Ecole Doctorale Pluridisciplinaire « Espaces, Cultures et Développements » (EDP) de la Faculté des Sciences Humaines et Sociales (FASHS)

Université d'Abomey-Calavi(UAC)

Faculté des Sciences et Techniques(FAST) Chaire Unesco Science, Technologie et Environnement (CUSTE)

Thèse de Doctorat Unique présentée par **: Marc SOHOUNOU**
Pour l'obtention du grade de **Docteur de l'Université d'Abomey-Calavi**

Mention : Gestion de l'Environnement
Option : Environnement, Santé et Développement Durable
Spécialité : Hydrotoxicologie

N° d'enregistrement : /UAC/SG/VR-AARU/SP-CS/SA

QUALITE DE L'EAU DE BOISSON ET RISQUES TOXICOLOGIQUES DANS LA COMMUNE D'ALLADA AU BENIN

Sous la Co-direction de :

Pr. Patrick A. EDORH
Professeur Titulaire de Biochimie
Docteur en Toxicologie de l'Environnement (FAST/UAC)

&

Dr. Expédit W. VISSIN
Maître de Conférences en Géographie Physique, Hydroclimatologue
(FASHS/UAC)

Soutenue publiquement le 29/11/2017

Devant le Jury International composé de :

Président du Jury	M. AGBOSSOU K. Euloge	Professeur Titulaire (Université d'Abomey-Calavi, Bénin)
Examinateur	M. KOLA Edinam	Maitre de Conférences (Université de Lomé)
Examinateur	M. GNANDI Kissao	Professeur Titulaire (Université de Lomé)
Rapporteur	M. EDORH A. Patrick	Professeur Titulaire (Université d'Abomey-Calavi, Bénin)
Rapporteur	M. VISSIN Expédit W.	Maitre de Conférences (Université d'Abomey-Calavi, Bénin)

Décision après la Délibération :

Sommaire

Dédicace 3
Hommages 4
Remerciements 5
Résumé 8
Abstract 9
Liste des sigles et abréviations 10
Introduction 11
CHAPITRE I 15
CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE ET ETAT DE CONNAISSANCES 15
1.1. Cadre théorique 15
1.2. Cadre géographique 29
CHAPITRE II 48
CADRE CONCEPTUEL, CLARIFICATION DE CONCEPTS ET APPROCHE METHODOLOGIQUE 48
2.1. Cadre conceptuel 48
2.2. Clarification et définitions opératoires des concepts 49
2.3. Approche méthodologique 55
CHAPITRE III 82
ETAT DES LIEUX DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE ET DE L'HYGIENE ET ASSAINISSEMENT DANS LA COMMUNE D'ALLADA 82
3.1. Situation de l'approvisionnement en eau potable 82
3.2. Hygiène et assainissement dans la Commune d'Allada 113
CHAPITRE IV 121
QUALITE DE L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE D'ALLADA 121
4.1. Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada 121
4.3. Evaluation des risques en 5 étapes 139
CHAPITRE V 146
TYPOLOGIE DES MALADIES LIEES A L'EAU DE BOISSON ET PARAMETRES CLIMATIQUES DANS LA COMMUNE D'ALLADA 146
5.1. Typologie des maladies liées à l'eau de boisson dans la Commune d'Allada 146
5.2. Etude du rythme saisonnier entre paramètres climatiques et pathologies 151
5.3. Les recours thérapeutiques 159
Bibliographie 170
Liste de figures 201
Listes des photos et planches 202
Liste des tableaux 203
Annexe 1 204
Annexe 2 - Grille d'observation des ouvrages d'AEP 208
Table des matières 210

Dédicace

Je dédie cette thèse :

- A mon épouse DEGUENON Monelle S. M., pour tous les sacrifices consentis,
- A mes adorables petites filles jumelles : Marie-Marcellia Carmelle Flori et Marie-Monella Carméllia Flora pour toutes les fois où j'ai été absent à vos côtés. Que ceci soit un exemple à suivre et à dépasser si possible.

Hommages

- A mon Directeur de Thèse, **Pr. Patrick A. EDORH, Professeur Titulaire des Universités du CAMES** et Directeur du Laboratoire de Recherche en Biochimie et Toxicologie de l'Environnement (LaRBiTE), Département de Biochimie et de Biologie Cellulaire, Faculté des Sciences et Techniques (FAST) de l'Université d'Abomey-Calavi,

Vous êtes la fine fleur de la science pour moi et vous n'avez ménagé aucun effort pour accepter de suivre ce travail, de m'apporter vos compétences techniques dans le cadre de la rédaction de cette thèse, recevez ici Monsieur le Professeur, toutes mes gratitudes et toutes mes reconnaissances. Vous êtes un père pour moi.

- A mon Co-directeur de Thèse, **Dr Expédit W. VISSIN, Maître de Conférences des Universités du CAMES** et Responsable Pédagogique des Masters Intégration Régionale et Développement à la Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Enseignant chercheur au Département de Géographie et Aménagement du Territoire,

Vos qualités intellectuelles et votre disponibilité permanente forcent l'admiration. Vous avez su donner les orientations nécessaires dans le cadre de la rédaction de cette thèse. Sincèrement Merci et que Dieu vous bénisse d'avantages. Vous êtes aussi un père pour moi.

- Au **Président** et aux **Membres** du Jury, en acceptant d'évaluer cette thèse, vous me faites ainsi un grand honneur. Cher Président et chers membres, je vous prie de croire en l'expression de mon profond respect et de mes vives gratitudes.

Remerciements

La réalisation de cette thèse a nécessité des apports qui dépassent nos seules connaissances et ressources tant matérielles, financières, morales que spirituelles. Multiples sont les aides et soutiens dont nous avons bénéficié de part et d'autre. C'est pour cela que nos sincères remerciements vont à l'endroit de plusieurs personnes qui ont œuvré à l'aboutissement de ce travail. Qu'elles reçoivent à travers cette thèse le fruit de leurs efforts.

- Au Pr. HOUSSOU Christophe S., Professeur Titulaire des Universités du CAMES et Responsable Scientifique des Masters Intégration Régionale et Développement,

Pour la promotion de la jeunesse et les conseils délivrés à mon endroit ! Professeur vous êtes un scientifique au cœur d'or. Je me rappelle encore les conseils et votre souci de nous voir réussir tous ! Infiniment Merci !

- Aux Docteurs : AZONHE Thierry, VIGNINOU Toussaint, YABI Ibouraima, KELOMEY Nelly, TOTIN V. Henry, GNELE José, AMOUSSOU Ernest, KISSIRA Aboubakar, AFOUDA Servais, tous Maître de Conférences des Universités du CAMES,

Vous avez été pour moi d'un grand appui scientifique. Merci pour les prières et les exhortations au travail.

- Aux Docteurs : BABADJIDE Charles, HOUINSOU Auguste, VISSOH Sylvain, BALOUBI David et ALLAGBE Benjamin, Maître-Assistant des Universités du CAMES,

Pour votre gentillesse et votre soutien de tout instant et surtout pour les conseils. Merci !!!

- Aux Docteurs : ATCHADE A. A. Gervais, KOUMOLOU Luc, KOUMASSI Hervé, ATTOLOU Rosaire, GBESSO Florence, AHOUANSOU Maurice, GBESSO François, AKIBOU Akindélé,

AKOGNONGBE Arsène, AÏKPO Firmin, AHOUANSOU Maurice, ABDOULAYE Djafarou, HOUNKANRIN Barnabé, DOUGNON T. Victorien, CHABI Philippe, MEDENOU Fidel, KOUHOUNDJI Naboua, ASSABA Martin,

Assistant à l'Université d'Abomey-Calavi,

J'y suis arrivé. Merci pour tous vos conseils et vos bons mots d'encouragement tout au long de ces années.

- Aux amis : AGBANZE Antoine, ATIYE Y. Emile, DOUGNON D. Luc, IDANI Mindri, SEDONOU Michel, KOUDAMILORO Olivier, WANKPO Ingrèd, SOSSOU Bernard, HOUNSOU Denise, KINIGBE Y. Raoul, AMAMION Hospice, FIOGBE Serge, AIMADE Hilaire, KPANOU Marc, DJOSSOU Marius, AKOGBETO Nadine, KODJA Japhet,

Pour le combat que nous menons ensemble, du courage à vous.

- A mon père FRANCISCO K. Blaise, pour tous les soutiens, l'amour et l'éducation. Infiniment merci.
- A ma mère TOKOUDAGBA Eulalie, combattante aux espoirs infinis, reçoit ici le fruit de tes efforts.
- A mes frères et sœurs : Antonio, Isidore, Natacha, Athéna,

Pour qu'ils y trouvent un exemple à suivre et à dépasser !!!

- A mes tantes : Christine et Reine TOKOUDAGBA,

Pour toutes les prières et les exhortations au travail bien fait. Je vous suis très reconnaissant.

- Aux mesdames GNELE Laurenda et DEGUENON Yvette,

Pour toutes vos prières et soutiens moraux et financiers, je vous suis reconnaissant à juste titre. Merci infiniment.

- A Monsieur Mathias DJIGLA, Maire de la Commune d'Allada,

Merci infiniment pour toutes les fois que vous avez répondu favorablement à mes sollicitations.

- A Monsieur LOKOSSOU Mellon, Chef service Eau, Hygiène et Assainissement de la Commune d'Allada,

Infiniment merci pour les aides, surtout pour la mise à disposition des données relatives aux ouvrages hydrauliques.

- A tous les Chefs d'Arrondissement,

Pour votre disponibilité à me fournier les informations nécessaires, sincères Merci.

- Au Dr Pius GOUNADON, Epidémiologiste et Directeur Départemental de la Santé Atlantique-Littoral,

Je ne saurais vous remercier assez. Vous avez joué un grand rôle dans la collecte et le traitement des données épidémiologistes du secteur d'étude de cette thèse, soyez en remercié.

- A Monsieur GANDJEMEDE Rodrigue, Chef Division Statistiques et Documentation, Direction Départementale de la Santé Atlantique-Littoral

A toi je dirai simplement Merci infiniment !!!

- A tous ceux qui ont œuvré de près ou de loin pour l'aboutissement de cette œuvre,

Je vous remercie tous infiniment !!!

Résumé

L'eau est la boisson de base de l'être humain. Elle lui est offerte par la nature. De par sa qualité, elle peut nuire à la santé et même à la vie de l'homme. L'objectif de cette thèse est d'étudier la qualité microbiologique et physico chimique de l'eau de boisson et les risques sanitaires pour la santé humaine dans la Commune d'Allada. Pour atteindre cet objectif, la méthodologie a consisté en la recherche et l'exploitation documentaire, le prélèvement et l'analyse des échantillons d'eau, le traitement des données, l'analyse des résultats, l'interprétation des statistiques obtenues et des investigations auprès des populations du milieu d'étude. La qualité de l'eau est appréciée à partir des analyses physico-chimiques et bactériologiques des échantillons d'eaux prélevés.

Les différentes investigations montrent que les populations de la Commune d'Allada boivent les eaux de surface, de puits, de forage et de pluie. Leurs activités contribuent à la pollution de l'eau entre la source et la consommation. De même, le cadre de vie et les abords des ouvrages hydrauliques ne sont pas sains. L'absence de latrine, la défécation dans la nature et la mauvaise gestion des ordures ménagères polluent les eaux de boisson. Par ailleurs, l'abonnement au réseau officiel (SoNEB) reste faible et inégalement répartie.

Les résultats des différentes analyses des eaux prélevées montrent que, la température varie entre 26,1 et 28°C dépassant les normes (25°C). Le pH présente des valeurs hors norme pour la plupart des échantillons (5,56 ; 5,72 ; 6,24 ; 9,14 etc.). Les taux de manganèse et de fer dépassent les valeurs guides dans les eaux de surface. Il en est de même pour le cadmium et le plomb dont les valeurs varient respectivement entre 143 à 198 µg/L et 151 à 388 µg/L contre une norme nationale de 5 µg/L et 50 µg/L. Toutes les eaux prélevées contiennent des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux et E. coli. Ces résultats permettent de constater que toutes les eaux prélevées (forage, puits, pluie et surface) sont polluées. Des risques toxicologiques sont encourus pour la consommation des eaux de surface notamment pour le cadmium et le fer dont les QD sont respectivement 1,74 et 1,16, tous supérieurs à la valeur seuil (1). D'autres risques liés aux composés chimiques et bactériologiques sont identifiés.

L'analyse de corrélation montre que la température et la pluie sont corrélées. La pluie et le mois sont plus corrélés avec certaines maladies liées à l'eau de boisson (gastro-entérites, diarrhée avec déshydratation). Les mois seuls expliquent d'autres (choléra et shigellose). Les pathologies liées à l'eau de boisson sont la gastro-entérite, les diarrhées, le choléra et la shigellose.

Mots clés : Allada, qualité de l'eau, risque sanitaire, pollution et pathologies.

Abstract

Water is the basic drink of the human being. It is offered to him by nature. Because of its quality, it can harm the health and even the life of man. The objective of this thesis is to study the microbiological and physico-chemical quality of drinking water and the health risks to human health in the Commune of Allada. To achieve this objective, the methodology consisted of documentary research and exploitation, sampling and analysis of water samples, data processing, analysis of results, interpretation of statistics obtained and investigations among the populations of the study environment. The quality of the water is assessed from the physico-chemical and bacteriological analyzes of the water samples taken.

The various investigations show that the populations of the Commune of Allada drink surface water, well, drilling and rain. Their activities contribute to the pollution of water between the source and the consumption. Similarly, the living environment and the approaches to water works are not healthy. Lack of latrine, defecation in nature and poor household waste management pollute drinking water. Moreover, the subscription to the official network (SoNEB) remains weak and unevenly distributed.

The results of the different analyzes of the collected water show that the temperature varies between 26.1 and 28 ° C exceeding the standards (25 ° C). The pH has non-standard values for most of the samples (5.56, 5.72, 6.24, 9.14 etc.). Manganese and iron levels exceed guideline values in surface waters. The same applies to cadmium and lead, with values ranging from 143 to 198 μg / L and 151 to 388 μg / L, respectively, against a national standard of 5 μg / L and 50 μg / L. All collected water contains total coliforms, fecal coliforms and faecal streptococci and E. coli. These results show that all the water withdrawn (drilling, well, rain and surface) is polluted. Toxicological risks are incurred for the consumption of surface water, in particular for cadmium and iron whose QD are 1.74 and 1.16, respectively, above the threshold value (1).

Other risks related to chemical and bacteriological compounds are identified.

Correlation analysis shows that temperature and rain are correlated. Rainfall and month are more correlated with certain drinking-water diseases (gastroenteritis, diarrhea with dehydration). The months alone explain other (cholera and shigellosis). Drinking water related diseases include gastroenteritis, diarrhea, cholera and shigellosis.

Keywords: Allada, water quality, health risk, pollution and pathologies.

Liste des sigles et abréviations

AEV	:	Adduction d'Eau Villageoise
AUE	:	Association des Usagers d'Eau
CeCPA	:	Centre Communal pour la Promotion Agricole
CeRPA	:	Centre Régional pour la Promotion Agricole
CIME	:	Coordination InterMinistérielle de l'Eau
CNE	:	Conseil National de l'Eau
CPE	:	Comité des Points d'Eau
CSA	:	Centre de Santé d'Arrondissement
DG-Eau	:	Direction Générale de l'Eau
DIEPA	:	Décennie Internationale pour l'Eau Potable et Assainissement
EAA	:	Eau, Assainissement pour l'Afrique
EPE	:	Equivalent Point d'Eau
FASHS	:	Faculté des Sciences Humaines et Sociales
FPM	:	Forage équipé de Pompe à Motricité humaine
GPE	:	Gestionnaire des Points d'Eau
GWA	:	Gender and Water Alliance
INSAE	:	Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
MS	:	Ministère de la Santé
ONG	:	Organisation Non Gouvernementale
ONR-Eau	:	Observatoire National des Ressources en Eau
PDC	:	Plan de Développement Communal
PEA	:	Poste d'Eau Autonome
PME	:	Partenariat Mondiale de l'Eau
PNE	:	Partenariat National de l'Eau
SNV	:	Organisation Néerlandaise de Développement
SoNEB	:	Société Nationale des Eaux du Bénin

Introduction

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 est nécessaire à la vie, qui d'ailleurs pris naissance sous ses formes les plus primitives, il n'y a pas d'organisme qui n'ait besoin d'eau pour se constituer et subsister (Hounkpatin *et al*., 2011). Mais elle est inégalement répartie à la surface du globe et peut être source d'énormes problèmes qui minent le développement des pays.

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 (Adomou, 2008). Le PNUD (2006) montre que l'accès universel à l'eau constitue l'un des grands défis de développement que devra relever la communauté internationale en ce début de XXIe siècle.

Pouvoir s'approvisionner en eau potable est un besoin élémentaire et, partant, un droit fondamental. L'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé (Kreamer, 2009). Mais d'après les estimations de l'Organisation des Nations Unies (ONU) en 2005, plus d'un milliard d'individus sont privés du droit d'accès à l'eau potable. En Afrique Subsaharienne, un tiers de la population n'a pas ce droit, et 2,5 milliards d'êtres humains n'ont pas accès à un dispositif d'assainissement de base (OMS/UNICEF, 2005).

Selon l'OMS et l'UNICEF (2005), la quantité adéquate d'eau potable représente au minimum 20 litres d'eau par habitant et par jour tandis qu'on entend généralement par "accès raisonnable", une eau potable disponible à au plus 15 minutes de marche.

Des populations nombreuses sont mal ravitaillées en eau, du point de vue de la quantité et de la qualité. D'après la Revue des deux Mondes (2000), 1,2 milliard de personnes n'ont pas encore accès à l'eau potable, et 2,5 millions de personnes meurent chaque année à cause d'une eau contaminée par les agents pathogènes et les polluants, surtout dans les pays sous-développés où l'eau n'est pas suffisamment traitée. Aussi selon l'OMS (2004), 2,6 milliards de personnes n'ont pas accès à l'eau potable et à l'assainissement de base dans le monde. Un certain nombre de villes des pays en voie de développement ont signalé que la plupart des échantillons d'eau prélevés ne répondent pas aux normes de qualité.

Dès lors, l'OMS s'est donnée comme mission de se consacrer en priorité aux domaines concernant l'environnement social. Signalons que beaucoup de pays dont le Bénin, ont adhéré à cette nouvelle stratégie. Il s'agit désormais pour ces pays de mettre plus l'accent sur la prévention des maladies surtout l'ensemble des maladies d'origine hydrique dont la couche juvénile est plus vulnérable.

La présence des microbes dans l'environnement de l'homme (l'eau, l'air, nourriture et le sol) est responsable du taux élevé de maladies et de mortalité, particulièrement infantile, dans les pays africains (Hodé, 2011).

Les maladies transmises par l'eau souillée, la nourriture malpropre, constituent une importante catégorie de maladies provoquées par la pollution, engendrant un fort taux de mortalité surtout chez les enfants de moins de 5ans (diarrhée), en occurrence dans les pays en développement (Kansoulo, 2011). A voir le rapport étroit existant entre l'homme et son cadre de vie, l'organisation mondiale de la santé (OMS, 1994) accorde une priorité à l'assainissement et à l'approvisionnement en eau potable dans ces différentes interventions en matière de soin de santé primaire.

A cela s'ajoute la faiblesse des taux de connexion au réseau d'approvisionnement en eau potable de certaines capitales telles que Dakar (16,7 %), Bamako (10 %), Nouakchott (25 %), Conakry (15 %), Niamey (33,2 %) ou Ouagadougou (22,8 %) (Sohounou, 2012 ; Lenntech, 2006 ; Bisson *et al.*, 2009). Les principales

causes de cette situation résident dans la croissance démographique et spatiale importante qu'ont connue ces villes, ces trente dernières années.

Aux différences entre les villes, s'ajoutent des différences au sein des villes. Ces disparités s'expriment en termes de quantité et de qualité d'eau consommée entre les zones régulières relativement bien équipées et les zones irrégulières, faiblement équipées (Kombasséré, 2007). Les conséquences immédiates de cette situation sont la limitation de la consommation d'eau potable pour la boisson, l'insuffisance d'eau pour la satisfaction des besoins d'hygiène de base (se laver les mains, faire sa toilette personnelle, etc.), le recours à des points d'eau non potable plus facilement accessibles et l'augmentation des durées de conservation de l'eau collectée.

Au Bénin, 54 % de la population urbaine ont accès à l'eau de consommation et 47 % seulement en milieu rural (DGH, 2005).

En 2002, le Benin disposait d'environ 9500 structures améliorées pour l'approvisionnement en eau, composées de puits forages équipé de pompe à motricité humaine et de petits systèmes d'adduction d'eau villageoise (INSAE, 2013). En dépit de ces infrastructures, le problème de santé des populations relatif aux maladies liée à l'eau demeure.

En effet, l'eau de mauvaise qualité utilisée dans des ménages est à l'origine des maladies liée à l'eau constatée chez les membres de ces ménages et ces maladies sont à la base de l'augmentation du taux de mortalité surtout en milieu rural (Kora, 2007). De même, les déchets solides ménagers (DSM) sont sources de nombreuses maladies (Hounkpatin *et al.*, 2011).

De ce fait il ressort que de nombreuses maladies sont particulièrement liées aux virus et aux bactéries. Ainsi Lenntech (2006), estime que la consommation d'eau souillée et le non-respect de certaines règles d'hygiènes et d'assainissement engendrent des maladies dont les gastro-entérites et l'ulcère de Buruli.

La pollution hydrique poussée, l'inexistence de structures des gestions de déchets solides, le manque d'éducation en matière d'environnement et santé, une mauvaise gestion des eaux vanne la divagation du cheptel bovin et l'explosion démographique et des signes d'un cadre de vie insalubre sont source de plusieurs maladies (Zossou, 2008).

La combinaison de ces problèmes porte atteinte à la qualité de l'environnement qui apparait comme un problème de santé publique (Ahokpossi, 2006). Les maladies qui découlent de l'environnement immédiat de l'homme sont des maladies connues ou mal connues (Clegbaza, 2000).

La Commune d'Allada n'échappe guère à ces réalités qui prédisposent les populations à plusieurs risques de maladies hydriques et toxicologiques. C'est pour contribuer à une meilleure prise en compte de la santé humaine des populations d'Allada en matière d'eau de boisson que la présente recherche porte sur le sujet « ***Risques Bactériologiques et Toxicologiques liés à la Qualité de l'Eau de Boisson dans la Commune d'Allada au Bénin*** ».

La présente étude est structurée en six chapitres dont le premier décrit les cadres théorique et géographique de l'étude et état de connaissances. Le deuxième présente le cadre conceptuel, définitions opératoires et clarification de concepts et enfin la démarche méthodologique adoptée pour le travail. Le troisième chapitre fait l'état des lieux de l'hygiène, assainissement et approvisionnement en eau dans la commune. Quant au quatrième chapitre, il porte sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada. L'avant dernier chapitre fait la typologie des maladies liées à l'eau de boisson, leurs corrélation avec les paramètres climatiques et les recours de traitement dans la Commune d'Allada. Le dernier porte sur les différents risques encourus par les populations en consommant de l'eau de diverses sources sur la santé humaine.

CHAPITRE I
CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE ET ETAT DE CONNAISSANCES

Le présent chapitre est consacré à la présentation du cadre théorique de l'étude à travers la problématique, les objectifs, les hypothèses, à la présentation du cadre géographique à travers la situation géographique, les caractéristiques physiques, les aspects humains du milieu d'étude et enfin faire l'état de connaissances.

1.1. Cadre théorique

Le cadre théorique dans la présente étude comprend la problématique de la question de l'eau et les risques sanitaires dans la Commune d'Allada. Elle présente ensuite les hypothèses et les objectifs de la recherche.

1.1.1. Etat de connaissances

Plusieurs recherches ont été réalisées sur l'environnement et la santé et aussi sur la problématique de l'eau. La synthèse bibliographique réalisée dans le cadre de cette étude se rapporte aux études consacrées à l'analyse du profil épidémiologique et la qualité de l'eau de boisson.

1.1.1.1. Accès à l'eau potable, hygiène et assainissement

Au Bénin, seulement 44 % des ménages disposent de l'eau courante dans le logement ou à l'extérieur du logement ou s'approvisionnent au robinet public. Cette proportion est deux fois plus élevée en milieu urbain (66 %) qu'en milieu rural (29 %) (INSAE, 2013). Des efforts ont été faits à cet endroit pour réparer les dégâts. Mais malgré ces efforts, le problème de santé des populations relatif aux maladies hydriques persiste toujours. Selon la Banque Mondiale (2009), dans les pays en développement, 30 % de l'ensemble des maladies sont dues à des pratiques à risques en matière d'hygiène. A l'intérieur de ces groupes, 75 % de toutes les pertes de vies sont dues à l'absence d'une eau potable (UNICEF, 2005).

En 1994, le Fonds des Nations Unies pour l'enfance estime que parmi les 37 maladies majeures qui sévissent dans les pays en développement, 27 sont liées à l'eau. Dans les pays moins avancés 15 millions d'enfants meurent chaque année dès suite de l'absorption d'eau contaminée ou du manque d'hygiène. Zounon (2010) conclut que la plupart des ménages de la Commune de ''Comé'', utilisent les puits comme sources d'eau de boisson. Mais le manque d'hygiène dans la gestion des eaux, des ordures ménagères, des animaux domestiques et des excrétas, contribue à la pollution de ces eaux.

Aussi, une étude dans la ville de Cotonou, a amené Comlanvi (1994) à conclure que la quasi totalité de puits prélevés est polluée. Cette pollution serait liée à un certain nombre de facteurs dont essentiellement la nature et la structure du sol, l'insuffisance d'un système d'assainissement adéquat. Degbey *et al.* (2008 et 2011) 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 ont montré que la mauvaise gestion des déchets ménagers, la faible profondeur de la nappe, la nature des sols et la perméabilité de l'aquifère exploité étaient les preuves de la vulnérabilité des eaux des puits. Ils proposent l'amélioration de la qualité de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène personnelle en vue de réduire considérablement la propagation de ces maladies et de plusieurs autres.

Quant aux travaux réalisés par Ahoussinou (2003) sur les comportements des populations de Cotonou par rapport à l'environnement, à la santé et leur perception de la notion d'hygiène et d'assainissement, ils ont permis de constater qu'il existe un décalage entre discours et pratique. Il souligne que la nappe captée par les puits de Cotonou est en perpétuelle contamination du fait du non respect par les ménages des règles de construction des ouvrages d'assainissement.

Dans la région de Parakou, une étude a été réalisée par Lagnika (2008) sur les déterminants du risque de contamination bactériologique des eaux de forages

dans les ménages de la Haute Vallée de l'Ouémé. Cette étude a montré que l'eau des Forages équipés de Pompe à Motricité Humaine est en général exempte de bactéries d'origine fécale, mais est polluée lors du transport et du stockage dans les ménages. Il souligne que cette pollution est due aux manques d'hygiènes au moment de l'exploitation de ces eaux de bonne qualité. De même, Oussou-Lio et Assouma-Issa (2001), dans leur étude se rapportant au déterminant de la pollution de l'eau à usage domestique dans la sous-préfecture de Kpomassè , ont révélé que la quasi-totalité des eaux de consommation de cette zone est polluée et que cette pollution est due au manque d'hygiène et d'assainissement dans cette localité autour des points d'eau. Ce qui est à la base de plusieurs maladies.

Dégbey *et al.* (2008 et 2011) 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 ont souligné que les résultats acquis faisaient ressortir une forte influence de l'activité humaine sur la qualité des eaux. Ainsi, la dégradation de la qualité des eaux était fortement impactée par le défaut d'assainissement dans les différents arrondissements et quartiers.

Zounon (2010), dans son mémoire de maitrise intitulé « Eau, Population et Santé dans la Commune de Zè » a proposé que pour éviter la pollution des eaux de puits il faut recouvrir la margelle du puits d'une dalle anti bourbier dans laquelle sera prévu un trou de puisage avec portillon sur lequel on peut poser les récipients pour éviter d'une part l'infiltration et d'autre part toute contamination.

Quant à Zunino (2007), il a proposé à l'endroit des autorités qu'il faut sensibiliser la population par le biais des ONG. Ils contribueront à améliorer la situation de l'eau dans la commune par le biais des services d'appui conseil à la commune. Gnanvigo (2016), dans son mémoire a proposé que pour éviter les risques de pollution de l'eau il faut promouvoir la construction des latrines publiques ; sensibiliser les populations sur les règles d'hygiènes et d'assainissements en créant les structures de pré-collecte et créer les dépotoirs

officiels d'ordures. Zounon (2010), dans son mémoire a suggéré que pour remédier au problème de consommation d'une eau douteuse, il faut :

- Protéger les zones de captages d'eau

-Surveiller le matériel d'exhaure et dans l'application des mesures d'hygiène, le transport, le stockage de l'eau et son utilisation.

Fangnon (2003) montre que l'insalubrité et la mauvaise gestion des abords des ouvrages hydrauliques dans la Commune de ''Djakotomey'' contribuent à la dégradation de la qualité de l'eau de boisson. Aussi Aïssi (1992) a conclu que les eaux de puits de la ville de Cotonou sont contaminées du fait de la mauvaise gestion des déchets solides et liquides provenant des activités humaines.

Kiki-Migan (1993) a abouti à la conclusion selon laquelle la mauvaise gestion des déchets solides est l'un des facteurs influençant la qualité de la nappe phréatique à Cotonou. Par ailleurs, une étude conjointe menée par le MEHU et le GTZ (1997) au Bénin, a permis de comprendre que par les différentes activités humaines, l'on peut retrouver des microbes dans l'eau, dans l'air, dans la nourriture et dans le sol. Ces derniers sont responsables de l'accroissement des maladies mortelles surtout infantiles dans les pays en voie de développement comme le Bénin. Au nombre de ces maladies, on peut citer la diarrhée surtout chez les enfants de moins de cinq (05) ans, le paludisme, les infections aigues des voies respiratoires.

N'Fally (1997) a montré à SO-AVA d'une part, l'importance de l'eau dans la vie de l'homme, et d'autre part, mis l'accent sur les différents problèmes que pose cette ressource précieuse. L'indisponibilité de l'eau potable dans bon nombre de localités de la Commune lacustre de SO-AVA, amène les populations à consommer de l'eau de mauvaise qualité comme celle du lac et des forages non aménagés. Cette mauvaise qualité est due aux déchets déversés dans les lacs. L'utilisation de cette eau pour diverses fins, est source de nombreuses maladies comme la diarrhée, le choléra, la fièvre typhoïde, la draconculose, la bilharziose pour ne citer que celles-là.

1.1.1.2 Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson

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 50 mg/L selon l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S, 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, Assani (1995) ayant mené une étude dans la ville de ''Grand-Popo'', a abouti à la conclusion que les eaux de tous les puits prélevées sont chimiquement et bactériologiquement contaminées. Hedible et Boko (2006) 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 (Ledeur, 2004 ; 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 (Kombasséré, 2007).

Hazoume (2003) a étudié la pollution de la nappe phréatique et les comportements de la population de Godomey-Togoudo. 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 (Kora, 2007). 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.* (2008 et 2011) 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.

1.1.1.3 Maladies liées à l'eau de boisson

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.

Fangnon (2003) 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, Boni (2003) 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 », Mutin (2000) 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.,* 1999). 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.,* 2016). 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.

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'Allada, aucune étude spécifique ne s'est encore penchée sur les interrelations entre eau et risques sanitaires.

1.1.2 Problématique

L'eau, source de vie est aussi source de maladies (WHO, 2007). Elle constitue un bien précieux et nécessaire à tous les écosystèmes (Arayé, 2007). 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 (Yamongbè, 2011).

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 (Enterprise Works World Wide, 2003). Il existe un lien direct 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 Lemaître, 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 (Volatier, 2000). L'eau, facteur de vie est aussi source de « mort » (WHO, 2007; Tanner, 2002). 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 (Dejoux, 1988). Chaque année, 30 millions de personnes meurent dès suite 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 diarrhéiques ; 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, 1993). 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, 2005 ; Sèbo, 2014). 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 (Landjihounsounou, 2016).

Une étude menée en zone rurale ivoirienne par Charlet et Bamory (1985) 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 (Empereur *et al.*, 1992). 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).

Adjadjo (1998) 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 ; Bokonon-Ganta *et al.*, 2009).

Dans la Commune d'Allada, 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 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 (Akakpo, 2004). 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 la zone d'étude: 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 plupart des auteurs ont montré que la qualité des eaux à la source n'est pas souvent restée constante à la consommation. Ils n'ont pas souvent abordé tous les gestes et faits humains qui contribuent à la pollution de l'eau et les risques toxicologiques. Mais les aspects évoqués par Empereur-Bissonnet *et al.* (1992) sont approfondis dans cette étude. L'état des abords des sources fait l'objet d'observations et d'analyses de même que les différents risques. C'est tout ceci qui justifie le choix du présent sujet de thèse intitulé ***« Qualité de l'Eau de Boisson et Risques Toxicologiques dans la Commune d'Allada au Bénin*** ».

