherche 30
1.2.3. Questions de recherche 31
1.3. Hypothèses de recherche 32
1.4. Objectifs de recherche 32
1.5. Cadre conceptuel 32
1.6. Clarification des concepts 34
CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE 43
2.1. Nature de la recherche et sources des données 43
2.1.1. Nature de la recherche 43
2.1.2. Données et sources 43
2.1.2.1. Méthode de collecte des données climatologiques 43
2.1.2.2. Méthode de collecte des données hydrogéologiques 44

2.1.2.3. Méthode de collecte des données démographiques 44
2.1.2.4. Méthode des données socio-économiques 44
2.1.2.5. Méthode de collecte des données épidémiologiques 44
2.2. Méthode de collecte des données socio-anthropologiques 44
2.2.1. Populations d'étude 45
2.2.2. Echantillon et échantillonnage 45
2.2.3. Choix des sites, conditions de prélèvement et transport des échantillons 49
2.3. Techniques et outils de collecte des données 50
2.4. Matériels de collecte 51
2.5. Traitement des données et analyse des résultats 52
2.5.1. Caractérisation les déterminants physique et socio-économique de l'accès à l'eau de consommation 53
2.5.1.1. Méthode de calcul des moyennes thermique, pluviométrique, du bilan climatique et de l'humidité relative 53
2.5.1.2. Estimation de la population et des ménages 54
2.5.1.3. Evaluation des besoins en eau domestique 55
2.5.1.4. Méthode d'analyse des données liées aux infrastructures hydrauliques 55
2.5.1.9. Appréciation de la relation entre l'accès à l'eau et les maladies hydriques 58
2.5.2. Détermination la qualité physico-chimique et des facteurs de pollution de l'eau de consommation 58
2.5.2.1. Méthode de prélèvement des échantillons d'eau 59
2.5.2. Analyse des facteurs de pollution de l'eau de consommation 63
2.5.2.1. Construction de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) 63
2.5.2.2. Elaboration de la matrice de sensibilité 64
2.5.3. Analyse des effets sanitaires de la consommation de l'eau 66
2.5.3.1. Méthode d'analyse des statistiques épidémiologiques 66
PARTIE II : DETERMINANTS NATURELS ET SOCIO-ECONOMIQUESD'ACCES A L'EAU DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE ABOMEY-CALAVI 68
CHAPITRE III : DETERMINANTSNATURELSET HUMAINS D'ACCES A L'EAU DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI 69

3.1. Situation géographique de la commune d'Abomey-Calavi 69
3.2. Facteurs physiques influençant la disponibilité de l'eau 71
3.2.1. Relief 71
3.2.1.1. Plaine côtière 71
3.2.1.2. Plateau de terre de barre 71
3.2.2. Réseau hydrographique 72
3.2.3. Facettes pédologiques de la commune d'Abomey-Calavi 75
3.2.4. Climat 78
3.2.4.1. Evolution pluviométrique 79
3.2.4.2. Bilan climatique mensuel 79
3.3. Facteurs humains et besoins en points d'eau dans la commune d'Abomey-Calavi 81
3.3.1. Facteurs humains dans la commune d'Abomey-Calavi 81
3.3.2. Caractéristiques sociodémographiques et contexte culturel de l'accès à l'eau de consommation 82
3.3.3. Caractéristiques sociodémographiques 83
3.3.4. Contexte culturel de l'accès à l'eau de consommation 86
3.4. Besoins en points d'eau dans la commune d'Abomey-Calavi 87
CHAPITRE IV : CONDITIONS SOCIO ECONOMIQUES D'ACCES A L'EAU DE CONSOMMATION 89
4.1. Situation de l'approvisionnement en eau de consommation dans les arrondissements urbains de la commune d'Abomey-Calavi. 89
4.2. Situation de l'approvisionnement en eau de consommation dans les arrondissements ruraux de la Commune d'Abomey-Calavi 92
4.3. Besoins en eau et activités socio-économiques 103
4.3.2. Source d'eau et usages ordinaires dans les ménages 105
4.3.3. Procédés traditionnels de potabilisation de l'eau avant consommation 107
4.4. Mode de gestion des infrastructures hydrauliques 107
4.4.1. Gestion déléguée 108
4.4.2. Gestion communautaire 110
4.5. Accès à l'eau 110
4.5.1. Inventaire des infrastructures d'eau 111

4.5.2. Situation de desserte actuelle en eau de consommation 113
4.5.3. Analyse de la distribution spatiale des infrastructures d'eau 117
4.5.4. Indicateur d'Accès à l'Eau de Consommation (IAEC) 119
4.5.5. Distances parcourues des arrondissements aux points d'eau 121
4.5.6. Distance parcourues des ménages aux points d'eau 124
4.5.7. Temps perdu pour l'approvisionnement en eau potable 126
4.5.8. Capacité financière 127
Conclusion partielle 133
PARTIE III : FACTEURS ASSOCIES A LA QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION ET RISQUES SANITAIRES DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI 134
CHAPITRE V : FACTEURS DE POLLUTION DE L'EAU DE CONSOMMATION DANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI 135
5.1. Facteurs environnementaux de la pollution de l'eau de consommation 135
5.1.1. Modes de gestion des ordures et risques sanitaires 135
5.1.2. Elimination des eaux usées 137
5.1.3. Mode de gestion des excrétas (fèces et urines) 138
5.2. Cohabitation des animaux dans la concession 140
5.3. Hygiène autour des points d'eau 141
5.4. Stratégies d'approvisionnement en eau 141
5.4.1. Prélèvement d'eau et risques sanitaires 142
5.4.2. Transport de l'eau et risques sanitaires 144
5.4.3. Conservation de l'eau et hygiène des récipients 145
5.5. Distance de sécurité et risque de pollution des points d'eau 150
5.5.1. Distance entre les concessions et les décharges d'ordures ménagères 150
5.5.2. Distance entre décharge d'ordures et les points d'eau 151
5.5.3. Distance entre les puits traditionnels et les latrines 153
5.6. Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) et maladies hydriques 156
5.7. Transmission et contrôle des maladies infectieuses 160
5.8. Opérationnalisation de la matrice d'appréciation 162

CHAPITRE VI : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DE CONSOMMATION ET PREVALENCE DES MALADIES HYDRIQUESDANS LA COMMUNE D'ABOMEY-CALAVI 164
6.1. Potabilité de l'eau 164
6.2. Analyse bactériologique de l'eau 166
6.3. Analyse des paramètres physico-chimiques 172
6.4. Appréciation de la qualité de l'eau de consommation par les populations 176
6.5. Risques sanitaires liés aux paramètres physico-chimiques et bactériologiques 177
6.6. Situation sanitaire de la Commune d'Abomey-Calavi 180
6.6.1. Saisonnalité des affections dans la Commune d'Abomey-Calavi 182
6.6.2. Profil diarrhéique de la Commune d'Abomey-Calavi 183
6.6.3. Saisonnalité des maladies hydriques 185
6.7. Evolution du taux de desserte et nombre de cas de maladies hydriques 188
6.8. Perception des causes des maladies hydriques 189
6.8.2. Mesures de prévention des maladies hydriques 190
6.9. Circuit thérapeutique des maladies hydriques 192
5.9. Mobilisation des ressources pour le traitement des maladies hydriques 193
6.8. SUGGESTIONS 194
CONCLUSION GENERALE 201
BIBLIOGRAPHIE 205
Liste des Tableaux 233
Liste des Figures 235
Liste des photos 237
Liste des planches 238
ANNEXES 239