Enfin, il faudra expliquer que les maladies hydriques ou maladies à transmission hydrique sont des maladies liées à l'utilisation de l'eau insalubre qui entravent l'évolution, le développement socio-économique et environnemental de la commune et suscitent certaines interrogations. La question centrale de cette étude est :

- Comment se présente la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson et les risques sanitaires dans la Commune d'Allada ?

De façon spécifique, les questions se présentent comme suit :

- Quel est l'état des lieux de l'approvisionnement en eau de boisson, d'hygiène et de l'assainissement dans la Commune d'Allada?
- Quelle est la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada ?
- Quelles sont les maladies liées à l'eau de boisson et risques encourus dans la Commune d'Allada ?

Les résultats de ce travail permettent d'appréhender les conséquences liées à l'utilisation et à la consommation de l'eau insalubre, d'évaluer la qualité des eaux utilisées et enfin de caractériser les risques liés à l'eau de boisson dans la Commune d'Allada.

Autrement dit, une analyse croisée des réponses à ces différents questionnements permet de mettre en exergue les liens indissociables qui existent entre l'eau potable, l'hygiène, l'assainissement et la santé. En guise de recommandations ou de suggestions, des mesures d'accompagnement à mettre en œuvre ou à incorporer dans tous les projets/programmes d'approvisionnement en eau potable pour consolider le tandem eau potable-santé sont élaborées. Pour répondre à ces questions, des hypothèses sont fixées.

1.1.3. Hypothèse de travail

Les hypothèses de recherche qui sous-tendent notre recherche se présentent comme suit.

Globalement, la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de boisson et les risques sanitaires pour la santé humaine dans la Commune d'Allada sont préoccupants.

De façon spécifique on a :

- L'état des lieux de l'approvisionnement en eau de boisson, d'hygiène et de l'assainissement est reluisant dans la Commune d'Allada.

- La qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson est douteuse dans la Commune d'Allada.
- Nombreux sont les risques et maladies liées à l'eau de boisson dans la Commune d'Allada.

Pour vérifier ces hypothèses, des objectifs ont été fixés.

1.1.4 Objectifs de recherche

❖ **Objectif global**

L'objectif global de ce travail est d'étudier la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de boisson et les risques sanitaires pour la santé humaine dans la Commune d'Allada.

❖ **Objectifs spécifiques**

De façon spécifique, il s'agit de :

- Faire l'état des lieux de l'approvisionnement en eau de boisson, d'hygiène et de l'assainissement dans la Commune d'Allada;
- Analyser la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada;
- Caractériser les risques sanitaires et les maladies liées à l'eau de boisson dans la Commune d'Allada.

Après avoir annoncé les objectifs, il serait judicieux de présenter le milieu d'étude.

1.2. Cadre géographique

Le cadre géographique présente les différents paramètres du milieu physique et les caractères de l'environnement humain à travers les activités économiques et la place de l'eau dans la vie des populations de la Commune d'Allada.

1.2.1 Situation géographique et organisation administrative

La Commune d'Allada, est située entre les parallèles 6°33' et 6°47'de Latitude Nord et entre les méridiens 2°01' et 2°17' de Longitude Est.

Elle est distante de 54 km de la ville de Cotonou. D'une superficie de 381 Km^2 soit 0,34 % de celle du Bénin, elle est limitée :

- au Nord par la Commune de Toffo ;
- au Sud par la Commune de Torri-Bossito;
- à l'Est par la Commune de Zè;
- à l'Ouest par les Communes de Kpomassè et de Bopa (AC, 2013).

Située sur le plateau d'Allada au sud de la dépression de la Lama, la Commune d'Allada (Figure 1) compte douze (12) Arrondissements et quatre-vingt-cinq (85) villages et quartiers de ville (Tableau I).

Tableau I : Répartition des villages administratifs par arrondissement

N°d'ordre	Arrondissements	Nombre de Villages	Nombre de Localités
1	AGBANOU	11	93
2	AHOUANNONZOUN	06	64
3	ALLADA	11	54
4	ATTOGON	03	35
5	AVAKPA	03	55
6	AYOU	11	61
7	LISSEGAZOUN	09	29
8	HINVI	04	95
9	LON-AGONMEY	07	38
10	TOKPA-AVAGOUDO	05	103
11	TOGOUDO	03	29
12	SEKOU	12	49
TOTAL	**12**	**85**	**705**

Sources : PDC 2 et enquêtes de terrain, septembre 2016

L'analyse du tableau I montre que, la Commune d'Allada, comporte 85 villages et 705 localités. Cela montre que la zone d'étude est assez vaste avec plus de 29.919 habitants en 2013. Dans cette commune, il y a plusieurs ouvrages hydrauliques mais, inégalement répartis dans les localités.

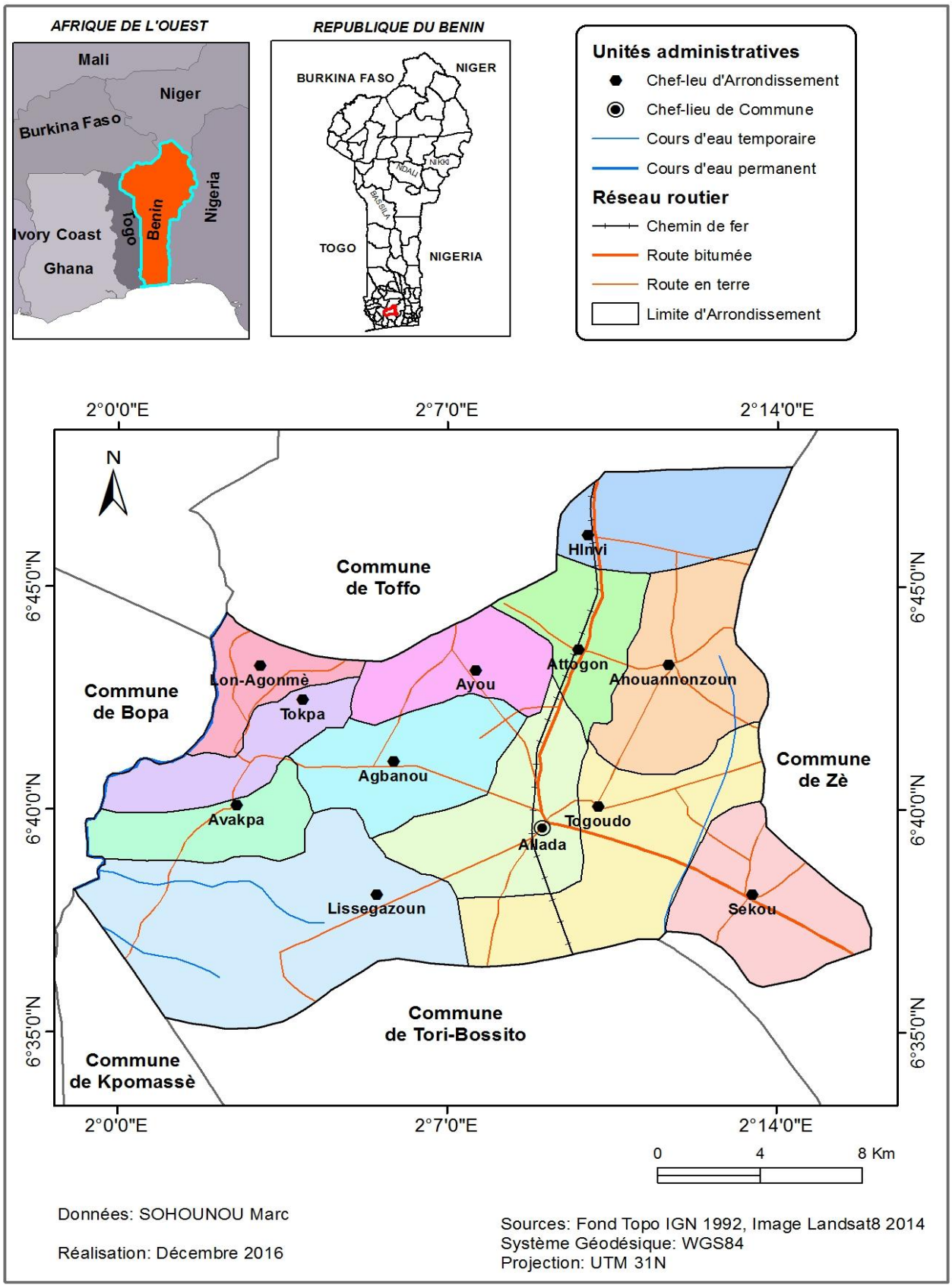


Figure 1 : Situation administrative de la Commune d'Allada

1.2.2 Aspects physique

Les éléments qui déterminent le milieu physique de la Commune d'Allada sont la nature du relief, le climat, les différents types de sol rencontrés, la structure de la végétation et sans doute, le réseau hydrographique.

1.2.2.1 Relief

La Commune d'Allada est située en grande partie dans la zone du plateau de terre de barre qui descend vers la vallée de l'Ouémé, du Couffo. Le relief de la Commune d'Allada (figure 2) est caractérisé par la présence de plusieurs dépressions situées sous le niveau de la mer, près de la dépression de la Lama et un plateau dans la pointe Nord-Est. Le dénivelé est d'environ 155 mètres entre ces deux zones. Les pentes au niveau de la commune sont généralement moins de 5 % (Landjihounsounou *et al.*, 2016).

Allada occupe un site relativement plat dans sa partie extrême ouest où l'altitude moyenne est de 93 m (Toffi, 1980 ; SERHAU-SA, 1997). Cet ensemble plat évolue en pente progressive à partir de l'ancien centre administratif, c'est à dire au niveau de la route Ouidah-Allada vers la vallée d'Aoutè à l'est pour descendre à 40 m dans le talweg. Ce talus a une dénivellation d'environ 55 m (Totin, 2003).

Ce relief a une importance dans la disponibilité et la répartition des ressources en eau.

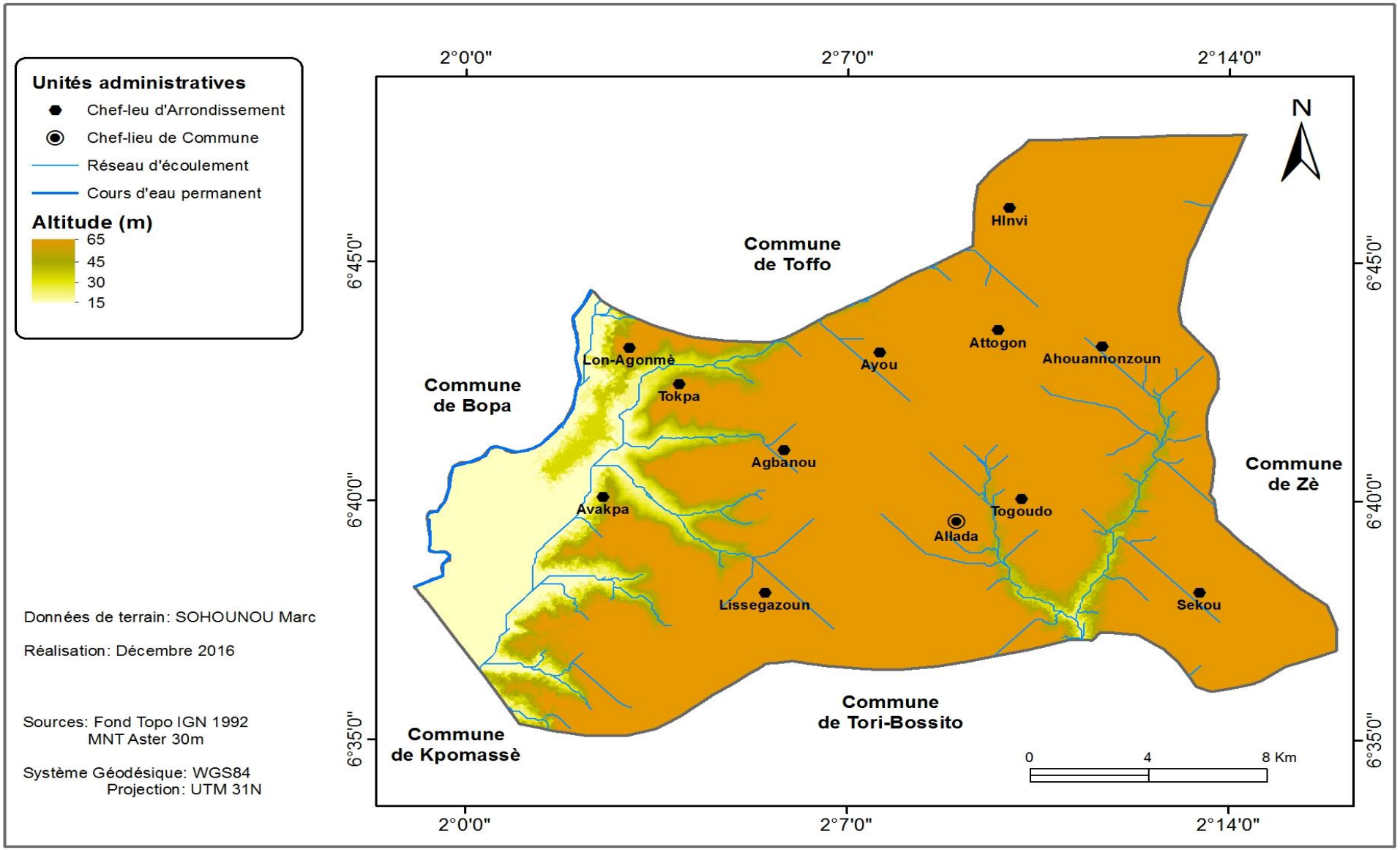


Figure 2 : Relief de la Commune d'Allada

1.2.2.2 Climat

« La compréhension des faits géographiques les plus simples, nécessite souvent une référence au climat et au phénomène météorologique qu'il intègre » (Viers cité par Totin, 2003).

En effet, le Bénin est caractérisé par deux types de climat : le climat tropical humide dans la région septentrionale et le climat subéquatorial dans la région méridionale (Adam & Boko, 1993), avec des précipitations abondantes. Il en résulte un ruissellement abondant et une érosion active selon que le sol est couvert, nu ou bâti.

La Commune d'Allada est caractérisée par un climat de type subéquatorial avec deux (02) saisons de pluie et deux (02) saisons sèches qui s'alternent annuellement comme suit (figure 3):

- Une grande saison des pluies de mi-mars à mi-juillet ;
- Une petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre ;
- Une petite saison des pluies de mi-septembre à mi- novembre ;
- Une grande saison sèche de mi- novembre à mi- mars

La pluviométrie annuelle moyenne est comprise entre 800 et 1300 mm (Marie d'Allada, 2010).

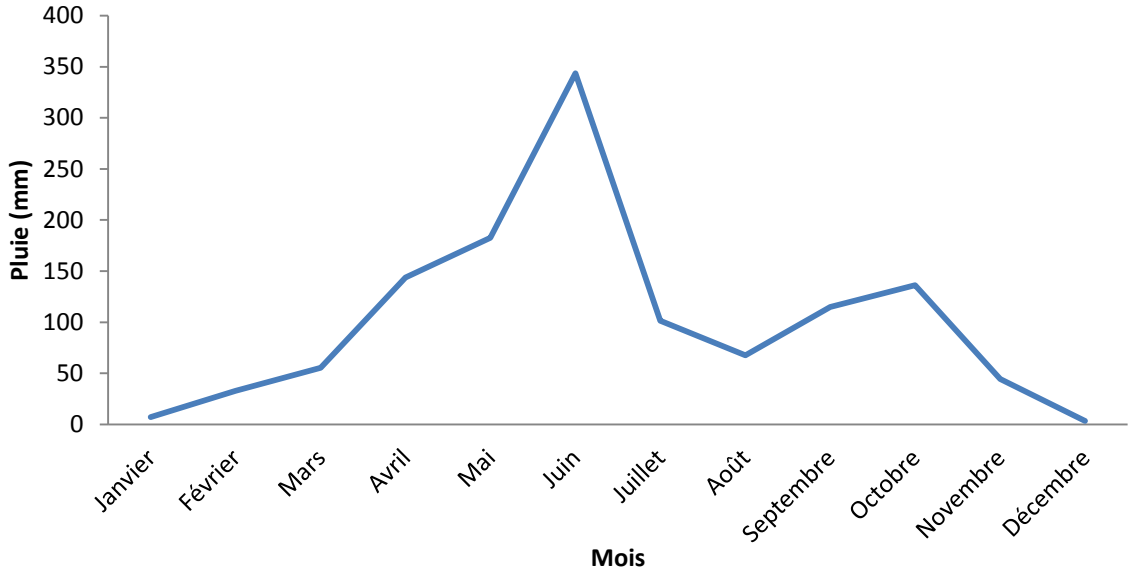


Figure 3 : Régime pluviométrique mensuel de 1971 à 2014 à Allada
Source : ASECNA, mars 2016

L'analyse de la figure 3 montre que les mois habituels de sécheresse que sont les mois de novembre, décembre, janvier, février, sont marqués par un bilan hydrologique déficitaire, signe de la faible disponibilité des ressources en eau au cours de ces mois, que ce soit pour les besoins de consommation, usage domestique ou agricole. Les autres mois de l'année ayant un bilan positif sont ceux de la saison pluvieuse, en effet, la période de saison de pluie est caractérisée par une forte disponibilité des ressources en eau dans toute la commune. Le mois de juin, le plus humide de l'année, enregistre le bilan le plus élevé. Au cours de ces mois, les populations ne rencontrent pas de problèmes d'approvisionnement en eau. Il en est de même des ouvrages hydrauliques qui offrent une importante quantité d'eau à la population. Néanmoins certaines personnes vont toujours s'approvisionner aux sources d'eaux insalubres pour des raisons diverses notamment la proximité de la source de la maison.

1.2.2.3 Sol

Sur le plan pédologique, près de 90 % du territoire de la Commune d'Allada est constituée de sols ferralitiques. Ces sols sont engendrés par une altération extrême qui les a dépouillés de leur fertilité naturelle et sont donc peu propices à l'agriculture. Les sols hydromorphes, c'est-à-dire engorgés d'eau de façon temporaire ou permanente, recouvrent un peu de plus de 10 % de la commune. Ces sols se retrouvent principalement le long des cours d'eau qui alimentent la rivière Couffo (Mairie d'Allada, 2010).

En somme, trois types de sols (figure 4) sont à observer dans la commune. Il s'agit des sols ferralitiques (formés de débris remaniés du Continentale Terminal du bassin sédimentaire côtier), des sols vertiques (formés sur les alluvions des basses vallées et sur les mares paléogènes de la dépression de la Lama) et enfin des sols hydromorphes (peu étendus et qui se rencontrent dans les marécages et bas-fonds qui parsèment la commune. Ce sol est aussi caractérisé par la terre de

barre et une dépression marécageuse ; il se prête bien aux cultures vivrières maraîchères et fruitières, ainsi qu'à la caféiculture (Canal Eau, 2013).

Le coefficient de perméabilité verticale varie entre 5 et 8 cm en surface et celui de la conductivité hydraulique en profondeur entre 3 et 6 cm. Ces sols sont jugés assez résistants à l'érosion en raison non seulement de leur perméabilité, mais aussi grâce à leur cohésion due à la présence d'argile (Totin, 2003).

1.2.2.4. Végétation

La végétation de la Commune d'Allada disposait d'une forêt dense qui a disparu sous l'effet de la pression démographique et des défrichements abusifs, laissant place à une savane arborée et herbeuse composée d'espèces assez variées. Ces caractéristiques lui permettent d'atténuer le processus d'érosion par des actions directes et indirectes. La plupart des terres de la commune sont de moins en moins fertiles (Mairie d'Allada, 2006).

Les actions directes consistent à atténuer les effets mécaniques de l'eau par la réduction de son énergie cinétique, la force de chute des gouttes de pluie est freinée au niveau du couvert végétal. Une partie de l'eau est absorbée par la végétation, une partie s'évapore et une partie imbibe le sol où les plantes l'utiliseront plus tard. Quant aux actions indirectes, la végétation agit également dans le sens de la conservation du sol par le ressuyage et la reconstitution du sol (Totin, 2003).

Les végétaux, pour assurer leur nutrition et leur équilibre physiologique, puisent de l'eau du sol. En présence d'une couverture importante, ils contribuent et accélèrent le ressuyage du sol. Par cette activité, ils préparent le sol à une plus intense infiltration à la prochaine pluie. Ces mêmes végétaux participent à la reconstitution du sol par le dépôt de matières organiques. En absence de feu de végétation, ces matières organiques produisent de l'humus et des éléments nutritifs au sol. Ce dernier s'épaissit d'année en année, la couche perméable devient importante. Ainsi, par l'effet conjugué du ressuyage et de

l'épaississement du sol, le volume d'eau infiltrée s'accroît alors que le pourcentage de ruissellement diminue.

Sur le site d'Allada, la végétation actuelle est dominée par les palmiers à huile, les vergers, quelques arbres isolés. Par ailleurs les espèces forestières relictuelles, présentes ça et là, témoignent d'une évolution régressive du couvert végétal, conséquence d'une savanisation anthropique (Totin, 2003).

De loin, la jachère offre une physionomie assez monotone et compacte. Cependant, elle se révèle assez diversifiée dans sa composition floristique : *Borassus aethiopium, Tectona grandis, Acacia auriculiformis, Panicum maximum, Sida acuta, Cassia siamea, Imperata cylindrica.* Mais, aujourd'hui, ces espèces sont de plus en plus dégradées du fait de l'action de l'homme (Landjihounsounou *et al.*, 2016).

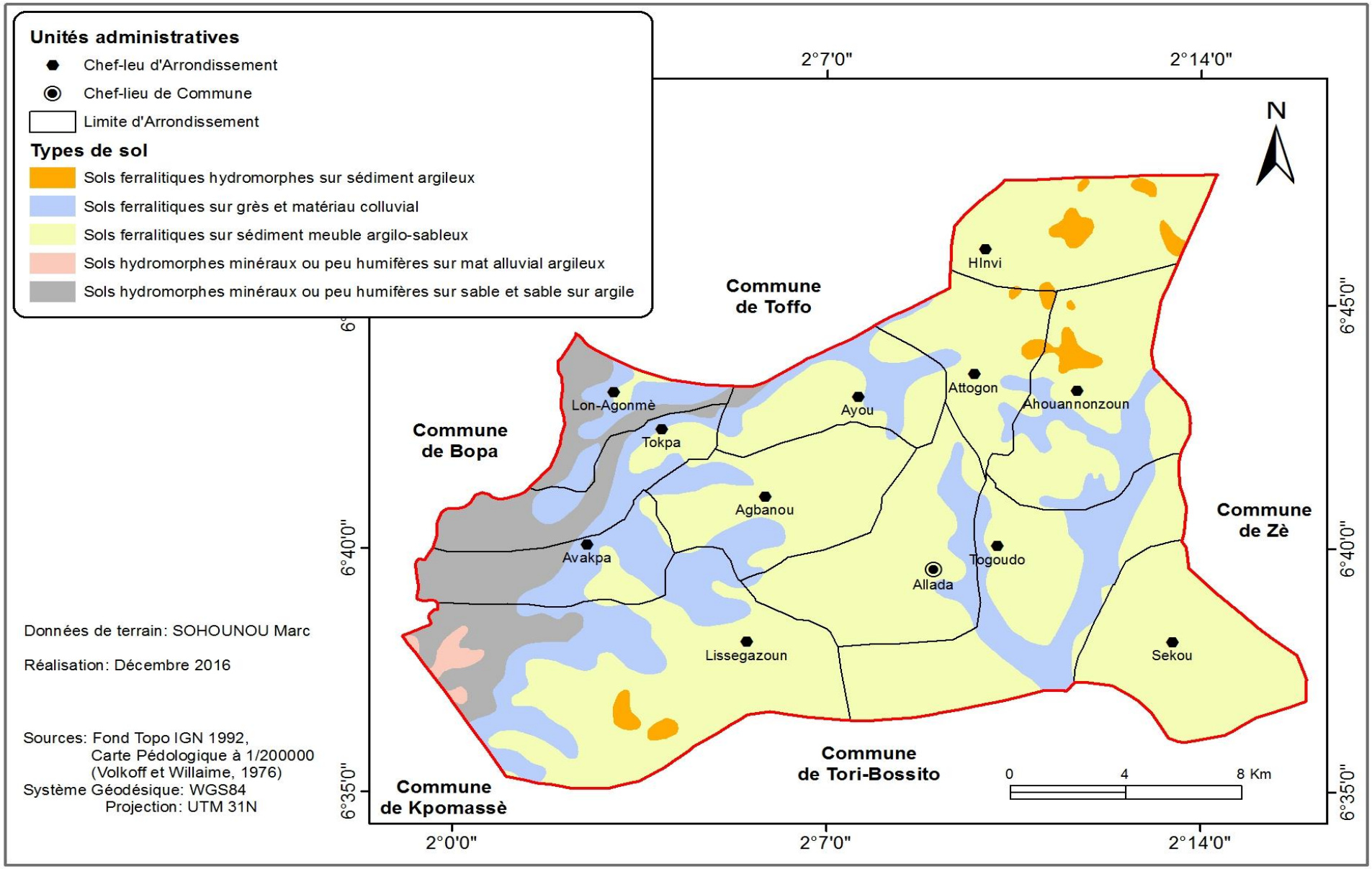


Figure 4: Différents types de sols de la Commune d'Allada

1.2.2.5. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la Commune d'Allada (figure 5) est composé des cours d'eau tels que la rivière Awanou à Avakpa et Ayou, la rivière Ahoutonou (Togoudo), Aoutè (entre Togoudo et Allada) et la rivière Datin à Sékou et Ahouannonzoun. La Commune dispose en outre d'une plaine d'inondation côtoyant la rivière Couffo et des bas-fonds à Allada, Lissègazoun, Togoudo, Zinvié, Ayou, Ahouannonzoun, Avakpa, Lon-Agonmey et Tokpa. Il n'y a pas de règles d'accès aux cours d'eaux et ces derniers sont situés non loin des habitations. Ceci permet aux femmes de s'approvisionner tous les matins et les après-midis (Canal Eau, 2013).

Par ailleurs, La Commune d'Allada se retrouve sur trois bassins versants. La portion Ouest de la commune se draine vers la rivière Couffo (213,9 km^2) et la portion Est s'écoule vers l'Atlantique (156,3 km^2). Finalement la portion

Nord se retrouve dans le bassin des plateaux de l'Ouémé (21 km^2) et ses eaux s'écoulent vers la rivière So et le Lac Nokoué (Canal Eau, 2013).

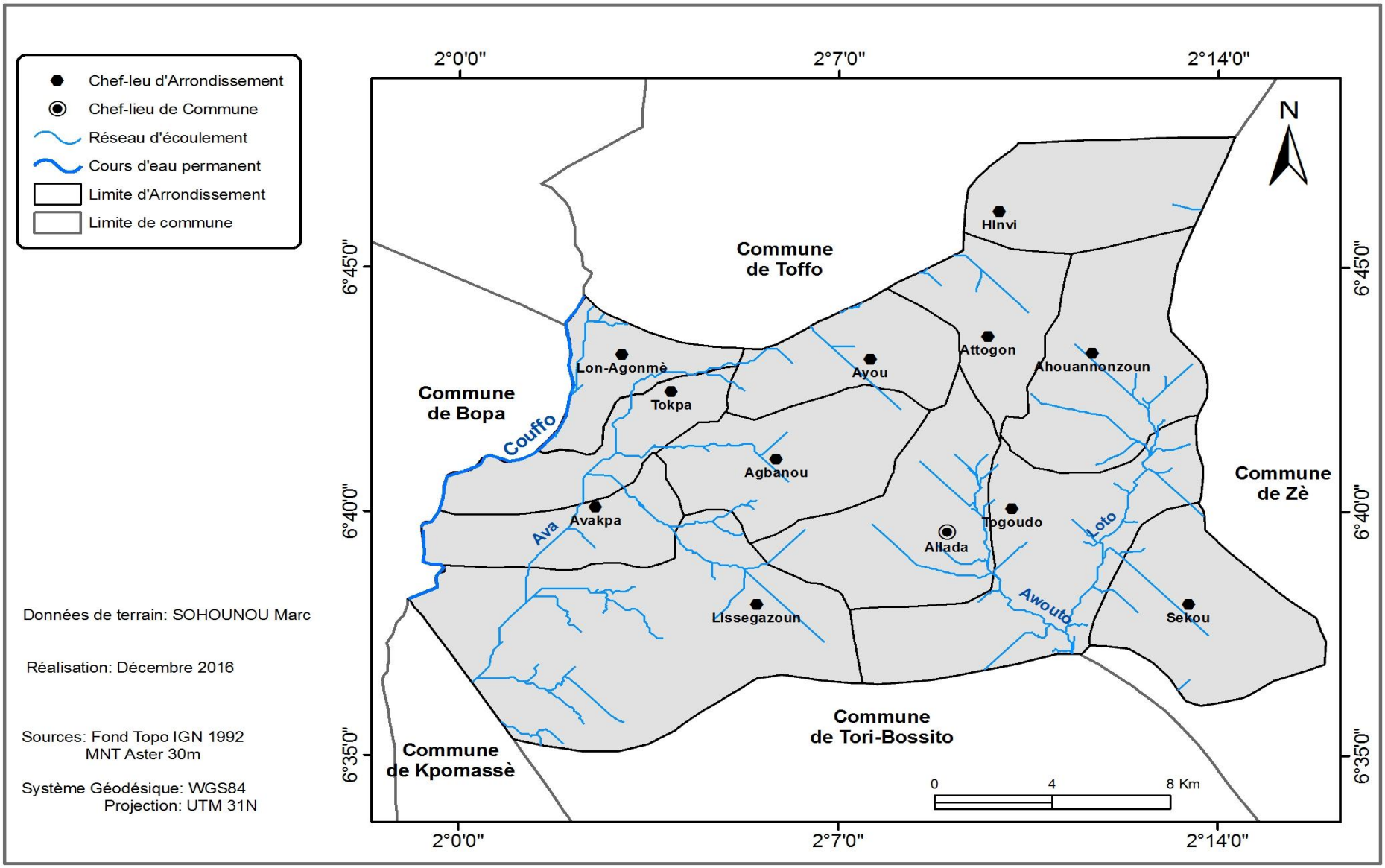


Figure 5: Réseau hydrographique de la Commune d'Allada

1.2.3 Description du milieu humain et économique

Les éléments déterminants les fondements humains sont constitués par les statistiques démographiques et les multiples activités développées par les divers groupes socioculturels dans le secteur d'étude.

1.2.3.1 Evolution de la population

Evalué à 62404 habitants en 1979, 77107 habitants en 1992, l'effectif de la population d'Allada est passé à 91778 en 2002. Selon les données du dernier recensement général de la population et de l'habitat ($RGPH_4$), la population est estimée à 127512 en 2013 (figure 6) (INSAE, 2013).

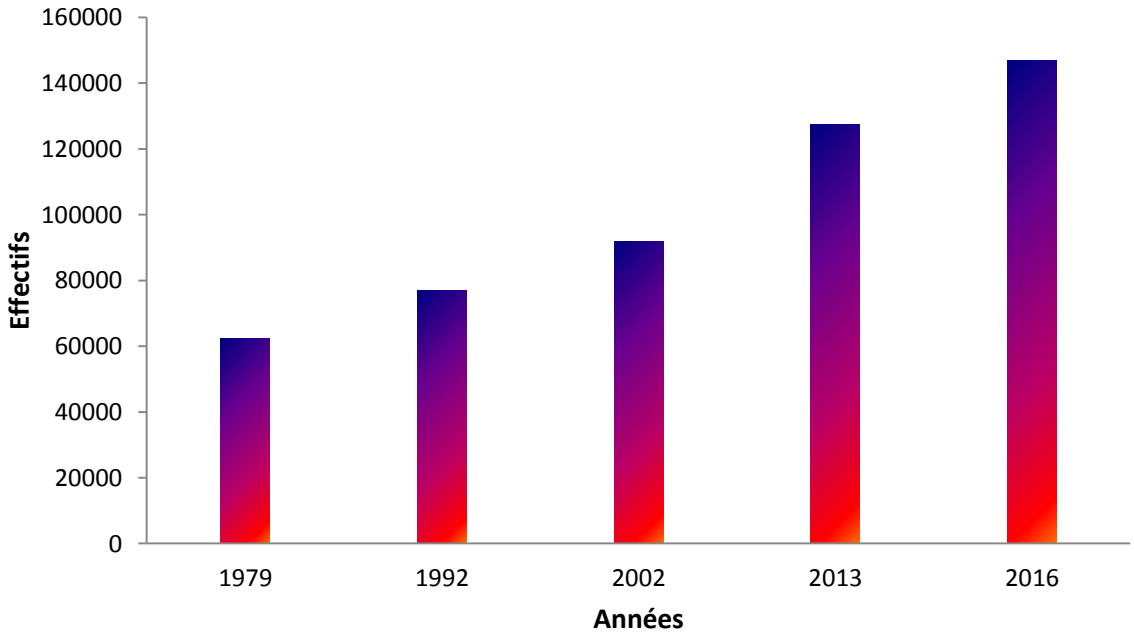


Figure 6 : Evolution de la population d'Allada de 1979 à 2016
Source : INSAE et estimation de 2016, février 2016

D'après la figure 6, nous constatons que la population d'Allada augmente sans cesse de 1979 à 2016. Cet accroissement de la population a un impact sur les ressources en eau disponible. Les facteurs expliquant cette augmentation sont : l'urbanisation rapide de la commune et le phénomène d'immigration.

La croissance démographique est accompagnée également de l'augmentation de la surface résidentielle, toute chose qui a des impacts sur l'accès à l'eau des populations (SERHAU-SA, 1992).

En somme, l'évolution démographique a ses empreintes sur la dégradation du site de notre secteur d'étude, du fait d'une part de la mauvaise occupation spatiale du site et d'autre part au développement de surface résidentielle qui a pour conséquence l'augmentation de surfaces imperméabilisées, ceci favorise le ruissellement des eaux pluviales (Totin, 2003).

1.2.3.2 Activités économiques

Au plan économique, la Commune d'Allada est soutenue par plusieurs filières notamment agricoles. Il s'agit de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche, du commerce, de l'artisanat, du transport et de la transformation des produits agricoles.

1.2.3.2.1 Agriculture

Dans la Commune d'Allada, l'activité agricole est extensive. Les paysans continuent de pratiquer l'agriculture sur brulis avec des outils rudimentaires tels que la houe, le coupe-coupe, la hache etc. Ceci maintient les femmes et les enfants aussi longtemps que possible dans les activités champêtres au détriment de leur participation au débat sur l'eau, l'hygiène et l'assainissement. Cet état de chose limite la production qui sert essentiellement à la subsistance des populations rurales. L'autre atout dont dispose la commune pour le développement de son agriculture, qui malheureusement est sous-exploité, est la présence de nombreux bas-fonds (Sohounou, 2012).

Les principales cultures produites dans la Commune d'Allada sont : le maïs, le niébé, l'arachide, le gombo, la tomate, le manioc, l'ananas, la patate douce, la tomate, le piment et certains fruits. Parmi ces cultures, le maïs est la principale céréale et occupe en moyenne 73 % des superficies emblavées annuellement (planche 1). La culture d'ananas est la culture de rente de la Commune d'Allada, elle occupe en moyenne 1.3 % des superficies emblavées et est fortement pratiquée sur le plateau d'Allada (Sékou, Togoudo, Lissègasoun) (CeRPA, 2016). Le palmier à huile et le caféier sont faiblement développés par défaut de

débouchés sûrs. La culture de l'ananas est en pleine expansion (Sohounou, 2012).

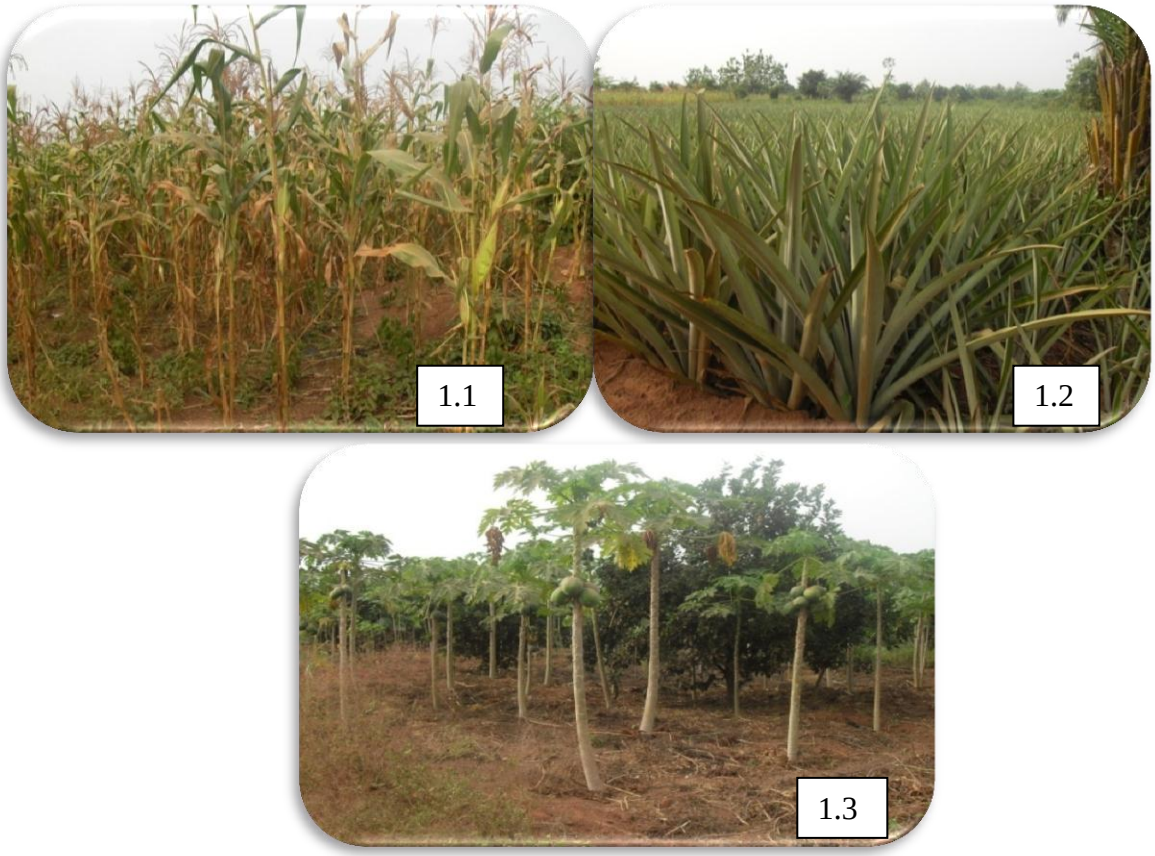


Planche 1 : Quelques spéculations dans le secteur d'étude : champ de *Zea mays* (Maïs) (1.1), Champ d'*Anana comosus* (ananas) (1.2) et Plantation de *Carica papaya* (papaye) (1.3).
Prise de vue : SOHOUNOU, mai 2016

Les populations d'Allada ne produisent pas seulement des produits vivriers. Elles produisent également des produits de rentes tels que l'ananas (Photo 1.2) qui prend de plus en plus d'ampleur en faveur du manioc. La papaye solo (Photo 1.3) quand à elle commence à prendre de l'ampleur de même que la production de la pastèque. Le palmier à huile est resté malheureusement sans évolution, depuis les années 1995 à cause du temps qu'il met avant de produire non moins important (enquête de terrain, avril 2016).

Ces spéculations qui prennent d'ampleur, avant que le rendement escompté ne soit au rendez-vous, les paysans utilisent différents types d'engrais de synthèse. Or l'utilisation des engrais avec le temps, entachera la qualité des ressources en

eau souterraine. L'impact n'est plus à démontrer pour les eaux de surfaces (lessivage) qui servent parfois de l'eau de boisson pour les populations.

1.2.3.2.2. Elevage et la pêche

L'élevage constitue la deuxième activité après l'agriculture et est surtout pratiqué dans les localités d'Avakpa et de Tokpa. Les différents types d'élevage sont l'aviculture (oiseaux), le gros bétail (bovins), le petit bétail (ovins), la cuniculture (lapin), héliciculture (escargot), la pisciculture (poisson), l'aulacodiculture (agouti) (Planche 2). Les pâturages naturels du gros bétail sont concentrés dans l'arrondissement d'Avakpa, Lon-Agonmey et Tokpa le long de la rivière Couffo. Les villages concernés par ces pâturages sont à Lon-Agnomey, Ayakpata, Ayamey, Séhounsa, Winyikpa et Kotovi dans Tokpa et Enfin Hounkpokpoe dans Avakpa (enquête de terrain, 2016). A Hounkpokpoé en novembre on constate que les éleveurs transhumants et sédentaires se côtoient sur les pâturages de Panicum et Pennisetum. Les pâturages artificiels se rencontrent à LAMS (25 ha), à la ferme TINA (5 ha), dans des fermes individuelles (2 ha), soit au total 32 ha. Le faible pâturage observé est le résultat de la faible intégration (agriculture-élevage).

On retrouve quelques infrastructures pastorales à Sékou dans la ferme du LAMS, dans celle de TINA à Lissègazoun et quelques fermes dans des domaines privés. Mais la fondation Giraldin Luigi a un village agropastoral. Avec la forte croissance démographique, on observe une absence de jachère dans les champs du plateau. Par contre, dans la plaine d'inondation, les populations pratiquent les cultures de décrue entre novembre et décembre, période qui correspond à la période de transhumance. Cela pose le problème de transhumance dans la plaine d'inondation tout le long du cours d'eau Couffo, avec les dégâts causés par le bétail dans les champs. Ces mêmes eaux de surface sont aussi utilisées par les populations riveraines de la plaine (INSAE, 2013).

La pêche est pratiquée tout au long des cours d'eau. La zone de la plaine d'inondation côtoyant la rivière Couffo est la zone de pêcheries de la Commune. Le fleuve Couffo qui relie Lon-Agonmè à Bopa, la rivière Ava à Avakpa, la rivière Ahoutonou (Togoudo) sont les cours d'eau où se fait la pêche traditionnelle des petits poissons comme les carpes (Planche 2). Les localités de Lon-Agonmè et de Togoudo sont les localités de pêcheries. La période de pêche couvre les mois de juin, juillet, août et diverses techniques sont utilisées comme les insecticides et herbicides. Ces pratiques polluent les eaux de surface et souterraine qui servent aussi de boisson à la population d'Allada (CeRPA, 2016).



Planche 2 : Élevage traditionnel de brebis à Avakpa (2.1), pêche à la canne dans la rivière Aouto à Togoudo (2.2) et trous à poisson (2.3) à Lissègazoun
Prise de vue : SOHOUNOU, mars 2016

1.2.3.2.3 Transformation agricole

De petites unités agroalimentaires sont installées dans la commune et s'occupent de la fabrication du gari, du Sodabi ou de l'huile de palme. Au niveau de certaines de ces unités, l'activité de production est soutenue par de petits

équipements de transformation tels que les presses à huile et à manioc (Mairie d'Allada, 2006). Toutes ces activités de transformation ont besoin d'une quantité importante d'eau. Pour s'approvisionner, les populations font parfois 2 à 4 Km avant de trouver la source. Mais à défaut, elles s'approvisionnent en eau de surface.

Conclusion partielle

Au terme de ce chapitre qui présente les fondements théoriques et géographiques, il fait également le point des connaissances des travaux effectués sur les différents aspects du sujet au Bénin, dans la sous région ouest africaine et dans le monde. Quelques points caractéristiques sont à relever :

- La population de la Commune d'Allada, de plus en plus nombreuse pratique diverses activités dont les principales sont l'agriculture et l'élevage et à certains endroits la pêche. Les céréales constituent la principale culture et apparaissent comme le moteur du développement rural.
- Les ressources en eaux de la commune sont relativement modestes par rapport au besoin de la population mais sont très inégalement réparties et subissent l'influence des fluctuations anthropiques, climatiques et d'autres facteurs du milieu.
- L'eau occupe une place importante dans la vie des populations de la Commune d'Allada comme partout ailleurs. Elle sert à divers usages, mais surtout les cours et plans d'eau sont vénérés parce qu'abritant un génie ou une divinité.
- Il met en exergue aussi la démographie en relation avec les besoins en eau de la population. Les différentes activités économiques sont également connues de même que leur besoin en eau et source d'approvisionnement.
- L'état de connaissances aussi a été fait pour permettre de faire la synthèse des travaux antérieurs sur le sujet

Ce milieu brièvement présenté constitue le domaine d'étude de ce travail qui nécessite la constitution d'un cadre conceptuel, les définitions opératoires et le choix de méthodes adéquates.

CHAPITRE II
CADRE CONCEPTUEL, CLARIFICATION DE CONCEPTS ET APPROCHE METHODOLOGIQUE

Ce chapitre présente d'abord le cadre conceptuel de l'étude et apporte ensuite la clarification sur des concepts utilisés pour les uns et définitions opératoires pour d'autres. Enfin, à travers une présentation détaillée, il met en relief les matériels et méthodes les plus adaptés utilisés dans cette étude. Ce chapitre présente la démarche méthodologique suivie dans le cadre de cette étude. Les travaux ont nécessité dans un premier temps, la collecte des données, l'usage de certains matériels et outils pour collecter les données. Enfin, il a été défini une méthode de traitements et d'analyses des résultats.

2.1. Cadre conceptuel

La figure 7 montre le schéma conceptuel de la vulnérabilité des populations d'Allada aux pathologies hydriques et aux risques toxicologiques liés à l'eau de boisson.

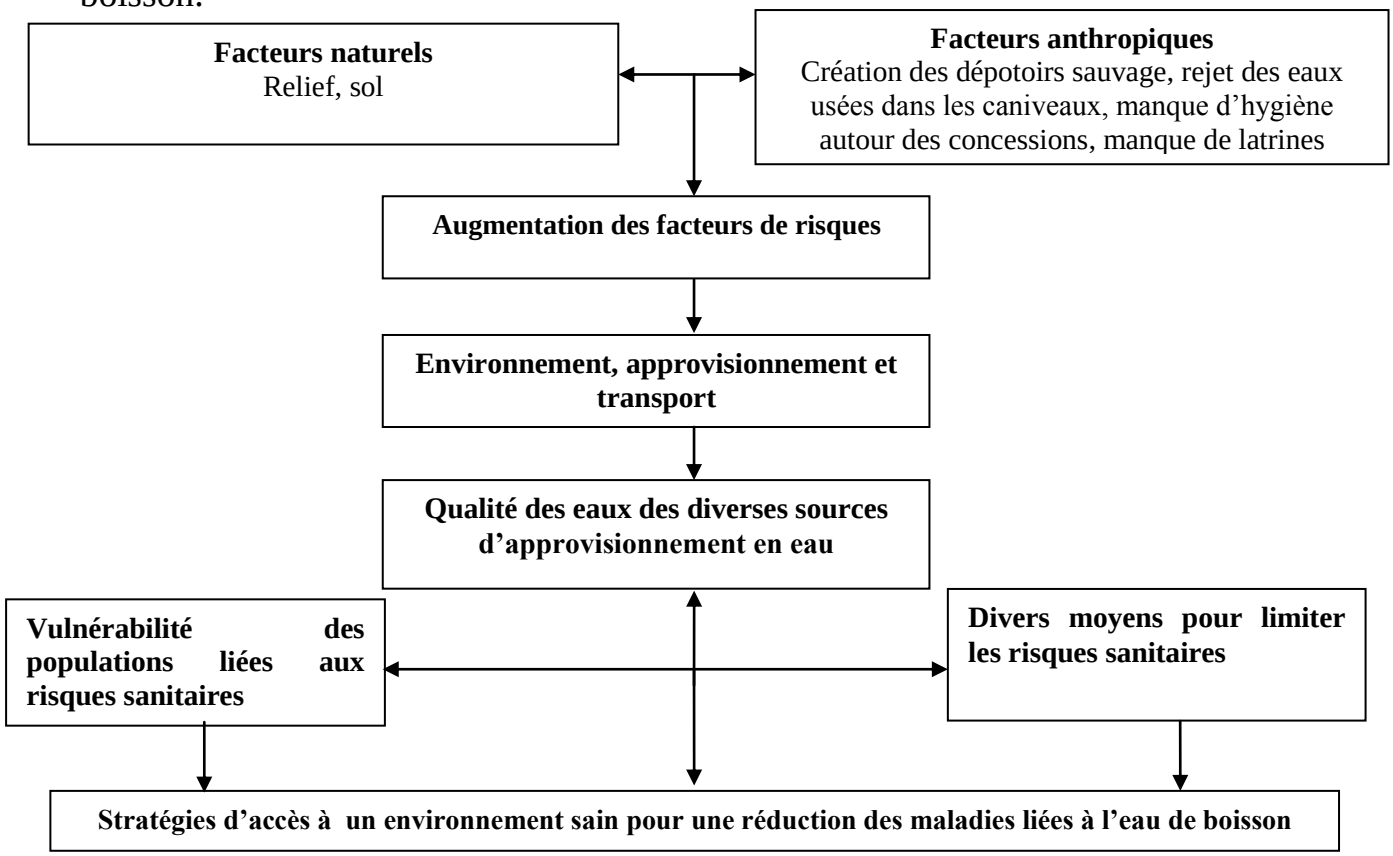


Figure 7 : Cadre conceptuel de l'étude

La figure 7 présente la description synthétique des étapes majeures de l'approvisionnement des ressources en eau dans la Commune d'Allada au Sud du Bénin, en partant de la caractérisation de la situation actuelle, les facteurs naturels et anthropiques.

Le diagnostic actuel s'est fondé sur les mutations environnementales caractérisées par une mauvaise gestion des déchets de toutes sortes dans un contexte d'une démographie galopante. Il s'ensuit une demande accrue de la ressource en eau avec une diversification des activités demandeuses d'eau.

Ces différentes pressions induisent une diminution quantitative des ressources en eau d'une part et une dégradation qualitative desdites ressources du fait des pratiques humaines notamment. Les principales forces directives sont constituées des institutions/structures nationales impliquées dans la gestion de l'eau aux niveaux national, départementale et local. A ces acteurs s'ajoutent les garants des traditions et coutumes sans oublier les populations elles-mêmes. Chaque partie prenante agit directement ou indirectement sur la gestion des ressources en eau en fonction des logiques, pouvoirs qui sont les siens. Ainsi la qualité des diverses sources en eau de boisson se dégradent progressivement rendant donc la population vulnérable aux divers risques et maladies.

Dans le futur, la gestion durable des ressources en eau dans la Commune d'Allada requiert alors la connaissance et la prise en compte des changements environnementaux et sociaux. Les réalités socioculturelles du milieu méritent aussi une attention particulière en vue de la participation plus active des populations à la définition des politiques et stratégies pour une réduction de la vulnérabilité, gage d'une bonne santé.

2.2. Clarification et définitions opératoires des concepts

Il convient de clarifier ou de définir quelques concepts clés utilisés dans cette thèse pour permettre sa compréhension.

Maladie : Dysfonctionnement d'un organisme, caractérisé par différents symptômes et une certaine évolution dans le temps. La plupart des maladies sont multifactorielles et leur occurrence dépend de l'environnement, du vécu de l'individu, mais aussi des prédispositions que lui confère son patrimoine génétique (Monchet *et al.*, 1997).

Maladies hydriques : Selon l'OMS (1996), les maladies hydriques sont les maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines qui contiennent des microorganismes pathogènes.

Risque : Dovonou (2001) définit le risque comme étant le résultat de l'exposition à un phénomène dangereux ou à un danger, ce danger étant plus ou moins prévisible selon Ouledi (2004). Le lien entre le risque et le **danger** est aussi évoqué par Gnanssounou (2005), qui pense que le risque est la probabilité de voir se manifester la présence d'un danger dans son environnement et dans son alimentation. Pour cette étude sera considérée comme risque l'existence de facteurs pouvant contribuer à faire naître et /ou persister la source du danger et dont la preuve n'est pas démontrée à travers des tests. Il est important de différencier les notions de Danger et de Facteurs de Risques. Le risque n'est pas un danger: il en est la conséquence s'il y a exposition au danger.

Eau potable : Eau ne contenant pas de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques, ni des quantités excessives de matières minérales et organiques. Elle doit, par ailleurs, être limpide, incolore et ne présenter aucun goût ou odeur désagréable (Clegbaza, 2000). Une eau potable est une eau devant répondre à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. 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, 1998).

Eau polluée : Une eau est dite polluée lorsque, sous l'effet de l'activité humaine, ou autre, elle devient impropre à satisfaire la demande ou qu'elle présente un danger pour l'environnement (Yamongbe, 2011).

Polluants : Ce sont des éléments de nature, de constitution et d'origines diverses dont la présence dans un milieu engendre des états ou des situations désagréables appelées pollution. Dans le cadre de la présente étude, est considéré comme polluant, tout corps étranger ou paramètre vivant ou non, pouvant compromettre la potabilité de l'eau (Yamongbe, 2011).

Accès à l'eau potable

L'eau potable est définie par l'OMS 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, 1988). 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.). 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 étude, 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 potable,
- la qualité de l'eau dite potable,
- 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,
- la valeur économique (ou accessibilité financière) de l'eau potable (qui varie en fonction des espaces géographiques, des saisons, des types d'infrastructures, etc.).

Vulnérabilité : c'est le degré auquel un système naturel ou humain est susceptible d'être détérioré ou de subir des dommages sévères en raison des changements climatiques (IPCC, 2001). La vulnérabilité, pour Baudoin (2010), peut être définie comme la susceptibilité d'un système naturel ou humain à être affecté par les effets négatifs du changement, de la variabilité ou des extrêmes climatiques. Elle traduit en conséquence la capacité d'une personne, d'une communauté ou d'un milieu naturel à anticiper, à résister ou à s'adapter aux impacts négatifs du climat ou à se remettre de ces impacts. C'est aussi la sensibilité d'un système ou son incapacité à faire face aux effets des changements climatiques y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes (Issa, 2012 et Ogouwalé, 2006). La vulnérabilité peut être humaine, matérielle, fonctionnelle, environnementale, etc. (Bourrelier *et al.*, 2000) ; ces vulnérabilités pouvant se cumuler. La vulnérabilité est fonction de l'exposition et de la sensibilité d'un système aux effets négatifs de l'aléa, et de la capacité d'y faire face (IPCC, 2001).

Risque sanitaire est conçu comme le résultat de l'action d'un facteur spécifique sur l'apparition ou le développement d'une pathologie. La présence de ce facteur détermine une probabilité plus forte pour les individus de développer la pathologie, indépendamment de toute autre cause. Selon Thouret *et al.* (1996), le risque dépend de la manière dont l'aléa et la vulnérabilité se combinent. Zonou (2008) ajoute que parmi les facteurs permettant d'expliquer le risque sanitaire, l'aléa n'est pas le seul élément à prendre en compte. La salubrité de l'environnement, la capacité à soigner la population, la fragilité de la population sont autant de facteurs d'endommagement, de vulnérabilités qui vont affecter la réponse à l'aléa.

Pour cette recherche, le risque sanitaire est défini comme la possibilité ou la probabilité pour une personne de ressentir des malaises ou de contracter une pathologie.

Pollution : Le mot « pollution » vient du latin *Pollutio* qui signifie «salissure», «souillure». Historiquement, la pollution est la contamination (d'une personne, d'un lieu, etc.) par des substances impures, c'est-à-dire inappropriées au contexte. Une définition contemporaine désigne la pollution comme un phénomène perturbateur d'un équilibre établi par des éléments nuisibles à la vie (Lenntech, 2006). La pollution peut être anthropique (c'est-à-dire créée par l'Homme) ou d'origine non humaine.

Selon le dictionnaire Larousse Médical (1998) : C'est la dégradation de l'environnement due à l'action humaine, par des substances chimiques, des déchets industriels, des nuisances ou contaminations insalubres de l'environnement par des microorganismes pathogènes.

La loi cadre sur l'environnement de 1999 définit la pollution comme étant « *toute contamination ou modification directe ou indirecte de l'environnement provoquée par tout acte susceptible d'affecter défavorablement une utilisation du milieu profitable à l'Homme ; de provoquer une situation préjudiciable à la*

santé, la sécurité, le bien-être de l'Homme, de la flore et de la faune, ou à la sécurité des biens collectifs et individuels ». De ce fait, la pollution de l'environnement est **«** *l'introduction de toute substance ou de tout facteur susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de l'environnement, et de créer des risques pour la santé de l'Homme, de nuire à la faune et à la flore terrestre et aquatique, de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale du milieu* **»**.

La pollution est la dégradation de l'environnement par des substances (naturelles, chimiques ou radioactives), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.). Bien qu'elle puisse avoir une origine entièrement naturelle (éruption volcanique, par exemple), elle est principalement liée aux activités humaines (Larousse, 2005).

Elle désigne également la dégradation d'un biotope par l'introduction, généralement humaine, de substances ou de radiations, entraînant une perturbation plus ou moins importante de l'écosystème. La notion de pollution appelle donc celle de contamination d'un ou plusieurs composants des écosystèmes (air, eau, sol), d'un organisme (qui peut-être l'Homme) ou d'un groupe d'organismes, ou ayant une incidence sur l'écosystème (Soclo et Gbaguidi, 2010).

La définition retenue dans le cadre de cette étude est celle proposée par la loi cadre de l'environnement.

Bioaccumulation des métaux lourds

La bioaccumulation désigne la capacité des organismes à absorber et concentrer dans tout ou une partie de leur organisme (partie vivante ou inerte telle que l'écorce ou le bois de l'arbre, la coquille de la moule, la corne, etc..) certaines substances chimiques, éventuellement rares dans l'environnement (oligoéléments utiles ou indispensables, ou substances toxiques indésirables)

(http://europa.eu.int/comm/entreprise/reach/index_fr.htm, consulté le 12/12/16 à 21h14).

Bioconcentration : Le mot « bioconcentration » désigne le phénomène d'augmentation de la concentration d'un élément (oligoélément, polluant, radionucléide...) par le fait d'un organisme vivant ou d'une association d'êtres vivants capables de capter cet élément à partir du milieu et de le conserver (http://www.ifremer.fr/delecen, consulté le 24/01/17 à 15h22mn).

Ces études, tout en mettant en relief les qualités de l'eau de boisson ont montré aussi l'influence de la qualité de l'environnement sur l'état de l'eau. Mais elles n'ont pas fait cas des différents risques.

L'analyse des travaux a permis de faire l'état des lieux des recherches entreprises dans le même axe scientifique que le thème d'étude. Elle a aussi permis d'identifier avec plus de précision quelques-unes des données et les méthodes les mieux adaptées à cette étude.

Pour bien mener ce travail de recherche, une approche méthodologique est mise au point.

2.3. Approche méthodologique

L'approche méthodologique se résume en trois (03) phases à savoir : données utilisées, collecte et traitement des données, analyse et interprétation des résultats. Elle est faite en fonction des objectifs spécifiques.

2.3.1. Données utilisées

La présente étude a nécessité plusieurs types de données aussi bien quantitatives que qualitatives. Elles sont constituées essentiellement de variables qui expliquent les facteurs responsables de pollution de l'environnement et des pathologies hydriques sans oublier les différents risques dans le secteur d'étude.

- données démographiques, constituées des effectifs des populations de la commune et disponibles à l'INSAE de 1979 à 2013;

- données socio-anthropologiques pour appréhender la perception des populations sur les maladies hydriques et les risques sanitaires, également sur l'hygiène et l'assainissement;
- statistiques sur les ouvrages hydrauliques de la commune pour avoir une meilleure connaissance sur les taux de desserte. Ces données sont disponibles à la Direction Générale de l'Eau et à la Mairie d'Allada ;
- données sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques (pH, conductivité, turbidité, fer, magnésium, cadmium, plomb, *E. coli*, Coliformes totaux, streptocoques fécaux, etc…) pour apprécier la qualité des eaux à analyser.
- coordonnées géographiques pour la réalisation des cartes thématiques
- données pluviométriques et températures pour comprendre à quel moment surviennent les pathologies (elles prennent en compte les hauteurs de pluies et températures mensuelles : disponibles à l'ASECNA sur la période de 1970-2014);
- les données épidémiologiques sur une période de 1994-2016 dans la Commune d'Allada, obtenues à la Direction Départementale de la Santé Atlantique-littoral et complétées par les enquêtes de terrain.

2.3.2. Collecte des données

L'étape préliminaire de la collecte des données est la recherche documentaire et les investigations en milieu réel.

2.3.2.1. Techniques de collecte de données

Pour cette étude, plusieurs techniques de collecte des données ont été utilisés.

L'observation directe aura permis d'appréhender les effets de la pollution de l'environnement, le comportement des populations face aux maladies hydriques puis les actions menées sur le terrain tant par la population que par les autorités locales et les organisations humanitaires. Des focus-group constitués de 10

personnes sont organisés pour compléter les données et informations sur les qualités de l'eau de boisson, la typologie des maladies de même que les risques.
Au cours de l'entretien, la méthode des itinéraires a été utilisée pour l'identification des principaux acteurs de la chaine de gestion et du traitement d'eau.
Quant à la Méthode Active de la Recherche Participative (MARP), elle a permis de s'intéresser avant tout aux réalités quotidiennes des populations, puis à leur perception sur les causes et les impacts des maladies hydriques et enfin aux stratégies qu'elles développent pour pallier lesdites maladies.

2.3.2.1.1. Recherche documentaire

Dans ce cadre, les thèses, mémoires, rapports et certains travaux scientifiques portant sur la qualité de l'eau de boisson, les maladies liées à l'eau et les risques encourus ont été consultés dans les centres de documentation de la Flash, des institutions spécialisées, des bibliothèques, sur le réseau internet et autres organismes susceptibles de fournir des informations relatives au sujet de recherche. Le tableau II présente les différents centres de documentation parcourus, la nature des documents consultés et les différents types d'informations recueillies.

Tableau II : Centres de documentation parcourus et types d'informations recueillies

Centres de documentation et structures	Nature des documents	Types d'informations recueillies
Bibliothèque et centre de documentation de la FASHS/FAST	Mémoire de DEA/Master et Thèses	Approche méthodologique; informations générales
Internet	Documents, articles	Informations sur les maladies hydriques en Afrique et au Bénin
ASECNA	Données pluviométriques	Informations sur les données climatiques
INSAE	Données statistiques	Informations sur les données démographiques
Mairie/Allada	Diverses archives	Informations générales sur l'arrondissement
Centre de documentation du MSP et DDS Atl-Lit	Rapports et les annuaires sanitaires	Données épidémiologiques
Direction Générale de l'Eau	Annuaires communaux des ouvrages hydrauliques	Statistiques sur les ouvrages hydrauliques

***Source* :** Enquêtes de terrain, 2014-2015-2016

Les informations documentaires ainsi mobilisées ont été complétées par les travaux de terrain.

2.3.2.2. Enquête de terrain

Les visites préliminaires et les enquêtes approfondies ont été les phases essentielles des investigations sur le terrain. Quant aux enquêtes de terrain, elles ont été réalisées à base d'un échantillonnage préalablement établi avec des techniques et outils appropriés.

2.3.2.2.1. Echantillonnage

La connaissance de la population cible, des différentes sources à prélever et les raisons des différents choix sont indispensables.

L'échantillon utilisé est fondée sur le choix raisonné et le caractère représentatif des différents acteurs concernés par les questions de qualité de l'eau et les risques sanitaires. Cette technique d'échantillonnage est utilisée car,

contrairement à d'autres types d'échantillonnage (aléatoire stratifié et par grappe), elle donne une chance égale à toutes les unités statistiques (ménages) de faire partir de l'échantillon. La population cible de cette étude étant l'ensemble des ménages victimes des maladies hydriques dans les arrondissements retenus, certaines personnes ressources, certains acteurs impliqués dans la gestion de l'eau. La population cible est constituée des :

- femmes et enfants qui puisent l'eau ;
- associations d'agriculteurs, producteurs et de pêcheurs (pour leur usage quotidien);
- autorités locales et traditionnelles (pour la gestion et le gardien de l'eau de la ressource) ;
- gestionnaires de points d'eau (pour la gestion locale);
- les agents de la SONEB et de la Direction Générale de l'Eau qui ont en charge la fourniture d'eau jugée potable (pour les informations sur l'évolution des abonnés et les statistiques sur les ouvrages);
- des agents des services sanitaires (centres de santé publics, cabinet médical, etc.) qui enregistrent les cas de maladies et collectent les statistiques épidémiologiques.

La présente étude a été réalisée dans huit (08) arrondissements sur les douze (12) que compte la commune soit un taux de 66,66 %. Ces huit arrondissements sont choisis compte tenu des objectifs de l'étude. Les critères sont que l'arrondissement doit disposer des ouvrages hydrauliques ou eau de surface ou puits ou encore l'ensemble, pourvu que la source serve de boisson à la population.

Compte tenu de la transversalité de l'étude, quelques villages ou quartiers de ville de la commune ont été parcourus afin de déterminer les variables impliqués

dans la pollution de l'environnement et liés aussi à l'eau de boisson et les risques dans le secteur d'étude. Le mode d'échantillonnage se présente comme suit :

La taille de l'échantillon a été déterminée par la méthode de Schwartz (1995). Sa formule s'énonce comme suit :

$$\mathbf{N = Z\alpha^2 PQ / d^2} \text{ avec}$$

N : taille de l'échantillon par arrondissement

$\mathbf{Z\alpha^2}$: écart fixé à 1,96 correspondant à un degré de confiance de 95 %

P : nombre de ménages de l'arrondissement / nombre total de ménages que compte la commune

Q : 1-P et

d : marge d'erreur qui est égale à 5 %

En procédant ainsi par arrondissement, un taux d'échantillonnage de 60 % est appliqué au résultat pour déterminer le nombre exact de ménage à enquêter. Par exemple pour l'arrondissement de Sékou, on a le résultat suivant.

Sachant que le nombre total de ménages est de 20456 et celui de l'arrondissement de Sékou est de 5781 en 2013 ($RGPH_4$)

P = 5781/20456 ce qui équivaut à P = 0,282

Q = 1-P ce qui équivaut à Q = 1-0,19 ; **Q = 0,717**

N = $(1,96)^2$ x 0, 282 x 0,717 /$(0,05)^2$; **N = 311**

N rapporté au 60 % = 311 x (60/100) = 186,60≅187

Le nombre de ménages à enquêter dans l'arrondissement de Sékou est de 187. La même procédure a été adoptée pour les autres arrondissements de la commune.

Le tableau III présente la répartition des ménages enquêtés par arrondissement.

Tableau III : Répartition de l'échantillon des ménages

Arrondissements	Nombre de ménages	Nombre de ménages d'Arrondissements	P	Q	$Z\alpha^2$	d^2	N	N x 60 / 100	Proportion (%)
ALLADA	20456	5 393	0,263	0,736	3,8416	0,0025	297	178	0,87
AVAKPA		1 200	0,058	0,942			84	50	0,24
HINVI		1 253	0,061	0,939			88	52	0,25
LISSEGAZOUN		3 454	0,168	0,832			215	129	0,63
LON-AGONMEY		962	0,047	0,953			69	41	0,20
SEKOU		5 781	0,282	0,718			311	187	0,91
TOGOUDO		1 444	0,070	0,930			100	60	0,29
TOKPA		969	0,047	0,953			68	41	0,20
TOTAL								**738**	**3,60**

Source : Enquêtes de terrain, novembre 2015

Au total 738 ménages sont pris en compte par notre enquête sur les 20456 ménages que constituent notre secteur d'étude.

Aussi, convient-il de signaler que notre enquête a pris en compte les autorités locales (les chefs d'arrondissement et quelques chefs de village) ainsi que des agents de santé et des personnes ressources ciblées, comme l'indique le tableau IV ci-dessous. La technique d'échantillonnage pour les personnes ressources est faite de façon aléatoire

Tableau IV : Répartition des personnes ressources

Personnes ressources	Effectifs	Total
Maire	01	01
Les Chefs d'Arrondissement (CA)	08	08
Les Chefs de village (CV)	03 par Arrondissement	24
Les Agents de santé (toutes catégories confondues)	10	10
Epidémiologiste	01	01
Agent de la DG-Eau	06	06
Total enquêté		**50**

Source : Résultats d'enquête, Février-Mars 2016

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.

Les analyses ont porté sur les eaux de surface, les eaux de pluies et eaux souterraines dans les différents arrondissements. En fonction des spécificités de chaque arrondissement, les sites de prélèvement sont présentés dans le tableau V.

Tableau V : Echantillon des eaux prélevées

Arrondissements	Nature des sources les plus utilisées	Nombre d'échantillon pour la microbiologie	Nombre d'échantillon pour la physico-chimie	Nombre d'échantillon pour les ETM (Pb, Cd, Cu, Ni et Cobalt)	Type de milieu	Raison du choix
ALLADA	Eau de SoNEB	02	---	---	Urbaine	S'assurer de la qualité de l'eau potable fournie
ATTOGON	Eau de surface	01	01	01	Rural	Connaitre la qualité de l'eau
AVAKPA	Puits traditionnel	01	01	01	Rural	Connaitre la qualité de l'eau
HINVI	Citerne	01	01	01	Rural	Connaitre la qualité de l'eau
LISSEGAZOUN	Eau de surface	01	01	01	Rural	Connaitre la qualité de l'eau
LON-AGONMEY	Eau de surface	02	02	02	Rural	Connaitre la qualité de l'eau
SEKOU	SA, citerne, puits traditionnel forage	04	04	04	Péri-urbaine	Rendre compte des eaux impropres à la consommation
TOGOUDO	Puits traditionnel	01	01	01	Rural	Connaitre la qualité de l'eau
TOKPA-AVAGOUDO	Eau de surface	01	01	01	Rural	Connaitre la qualité de l'eau
TOTAL		**14**	**12**	**12**		

Source : Enquête de terrain, 2015-2016

Au total, 38 échantillons d'eau en deux (02) campagnes sont prélevés.

2.3.2.2.2. Outils de collecte des données

En appui aux techniques de collectes utilisées, certains outils tels que :

- le questionnaire d'enquête, la grille d'observation et le guide d'entretien ont été utilisés pour recenser les informations sur le terrain ;

- un GPS (Global Positionning System**)** de marque GARMIN pour la prise des coordonnées géographiques des sites dont les eaux sont prélevées;
- un appareil photographique pour la prise des vues en milieu réel afin d'illustrer les faits relatifs à l'étude ;
- un enregistreur permettant d'enregistrer les interviews et les entretiens ;
- un carnet de notes pour la prise de notes ;
- bouteilles de possotomé pour la physico-chimie et des sachets stérilisés pour la microbiologie;
- un pH-mètre WTWLF 340 ;
- un conductimètre ;
- coton et de l'alcool ;
- stérilisateur ;
- glacière avec des plaques de glace.

Les principales rubriques abordées au cours des investigations concernent la perception des différents acteurs sur la pollution de l'environnement, les pathologies hydriques (causes, manifestations et impacts), les différentes stratégies d'adaptation mises en œuvre, les limites de ces mesures et les solutions envisagées. L'ensemble des différentes données collectées ont été soumises à des traitements à l'aide d'outils appropriés.

2.3.3. Méthodes de traitement des données

Le traitement des données et l'analyse des résultats constituent la dernière étape de la première partie de la démarche méthodologique adoptée. Plusieurs méthodes statistiques, cartographiques et d'analyses sont utilisées dans le cadre de cette étude.

2.3.3.1. Dépouillement des données collectées

O.S.2. Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson

Pour analyser l'influence de chaque facteur sur la détérioration de la qualité de l'eau, il a été défini un critère de classification des échantillons en se basant sur les pollutions bactériologiques liées à la présence des coliformes et des streptocoques fécaux (tableau VI) (Rodier, 2009).

Tableau VI : Critère de qualité des eaux retenues pour la classification des échantillons analysés

Niveau d'appréciation	Streptocoques (UFC/100mL)	Coliformes (UFC/100mL)	Qualité
Niveau 1	0-20	0-20	Bonne
Niveau 2	0-20	20-200	Moyenne
Niveau 3	20-200	20-200	Suspecte
Niveau 4	20-200	200-1000	Très suspecte

Source : Ngnikam, (2007)

Toutes les eaux analysées sont destinées à la boisson donc il s'agit de l'eau courante (SoNEB), forage, puits, eau de surface par endroit de même que les eaux de pluie couramment utilisées par les populations de la Commune d'Allada.

2.3.3.2. 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 plan d'eau, des ouvrages hydrauliques, des impluviums 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, notre 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 traditionnels et des impluviums**

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 ou l'impluvium.

- **Prélèvement au niveau des eaux de surface**

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 Contrôle de la Qualité des Eaux et des Aliments dans les conditions prévues pour y subir le dosage des paramètres physico-chimique, bactériologique et toxicologique.

- **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.

2.3.3.3. 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 Contrôle de la Qualité des Eaux et Aliments du Ministère de la Santé.

Elle a pour objectif de vérifier la qualité des eaux de boisson utilisées par les ménages (forages, impluviums, puits, eaux de surface). Les coliformes et streptocoques fécaux ont été recherchés quantitativement. Il en est de même pour certains paramètres physico-chimiques spécifiques en l'occurrence le plomb, le fer, le cuivre, le nickel, le cobalt et le cadmium.

✪ Dosage de cadmium

➢ **P**remière étape : Minéralisation selon HACH

- Peser entre 0,1 et 0,5 gramme de la matière solide préalablement séchée, moulue à l'aide d'un mortier en porcelaine et tamisée avec un tamis 2µm ou 5 à 40 mL d'échantillon d'eau ;
- Introduire dans une fiole digesdhal de 100 mL ;
- Ajouter 4 mL (solide) ou 3 mL (liquide) d'acide sulfurique concentré et porter à 440°c sur le minéralisateur ;
- Laisser carboniser pendant 3 à 5 minutes ;
- Ajouter 10 mL d'eau oxygénée 30 ou 50 % volume à l'aide d'un entonnoir à capillaire. Si l'échantillon n'est pas tout à fait clair, il faut continuer à ajouter des fractions de 5 mL ;
- Laisser l'eau oxygénée s'évaporer entièrement et retirer la fiole du minéralisateur ;
- Après refroidissement (15 min environ), compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de 100 mL.

La planche 3 montre le procédé de minéralisation à différentes étapes.

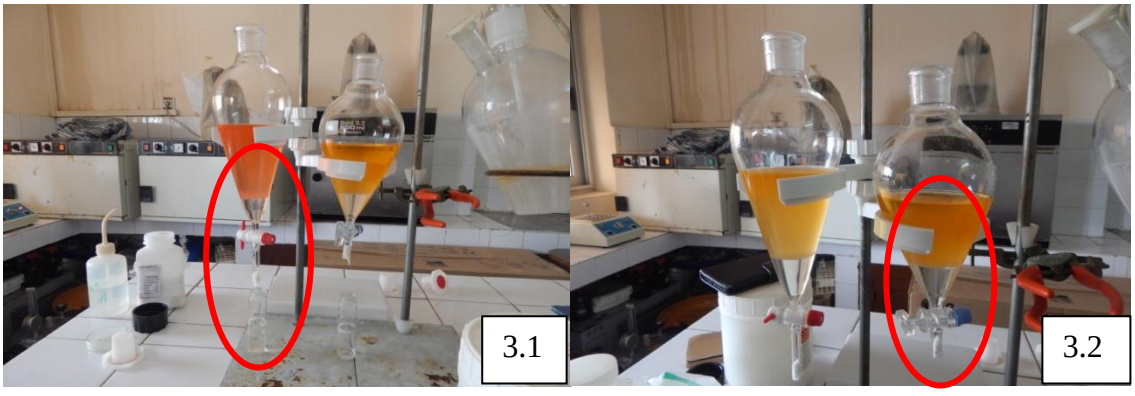


Planche 3 : Processus d'extraction du minéralisât (3.1), minéralisât prêt à extraire mais le robinet est fermé (3.2)
Prise de vue : Sohounou, nov 2016

- **Deuxième étape**

Dosage de cadmium par la méthode « Dithizone »

Principe de la méthode

La méthode à la dithizone est conçue pour la détermination du cadmium dans l'eau, les effluents et les solides. Le réactif Dithiver est une forme stable en poudre de dithizone. Les ions cadmium en solution basique réagissent avec la dithizone pour former un complexe cadmium-dithizonate rose à rouge, qui est extrait par le chloroforme rectapur. La lecture comparée de cette solution avec celle de chloroforme pure au spectrophotomètre d'absorption moléculaire (DR 2800) donne la valeur lue à l'appareil (A) en µg/L.

Réactifs

- Tampon citrate pour métaux lourds en gélules
- Chloroforme, ACS
- Réactif Dithiver en gélules
- Potassium cyanure ACS
- Solution d'Hydroxyde de sodium 50%
- Coton absorbant en balles

Matériel

- Ampoule à décanter, 500mL
- Anneau-support 10cm
- Cuiller de mesure 0,1g
- Eprouvette graduée, 25mL
- Eprouvette graduée 250mL
- Eprouvette graduée bouchée 50ml
- Pince coupante
- Statif 13x20cm

Mode opératoire

1. Mesurer 250mL de l'échantillon minérale ou 20 ml du minéralisât (solide comme liquide) et compléter à 250mL avec de l'eau distillée.
2. Verser cet échantillon dans une ampoule à décanter de 500mL.
3. Ajouter le contenu d'une gélule de tampon citrate pour métaux lourds.
4. Boucher et agiter l'ampoule pour dissoudre le réactif.
5. Mesurer 30mL de chloroforme dans une éprouvette graduée bouchée.
6. Ajouter le contenu d'une gélule de réactif Dithiver dans la solution du chloroforme.
7. Boucher l'éprouvette.
8. Retourner plusieurs fois pour mélanger (solution de Dithiver).
9. Ajouter à l'ampoule 20ml d'hydroxyde de sodium 50%, puis une mesure 0,1g de cyanure de potassium.
10. Agiter vigoureusement pendant 15 secondes.
11. Retirer le bouchon et laisser reposer pendant une minute.
12. Ajouter 30ml de solution de Dithiver à l'ampoule à décanter de 500ml.
13. Boucher, inverser et ouvrir le robinet pour relâcher la pression.
14. Fermer le robinet et agiter l'ampoule une ou deux fois.
15. Ventiler à nouveau.
16. Fermer le robinet et agiter l'ampoule vigoureusement pendant 60 secondes.
17. Laisser reposer l'ampoule pendant 1 minute.
18. Introduire un petit morceau de coton dans le tube d'écoulement de l'ampoule et soutirer lentement la couche inférieure (chloroforme) dans un flacon colorimétrique propre et sec (l'échantillon préparé).
19. Boucher.
20. Remplir un flacon colorimétrique propre et sec avec du chloroforme (le blanc).
21. Boucher.
22. Lire le blanc en plaçant dans le puits de mesure.

23.De même que l'échantillon préparé.

24.Fermer le capot.

Expression de calcul

$$Cd\ \left(\frac{mg}{l}\right) ou\ \left(\frac{mg}{kg}\right) = \frac{A\ \ X\ \ 25}{B\ \ X\ \ C}$$

Avec :

A = Valeur lue sur l'instrument en µg/L.

B = Volume minéralisé en mL ou mg.

C = Volume d'échantillon prélevé pour être lu en mL.

✪ **Dosage de plomb**

- **Première étape :** la minéralisation est faite de la même manière que pour le cadmium
- **Deuxième étape :** Dosage de plomb par la méthode « Dithizone »

Principe de la méthode

Le réactif Dithiver est une forme stable en poudre de dithizone. Les ions plomb en solution basique réagissent avec la dithizone pour former un complexe plomb-dithizonate rose à rouge, qui est extrait par le chloroforme.

Réactifs sont les mêmes comme dans le cas du cadmium

Matériel

- Ampoule à décanter, 500ml
- Anneau-support 10cm
- Cuillère de mesure 1,0g
- Eprouvette graduée, 25ml
- Eprouvette graduée 250ml
- Eprouvette graduée bouchée 50ml
- Pince coupante
- Statif 13x20cm

- pH-mètre Hach One portatif
- Bouchon creux poly n°1

Mode opératoire

1. Mesurer 250 mL (ou 25 mL de minéralisât et compléter à 250 mL d'eau distillée) d'eau à analyser à l'éprouvette.
2. Verser cet échantillon dans une ampoule à décanter de 500 mL.
3. Ajouter le contenu d'une gélule de tampon citrate pour métaux lourds.
4. Boucher et agiter l'ampoule pour dissoudre le réactif.
5. Mesurer 50 mL de chloroforme dans une éprouvette graduée bouchée de 50 mL.
6. Ajouter le contenu d'une gélule de réactif Dithiver.
7. Boucher l'éprouvette.
8. Retourner plusieurs fois pour mélanger (solution de Dithiver).
9. Ajouter à l'ampoule 30 mL de solution de dithizone.
10. Boucher. Retourner. Ouvrir le robinet pour dégager.
11. Ajouter 5 mL d'hydroxyde de sodium 5,0N.
12. Boucher. Retourner. Ouvrir le robinet.
13. Agiter l'ampoule une ou deux fois et ouvrir le robinet à nouveau.
14. Ajouter de la solution de soude 5,0N goutte à goutte jusqu'au virage à l'orange après agitation.
15. Ajouter 5 gouttes de soude 5,0N.
16. Ajouter deux mesures bombées de 1,0g de potassium cyanure à l'ampoule. Boucher.
17. Agiter vigoureusement pendant 15 secondes.
18. Introduire un petit morceau de coton dans le tube d'écoulement de l'ampoule et soutirer lentement le chloroforme dans un flacon colorimétrique propre de 25 mL. Boucher.

19. Remplir un flacon colorimétrique (le blanc) avec du chloroforme. Boucher
20. Lire le blanc en plaçant dans le puits de mesure.
21. Lire l'échantillon préparé.

Expression de calcul

$\boldsymbol{Pb}\ \left(\frac{\boldsymbol{mg}}{\boldsymbol{l}}\right)\boldsymbol{ou}\ (\frac{\boldsymbol{mg}}{\boldsymbol{kg}}) = \frac{\boldsymbol{A}\ \ \boldsymbol{X}\ \ \boldsymbol{25}}{\boldsymbol{B}\ \ \boldsymbol{X}\ \ \boldsymbol{C}}$ Avec :

A= Valeur lue sur l'instrument en µg/L.

B= Volume minéralisé en mL ou mg.

C= Volume d'échantillon prélevé pour être lu en mL.

✪ Dosage des paramètres physico-chimiques classiques

Les paramètres physico-chimiques sont dosés par les méthodes potentiométriques (pH), électro métrique (couleur, turbidité, conductivité/TDS), colorimétrique (nitrites, nitrates, ammonium, ortho phosphate) et titrimétrie pour les carbonates, bicarbonates et les chlorures.

Calcium, dureté totale, magnésium, fer total sont déterminés par les méthodes standardisées de l'American Public Health Association. La volumétrie (méthode de dosage) est appliquée à l'analyse quantitative du calcium et du magnésium. Les teneurs en calcium, magnésium des échantillons sont déterminées par complexométrie, par titrage avec l'acide Ethylène-Diamine Tétra Acétique (EDTA).

Principe de réaction de quelques paramètres :

Fer dissous : Tout le fer est converti en fer ferreux par le réactif 1.10-phénanthroline (Ferrover). Ce fer ferreux réagit avec le dit réactif pour former un complexe orange.

Chlorure : Recherche internet sur la méthode de *Mohr*.

Nitrites : En présence de l'acide sulfanilique, le nitrite réagit pour former de diazonium qui se combine avec de l'acide chromotropique pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de nitrite en solution.

Nitrates : En présence du cadmium, le nitrate est réduit en nitrite qui réagit avec l'acide sulfanilique pour former de diazonium qui réagit avec l'acide chromotropique pour produire un complexe rose dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de nitrate en solution (voir maintenant nitrite).

Ammonium : Le réactif minéral stabilise l'échantillon et le dispersant alcool polyvinyle, aide à la stabilisation de la coloration durant la réaction du Nessler avec l'ion ammonium. La couleur jaune formée est proportionnelle à la concentration des ions ammonium.

Ortho-phosphate :

L'orthophosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe mixte phosphate-molybdate. Ensuite, l'acide ascorbique réduit le complexe, provoquant une forte coloration bleue, due au molybdène. La lecture est obtenue à 880 nanomètre (nm).

Fluorure : La méthode SPANDS pour la détermination du fluorure met en œuvre la réaction du fluorure avec une solution colorante au rouge de zirconium. Le fluorure se combine avec une partie du zirconium pour former un complexe zirconium-fluorure incolore, produisant une diminution de la couleur rouge proportionnelle à la concentration du fluorure. Lecture à 580 nm sur un spectrophotomètre d'absorption moléculaire.

Sulfure : l'hydrogène sulfuré et les sulfures métalliques solubles en milieu acides réagissent avec l'oxalate de N,N-diméthyl-p-phénylènediamine pour former du bleu de méthylène. L'intensité de la coloration bleue est proportionnelle à la concentration du sulfure. La lecture est obtenue à 665 nm.

✪ Analyses microbiologiques

➢ Préparation du local

Le laboratoire est nettoyé et la paillasse correctement désinfectée avec une solution désinfectante (solution à base de chlore ou de l'alcool 70 %).

Préparation des milieux de culture et du matériel de travail

Le milieu de culture utilisé pour la recherche des Coliformes (totaux fécaux et E. Coli) est le rapid E. coli, le Baird Parker pour les clostridium aureus et celui des Streptocoques fécaux est le milieu Slanetz-Bartley. La poudre REC, de Baird Parker et celle de Slanetz sont reconstituées en suivant les indications du fabriquant :

Reconstitution de la poudre du Rapid E. coli (REC)

- Ajouter 37g de poudre à 1L d´eau distillée ;
- Porter doucement à ébullition jusqu´à dissolution complète ;
- Stériliser pendant 15 minutes à 121º C à l´autoclave ;
- Laisser refroidir à environ 50° ;
- Bien mélanger et répartir dans les boîtes de pétri stériles.

Reconstitution de la gélose de Slanetz-Bartley pour les streptocoques fécaux

- Ajouter 41.5 g de poudre à 1L d´eau distillée ;
- Porter doucement à ébullition jusqu´à dissolution complète ;
- Stériliser pendant 15 minutes à 121º C à l´autoclave ;
- Laisser refroidir à environ 50° ;

Reconstitution du Baird-Parker

Mettre en suspension 58 g de milieu déshydraté dans 950 d'eau distillée ou déminéralisée. Porter à ébullition lentement en agitant jusqu'à dissolution complète. Répartir en flacon, à raison de :

– 95 mL par flacon pour Baird-Parker avec le jaune d'œuf ;

- Stériliser à l'autoclave à 212°C pendant 15 mn.
- Laisser refroidir à environ 50° ;

Pendant que le milieu se refroidit, il faut :

- ✓ Apprêter les boîtes de pétrie (pour les échantillons à ensemencer par incorporation) en inscrivant les numéros, la date, le milieu, la température d'incubation ;
- ✓ Apprêter les boîtes de pétrie pour couler le milieu sur lequel sera déposé la membrane cellulosique ;
- ✓ Stériliser à l'aide du feu d'un bec bunsen ou d'un pistolet à gaz, la rampe de filtration (en acier inoxydable) ;
- ✓ Apprêter les pinces, la membrane cellulosique de 0,45µm et autres éléments.

Dès que tout est pratiquement prêt, il faut commencer les incorporations et les filtrations. La planche 4 présente les photos de préparation des différents milieux de culture.

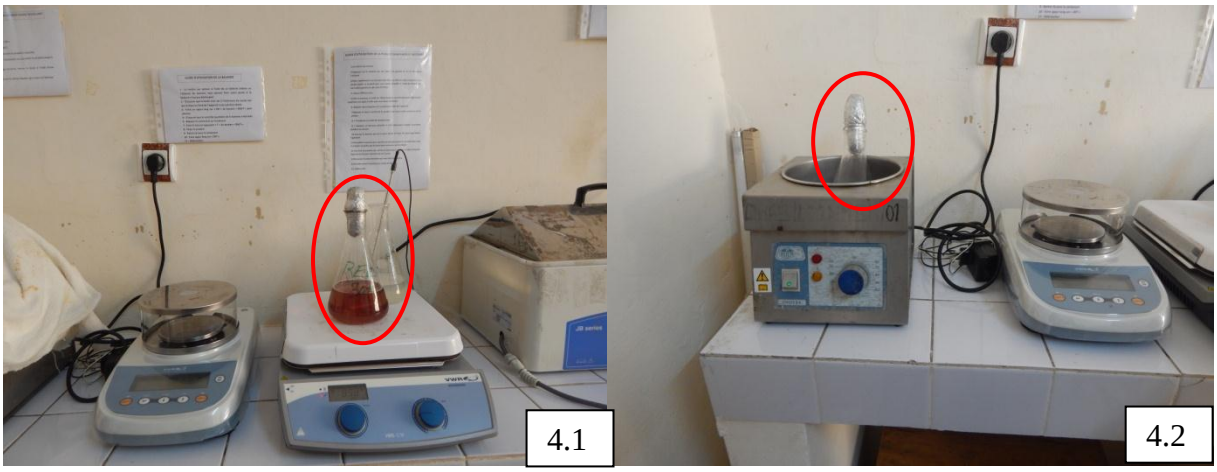


Planche 4 : Milieux REC (4.1), milieux gélose de Slanetz-Bartley (4.2)
Prise de vue : Sohounou, nov 2016

➢ Méthode d'ensemencement

Les eaux ont été incubées par la méthode de filtration de 100 mL d'échantillon et par incorporation.

➢ Incubation

Les échantillons sont incubés à 37°C pour les Coliformes totaux, les Clostridium aureus et les Streptocoques fécaux et à 44°C pour les Coliformes fécaux et les Escherichia coli dans des incubateurs préréglés aux températures indiquées plus haut. La boîte de pétrie est retournée (couvercle en bas) avant l'incubation pour éviter que les vapeurs d'eau ne dispersent les colonies formées empêchant ainsi de faire une lecture correcte (planche 5).

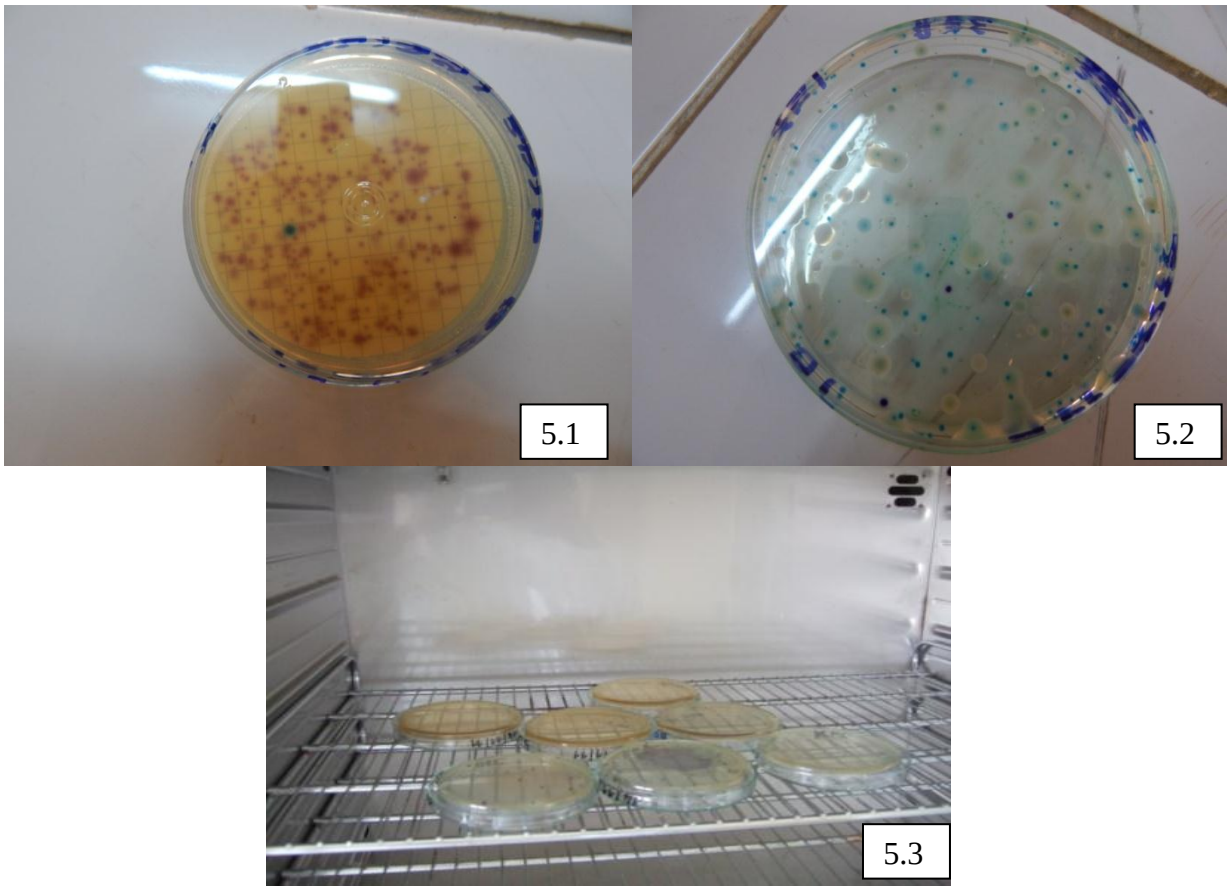


Planche 5 : Germes présents sur milieux gélose de Slanetz-Bartley (5.1), Germes présents sur REC (5.2), Intérieur d'un incubateur (5.3)
Prise de vue : Sohounou, nov 2016

- **Lecture**

Après 24 heures d'incubation, les Colonies de Coliformes qui sont bleues sont les Coliformes totaux ou fécaux selon que cela soit sortie de l'incubateur de 37° ou 44°c. Les colonies d'Escherichia coli sont violettes. Les Streptocoques

fécaux apparaissent rouges sur le milieu Slanetz-Bartley après 24 à 48 heures et les Clostridium eux sont noir avec halo. Une confirmation sur le milieu Bile Esculine est indispensable pour les Streptocoques fécaux.

2.3.3.3.1. Traitement statistique des données

OS1 : Etat des lieux de l'approvisionnement en eau de boisson, d'hygiène et de l'assainissement

OS3 : Typologie des maladies et risques liées à l'eau de boisson

A l'issue des investigations, un dépouillement des questionnaires est fait manuellement. Les fiches d'enquête sont comptées et vérifiées pour s'assurer de l'effectivité des travaux de terrain dans tous les arrondissements retenus dans le cadre de cette étude. Les données issues du dépouillement sont enfin traitées à partir de plusieurs logiciels à savoir : tableur Excel et le logiciel SPSS.16.3.

Les données sont saisies grâce au Word et Excel. En effet, le logiciel Excel a permis de saisir les données qualitatives et quantitatives obtenues sur le terrain après le dépouillement des données collectées. La phase de traitement a consisté au traitement des données collectées avec les logiciels tels qu'EpiInfo, Arcview3.2a et à l'établissement des cartes. D'autres données saisies sont finalement traitées grâce au logiciel statistique SPSS en vue d'obtenir des fréquences par la formule f = $\frac{n}{N}$ avec n la proportion des enquêtées ayant un même avis sur une question donnée et N l'effectif total des enquêtés. Ainsi, des données relatives aux pourcentages sont obtenues et ont servi à la construction des histogrammes et des diagrammes. La moyenne arithmétique est utilisée pour l'étude des régimes climatiques sur une série de données de 1971-2014 pour la caractérisation climatique.

- **Moyenne :**

  $\overline{X} = \sum X_i / N$ *avec* $\overline{X}$ *= la moyenne;* $X_i = \text{mod}alité$ *du carctère utilisé et* $N = l'effectif\ total\ des\ \text{mod}alités$

Cette opération a servi à évaluer la moyenne de pluies enregistrées dans la commune par an.

✪ **Ecart type :**

$\delta(X)=\sqrt{V(x)}$ *avec* $V = la\ \mathrm{var}iance$; $\delta(X) = écart\ type\ de\ X$ *et* *X = Variable*

L'écart type a servi à étudier la dispersion autour de la moyenne et a permis de caractériser les variables étudiées.

Afin de déterminer les qualités physico-chimiques et microbiologiques des sources d'eau les plus utilisées dans la commune d'Allada, il a été réalisé des analyses chimiques et bactériologiques des différentes sources d'eau. Les données collectées à l'issu des analyses ont été soumis à des tests de normalité de Ryan Joyner. La vérification de cette condition a permis de réaliser sur les données provenant de chaque source de faire un test de conformité de moyenne par des tests t de student. En d'autres termes, des comparaisons de moyennes aux moyennes théoriques correspondant aux normes (OMS, UE et Nationales) ont été faites. Pour les paramètres physico-chimiques dont les normes sont absentes (PO_4^{3+}, Th, CO_3^{2-} et HCO3) il a été réalisé des comparaisons des qualités des sources, grâce à l'emploi des Analyses de Variances (ANOVA) à un facteur fixe (sources d'eaux). A l'issu de ces ANOVA, celles qui se sont révélées significatives ont subi des post hoc test de Student-Newman and Keuhl. Les analyses sus citées ont été faites avec le logiciel Rvers3.2.1 (R Core Team, 2016).

Par ailleurs pour apprécier l'impact de certains variables climatiques (pluie et température) dans la survenance de certaines maladies liées à l'eau de boisson, les tests ci-dessus cités sont faits.

En effet, afin d'étudier l'effet de la pluviométrie et de la température sur les affections épidémiques liées à l'eau, le nombre de personnes affectées a été collecté régulièrement tous les mois de Janvier 1999 à Décembre 2016 de même que les données de température et de pluviométrie. Les données manquantes ont

été calculées en utilisant la méthode d'imputation multiple de la bibliothèque "mice" (van Buuren et Groothuis-Oudshoorn, 2011). Les données longitudinales ainsi obtenues ont été modélisées par l'emploi des modèles linéaires généralisés à effets mixtes dans la bibliothèque 'lme4' (Bates *et al.*, 2015) du logiciel R 3.3.3 (R core Team, 2017). Les valeurs du coefficient de détermination des différents modèles ont été calculées par l'approximation de Barton (2016).

L'évaluation des risques sanitaires liés à la consommation des eaux polluées par les éléments traces métalliques, est une méthode qui permet d'estimer par calcul les risques pour la santé auxquels est soumise une population exposée à une pollution particulière d'origine industrielle ou naturelle. L'évaluation des risques sanitaires liés à la consommation de l'eau polluée par les éléments traces suivra quatre principales étapes (Ademe, 2007 ; ASTEE, 2006).

- L'identification du danger des substances chimiques : elle permet de sélectionner les substances à prendre en compte dans l'évaluation quantitative du risque sanitaire (EQRS) et d'identifier les effets qui peuvent en dériver : effet aigu, subchroniques chronique, effet à seuil, effet sans seuil.

- L'évaluation de la relation dose réponse : elle a pour but de définir une relation quantitative entre la dose administrée ou absorbée et l'incidence de l'effet, à partir de laquelle on établit les valeurs toxicologiques de référence (VTR) ou Dose de Référence (RfD). Dans le cadre de cette étude, les VTR relatives aux éléments étudiés seront choisies d'après (Bisson *et al.*, 2009).

- L'évaluation de l'exposition : Cette étape consiste à déterminer les voies de passage de la substance étudiée, de la source vers le récepteur humain, ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition. Ceci aboutit au calcul de la dose journalière d'exposition (DJE). Les scénarios d'exposition où l'individu est le plus exposé (hypothèse

maximaliste) seront utilisés. De ce fait, nous envisageons les scénarios d'exposition suivants :

Dans cette étude, la consommation moyenne en eau de boisson est estimée à 2 L par jour (soit 2kg/j) pour les adultes et à 1,5 l par jour (soit 1,5kg/j) pour les enfants (Volatier, 2000). Il sera considéré que l'individu consomme cette quantité d'eau 7 jours/7 jours.

La dose journalière d'exposition aux polluants par la consommation de l'eau polluée est déterminée de la manière suivante:

$DJE = C_m x Q x F/P$

DJE : Dose journalière d'exposition liée à la consommation de l'eau polluée (mg/kg/j) ;

Cm : Concentration moyenne d'exposition relative à l'eau polluée, exprimée en mg/kg;

Q : Quantité de l'eau consommée par jour, exprimée en kg/j ;

F : Fréquence ou taux d'exposition (sans unité): l'eau est consommée 7j/7j d'où F= 1;

P : Poids corporel de la cible (kg) ;

Le poids corporel moyen des enfants de 0 à 15 ans est de 28 kg et celui d'un adulte est conventionnellement égal à 70 kg selon US EPA (ASTEE, 2003) ;

- ❖ La caractérisation du risque : représente une estimation de l'incidence et de la gravité des effets indésirables susceptibles de se produire dans une population humaine en raison de l'exposition à l'ensemble des substances.

- ❖ La caractérisation du risque pour les effets à seuil est exprimée par le quotient de danger (QD). Il est calculé pour la voie d'exposition orale (consommation de l'eau) de la manière suivante :

QD = DJE/RfD

DJE = Dose Journalière d'Exposition (mg/kg/j)

RfD = Dose de Référence (mg/kg/j) ou VTR

Si QD < 1 la survenue d'un effet toxique est peut probable

Si QD > 1 l'apparition d'un effet toxique ne peut pas être exclu

Cette formule s'applique à chaque substance prise individuellement et ne renseigne pas sur l'effet résultant de l'exposition à un mélange de substances.

Le traitement est fait par les logiciels Microsoft Excel 2007 et STATISTICA version 5.1 pour le traitement des données. Le test t de Student au seuil de 5 % a été utilisé pour comparer les concentrations en éléments traces métalliques trouvées aux valeurs normes préconisées par la norme nationale.

2.3.3.3.2. Modèle d'analyse des résultats

Le modèle SEPOCA (figure 7) a été utilisé pour ressortir les faiblesses en termes d'échec, les forces en termes de succès, les opportunités et les obstacles identifiés dans la gestion des risques sanitaires en rapport avec la qualité de l'eau de boisson sont identifiés. Chaque structure et acteurs intervenant dans la mise en œuvre de la distribution et de la gestion de l'eau doit élaborer un plan, une feuille de route en vue de corriger les faiblesses et renforcer certaines forces pour mieux contourner les obstacles.

SUCCES	POTENTIALITES
ECHECS	**OBSTACLES**
CONCLUSIONS	**ACTIONS A ENTREPRENDRE**

Figure 8 : Modèle SEPOCA appliqué à l'analyse

Conclusion partielle

Il convient de retenir, au terme de ce chapitre, que d'assez nombreuses études ont été réalisées sur des axes de la thématique de cette thèse. Les résultats de ces recherches sont appréciables. Mais ici, aucune autre étude sur la même thématique n'a encore été faite dans le secteur d'étude. Toutefois l'emploi de

nouveaux outils nous a amenés à appliquer des tests pour vérifier l'efficacité de leurs résultats.

La clarification de certaines terminologies a été faite. Il ressort du cadre conceptuel que la pollution de l'environnement a des impacts sur la santé humaine par la pollution de l'eau destinée à la consommation. L'eau de boisson peut être polluée par les paramètres physico-chimiques ou par encore des germes pathogènes. Il montre également qu'une mauvaise gestion des déchets peut polluer l'eau de boisson et par conséquent présenter des risques certains pour la santé de la population de la Commune d'Allada.

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude a permis de sélectionner les outils et de collecter les données nécessaires disponibles. Ces données permettent d'analyser la qualité de l'eau et d'identifier les risques sanitaires, facteurs qui caractérisent la vulnérabilité des populations dans la Commune d'Allada. Les étapes méthodologiques suivies ont été réalisées en tenant compte des objectifs fixés.

Les outils utilisés nous ont permis d'obtenir les résultats qui se présentent comme suit.

CHAPITRE III
ETAT DES LIEUX DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE ET DE L'HYGIENE ET ASSAINISSEMENT DANS LA COMMUNE D'ALLADA

La Commune d'Allada, est l'une des villes du Bénin où l'accès à l'eau potable de la population n'est pas aisé notamment les arrondissements ruraux. La pollution des ressources en eau réduit l'offre de l'eau de bonne qualité. Cependant, la demande en eau potable augmente avec la croissance de la population. Cette situation crée un problème d'accès à l'eau potable qui s'aggrave avec la faiblesse des revenus des ménages.

3.1. Situation de l'approvisionnement en eau potable

L'approvisionnement en eau potable dans une commune dépend de sa nature, qu'elle soit urbaine, rurale ou semi-urbaine. Lorsqu'il s'agit d'un milieu urbain ou périurbain, l'approvisionnement en eau potable relève de la compétence de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SoNEB) mais lorsqu'il s'agit d'un milieu rural, cela relève des compétences de la Direction Générale de l'Eau (DG-Eau).

3.1.1. Situation de l'approvisionnement en eau potable dans les arrondissements urbains de la Commune d'Allada

Dans la Commune d'Allada qui compte 12 arrondissements, seuls (4) quatre (Sékou, Agbanou, Togoudo et Allada) sont couverts en eau de la SoNEB et ceci encore partiellement. Mais aujourd'hui, on peut dire que les arrondissements couverts par la SoNEB sont au nombre de trois (03) car celui de Sékou est coupé du réseau à cause de la construction de la route nationale inter-état, Cotonou-Bohicon. Cette séparation avec le réseau de SoNEB a entraîné une corvée d'eau pour les populations qui ont cherché d'autres alternatives. La plupart 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 8, 9, 10 et 11 présentent cette situation.

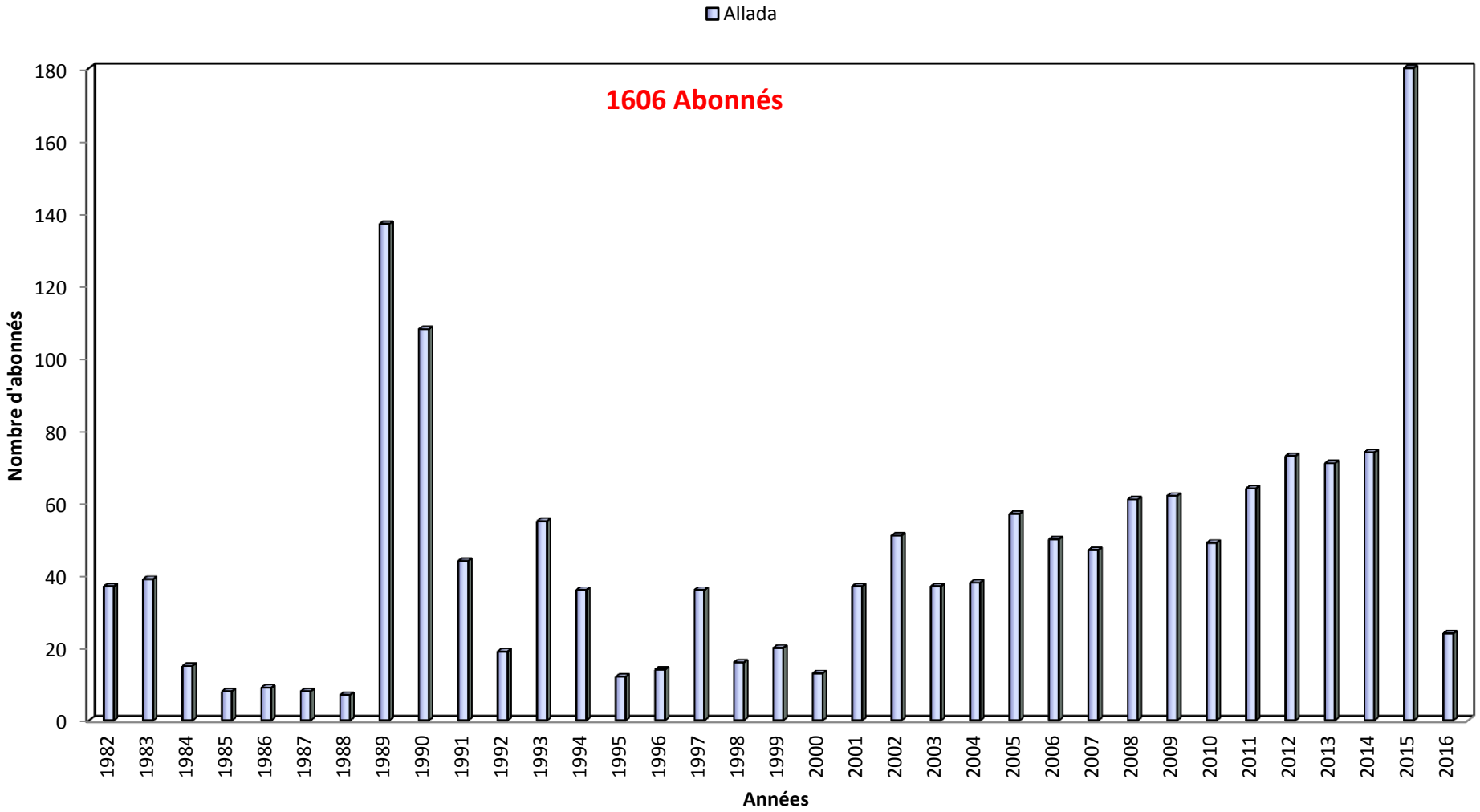


Figure 9 : Evolution des abonnés actifs dans l'arrondissement d'Allada
Source : SoNEB Section Allada, Aout 2016

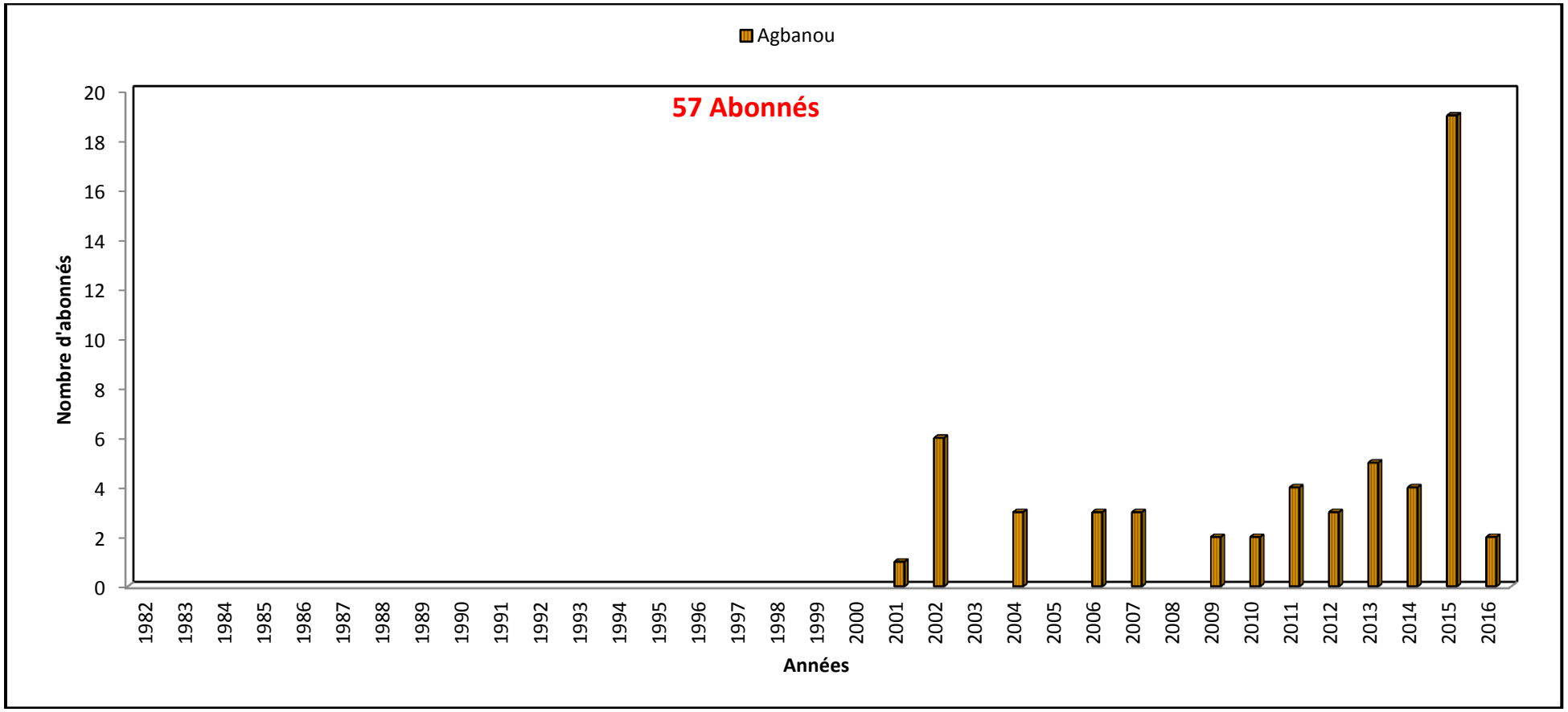


Figure 10 : Evolution des abonnés dans l'arrondissement d'Agbanou
Source : SoNEB Section Allada, Aout 2016

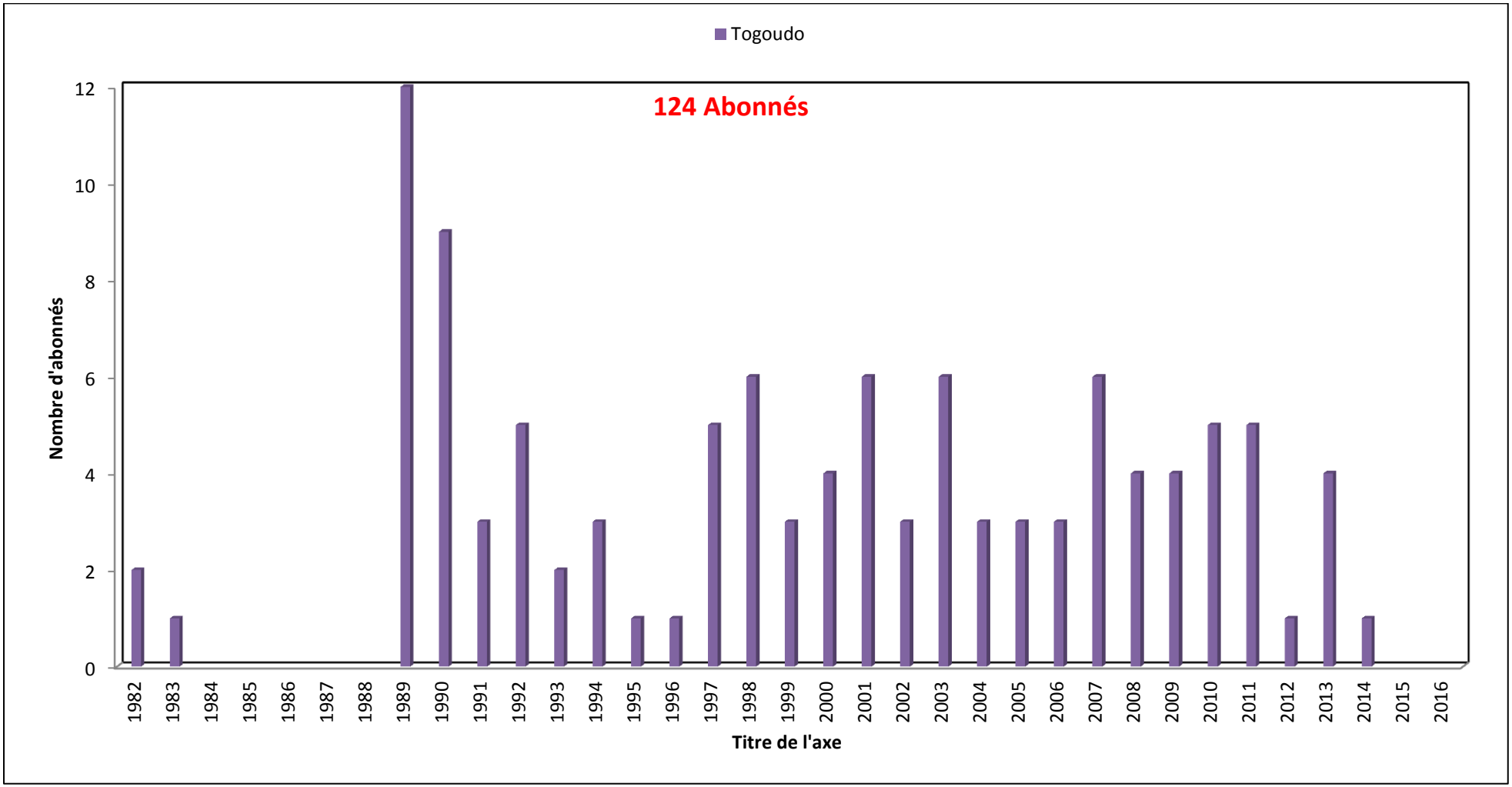


Figure 11 : Evolution des abonnés dans l'arrondissement de Togoudo
Source : SoNEB Section Allada, Aout 2016

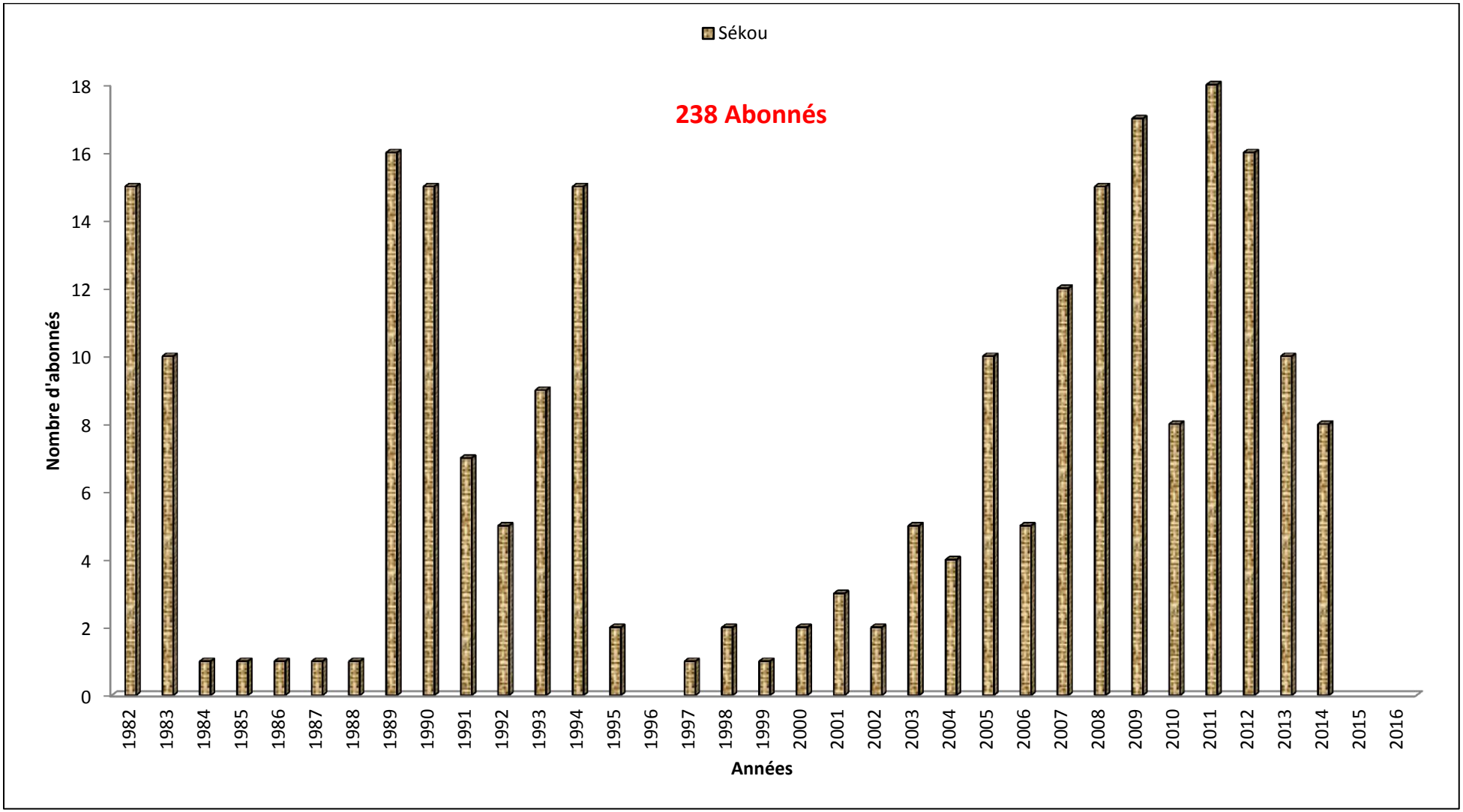


Figure 12 : Evolution des abonnés dans l'arrondissement de Sékou
Source : SoNEB Section Allada, Aout 2016

Des figures 9,10, 11 et 12 on retient que seul l'arrondissement central d'Allada a une couverture beaucoup plus importante par le réseau SoNEB avec 1.606 abonnés sur une population totale de 16.902 soit un taux de desserte de 9,50 %.

Quant à l'arrondissement d'Agbanou, on compte 57 abonnés dont le premier branchement a été effectué en 2001. Le taux de desserte est de 3,56 % car la population totale à desservir est de 1600.

Pour les arrondissements de Togoudo et de Sékou, les abonnés représentent respectivement 124 et 238. Leurs populations totales étant respectivement 4398 et 14881, alors le taux de desserte est dans l'ordre de 2,82 % et 1,60 %. On conclut alors que ces taux de desserte sont très faibles et cet état de chose conduit les populations 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 Allada. Les abonnés actifs de nos jours se présentent dans le tableau VII.

Tableau VII : Situation des abonnés au réseau de la SoNEB dans la commune d'Allada

	Allada	Sékou	Togoudo	Agbanou	TOTAL
Nombre d'Abonnés actifs	1297	151	44	49	**1541**
Cas de résiliation	309	87	80	8	**484**

Source : Canal-Eau, SoNEB agence d'Allada et travaux de terrain, Sep 2016

De l'analyse du tableau VII, on retient que les populations des arrondissements urbains de la Commune d'Allada n'arrivent pas à payer leurs factures de consommation d'eau. 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 %, les cas de résiliation (photo 1) 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.



Photo 1 : Cas de résiliation et compteurs enlevés

Prise de vue et source : SOHOUNOU, décembre 2015 ; Agence de SoNEB, Section d'Allada

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 ?

3.1.2. Situation de l'approvisionnement en eau potable dans les arrondissements ruraux de la Commune d'Allada et taux de desserte

La Commune d'Allada a bénéficié de plusieurs réalisations en matière d'équipements d'accès à l'eau. Il s'agit 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. Dans l'ensemble de la commune, un besoin de 588 points d'eau se fait ressentir pour une population de 146840 personnes pour l'année 2015 soit un point d'eau desservant 250 personnes. Mais jusqu'en août 2016, la commune ne dispose que de 573 points d'eau réalisés (fonctionnels et non fonctionnels). La figure 13 présente la répartition spatiale des ouvrages hydrauliques dans la Commune d'Allada.

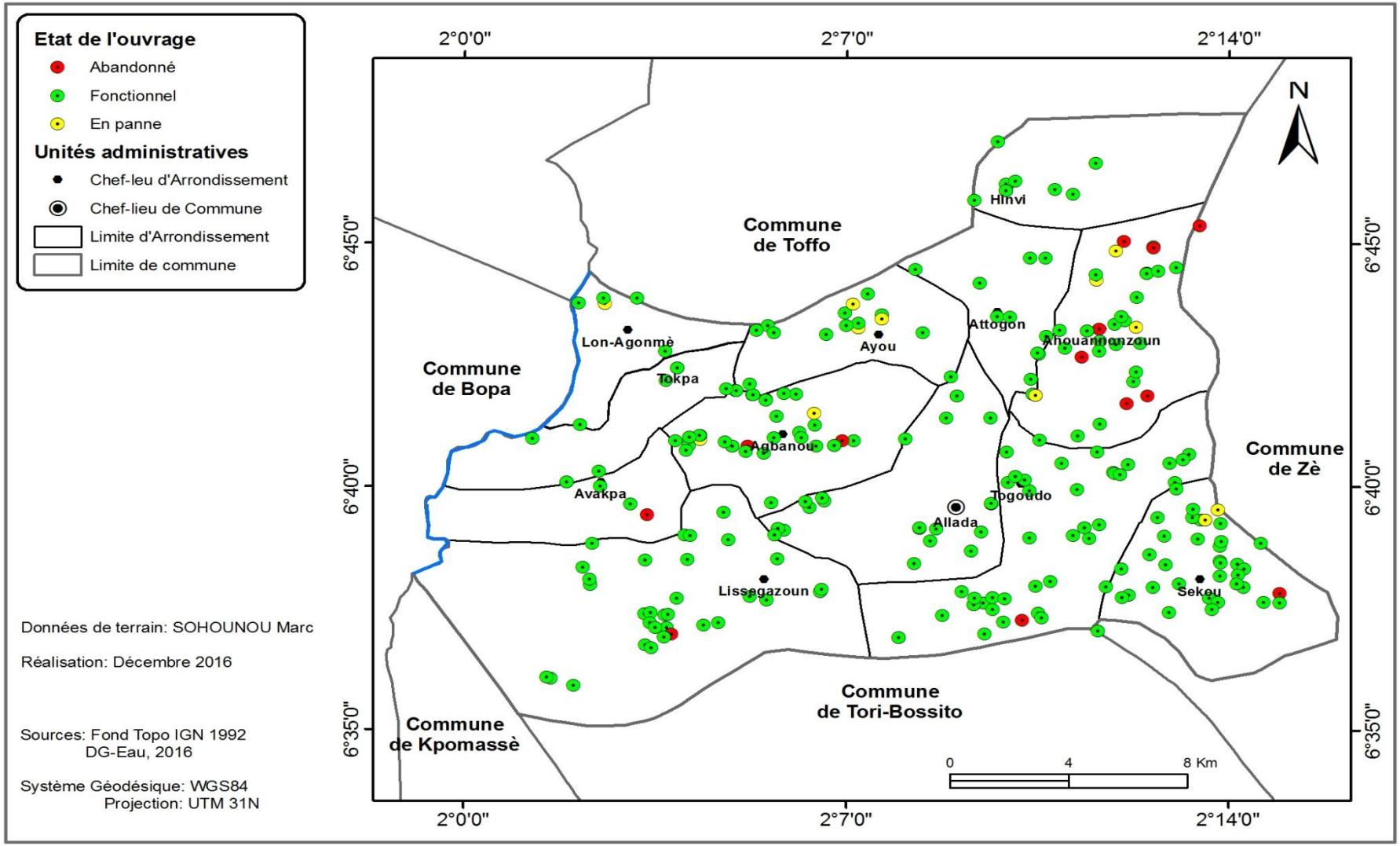


Figure 13 : Ouvrages hydrauliques fonctionnels et non fonctionnels

De la lecture de la figure 13, il ressort que la Commune d'Allada dispose assez d'ouvrages hydrauliques. Ces derniers sont constitués majoritairement de puits modernes, les FPM, de PEA et les BF sont les prolongements des AEV. Bien que chaque village dispose d'au moins un ouvrage, certains en sont plus pourvus que d'autres et ces ouvrages sont inégalement répartis sur la superficie des arrondissements. Paradoxalement, on recense plus d'ouvrages dans certains arrondissements moins peuplés (Togoudo) que d'autres (Allada).On peut donc considérer que la population, en plus des eaux de surface, dispose d'une gamme variée de sources d'approvisionnement en eau de boisson.

En effet, il est d'une évidence certaine dans la commune d'Allada que les infrastructures hydrauliques ne sont pas équitablement réparties. En réalité, cette répartition devrait prendre en compte la démographie et d'autres pesanteurs sociologiques et culturelles. Il n'est pas souvent rare de noter la présence de plusieurs infrastructures hydrauliques au même endroit. Un travail préalable devrait être fait afin d'associer la population dans l'installation des ouvrages. Ces observations corroborent les travaux de Doyelle (2008) qui révèlent qu'il est important de tenir compte de l'avis des populations pour comprendre le lieu d'installation et la forme possible desdits ouvrages. Cela éviterait certainement les problèmes d'approvisionnement à la source et l'utilisation égalitaire des bornes fontaines. C'est le cas des forages dont les zones de desserte ne couvrent pas toutes les localités de la commune. De plus chaque infrastructure devra supporter en moyenne 900 habitants alors que, pour sa durabilité, il lui faut supporter 250 habitants (DGH, 2005).

Le tableau VIII présente l'ensemble des ouvrages et leur répartition de même que le taux de desserte dans la Commune d'Allada.

Tableau VIII : Taux de desserte par arrondissement rural dans la Commune d'Allada

Arrondissement	FPM	Puits Moderne	BF	PEA	Population Arr.Inventorier	Total EPE	Population desservie	Taux de Desserte (%)
AGBANOU	13	1	6	12	13500	76	5254	26,72
AHOUANNONZOUN	17	6	24	4	11910	87	7954	60,15
ALLADA	9	15	0	3	21285	36	4034	44,84
ATTOGON	1	1	22	1	7540	50	4751	56,35
AVAKPA	4	3	11	1	8560	33	1882	30,91
AYOU	2	2	29	4	9370	78	4348	45,90
HINVI	3	0	9	2	4430	29	2061	37,93
LISSEGAZOUN	7	19	18	2	20820	70	7898	39,81
LON-AGONMEY	0	1	0	0	6455	1	250	2,18
SEKOU	9	24	0	15	31460	93	10016	40,41
TOGOUDO	10	2	0	1	5780	16	1873	37,93
TOKPA	0	0	0	1	5730	4	198	2,04
TOTAL	**75**	**74**	**119**	**46**	**146840**	**573**	**50580**	**36**

Source : Canal-Eau, BDI/DG-Eau/DDMEE et travaux de terrain, Sep 2016

De l'analyse du tableau VIII, il ressort que, le taux de desserte en eau potable dans la commune d'Allada, varie d'un arrondissement à l'autre. Il oscille entre 2,04 % et 60,15 %. Mais ces taux cachent des disparités énormes entre les localités d'un même arrondissement parce qu'il y a plusieurs localités qui sont dépourvues de point d'eau potable. Après avoir calculé le taux de desserte localité par localité et agrégé les résultats, il apparaît que le taux de desserte pour toute la Commune d'Allada fait partie des communes à faible taux d'accès (36 %), contre un taux moyen national d'accès de 69,3 % et un accès départemental de 68,2 % (milieu rural).

En effet, le taux de panne des équipements en points d'eau est de 5,37 %, excepté le taux de panne des puits modernes or les points d'eau les plus utilisés dans la commune sont les puits modernes (BDI/DG-Eau/DDMEE, 2016). La conséquence directe de cette situation est que le taux de desserte de la population en eau potable en pâti. Ainsi, le gradient de desserte de la population en eau potable est identique à celui de la satisfaction des besoins en points d'eau. Les arrondissements les mieux desservis sont alors Ahouannonzoun

(60,15 %), Attogon (56,35 %), Ayou (45,90 %), Allada (44,84 %) et Sékou (40,41 %). Ceux les moins desservis sont Agbanou (26,72 %), Avakpa (30,91 %), Hinvi (37,93 %), Lissegazoun (39,80 %), Lon-Agonmey (2,18 %), Togoudo (37,93 %) et Tokpa (2,04 %). Il est nécessaire, à ce niveau, de préciser que les taux de desserte des arrondissements les moins desservis sont assez faibles et cette situation a pour conséquence la forte fréquentation des points d'eau, très peu salubres.

En effet, l'hydraulique villageoise n'intervient pas dans les villes. Les forages, les adductions d'eau et les puits modernes relevant essentiellement de l'hydraulique villageoise, ces points d'eau ne sont construits que dans des conditions exceptionnelles dans certains quartiers de ville :

- certaines localités rurales avaient déjà bénéficié des services de l'hydraulique villageoise avant de devenir des localités urbaines ;
- des localités urbaines dépourvues de certains services dont le service de distribution d'eau de la SoNEB, bénéficient des équipements en points d'eau de la part des ONG.

En outre, en élargissant la desserte à toute la population de la commune (rapport population totale de chaque arrondissement au nombre de points d'eau disponibles par arrondissement), il découle que le nombre de personnes par point d'eau est révélateur d'une pression énorme sur les infrastructures comme l'indique la figure 14.

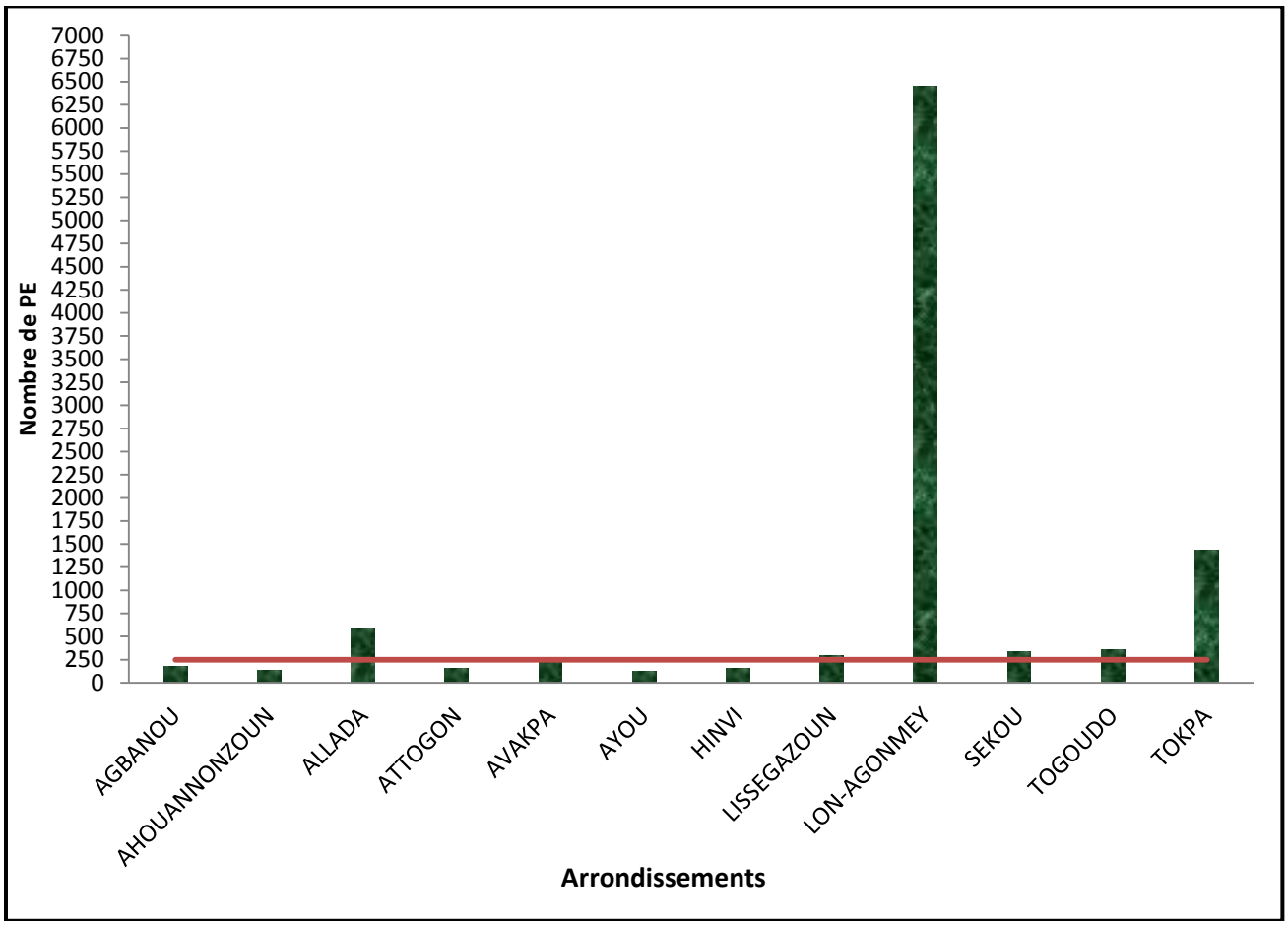


Figure 14 : Répartition de la population de chaque arrondissement par point d'eau fonctionnels
Source : BDI/DG-Eau/DDMEE et travaux de terrain, août 2016

La figure 14 présente qu'initialement prévu pour alimenter 250 habitants, les points d'eau des arrondissements (à l'exception d'Agbanou, Ahouannonzoun, Attongon, Avakpa, Ayou et Hinvi) alimentent actuellement une à deux fois plus de personnes. On constate que pendant la saison sèche, la satisfaction du besoin de 20 litres d'eau en moyenne par habitant et par jour est hypothéquée ou bien les usagers passent beaucoup de temps à attendre leur tour pour s'approvisionner.

Plusieurs raisons expliquent cette pression observée. Il s'agit d'abord du dysfonctionnement des bornes fontaines de la zone d'étude. Ce dysfonctionnement est dû à la faiblesse des capacités de gestion ou de la mauvaise gestion des comités de gestion des points d'eau établis par les communautés. A cela s'ajoute le faible niveau de vie des ménages qui ne

peuvent alors se doter d'un point d'eau personnel (généralement un puits). Il y a également les contraintes liées aux propriétés mécaniques et hydrauliques des sols qui ne facilitent pas la réalisation des ouvrages hydrauliques dans la zone d'étude. Tout ceci contribue à renforcer la pression exercée par les populations sur les points d'eau tels que forages et puits modernes.

Azonhè, (2009) observe une pression plus forte (alimentent deux à trois fois plus de personnes) des populations de la dépression des Tchi sur les ouvrages Hydrauliques. Il explique cette situation, non seulement par la faiblesse de la couverture de la zone d'étude en points d'eau, mais aussi par le semi-nomadisme des populations vivant sur le plateau et travaillant dans la dépression. Le statut de semi-nomade desdites populations les empêche de disposer généralement d'outils de conservation de l'eau. Ainsi, elles se rabattent systématiquement sur les forages. Aussi, les forages subiraient-elles une pression particulière. Les résultats de Babadjide (2010), révèlent également une forte pression sur les forages.

3.1.3. Besoins journaliers en eau des populations

Les besoins journaliers en eau des ménages enquêtés sont évalués en nombre de litre d'eau utilisé par jour dans chaque ménage. La figure 15 présente les proportions des ménages selon leurs besoins journaliers en eau.

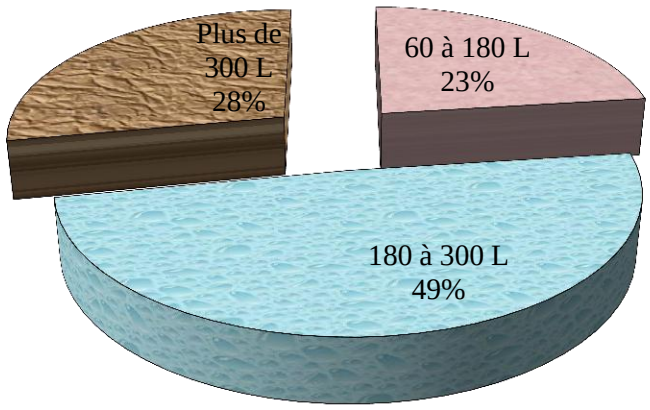


Figure 15 : Proportions des ménages enquêtés selon les besoins journaliers en eau
Source : Résultats d'enquête, janvier, 2016

L'analyse de la figure 15 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 23 % 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 49 %. 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 28 %. C'est la catégorie des ménages fortement 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 ou la préparation du jus d'ananas.

De cette analyse, on se rend à l'évidence que les besoins en eau des populations d'Allada 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.

3.1.4. Contraintes d'accès à l'eau dans la Commune d'Allada

Les contraintes d'accès à l'eau dans la Commune d'Allada sont de plusieurs ordres. Elles concernent les contraintes naturelles, économiques et socio-culturelles. Les contraintes naturelles d'accès à l'eau dans le milieu d'étude sont principalement liées à la distance parcourue par les populations et à l'état des voies d'accès aux sources. Quant aux contraintes économiques, elles prennent en compte la capacité financière des populations face à leur besoin en eau et enfin les contraintes socio-culturelles regroupent les différents principes et interdits en matière de gestion de l'eau dans le secteur d'étude.

3.1.4.1. Accessibilité géographique

- Distance parcourue

La distance parcourue pour atteindre les différents points d'eau varie d'un ménage à un autre suivant chaque saison. Les résultats de notre enquête sont consignés dans le tableau IX.

Tableau IX : Répartition des ménages enquêtés suivant la distance parcourue pour atteindre les sources d'approvisionnement en eau à chaque saison

Distance / Proportion (%)	0–1km	1–2km	2–3km
Saison pluvieuse	87,15	8,12	4,73
Saison sèche	9,23	72,60	18,17

Source: Résultats d'enquête, mars 2016

La lecture du tableau IX indique que la saison pluvieuse est la période au cours de laquelle les populations parcourent moins de distance pour s'approvisionner en eau. La majorité des ménages enquêtés, soit 87,15 % s'approvisionnent à moins d'un kilomètre de leur concession et une minorité, soit 12,85 % des ménages enquêtés, parcourt une distance comprise entre 1 Km et 3 km pour s'approvisionner en eau. Ceci s'explique par le fait que les populations utilisent les eaux de pluies recueillies dans des impluviums creusés pour la plupart à côté des concessions ou dans les jarres.

Au cours de la saison sèche, la proportion des populations parcourant de longues distances pour s'approvisionner en eau augmente. En effet, 72,6 % des ménages enquêtés parcourent 1 à 2 km contre18,17 % qui parcourent 2 à 3 Km avant d'atteindre leur source d'approvisionnement en eau. Seulement 9,23 % parcourent au plus 1 Km. La saison sèche est donc la période où les populations d'Allada éprouvent de difficultés en matière de distances parcourues pour s'approvisionner en eau. Cette situation s'explique par le manque des eaux pluviales dans les réceptacles, ce qui oblige les populations à aller chercher l'eau hors de leur maison au niveau des autres sources. Ceci les empêche par moment

de satisfaire totalement leur besoin en eau et les expose à des risques de maladies par manque d'hygiène.

- **Etat des voies d'accès aux sources d'approvisionnement en eau**

Les résultats de notre enquête montrent que les populations ont divers avis sur l'état des voies d'accès aux sources d'eau. Quelque soit la période, les voies d'accès sont dégradées. Toutefois, la praticabilité des voies est plus difficile en saison pluvieuse qu'en saison sèche. La planche 6 présente l'état des voies d'accès.



Planche 6 : Etat des voies d'accès aux ressources dans certains arrondissements

Prise de vue : Sohounou et Idani, juin 2016

D'après la planche 6, on constate qu'aussi bien en saison pluvieuse qu'en saison, les voies d'accès aux sources d'eau sont dégradées. Les photos 6.1 (arrondissement de Lissègazoun) et 6.2 (arrondissement de Togoudo) montrent que les sources sont d'accès difficile en saison sèche. En saison pluvieuse, le

même constat est fait avec des débordements dans l'arrondissement de Lon-Agonmey (Photo 6.3).

La figure 16 présente les proportions des ménages enquêtés par rapport à la perception de l'état des voies d'accès aux sources d'eau.

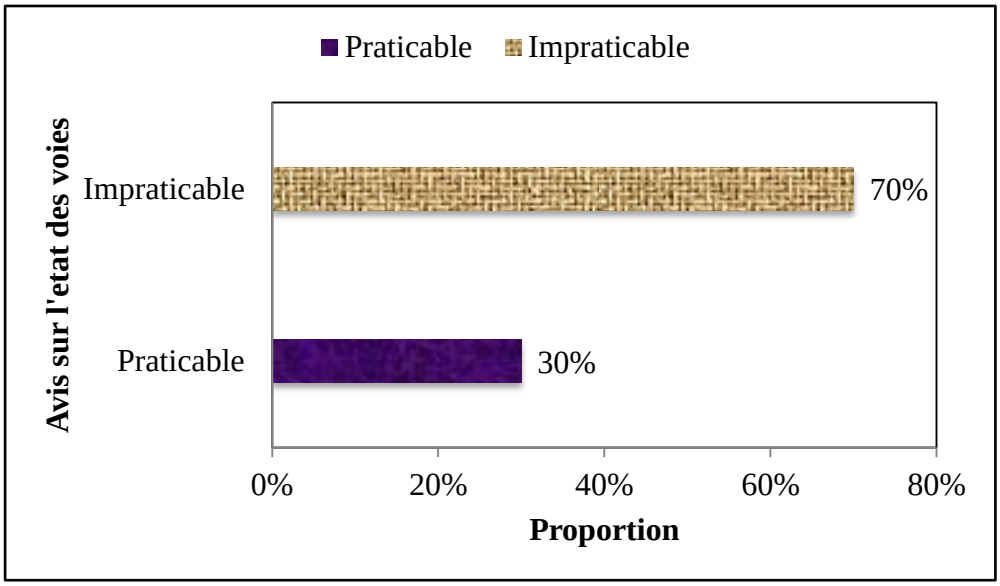


Figure 16 : Répartition des ménages enquêtés selon l'état des voies d'accès aux sources d'approvisionnement en eau
Source : Résultat d'enquête, Février 2016.

L'analyse de la figure 16 révèle que 30 % des ménages enquêtés trouvent les voies d'accès aux sources d'eau praticables quelque soit la saison mais 70 % les trouvent impraticables et ceci notamment pendant la saison pluvieuse. On conclut donc que l'état des voies d'accès aux sources d'approvisionnement en eau pendant la saison des pluies empêchent une partie de la population d'Allada à satisfaire totalement leur besoin en eau ce qui n'est pas sans conséquences sur leur état de santé.

3.1.4.2. Contraintes financières

Les contraintes économiques constituent un véritable facteur qui limite l'accès des populations à l'eau. Ici elles concernent la capacité financière des populations face à leur besoin en eau. En dehors des plans d'eau dont l'accès est gratuit, l'eau de toutes les autres sources (SoNEB, puits, citernes et forages) exigent un minimum de moyen financier qui varie en fonction des saisons. Le

tableau X présente la variation saisonnière du coût de la bassine d'eau en fonction des différentes sources d'approvisionnement.

Tableau X : Prix de la bassine d'eau en fonction des saisons et des sources d'eau

Sources d'eau	Unité en L	Coût en Francs CFA	
		saison pluvieuse	saison sèche
Puits traditionnel	Bassine de 25	10	20
Citerne	Bassine de 25	15	25
Forage	Bassine de 25	10	10
SoNEB	Bassine de 25	50	50

Source : Enquête de terrain, août 2016

Les différents prix mentionnés dans le tableau X sont fixés par les propriétaires des citernes, des puits traditionnels et par les gestionnaires ou le comité de gestion des ouvrages hydrauliques villageois. Quant aux eaux distribuées par la SoNEB, le prix est plus ou moins officiel.

En effet, le coût de la bassine d'eau des citernes et des puits augmente lorsqu'on passe de la saison pluvieuse à la saison sèche. Mais le prix de l'eau des bornes fontaines et de la SoNEB est le même pour les deux saisons. En saison pluvieuse, il faut seulement 10 F CFA pour avoir une bassine de 25 L d'eau de puits mais 20 F CFA en saison sèche alors que pour l'eau de citerne, il faut 15 F CFA en saison des pluies et 25 F CFA en saison sèche. Seule la bassine de 25 L d'eau de forage et de SoNEB coûte respectivement 10 F et 50 FCFA quelque soit la saison. La figure 17 présente les proportions des ménages en fonction de la capacité financière à satisfaire les besoins en eau.

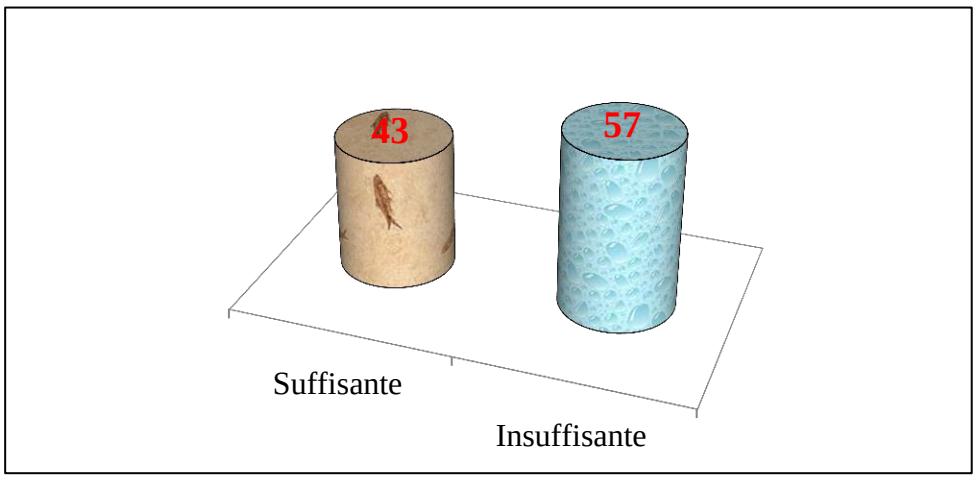


Figure 17 : Répartition des ménages enquêtés en fonction de la capacité financière à satisfaire leur besoin en eau
Source : Résultats d'enquêtes, août 2016

L'analyse de la figure 17 révèle que plus de la moitié des populations d'Allada soit 57 % des ménages enquêtés ne satisfassent pas totalement leur besoin en eau pour insuffisance de leurs ressources financières. Cette situation est plus observée pendant la saison sèche où cette proportion de la population doit débourser beaucoup d'argents pour les services de l'eau. Ces populations pour cette insuffisance de capacité financière végètent parfois dans l'insalubrité corporelle et sont victimes des maladies issues de ce comportement.

3.1.4.3. Contraintes socioculturelles (perceptions endogènes)

L'eau est l'élément capital sans laquelle la vie n'est pas possible. Dans pratiquement toutes les cultures et traditions, l'eau est la ressource la plus sacrée, la plus prisée, respectée et vénérée pour son rôle mystique dans la préservation de la vie sur terre. Conscient de son importance, la communauté elle même a adopté des modèles endogènes pour faire face aux problèmes d'eau et protéger les ressources en eau existant dans la Commune d'Allada. Ces modèles endogènes se démarquent entre autres par des interdits et règlements. La violation de ces interdits expose ceux qui sont à l''origine à des sanctions préétablies et connues de tous. Ces interdits sont différents d'un cours d'eau à un autre, comme le montrent le tableau XI ci-dessous.

Tableau XI : Synthèse sur la perception des populations sur les cours et plans d'eau de la Commune d'Allada

Arrondissements et Localités	Rivières ou sources sacrées	Cérémonies et rites	Interdits	Sanction en cas de violations
Lon- Agonme	**Couffo**	Cérémonie d'offrande et de sacrifice de 8 poulets et de mouton est organisée chaque année dans le mois d'août. Au cours de cette cérémonie, la population fait sa prière et formule ses vœux afin de bénéficier de la protection divine et les avantage de l'année en cours. La veille de la fête, les adeptes du Couffo organisent une très grande réjouissance au cours de laquelle les chants et les danses sont exécutés. Le jour de la fête est toujours un jour du marché Tokpa, le rituel accompagné de ses adeptes se réunissent à Sinhounsa Afonsa dans l'arrondissement de Lon-Agomey pour procédé à la cérémonie. Le chef rituel s'appelle Mr Cakpo Adjiningan Koundegnon.	- Une femme en menstrues ne doit pas puiser ni se baigner dans le Couffo, elle doit passer par l'intermédiaire d'une autre personne tout en ayant une petite herbe quelconque au lèvre pour prouver quel est en menstrues. - Une femme qui vient d'accoucher sans avoir atteint 3 mois ne doit pas s'approcher du Couffo. - Il est interdit de sarcler aux abords du Couffo - La dépouille mortelle ne traverse pas le Couffo - les porcs ne s'approchent pas du cours d'eau - Il est interdit de nommé au bord du Couffo avec précision le poisson pêché dans le Couffo, chaque poisson a son nom parallèle par exemple la Silure s'appelle Atinkpo, le Tilapia s'appelle Adjanon.	-Maladie grave - La mort
Ayou	**Ava** (vodoun) Elle traverse les arrondissemen	Cérémonie d'offrande et de sacrifice de poulets et de mouton est organisée chaque année dans le mois Juillet. Au cours de cette cérémonie, la population fait sa prière et formule ses vœux afin	- Une femme en menstrues ne doit pas puiser ni se baigner dans le Ava, - Une femme qui vient d'accoucher sans avoir atteint 3 mois ne doit pas	-Maladie grave sauf en cas de confession

	ts de Tokpa, Avakpa, Attogon, Lissegassoun et Ayou.	de bénéficier de la protection divine et les avantage de l'année en cours. La veille de la fête, est précédé de 9 jours de réjouissance au cours de laquelle les chants et les danses sont exécutés. Cette cérémonie se fait au palais royal d'Ayou, le chef rituel s'appelle Avanon Houidé, Hitédji.	s'approche du Ava. - Pour faire passer une dépouille un silence absolu est recommandé jusqu'a la traversé - Il est interdit de tuer ses poissons -Une femme adultère ne doit pas s'approche sans avoir se confesser au chef roi.	pour avoir la vie sauve. - La mort
Togoudo	**Ahoutô** (crée par le roi Adjahoutô)	Pas de cérémonie	- il est interdit aux rois d'Allada de traverser en gardant les yeux ouvert	Pas de sanction
Togoudo	**Sodjinou** (roi Adjaoutô)	Cérémonie d'offrande et de sacrifice de bœuf mâle par les hommes et un bœuf femelle par les femmes. Au cours de cette cérémonie, la population fait sa prière et formule ses vœux afin de bénéficier de la protection divine et les avantages de l'année en cours.	- Une femme en menstrues ne doit pas puiser ni se baigner dans le cours d'eau Sodjinou, - Une femme qui vient d'accoucher sans avoir atteint 3 mois ne doit pas s'approcher du cours d'eau Sodjinou.	- La mort
Ayou	**Hétô**	Pas de cérémonie	Une femme en menstrues ne doit pas puiser.	Maladie grave - La mort

Source : enquête de terrain, Juillet 2016

L'analyse du tableau XI montre clairement que pour pérenniser certaines ressources naturelles des rivières et sources d'eau, les populations de la Commune d'Allada ont mis sur pieds des modèles endogènes de protection et de pérennisation de ces sources d'eau à travers l'utilisation de moyens particuliers (Calebasse) pour prendre l'eau ainsi que l'imposition de certaines règles d'hygiène. Mais de nos jours ces principes sont fréquemment violés.

Par ailleurs, avec l'influence de la modernité et surtout avec la vulgarisation des sources d'eau modernes, d'autres moyens d'approvisionnement en eau sont utilisées ; de même de nouveaux comportements d'hygiènes sont enregistrés.

En général les interdits au niveau des points d'eaux modernes sont des pratiques de maintien de l'hygiène. Il s'agit surtout de :

- Ne pas faire la lessive à moins de 25m de la dalle de drainage du point d'eau ;
- Pas de calebasse ou sceau de douche au niveau du point d'eau ;
- Pas de chaussure sur la dalle de drainage du point d'eau ;
- Pas de dispute autour du point d'eau.

Les personnes ayant enfreint à ces règles sont sujets à plusieurs sanctions.

Parfois ils nettoient les alentours du point d'eau. Dans d'autres cas, en plus du nettoyage, ils payent une amende.

3.1.5. Sources d'approvisionnement en eau

Les équipements hydrauliques identifiables dans la Commune d'Allada ne sont pas tous des propriétés des pouvoirs locaux ou publics. La plupart des ménages sont propriétaires des impluviums et de quelques puits traditionnels. Cependant, les FPM, les AEV, les PEA et les puits à grand diamètre sont des équipements hydrauliques spécifiques des milieux ruraux, réalisés pour couvrir les besoins en eau de la population.

Les données et enquêtes révèlent l'existence d'une multitude de sources d'approvisionnement en eau dans la Commune d'Allada.

Il existe trois principales sources d'approvisionnement en eau brute. Il s'agit des eaux météoriques, superficielles et celles souterraines. Ces trois formes peuvent se regrouper en deux grandes catégories à savoir les sources d'eaux modernes et les sources d'eaux traditionnelles et naturelles.

3.1.5.1. Sources d'eau moderne

Les eaux souterraines sont les eaux qui se trouvent sous la surface de la terre, notamment l'eau qui remplit les interstices des couches rocheuses et l'eau des nappes phréatiques. En général elles sont naturellement salubres et propres à la consommation. Cependant, elles peuvent être contaminées par une installation inappropriée du cuvelage ou du tubage de puits, après une rupture du cuvelage ou à la suite d'une entrée d'eau de surface contaminée dans le puits (Tanignon, 2011). Ces ressources peuvent également être sujettes à la contamination dans les cas où les puits sont forés dans un substrat rocheux fissuré sans une couche suffisante de sol de protection et avec moins que la longueur de cuvelage ou de tubage minimal recommandé. Le pompage ou l'utilisation des eaux souterraines à des fins de consommation se fait à l'aide des forages ou puits.

- **FPM**

L'un des points d'eau moderne qu'on rencontre fréquemment dans la Commune d'Allada est le FPM (Photo 2).



Photo 2 : Forage équipé de Pompe à Motricité humaine dans l'arrondissement de Lissègazoun

Prise de vue : SOHOUNOU, février 2016

La photo 2 fait observer un forage de pompe à motricité humaine dans le village d'Adjadji Bata. C'est un FPM vergnet (à pédale). Il est creusé verticalement par un procédé mécanique pour capter une nappe souterraine en vue de son exploitation. Une fois pompée ou captée, l'eau des forages subit un traitement destiné à la rendre exempte de tout danger pour la santé.

❖ **AEV**

Les Adductions d'Eau villageoise (AEV) sont des ouvrages hydrauliques dont les équipements diffèrent de ceux des puits modernes et traditionnels. Ils sont munis de bornes fontaines leur permettant la distribution de l'eau à l'intérieur des agglomérations. Les Adductions d'Eau Villageoise sont des systèmes composés d'un château, d'une source d'énergie (groupe électrogène ou panneaux solaires), des bornes fontaines et des canalisations pour le refoulement et la distribution de l'eau. L'eau du forage est envoyée dans les bornes fontaines, lieu d'approvisionnement en eau de la population. La planche 7 présente une AEV à Hinvi.



Planche 7 : Station de pompage plus son château d'eau et sa source d'énergie et BF à Hinvi
Prise de vue : SOHOUNOU, février 2016

La Planche 7 fait observer une Adduction d'Eau Villageoise à Hinvi.

Ces ouvrages modernes sont bien appréciés par les populations. Le château d'eau et son système d'alimentation (7.1) permet de conserver une grande quantité d'eau traitée et qui est rechargée par une pompe de refoulement qui utilise l'énergie électrique et parfois solaire. La BF (7.2) est équipée d'un ou de deux robinets qui permettent de faire la distribution de l'eau provenant du château ; en outre, certaines bornes fontaines par manque d'entretien, ne sont plus opérationnelles et sont donc abandonnées par les populations. Cet état de chose se constate un peu partout dans la commune du fait que ces machines tombent régulièrement en panne et par défaut de moyens financiers pour leur réparation, les populations les abandonnent.

❖ **PEA**

Le Poste d'Eau Autonome est un système compact d'équipement hydraulique qui assure à la fois le pompage, le stockage et éventuellement le traitement de l'eau, équipée de 4 robinets. La photo 3 présente un PEA fonctionnel dans l'arrondissement de Lissègazoun.



Photo 3 : Poste d'Eau Autonome à Aota
Prise de vue : SOHOUNOU, février 2016

La photo 3 présente un Point d'Eau Autonome à Aota. Le pompage est effectué par une pompe immergée, alimentée en énergie soit par un groupe électrogène soit par un panneau solaire.

❖ Puits modernes

Les puits modernes de la Commune d'Allada comme l'indique la planche 8 sont équipés d'une trappe et d'un treuil muni d'une corde aux deux extrémités sur laquelle est fixé un seau. Le système permet de faire descendre le seau vide en même temps que l'on remonte un seau plein d'eau. Dans la commune quelques villages disposes de ces puits et leur gestion est concertée.



Planche 8 : Puits modernes Sékou (10.1) et à Lissègazoun (10.2)
Prise de vue : SOHOUNOU, Février 2016

Les puits modernes sont ceux à grand diamètre et sont composés d'une margelle de treuil, de poulie, d'un couvercle de protection et d'une dalle de drainage pour certains. Autrement dit ce sont des ouvrages de grands diamètres et construits en béton armé (Tanignon, 2011). Il comprend de haut en bas selon les normes :

- ✓ l'équipement de surface formé par la dalle anti-bourbier et la margelle ;
- ✓ le cuvelage, constitué par des buses pleines en béton ou métalliques ; descendu jusqu'au niveau d'eau et maintenu par les ancrages ;
- ✓ le captage constitué par des buses crépies pénétrant sur une profondeur suffisante (l'aquifère) pour faire face aux fluctuations saisonnières du niveau de la nappe et au rabattement dû au puisage ;
- ✓ le captage est terminé par une dalle de fond et un matelas de gravier.

Ces puits offrent l'avantage d'être plus durables, mais néanmoins reste plus chers et nécessitent un matériel plus important (Figure 18).

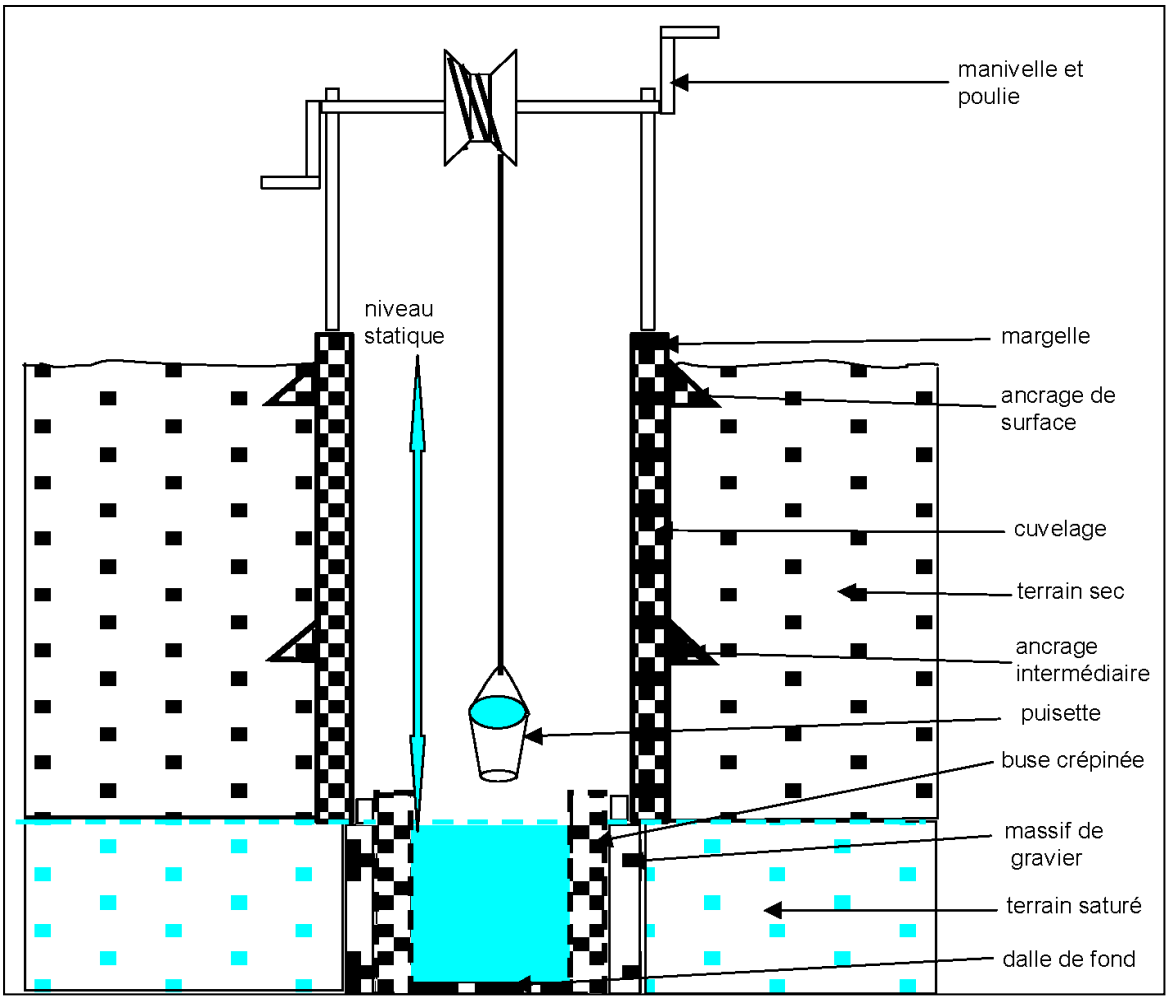


Figure 18 : Coupe schématique d'un puits moderne
Source : Zunino, 2007

3.1.5.2. Sources d'eaux traditionnelles et naturelles

Il s'agit essentiellement des impluviums, des puits traditionnels, des rivières, des cours d'eau ou marigot. Ces sources d'eau servent aussi énormément la population malgré la qualité très douteuse de l'eau qu'elles regorgent car, tous les arrondissements n'ont pas accès aux services des sources d'eau modernes en quantités suffisantes.

❖ **Impluviums**

C'est une source d'eau construite sous forme de puits à grand diamètre, sans système de poulie, munie juste d'un seau et d'une corde pour le puisage. Elle tarit généralement pendant la saison sèche. C'est un dispositif plus complexe formé de réservoirs souterrains, de forme cylindrique et de profondeur variant entre sept et dix mètres, qui permettent de recueillir une quantité d'eau non négligeable. Cette eau est drainée par un système de gouttière ceinturant les toitures de certaines maisons et conduite dans ces réservoirs par une canalisation de fortune. La planche 9 présente diverses photos d'impluviums dans le secteur d'étude.



Planche 9 : Impluvium à Lon-Agonmey (9.1) et à Sékou dans une concession de locataires (9.2)
Prise de vue : SOHOUNOU, février 2016

L'impluvium a la particularité de toujours appartenir à un privé compte tenu de son système de captage de l'eau. L'eau captée dans les conditions décrites plus haut ne nous permet pas de dire qu'elle est propre à la consommation.

Cette propension à la collecte de l'eau de pluie par les populations se justifie par l'éloignement des PE de nombreuses habitations. Elles sont donc obligées de parcourir de longues distances pour s'approvisionner en eau potable. Il faut également, une fois le PE atteint, attendre son tour pour enfin s'approvisionner. En plus de toutes ces tracasseries, il faut payer l'eau. Ces contraintes incitent alors de nombreuses familles relativement aisées à réaliser des impluviums pour

la collecte de l'eau afin de réduire sensiblement la corvée d'eau surtout en ce qui concerne les distances et les pertes de temps. Aussi en période de sécheresse, ces propriétaires (47 %) profitent pour revendre l'eau à des parents et amis proches. Ces résultats sont confirmés par les travaux d'Azonhè (2009), ceux de Sèbo-Vifan (2014), ceux de Gnanvigo (2016) et ceux de Landjihounsounou *et al.* (2016).

❖ Puits traditionnels

Les puits traditionnels sont des puits non cuvelés et avec de système de poulie, muni juste d'un sceau et d'une corde pour le puisage. Les puits traditionnels ont un rendement faible. Ils tarissent généralement pendant la saison sèche. L'absence de margelle et de cuvelage facilite l'infiltration des eaux de ruissellement. La planche 10 présente des puits traditionnels dans divers arrondissements de la Commune d'Allada.



Planche 10 : Puits traditionnel à Togoudo (10.1) et à Avakpa (10.2)
Prise de vue : SOHOUNOU et IDANI, Mai 2016

La planche 10 présente des puits traditionnels et ses dispositifs à Allada. Le cuvelage du sol à base de buse perforé n'atteint pas le niveau de captage de l'eau.

De manière générale les puits traditionnels sont construits par les puisatiers ou la communauté elle-même. Ces ouvrages ne respectent en rien les normes standards de construction de puits. Ils sont faits pour la plupart sans cuvelage et ancrage de surface avec ou sans margelle mais souvent en terre de barre. Ces ouvrages sont sujets à des infiltrations d'eaux de ruissellement polluant ainsi l'eau destinée à la consommation.

❖ Sources d'eaux naturelles dans la commune

Les eaux de surfaces dépendent des pluies et les conditions locales de ruissèlement et d'infiltration selon la nature du sol (BAD, 2007). Le réseau hydrographique de la commune est constitué de fleuve, cours et plans d'eau à savoir : le fleuve Couffo, qui traverse plusieurs arrondissements (Lon-Agonme, Avakpa, Ayou, et Lissegassoun, la rivière Ava qui est dans l'arrondissent de Avakpa, d'Attogon, d'Ayou et à Lissegazoun). Le plan d'eau Ahoutè situé dans l'arrondissement de Togoudo et le cours d'eau Sodji, présents à Togoudo et Sékou (planche 11). Ces sources d'eaux naturelles à ciel ouvert sont sujettes à plusieurs types de pollution pouvant engendrer de nombreuses maladies liées à sa consommation.



Planche 11 : Eaux de surface dans la Commune d'Allada
Prise de vue : SOHOUNOU, juin 2016

La photo 11.1 représente l'image d'une fille prise en flagrant délit en train de boire de l'eau issue d'un débordement du fleuve Couffo en saison pluvieuse. Celle à sa droite (11.2) montre les activités de lessive dans une autre partie du même fleuve dans l'arrondissement de Lon-Agonmey. Quant à la photo 11.3, elle présente un trou à eau dans l'arrondissement de Lissègazoun, du plan d'eau Agbognounnou et enfin la dernière (11.4) montre un paysan qui voulait prendre de l'eau à boire pour ces travailleurs au champ. Ce dernier reconnaît qu'il a l'habitude de prendre de l'eau dans cette rivière à chaque fois qu'il va au champ. Il confirme que beaucoup d'autres paysans font cette pratique tous les matins très tôt.

Ces sources d'eau permettent d'accéder à l'eau en toute saison et sont toujours utilisées par les populations proches et environnantes. Certaines personnes continuent toujours d'utiliser ces sources conscientes des maladies qui en découlent. Elles affirment même que ces eaux sont douces et qu'elles la préfèrent à celles des forages (AEV) car, celles des forages sont parfois salées.

La diversité des modes d'approvisionnement en eau potable a été identifiée dans beaucoup d'études comme un facteur de risques importants pour les maladies diarrhéiques (Handschumacher, 1987 ; Boukir et Brun, 1997 ; Makoutode *et al.*, 1999 ; Orekan, 2000 ; Agbossou, 2001 ; Curtis et Cairncross, 2003 ; Schwartz *et al.*, 2006 ; Barreto *et al.*, 2006 ; Azonhe, 2009 ; Babadjide, 2010). Dans la Commune d'Allada, il existe également une diversité de modes d'accès à l'eau destinée à la consommation. Ces usages vont de l'usage des puits, à l'approvisionnement au niveau des forages en passant par le recours aux eaux de surface et dans une mesure négligeable à l'eau courante dans les noyaux urbains. Ce recours aux sources d'approvisionnement en eau ne tient nullement compte des pratiques sociales susceptibles de dégrader la qualité de la ressource.

3.2. Hygiène et assainissement dans la Commune d'Allada

L'une des vertus fondamentales de la salubrité est la santé. Tout habitat humain insalubre est cause de maladies dont notamment les diarrhées et le paludisme. L'insalubrité de l'environnement constitue donc un facteur important de risques d'affections pour les populations. De nombreuses études ont montré que des maladies comme les diarrhées sont des affections fréquentes dans les espaces où les conditions d'hygiène sont mauvaises et désastreuses (Feachem *et al.* (1987) ; OMS, (1993) ; Tanner *et al.* (2002)).

Il est aussi établi que tous les agents pathogènes contenus dans les excrétas peuvent survivre suffisamment dans l'eau, les ordures et le sol pour mettre en danger la santé des populations (Tessier, 1991). Dans les ménages se côtoient plusieurs modes de gestion des excrétas et ordures ménagères.

3.2.1. Evacuation des excrétas

D'autres pratiques renforcent aussi l'insalubrité de l'environnement. Feachem *et al.* (1983) ; OMS, (1993) ; Barreto *et al.* (2006) ont montré que « *les matières fécales humaines sont dangereuses pour la santé en raison des germes pathogènes qu'elles contiennent* ». Elles constituent un facteur de risque important pour la diarrhée surtout dans un contexte où l'absence de dispositifs sanitaires dans le logement peut conduire à déféquer dans la nature.

Par ailleurs l'évacuation efficace des excrétas est un facteur indispensable dans les pratiques de gestions des ressources en eau. Elle permet d'éviter la contamination de l'eau par les microbes contenus dans les excréments. Mais dans plusieurs arrondissements d'Allada, elle n'est pas faite suivant les normes. Les différents modes d'aisance dans la commune se résument à l'usage des latrines et de la défécation dans la nature (figure 19).

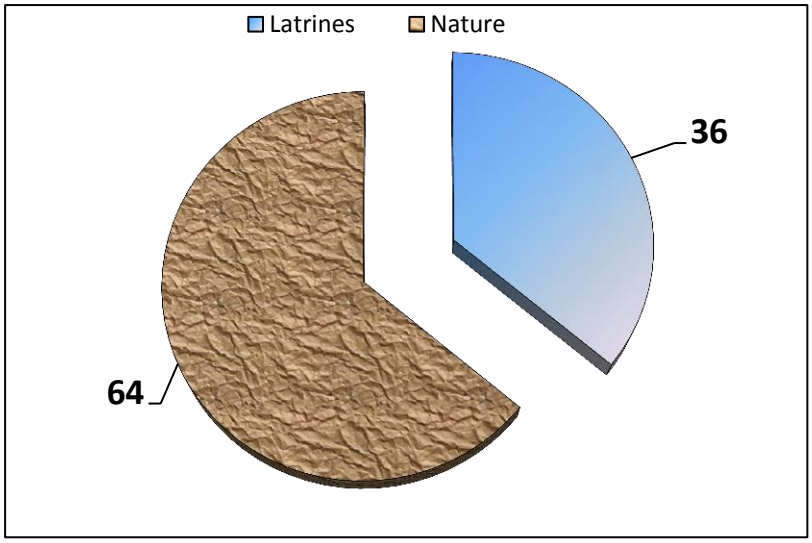


Figure 19: Répartition des ménages en fonction des lieux de défécation
Source : Enquête de terrain, Février 2016

La figure 19 présente la répartition des ménages enquêtés en fonction de leur lieu d'aisance. Il ressort de son analyse que seulement 36 % des ménages enquêtés disposent de latrines pour leur lieu d'aisance contre 64 % qui font la défécation dans la nature parfois non loin des maisons (Photo 4). Or ces matières fécales déposées dans la nature se décomposent et favorisent des agents pathogènes. Selon les travaux de Agossou (1996), les matières fécales et les urines contiennent des microbes pathogènes tels que les bacilles typho-paratyphiques et dysentériques, vibrions cholériques, virus poliomyélitiques. Elles renferment parfois des bacilles de Koch et des œufs de parasites. Ces agents pathogènes sont par la suite transportés par le vent ou les animaux et déposés dans des points d'eau non protégés et sur les toitures des concessions qui constituent des surfaces de captage de l'eau pluviale. Face à une telle situation, il n'est plus de doute que le manque d'hygiène en matière de l'évacuation des excrétas des populations d'Allada est un problème fondamental à résoudre pour leur bien-être.



Photo 4 : Défécation à l'air libre d'un enfant sur un tas d'immondice à Lissègazoun
Prise de vue : SOHOUNOU, avril 2016

La photo 4 montre un enfant déféquant derrière une concession à Lissègazoun dans la Commune d'Allada. Cet état de chose pollue l'environnement et expose les populations aux risques de maladies provoquées par l'insalubrité. Sociologiquement, les populations d'Allada, notamment les femmes enquêtées (78 %), pensent que les fèces des enfants ne doivent pas aller dans les fosses parce qu'elles ont besoin de voir à chaque fois l'aspect des selles. Cette pratique constitue pour elles une manière de suivre l'état de santé des enfants. En somme, il s'agit d'un système préventif.

Quant au rejet des selles des enfants, il s'effectue surtout sur des dépotoirs de proximité ou dans la végétation bordière des habitations comme l'indique la figure 20.

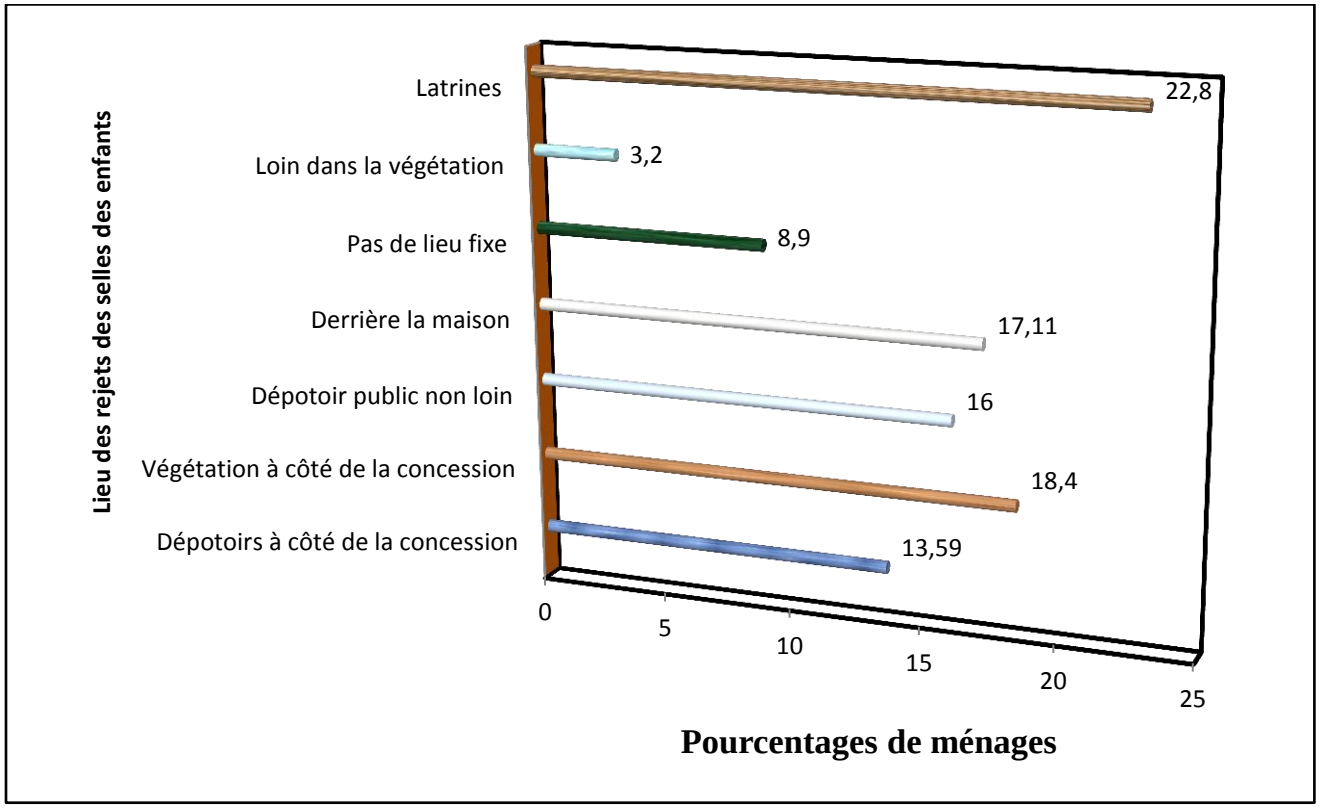


Figure 20: Sites de rejet des fèces des enfants
Source : Enquête de terrain, Février 2016

Le voisinage immédiat de la concession constitue le site le plus utilisé dans les ménages pour l'évacuation des fèces des enfants. En effet, ce sont 13,59 % des ménages qui éliminent ces selles sur un dépotoir qui jouxte la concession. Environ 17 % s'en débarrassent derrière la maison contre 18,4 % qui utilisent la végétation bordière de la concession comme lieu de rejet. Cette situation s'explique aisément puisque 22,8 % seulement des ménages disposent de fosses d'évacuation dans leur concession. C'est donc près de 50 % des sites de rejets qui sont à proximité des habitations. Ces travaux sont confirmés par ceux d'Azonhè en 2009.

Par ailleurs, une étude menée à Ouagadougou (Kpasselokohinto, 1995) signale qu' « *après l'âge du sevrage (18 à 24 mois) et surtout avec l'arrivée d'un nouveau bébé, la mère a moins de temps à consacrer à l'enfant et prend l'habitude de l'envoyer faire ses selles sur les dépotoirs d'ordures* ». Notre zone d'étude bien qu'étant un milieu essentiellement rural ne fait pas exception à

cette pratique. Les sols ainsi "fécalisés", associés à la présence de mouches, constituent les éléments déterminants du mécanisme de dissémination des maladies diarrhéiques (Traore *et al.*, 1994).

3.2.2. Gestion des ordures ménagères

La gestion des ordures ménagères et des eaux usées constitue l'un des facteurs qui compromettent le bien-être des populations. En effet, l'analyse des informations et des observations issues de notre enquête révèle que les populations de la Commune d'Allada gèrent les ordures à leur convenance. La figure 21 présente les proportions des ménages enquêtés en fonction des modes de gestion des déchets ménagers enregistrés dans le secteur d'étude.

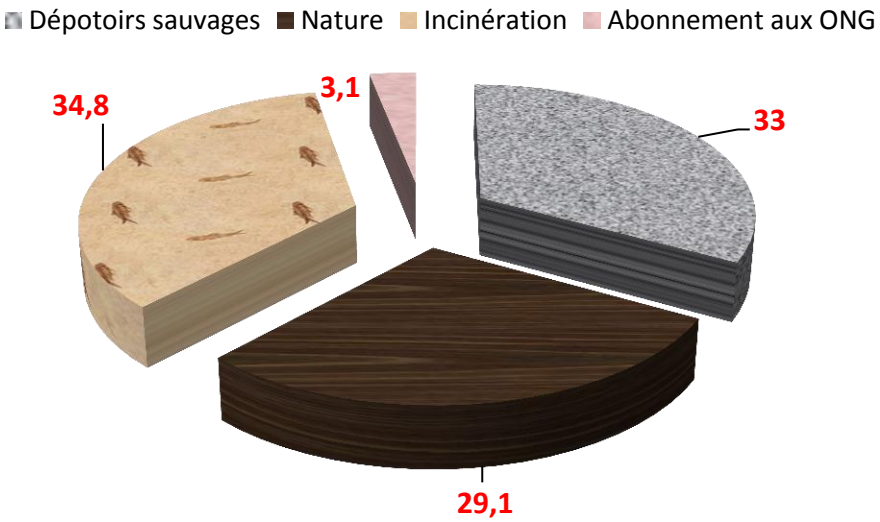


Figure 21: Modes de gestion des ordures ménagères
Source : Enquête de terrain, Février 2016

En ce qui concerne l'évacuation des déchets solides ménagers, les modes d'évacuation sont le rejet sur des dépotoirs sauvages (33 %) observé dans toute la zone d'étude (photo 5).L'incinération concerne 34,8 % des ménages contre respectivement 29,1 % et 3,1 % pour la nature et les populations qui se sont abonnés aux ONG de pré-collecte des ordures.



Photo 5 : Dépotoirs public et derrière une concession à Zèbou
Prise de vue : SOHOUNOU, avril 2016

Les dépotoirs qui se trouvent parfois entre les agglomérations constituent de véritables foyers de microbes (sources de pollution de l'environnement) et de prolifération de moustiques surtout en période de pluie. Ces microbes transportés par le vent et autres agents polluent l'eau de sources non protégées ou l'eau transportée dans des récipients sans couvercles. Les populations sont ainsi exposées aux maladies hydriques générées par l'utilisation de ces eaux polluées.

Les ordures ménagères sont constituées de différents objets dont les piles, les boîtes d'insecticides, des débris d'animaux morts pour des raisons non élucidées et autres. Dans le secteur d'étude, il n'existe pas de lieu de décharges publiques. Les populations jettent les ordures ménagères dans la brousse, non loin des concessions ou des tas d'ordures sauvages. Sur ces tas, l'on rencontre des mouches, des insectes, des fourmis et des porcs qui viennent manger les divers débris.

Les mouches, une fois au contact des déchets, pourraient se poser sur les aliments des enfants. Elles peuvent progressivement, par le dépôt des déchets contribuer à l'apparition du choléra. Les eaux de ruissellement transportent ces différents constituants qui se retrouvent dans les eaux de consommation.

D'autres catégories de la population (42 %) utilisent les déchets solides ménagers pour remblayer certaines pistes ou fermer des trous. Les raisons qui

justifient l'utilisation de la nature comme lieu de rejet des ordures ménagères sont multiples comme le montre la figure 22.

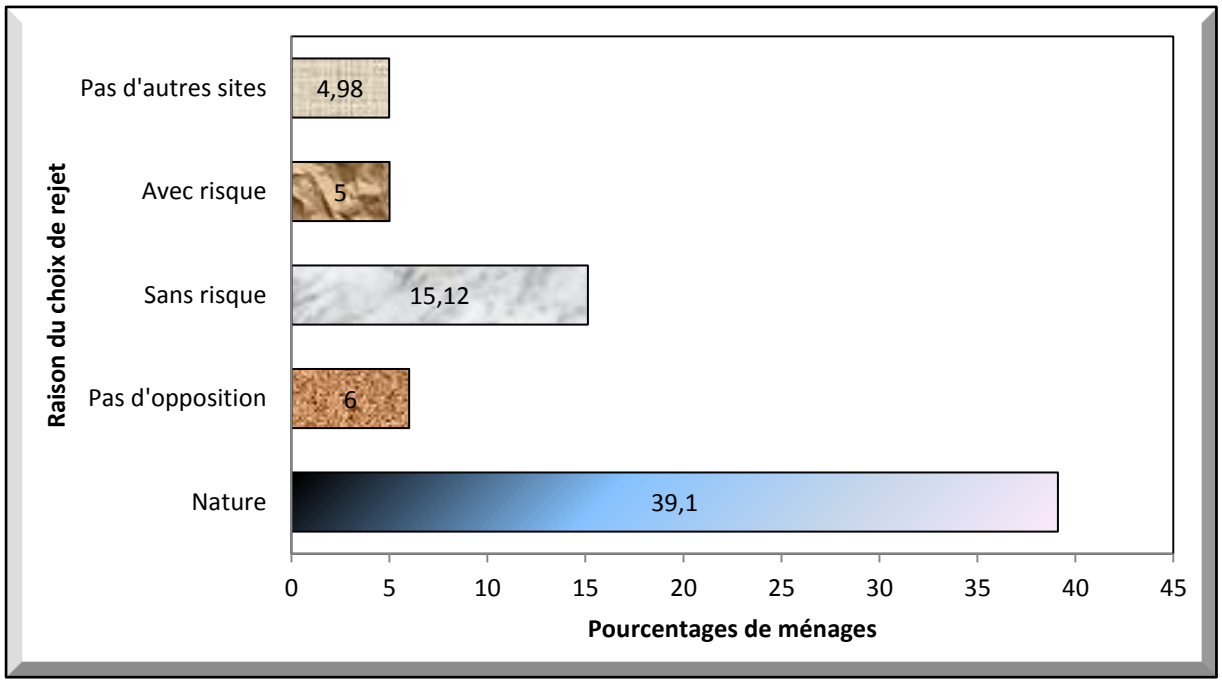


Figure 22: Raisons justifiant l'utilisation de la nature comme lieu de rejet des ordures ménagères
Source : Enquête de terrain, Février 2016

Selon les ménages qui n'utilisent pas les dépotoirs sauvages, l'utilisation de la nature comme lieu de rejet des ordures ménagères se justifie principalement par sa capacité d'élimination (39,1 %) et par l'absence de risques (15,12 %) que présente cette forme de gestion. La nature est aussi utilisée en l'absence de tout autre site (4,98 %) et surtout parce qu'il n'y a aucune opposition (6 %). Seuls 5 % des ménages perçoivent le risque que représentent les déchets proches des concessions.

Quant aux ménages qui utilisent les dépotoirs, ils estiment que ce mode de rejet est plus pratique et plus sain (34,6 %) en raison de l'incinération de la décharge qui s'effectue parfois. En ce qui concerne l'entretien des espaces publics, quelques associations de femmes balayeuses assurent leur propreté.

Conclusion partielle

A l'issue de ce chapitre, on peut retenir que la faiblesse de l'accès à l'eau en quantité et en qualité est une préoccupation importante dans la Commune d'Allada. En effet, les résultats ont révélé une pression importante sur les points d'eau dont le nombre est en dessous des besoins des populations. Pour compenser cette faiblesse de l'accès à l'eau, l'utilisation de sources alternatives aux sources publiques est l'une des solutions utilisées par les populations. Les effets de ces facteurs de risques se ressentent principalement sur le plan sanitaire.

CHAPITRE IV
QUALITE DE L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE D'ALLADA

Le problème de l'approvisionnement en eau de consommation se pose avec acuité sur le double plan de la quantité et de la qualité. La quantité se traduit par la couverture en eau qui se résume à l'accès tandis que la qualité est relative à la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau. Plusieurs sources sont utilisées pour l'approvisionnement en eau.

Dans ce chapitre, il est question des besoins en eau des populations, les contraintes pour l'approvisionnement, les différentes sources d'approvisionnement et la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson dans la commune.

4.1. Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada

Aujourd'hui, les problèmes de pollution (dégradation de la qualité de l'eau) constituent de plus en plus un danger pour la santé des populations. Au nombre de ces problèmes nous pouvons citer celui de la contamination des eaux qui se pose avec acuité dans les pays en développement. En effet d'une manière générale c'est l'ingestion d'une eau contaminée, par des fèces humaines ou animales (par exemples les oiseaux) qui représente le plus grand risque sur le plan microbien. Les fèces peuvent être une source de bactéries, de virus, de protozoaires et d'helminthes pathogènes (Tanignon, 2011). Les préoccupations sanitaires associées aux constituants chimiques de l'eau de boisson ne peuvent provoquer des effets nocifs sur la santé humaine, que lorsqu'elles sont sujettes à des expositions prolongées. La plupart des constituants chimiques susceptibles de provoquer un effet sur la santé des populations ne sont pas nombreux. On peut citer les ions fluorures, l'arsenic, le plomb, le cadmium, les nitrates et les nitrites qui peuvent provoquer respectivement, à l'exposition de fortes concentrations, une fluorose osseuse paralysante, cancer et lésions cutanées,

l'arsenicisme, et des troubles neurologiques néfastes etc.(Ouledi *et al.*, 2012 ; Edorh, 2010). L'eau souterraine qui est jugée la plus potable est la plus couramment utilisée dans les pays en voies de développement pour la boisson. Cependant elles sont très vulnérables à la pollution et leur protection s'impose à tous les niveaux. Malgré leur profondeur et les nombreux filtrages que subissent les eaux souterraines, il est toujours possible qu'elles contiennent des bactéries ou des éléments indésirables (Sohounou *et al.*, 2016). En effet les puits ou forages sont pollués par :

- ✓ la contamination par les fosses septiques,
- ✓ les fuites des conduits d'égouts,
- ✓ l'infiltration des dépotoirs ou les terrains d'enfouissements des déchets domestiques ou eaux usées,
- ✓ Les eaux de pluie peuvent ruisseler, lessiver les contaminants microbiologiques, bactériologiques et chimiques avant de s'infiltrer en contribuant à la recharge de la nappe (Coulibaly, 2005).

4.1.1. Qualité physico-chimique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada

Les divers facteurs de pollution physico-chimique posent un problème difficile et urgent, menaçant la qualité des eaux superficielles mais aussi des nappes souterraines et des eaux marines. La pollution par les sels minéraux est fréquente : il s'agit du sodium, des chlorures et surtout des nitrates, provenant des effluents domestiques, des engrais agricoles et de certains établissements industriels (abattoirs, tanneries...) et retrouvés dans les nappes souterraines. Les dérivés du phosphore sont issus des lessives et participent, avec ceux de l'azote, aux phénomènes d'eutrophisation (appauvrissement de l'eau en oxygène, phénomène qui peut conduire à l'apparition de marées vertes, etc.) (Festy *et al.*, 2003).

Dans la Commune d'Allada, plusieurs sont les sources qui sont utilisées par les populations comme eau de boisson. Il sera décrit ici la qualité physico-chimique des puits traditionnels, des forages, des eaux de surface et des impluviums.

La qualité physico-chimique des eaux de surfaces selon les normes de l'OMS se présentent comme suit (tableau XII).

Tableau XII : Qualité physico-chimique des eaux de surface selon l'OMS

		Eau de surface		OMS, 2006		
	Valeur de la norme	Moyenne	Limite inférieure	Limite supérieure	Statistique	Probabilité associée
Température(°C)	25	27,825	27,55325	28,09675	33,08301	6,07E-05
pH	8	6,6875	5,921244	7,453756	-5,451132	0,01212682
CE (µS/cm)	2000	163,11	51,09341	275,1266	-52,18695	1,55E-05
TDS (mg/L)	999	81,555	25,54411	137,5659	-52,12771	1,55E-05
Couleur (PtCo)	5	136,075	14,13474	258,0153	3,420848	0,04181697
NO2- (mg/L)	0,2	0,06475	0,00044969	0,1290503	-6,693993	0,00680111
NO3- (mg/L)	0,2	28,3725	26,06004	30,68496	38,77151	3,77E-05
NH4+ (mg/L)	0,19	0,355	0,1477334	0,5622666	2,533469	0,08516488
SO42- (mg/L)	500	212,35	-60,49247	485,1925	-3,355162	0,04389043
F- (mg/L)	1,5	51,1725	47,01066	55,33434	37,98322	4,01E-05
Cl- (mg/L)	250	55,25	37,7044	72,7956	-35,32405	4,99E-05
Ca2+ (mg/L)	100	30,5	13,78584	47,21416	-13,2331	0,00093246
Mg2+ (mg/L)	30	33,5775	18,55008	48,60492	0,7576283	0,5037508
Mn (mg/L)	0,5	0,34425	-0,05985464	0,7483546	-1,226578	0,3074696
Cu (mg/L)	2	15,225	-30,16123	60,61123	0,9273265	0,4221568
Ni (mg/L)	0,02	0,000825	0,00067265	0,00097735	-400,5527	3,43E-08
Co (mg/L)	1	0,000825	0,00067265	0,00097735	-20872,09	2,43E-13
Pb (µg/L)	10	257	94,27458	419,7254	4,830617	0,01691272
Cd (µg/L)	3	162	122,1029	201,8971	12,68285	0,00105727

Source : Traitement de données de laboratoire, février 2017

Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de surface sont synthétisés dans le tableau XII. Ce tableau représente la synthèse des tests **t** de Student réalisés sur les différentes sources d'eau de surface. Au total dix neuf (19) paramètres ont été analysés et leurs valeurs varient considérablement pour les eaux de surface. Ces différents tableaux révèlent que les eaux de surfaces respectent les normes requises par l'OMS (2006) en ce qui concerne l'ammonium (NH_4^+), le magnésium (Mg_2^+), le manganèse (Mn) et le cuivre (Cu). Il ressort donc pour tout le reste des paramètres, qu'ils sont hors normes.

Quant aux paramètres des mêmes sources pour les normes nationales, le test **t** de student indique 4 paramètres respectant les normes (tableau XIII).

Tableau XIII : Qualité physico-chimique des eaux de surface selon la norme nationale

		Eau de surface			Nationale (2001)	
	Valeur de la norme	Moyenne	Limite inférieure	Limite supérieure	Statistique	Probabilité associée
Température (°C)	25	27,825	27,55325	28,09675	33,08301	6,07E-05
pH	7,5	6,6875	5,921244	7,453756	-3,374511	0,04326636
CE (µS/cm)	2000	163,11	51,09341	275,1266	-52,18695	1,55E-05
TDS (mg/L)	1000	81,555	25,54411	137,5659	-52,18453	1,55E-05
Turbidité (NTU)	5	41,77	3,713668	79,82633	3,074877	0,05435385
Couleur (PtCo)	15	136,075	14,13474	258,0153	3,159864	0,05087645
NO2- (mg/L)	3,2	0,06475	0,00044969	0,1290503	-155,1744	5,90E-07
NO3- (mg/L)	45	28,3725	26,06004	30,68496	-22,88307	0,00018279
SO42- (mg/L)	500	212,35	-60,49247	485,1925	-3,355162	0,04389043
F- (mg/L)	1,5	51,1725	47,01066	55,33434	37,98322	4,01E-05
Cl- (mg/L)	250	55,25	37,7044	72,7956	-35,32405	4,99E-05
Ca2+ (mg/L)	100	30,5	13,78584	47,21416	-13,2331	0,00093246
Mg2+(mg/L)	50	33,5775	18,55008	48,60492	-3,47789	0,04011646
Mn (mg/L)	0,1	0,34425	-0,05985464	0,7483546	1,923543	0,1501145
Fe (mg/L)	0,3	6,5325	1,75377	11,31123	4,1506	0,02541494
Cu (mg/L)	2	15,225	-30,16123	60,61123	0,9273265	0,4221568
Ni (mg/L)	0,02	0,000825	0,00067265	0,00097735	-400,5527	3,43E-08
Pb (µg/L)	50	257	94,27458	419,7254	4,048331	0,02714044
Cd (µg/L)	5	162	122,1029	201,8971	12,52332	0,00109757

Source : Traitement de données de laboratoire, février 2017

D'après l'analyse du tableau XIII, et en comparant les moyennes des données de laboratoires par rapport à la norme nationale, les eaux de surfaces respectent les normes suivant le test t de Student, pour la turbidité (NTU), la couleur (PtCo), le manganèse (Mn) et pour le cuivre(Cu). Il ressort de l'analyse que sur les 19 paramètres analysés, 15 ne respectent pas les normes, soit un pourcentage de 78,95 % des paramètres qui participent à la pollution de l'eau de boisson.

Par ailleurs, les mêmes tests ont été réalisés pour les eaux de forages consommés dans la Commune d'Allada selon les différentes normes. Le tableau XIV présente les résultats selon la norme OMS.

Tableau XIV : Qualité physico-chimique des eaux de forage selon la norme OMS

		Forage		OMS		
	Valeur de la norme	Moyenne	Limite inférieure	Limite supérieure	Statistique	Probabilité associée
Température(°C)	25	26,4	22,58814	30,21186	4,666667	0,1343862
pH	8	5,64	4,623504	6,656496	-29,5	0,02157207
CE (µS/cm)	2000	67,685	-87,39423	222,7642	-158,3216	0,004021
TDS (mg/L)	999	33,84	-43,66785	111,3478	-158,223	0,00402351
Couleur (PtCo)	5	0,7795	-9,010631	10,56963	-5,477612	0,1149562
NO2- (mg/L)	0,2	0,0115	-0,02026551	0,04326551	-75,4	0,00844274
NO3- (mg/L)	0,2	10,16	-16,39597	36,71597	4,76555	0,1316774
NH4+ (mg/L)	0,19	0,115	-0,9650274	1,195027	-0,8823529	0,539737
SO42- (mg/L)	500	0,41	0,02881386	0,7911861	-16653	3,82E-05
F- (mg/L)	1,5	0,0995	-1,050412	1,249412	-15,47514	0,04108111
Cl- (mg/L)	250	30,85	-174,3552	236,0552	-13,56966	0,04683029
Ca2+ (mg/L)	100	6,2	-21,75365	34,15365	-42,63636	0,01492864
Mg2+ (mg/L)	30	1,0043	-1,609366	3,617966	-140,9611	0,0045162
Mn (mg/L)	0,5	0,0165	-0,1169151	0,1499151	-46,04762	0,01382308
Cu (mg/L)	2	0,035	-0,1555931	0,2255931	-131	0,0048596
Ni (mg/L)	0,02	0,01095	-0,1167474	0,1386474	-0,9004975	0,5333005
Co (mg/L)	1	0,0505	-0,5403385	0,6413385	-20,41935	0,03115238
Pb (µg/L)	10	3,815	-6,667619	14,29762	-7,49697	0,08441864
Cd (µg/L)	3	0,6355	-0,7050046	1,976005	-22,41232	0,02838607

Source : Traitement de données de laboratoire, février 2017

L'analyse du tableau XIV montre que les paramètres tels que le plomb (Pb), le nickel (Ni), l'ion ammonium (NH_4^+), la couleur (PtCo), la température (°C) et le nitrate (NO_3-) respectent les normes de l'OMS. Au total 13 paramètres participent à la pollution l'eau sur les 19 analysés, soit un taux de 68,40 %.

Qu'en est-il des eaux de forage par rapport à la norme nationale ? Le tableau XVI nous présente ces différents résultats.

Tableau XV : Qualité physico-chimique des eaux de forage selon la norme nationale

		Forage	Nationale			
	Valeur de la norme	Moyenne	Limite inférieure	Limite supérieure	Statistique	Probabilité associée
Température (°C)	25	26,4	22,58814	30,21186	4,666667	0,1343862
pH	7,5	5,64	4,623504	6,656496	-23,25	0,02736463
CE (µS/cm)	2000	67,685	-87,39423	222,7642	-158,3216	0,004021
TDS (mg/L)	1000	33,84	-43,66785	111,3478	-158,3869	0,00401934
Turbidité (NTU)	5	0,765	-0,06090331	1,590903	-65,15385	0,00977026
Couleur (PtCo)	15	0,7795	-9,010631	10,56963	-18,4562	0,03445986
$NO2^-$ (mg/L)	3,2	0,0115	-0,02026551	0,04326551	-1275,4	0,00049915
$NO3^-$ (mg/L)	45	10,16	-16,39597	36,71597	-16,66986	0,03814417
$SO4^{2-}$ (mg/L)	500	0,41	0,02881386	0,7911861	-16653	3,82E-05
F- (mg/L)	1,5	0,0995	-1,050412	1,249412	-15,47514	0,04108111
Cl- (mg/L)	250	30,85	-174,3552	236,0552	-13,56966	0,04683029
Ca^{2+} (mg/L)	100	6,2	-21,75365	34,15365	-42,63636	0,01492864
Mg^{2+} (mg/L)	50	1,0043	-1,609366	3,617966	-238,1901	0,00267272
Mn (mg/L)	0,1	0,0165	-0,1169151	0,1499151	-7,952381	0,07963599
Fe (mg/L)	0,3	0,045	-0,01853102	0,108531	-51	0,01248114
Cu (mg/L)	2	0,035	-0,1555931	0,2255931	-131	0,0048596
Ni (mg/L)	0,02	0,01095	-0,1167474	0,1386474	-0,9004975	0,5333005
Pb (µg/L)	50	3,815	-6,667619	14,29762	-55,98182	0,01137069
Cd (µg/L)	5	0,6355	-0,7050046	1,976005	-41,36967	0,01538557

Source : Traitement de données de laboratoire, février 2017

L'analyse du tableau XV nous permet de dire que seuls les paramètres tels que la température, le manganèse et le nickel qui respectent les valeurs admises pour la norme nationale. Sur les 19 paramètres, seuls 3 respectent les valeurs guides de la norme nationale, soit un pourcentage de 84,21 % des paramètres qui participent à la pollution de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada.

Les autres sources les plus utilisées dans la commune sont les eaux des impluviums. Les mêmes analyses statistiques à travers le test t de Student ont été faite. Pour la norme de l'OMS, les résultats sont présentés dans le tableau XVII.

Tableau XVI : Qualité physico-chimique des eaux d'impluviums selon la norme OMS

		Impluvium		OMS		
	Valeur de la norme	Moyenne	Limite inférieure	Limite supérieure	Statistique	Probabilité associée
Température(°C)	25	26,65	24,74407	28,55593	11	0,05771588
pH	8	8,015	-6,27948	22,30948	0,01333333	0,9915122
CE (µS/cm)	2000	64,085	-32,92687	161,0969	-253,558	0,00251073
TDS (mg/L)	999	32,04	-16,4977	80,5777	-253,1309	0,00251497
Couleur (PtCo)	5	2,3	-24,00184	28,60184	-1,304348	0,416402
NO2- (mg/L)	0,2	0,008	-0,00470621	0,0207062	-192	0,0033157
NO3- (mg/L)	0,2	7,015	6,824407	7,205593	454,3333	0,00140122
NH4+ (mg/L)	0,19	0,055	-0,1355931	0,2455931	-9	0,07044657
SO42- (mg/L)	500	1,405	-8,696433	11,50643	-627,1635	0,00101508
F- (mg/L)	1,5	0,2	-0,1811861	0,5811861	-43,33333	0,01468862
Cl- (mg/L)	250	4,85	2,944069	6,755931	-1634,333	0,00038953
Ca2+ (mg/L)	100	7,88	5,847007	9,912993	-575,75	0,00110572
Mg2+ (mg/L)	30	3,0613	-1,704797	7,827397	-71,81738	0,00886385
Mn (mg/L)	0,5	0,0075	0,0011469	0,0138531	-985	0,00064631
Cu (mg/L)	2	0,055	-0,1355931	0,2455931	-129,6667	0,00490957
Ni (mg/L)	0,02	0,00895	-0,09333495	0,1112349	-1,372671	0,4008177
Co (mg/L)	1	0,03245	-0,3684308	0,4333308	-30,66719	0,02075163
Pb (µg/L)	10	8,24	-61,26294	77,74294	-0,321755	0,801824
Cd (µg/L)	3	2,1035	-3,862063	8,069063	-1,909478	0,3071244

Source : Traitement de données de laboratoire, février 2017

Pour les impluviums généralement utilisés comme eau de boisson, il ressort pour les valeurs guides de l'OMS, 7 paramètres qui respectent ces dites valeurs soit un pourcentage de 63,15 % qui contribue à la détérioration de la qualité de l'eau. Il s'agit de la température, du pH, de la couleur, de l'ion ammonium, du nickel, du plomb et le cadmium. On remarque moins de paramètres ici par rapport à ceux impliqués dans la détérioration de la qualité pour les eaux de surface et forages.

Tableau XVII : Qualité physico-chimique des eaux d'impluviums selon la norme nationale

		Impluvium		Nationale		
	Valeur de la norme	Moyenne	Limite inférieure	Limite supérieure	Statistique	Probabilité associée
Température (°C)	25	26,65	24,74407	28,55593	11	0,05771588
pH	7,5	8,015	-6,27948	22,30948	0,4577778	0,7266972
CE (µS/cm)	2000	64,085	-32,92687	161,0969	-253,558	0,00251073
TDS (mg/L)	1000	32,04	-16,4977	80,5777	-253,3927	0,00251237
Turbidité (NTU)	5	1,38	-2,177737	4,937737	-12,92857	0,04914346
Couleur (PtCo)	15	2,3	-24,00184	28,60184	-6,135266	0,1028595
NO2- (mg/L)	3,2	0,008	-0,00470621	0,0207062	-3192	0,00019944
NO3- (mg/L)	45	7,015	6,824407	7,205593	-2532,333	0,0002514
SO42- (mg/L)	500	1,405	-8,696433	11,50643	-627,1635	0,00101508
F- (mg/L)	1,5	0,2	-0,1811861	0,5811861	-43,33333	0,01468862
Cl- (mg/L)	250	4,85	2,944069	6,755931	-1634,333	0,00038953
Ca2+ (mg/L)	100	7,88	5,847007	9,912993	-575,75	0,00110572
Mg2+ (mg/L)	50	3,0613	-1,704797	7,827397	-125,1365	0,0050873
Mn (mg/L)	0,1	0,0075	0,0011469	0,0138531	-185	0,00344115
Fe (mg/L)	0,3	0,18	-1,344745	1,704745	-1	0,5
Cu (mg/L)	2	0,055	-0,1355931	0,2455931	-129,6667	0,00490957
Ni (mg/L)	0,02	0,00895	-0,09333495	0,1112349	-1,372671	0,4008177
Pb (µg/L)	50	8,24	-61,26294	77,74294	-7,634369	0,08291659
Cd (µg/L)	5	2,1035	-3,862063	8,069063	-6,169329	0,1023013

Source : Traitement de données de laboratoire, février 2017

Les résultats du tableau XVII montre bien que les paramètres qui contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau sont la température, du pH, de la couleur, du nickel, du plomb et le cadmium.

Quant aux eaux des puits traditionnels, le test montre qu'également une diversification des résultats en fonction des normes. Pour la norme de l'OMS, les résultats se présentent dans le tableau XVIII.

Tableau XVIII : Qualité physico-chimique des eaux de puits selon la norme OMS

		Puits Traditionnels		OMS		
	Valeur de la norme	Moyenne	Limite inférieure	Limite supérieure	Statistique	Probabilité associée
Température(°C)	25	26,36667	26,22324	26,51009	41	0,00059435
pH	8	6,25	5,913952	6,586048	-22,40645	0,00198591
CE (µS/cm)	2000	215,4833	-152,2857	583,2524	-20,87765	0,00228636
TDS (mg/L)	999	107,74	-76,13905	291,6191	-20,85492	0,00229133
Couleur (PtCo)	5	7,419667	-17,24334	32,08268	0,4221295	0,7139793
NO2- (mg/L)	0,2	0,06866667	-0,1714781	0,3088114	-2,353088	0,1428867
NO3- (mg/L)	0,2	7,173333	-3,286548	17,63321	2,868468	0,1030828
NH4+ (mg/L)	0,19	0,1033333	-0,03792072	0,2445874	-2,6399	0,1185174
SO42- (mg/L)	500	5,973333	-18,99651	30,94317	-85,12771	0,00013796
F- (mg/L)	1,5	0,1766667	-0,1827472	0,5360806	-15,84202	0,00396089
Cl- (mg/L)	250	43,3	-89,50011	176,1001	-6,69697	0,02157779
Ca2+ (mg/L)	100	23,05333	0,1280215	45,97865	-14,44145	0,00476067
Mg2+ (mg/L)	30	4,081733	-9,587958	17,75142	-8,157997	0,01469525
Mn (mg/L)	0,5	0,057	-0,00686698	0,120867	-29,84445	0,00112084
Cu (mg/L)	2	0,1233333	0,0853875	0,1612792	-212,794	2,21E-05
Ni (mg/L)	0,02	0,00493333	-0,0124207	0,02228737	-3,735537	0,06477732
Co (mg/L)	1	0,03733333	-0,01136675	0,08603342	-85,05161	0,00013821
Pb (µg/L)	10	8,38	-18,30326	35,06326	-0,2612236	0,8183597
Cd (µg/L)	3	0,8833333	-0,05958047	1,826247	-9,658658	0,01054997

Source : Traitement de données de laboratoire, février 2017

De ce tableau XVIII, on remarque que seuls les paramètres tels que : la couleur, le nitrite, le nitrate, l'ion ammonium, le nickel et cobalt respectent les valeurs guides pour la norme OMS. Toujours sur les 19 paramètres impliqués dans le test, seuls 6 paramètres respectent la norme OMS. Soit un pourcentage de 68,42 % des paramètres restant contribuent efficacement à la pollution des eaux des puits traditionnels destiné à la consommation humaine.

Pour la norme nationale, le tableau XIX nous présente les résultats y afférents.

Tableau XIX : Qualité physico-chimique des eaux de puits selon la norme nationale

		Puits Traditionnels		Nationale		
	Valeur de la norme	Moyenne	Limite inférieure	Limite supérieure	Statistique	Probabilité associée
Température(°C)	25	26,36667	26,22324	26,51009	41	0,00059435
pH	7,5	6,25	5,913952	6,586048	-16,00461	0,00388129
CE (µS/cm)	2000	215,4833	-152,2857	583,2524	-20,87765	0,00228636
TDS (mg/L)	1000	107,74	-76,13905	291,6191	-20,87832	0,00228622
Turbidité (NTU)	5	2,606667	-1,926074	7,139407	-2,271845	0,1510475
Couleur (PtCo	15	7,419667	-17,24334	32,08268	-1,322448	0,3169878
NO2- (mg/L)	3,2	0,06866667	-0,1714781	0,3088114	-56,10383	0,00031755
NO3- (mg/L)	45	7,173333	-3,286548	17,63321	-15,55993	0,00410492
SO42- (mg/L)	500	5,973333	-18,99651	30,94317	-85,12771	0,00013796
F- (mg/L)	1,5	0,1766667	-0,1827472	0,5360806	-15,84202	0,00396089
Cl- (mg/L)	250	43,3	-89,50011	176,1001	-6,69697	0,02157779
Ca2+ (mg/L)	100	23,05333	0,1280215	45,97865	-14,44145	0,00476067
Mg2+ (mg/L)	50	4,081733	-9,587958	17,75142	-14,45317	0,00475301
Mn (mg/L)	0,1	0,057	-0,00686698	0,120867	-2,896866	0,1013671
Fe (mg/L)	0,3	0,19	-0,08325515	0,4632551	-1,732051	0,2254033
Cu (mg/L)	2	0,1233333	0,0853875	0,1612792	-212,794	2,21E-05
Ni (mg/L)	0,02	0,00493333	-0,0124207	0,02228737	-3,735537	0,06477732
Pb (µg/L)	50	8,38	-18,30326	35,06326	-6,71119	0,02148937
Cd (µg/L)	5	0,8833333	-0,05958047	1,826247	-18,78495	0,00282188

Source : Traitement de données de laboratoire, février 2017

De l'analyse du tableau XIX, on constate que 73,68 % des paramètres physico-chimiques jouent un rôle important dans la détérioration de la qualité physico-chimique de l'eau de boisson.

De l'ensemble des données, il ressort que les puits traditionnels sont les plus pollués et présentent moins de paramètres respectant les normes, qu'elles soient de l'OMS, l'UE ou encore nationale.

Par ailleurs il y a d'autres paramètres tels que l'ortho-phosphate, la dureté totale, le bicarbonate et le carbonate qui n'ont pas de valeur guide tant pour la norme de l'OMS que nationale. Pour ces paramètres on a procédé à l'analyse des variances (ANOVA). Les résultats des différents tests sont consignés dans le tableau XX.

Tableau XX : Analyse de variance pour l'ortho-phosphate, la dureté totale, le bicarbonate et le carbonate

			PO_4^{3-}			
	Df		**Sum Sq**	**Mean sq**	**F value**	**Pr(>F)**
Tsour		3	63.93	21.310	41.57	7.89e-05
Residuals		7	3.59	0.513		
	trt		means	M		
1	Eau de surface		5.1750000	a		
2	Puits traditionnels		0.2166667	b		
3	Forage		0.2050000	b		
4	Impluviums		0.0475000	b		
			Dureté totale			
	Df		**Sum Sq**	**Mean sq**	**F value**	**Pr(>F)**
Tsour		3	71290	23763	15.82	0.00168
Residuals		7	10516	1502		
	trt		means	M		
1	Eau de surface		215.00	a		
2	Puits traditionnels		74.50	b		
3	Forage		34.65	b		
4	Impluviums		32.35	b		
			CO_3^{2-}			
	Df		Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tsour		3	11.40	3.802	1.909	0.217
Residuals		7	13.94	1.991		
			HCO^{3-}			
	Df		Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tsour		3	2309	769.6	1.965	0.208
Residuals		7	2742	391.7		

Source : Traitement de données de laboratoire, février 2017

De l'analyse du tableau XX, on remarque que le test est statistiquement significatif. Ainsi les ANOVA réalisées pour le PO_4^{3-}, la dureté totale, le carbonate (CO_3^{2-}) et le bicarbonate (HCO^{3-}), révèlent que les taux de PO_4^{3-} et de la dureté totale sont statistiquement différents. Mais, quant au CO_3^{2-} et HCO^{3-} les taux sont statistiquement les mêmes quelle que soit la source d'eau utilisée. Le test de structuration de SNK montre que les eaux de surface contiennent plus de PO_4^{3-} que les puits traditionnels, les forages et les impluviums qui contiennent peu de cette substance. Il en est de même que pour le taux de la dureté totale.

4.1.2. Qualité microbiologique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada

Dans les sources d'eau ouvertes comme les puits (modernes et traditionnels), impluviums et plans d'eau, les bactéries peuvent entrer dans l'eau par les eaux de ruissellement ou par exemple par les puisettes qui sont très souvent jetées dans la boue à côté des puits après l'utilisation. Des animaux comme les porcs et les volailles, par exemple, portent très souvent des salmonelles et s'ils ont accès à l'eau, ou si la puisette tombe dans leurs excréments, les bactéries peuvent facilement entrer dans l'eau. Pour les eaux de forages et eau courante (SoNEB), la pollution peut être due aux récipients de transport d'eau (bidons ou bassines) ou système de canalisation (feuilles d'arbre).

Il est vrai que les systèmes immunitaires des villageois qui boivent l'eau contaminée depuis toujours sont souvent adaptés. Cependant le risque est toujours élevé pour les enfants et les personnes âgées ou femmes enceintes dont le système immunitaire est plus faible et qui boivent l'eau contaminée par les bactéries fécales. Le risque de transmission des maladies comme le choléra et la gastro-entérite est toujours élevé pour tous les consommateurs d'eau contaminée par les bactéries fécales.

Ces eaux de boisson ne répondent pas aux normes exigées qui recommandent que les eaux de boisson ne doivent contenir ni coliformes, ni streptocoques.

Le tableau XXI traduit la synthèse des résultats microbiologiques des analyses effectuées sur diverses sources d'eau utilisée dans la commune à des fins de boisson.

Tableau XXI : Synthèse des résultats des analyses bactériologiques sur les eaux de boisson

Recherches Effectuées			Présumés Coliformes /100 UFC mL	Coliformes Thermotolérant /100 UFC mL	Escherichia coli /100 UFC mL	Streptocoques fécaux /100 UFC mL	Staphylocoques aureus/100 mL
RESULTATS	Eaux de Sources Diverses	**SONEB (Station)**	1	1	1	0	0
		SONEB (Domicile)	610	480	39	8	32
		Forage 1	520	320	3	13	70
		Forage 2	180	100	1	14	50
		Puits Traditionnel 1	33.10^2	28.10^2	0	960	52
		Puits Traditionnel 2	61.10^2	27.10^2	7.10^2	1180	150
		Puits Traditionnel 3	25.10^2	15.10^2	0	640	660
		Impluvium 1	26.10^2	22.10^2	1.10^2	440	276
		Impluvium 2	0	0	0	40	56
	Eaux de surface	**Eau de surface 1**	159.10^2	1.10^2	1.10^2	200	48
		Eau de surface 2	116.10^2	48.10^2	17.10^2	9.10^4	8.10^3
		Eau de surface 3	178.10^2	71.10^2	42.10^2	880	100
		Eau de surface 4	183.10^2	20.10^2	3.10^2	58.10^2	200
		Normes OMS 2009	0	0	0	0	0
		Normes UE 1998	0	0	0	0	0
		Normes Nationales 2001	0	0	0	0	0

Source : Traitement de données,

L'étude microbiologique des sources d'eau de boisson a mis en évidence une contamination bactérienne de moyenne à importante d'origine humaine et/ou animale (tableau XXI). Les résultats obtenus montrent que les eaux de surface à proximité des rejets domestiques et qui reçoivent les eaux de ruissèlement ont enregistré des concentrations élevées en présumés coliformes, coliformes

thermotolérants, Escherichia coli, streptocoques fécaux et Staphylocoques aureus. Ces taux varient entre 48 et 178.10^2 UFC/100 mL. Selon la classification des normes nationales, de l'UE et l'OMS des eaux de boisson, les valeurs trouvées (>0 UFC/100ml) classent ces eaux de mauvaise qualité bactériologique. Les autres sources aussi (puits, impluviums, forage et eau courante) sont polluées par divers agents microbiens. Les taux de présence varient de 0 à 61.10^2 UFC/100 mL. La présence (1 UFC) de germes dans l'eau courante à la source serait due à la manipulation lors du prélèvement ou au laboratoire. Quant à l'impluvium 2, il est de qualité acceptable car exempt de présumés coliformes, coliformes thermotolérants et Escherichia coli. Cette pollution pourrait être expliqué par une activité humaine avoisinante très importante (eaux de baignades, lessive, agriculture et eaux usées domestiques). Le rapport CF/SF est supérieur à 1 permet de supposer que la pollution fécale est de nature humaine.

La contamination bactérienne, de moyenne à importante, d'origine humaine et animale, de l'ensemble des eaux de boisson dans le secteur d'étude, pourrait engendrer des effets néfastes sur la vie et la santé de la faune et de la flore (Koukal *et al.*, 2004) et provoquer la transmission de nombreuses maladies infectieuses et parasitaires à transports hydriques notamment : le choléra, la typhoïde, l'hépatite, la bilharziose, le paludisme, la gastro-entérite, la shigellose (OMS, 1990) et des intoxications alimentaires (TIAC) par la consommation des cultures maraîchères (Talouizte *et al.*, 2008).

Les rejets des eaux usées et des déchets solides sans traitement préalable, constituent l'origine le plus important de la pollution microbienne. Cette pollution à proximité de la ressource est presque intensifiée au cours des dernières années en raison de la démographie croissante de la ville. En effet, ces sources d'eaux sont devenues actuellement les principaux milieux récepteurs des eaux pluviales qui, en particulier entraînent en plus des substances minérales et organiques en suspension et en solution, des microorganismes (bactéries, virus,

champignons, insectes, parasites…) constituant un danger souvent porteur de maladies à transmission hydrique (Zamo, 2003).

4.2. Evaluation des risques toxicologiques liés à l'eau de boisson

L'évaluation des risques sanitaires est une méthode qui permet d'estimer par calcul les risques pour la santé auxquels est soumise une population exposée à une pollution particulière d'origine industrielle ou naturelle. L'évaluation des risques sanitaires liés à la consommation de l'eau polluée par les éléments traces suivra quatre principales étapes (Ademe, 2007 ; ASTEE, 2006).

Dans cette partie, nous étudierons les risques liés à quelques éléments traces métalliques notamment le fer, cuivre, nickel, cobalt, plomb et le cadmium. Ceci, à cause de leur présence en quantité évaluable dans les eaux de boisson du secteur d'étude, de la disponibilité de leur VTR (Valeur Toxicologique de Référence) et de leurs effets toxiques sur la santé humaine. En effet, ces eaux (souterraines et surfaces) sont utilisées comme eau de boisson par la population sans aucun traitement préalable. Cette évaluation porte sur la voie orale et concerne les expositions chroniques uniquement.

Les VTR retenues pour cette étude sont celles issues principalement des études épidémiologiques chez l'homme, les plus protectrices donc les plus faibles et les années de révision les plus récentes. Ainsi, selon le rapport de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) (Bisson *et al.*, 2009), pour les effets chroniques à seuil, la norme nationale recommande pour le Cd 0,005 mg/kg/j, pour le Cu 2 mg/kg/j, pour le Pb 0,05 mg/kg/j. Quant au Ni c'est 0,02 mg/kg/j et le fer, 0,3 mg/kg/j.

Les résultats de l'évaluation de l'exposition au Cd, Pb, Ni, Fe et Cu liée à la consommation de l'eau ainsi que les quotients de danger (QD) correspondants chez les adultes et les enfants dans la Commune d'Allada sont reportés dans le tableau XXII.

Tableau XXII**:** Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et les adultes par rapport à l'eau de surface (boisson)

ETM	C_m	VTR	P		DJE		QD	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Cd	162	5	28	70	8,67	4,6	**1,740**	**0,92**
Pb	257	50	28	70	13,76	7,3	0,276	0,146
Ni	0,000825	0,02	28	70	0,00004	0,00002	0,002	0,01
Fe	6,5325	0,3	28	70	0,3499	0,1866	**1,166**	0,622
Cu	15,225	2	28	70	0,8156	0,4350	0,4078	0,2039

Source : Traitement de données, janvier 2017
Légende : Rouge : Seuil critique ; Verte : A surveiller

De l'analyse de ce tableau, on remarque que la survenance d'un effet toxique provenant du cadmium et le fer lié à la consommation des eaux de surface dans la zone d'étude est probable chez les enfants avec un QD supérieur à 1 observé pour le cadmium et le fer (QD = 1,74 >> 1pour le Cd et QD = 1,16 >>1 pour le fer). Chez les adultes, la survenance d'effets toxiques pour le cadmium est peu probable (QD = 0,92 < 1) mais le fer aussi est à surveiller (QD = 0,62 < 1).

L'on trouve également que les quotients de danger (QD) issus de la consommation de l'eau pour les enfants sont tous supérieurs à ceux des adultes malgré la faible consommation journalière d'eau chez les enfants (1,5 L pour l'enfant contre 2 L pour l'adulte) d'après notre scenario. En effet, ce risque élevé à la survenance d'effet toxique chez les enfants serait dû à leur faible poids corporel et leur fragilité sur le plan physiologique, étant donné que les contaminants sont facilement absorbés dans leur organisme (Miquel, 2001).

Les travaux de Gnandi *et al.* (2007) sur la fluorose dentaire dans la zone de traitement des phosphates à Lomé montrent que cette fluorose se rencontre beaucoup plus chez les enfants que chez les adultes, ce qui corrobore ce fait.

Tableau XXIII**:** Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et les adultes par rapport à l'eau des forages (boisson)

ETM	C_m	VTR	P		DJE		QD	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Cd	0,6355	5	28	70	0,034	0,018	0,0068	0,0036
Pb	3,815	50	28	70	0,204	0,109	0,0041	0,00218
Ni	0,01095	0,02	28	70	0,00058	0,00031	0,03	0,016
Fe	0,045	0,3	28	70	0,0024	0,0013	0,008	0,0043
Cu	0,035	2	28	70	0,002	0,001	0,001	0,005

Source : Traitement de données, janvier 2017

L'analyse du tableau XXIII, montre que dans les eaux de forage consommées par la population, la survenue d'un effet toxique est quasiment nulle. Donc les populations pourront consommer sans risque toxicologique des eaux issues des forages.

Pour l'eau des impluviums consommée, l'évaluation du risque toxicologique se présente dans le tableau XXIV.

Tableau XXIV**:** Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et les adultes par rapport à l'eau des impluviums (boisson)

ETM	C_m	VTR	P		DJE		QD	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Cd	2,1035	5	28	70	0,1127	0,06	0,02	0,012
Pb	8,24	50	28	70	0,4414	0,235	0,009	0,00018
Ni	0,00895	0,02	28	70	0,00048	0,00026	0,024	0,013
Fe	0,18	0,3	28	70	0,0096	0,0051	0,032	0,1
Cu	0,055	2	28	70	0,003	0,0016	0,0015	0,00075

Source : Traitement de données, janvier 2017

Le tableau XXIV montre un bon résultat car la consommation des eaux accumulées dans les impluviums ne présente aucun risque toxicologique pour la santé des populations de la Commune d'Allada.

Qu'en est-il des eaux des puits traditionnels ? Le tableau XXV présente les résultats pour les eaux des puits traditionnels.

Tableau XXV**:** Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et les adultes par rapport à l'eau des puits traditionnels (boisson)

ETM	C_m	VTR	P		DJE		QD	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Cd	0,8833	5	28	70	0,047	0,025	0,0094	0,005
Pb	8,38	50	28	70	0,449	0,239	0,009	0,0048
Ni	0,00493	0,02	28	70	0,00026	0,00014	0,013	0,007
Fe	0,19	0,3	28	70	0,01	0,0054	0,03	0,018
Cu	0,1233	2	28	70	0,0066	0,0035	0,0033	0,0017

Source : Traitement de données, janvier 2017

Ici également, (tableau XXV) tous les QD étant inférieurs à 1, on pourra affirmer que le risque toxicologique pour la consommation des eaux de puits traditionnels dans la Commune d'Allada n'est pas probable.

Dans la Commune d'Allada, plus de 90 % de la population utilise les eaux des forages, de puits traditionnels, des impluviums et de surface comme eau de boisson sans aucun traitement préalable tout en ignorant les effets des éléments traces métalliques sur la santé de l'homme. En effet, Le plomb et le cadmium sont les éléments traces les plus toxiques pour l'homme (Testud, 2005). Le plomb a pour cible majeure le système nerveux et les reins. Il présente également une toxicité hématologique dont l'anémie est la principale manifestation. Les effets neurotoxiques (saturnisme) restent les plus préoccupants. Des études épidémiologiques ont montré qu'une exposition au plomb à faible dose au cours de la vie fœtale pouvait conduire à l'apparition des anomalies congénitales et qu'une telle exposition durant l'enfance pouvait entraîner un déficit neurocomportemental durable (Leblanc *et al.*, 2006). Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le plomb et ses dérivés inorganiques dans la catégorie 2B (potentiellement cancérigène pour

l'homme). Le cadmium n'est pas un élément essentiel au métabolisme chez l'homme car il n'a aucune fonction connue dans le corps humain (Miquel, 2001). Les effets toxiques du cadmium sont nombreux, mais les principales atteintes de l'organisme suite à une exposition prolongée sont, chez l'homme comme chez l'animal, des atteintes de la fonction rénale. Le cadmium est à l'origine de la maladie « Itaï- Itaï » décrite au Japon, caractérisée par une insuffisance rénale associée à l'ostéoporose et à l'ostéomalacie (Payen, 2007). Il a été classé dans la catégorie 1 « cancérigène pour l'homme » par le CIRC. De nombreux cas d'intoxications chronique au cuivre par l'eau de boisson ont été décrits ainsi que leurs manifestations cliniques : troubles gastro-intestinaux essentiellement et une hépato-splénomégalie marquée chez les enfants (Muller-Hocker *et al.*, 1988 ; Spitalny, 1984). Chez la femme, la grossesse est associée à une augmentation de la rétention de cuivre liée à une diminution de l'excrétion biliaire induite par les variations du statut hormonal et le fœtus est entièrement dépendant du taux de cuivre circulant dans le sang maternel (ADEME/INERIS, 2007). Le nickel est presque indispensable à la nutrition animale à petite quantité et chez l'homme, mais il peut être dangereux lorsqu'on dépasse les quantités maximales tolérées.

Les nausées, les vomissements et vertiges sont possibles après une exposition. Les embolies pulmonaires, les échecs respiratoires, les échecs de naissances, l'asthme et les bronchites chroniques, les réactions allergiques telles que des éruptions cutanées, ainsi que des problèmes cardiaques sont les conséquences liées à la toxicité du nickel (OMS, 2004).

4.3. Evaluation des risques en 5 étapes

Il va de soi que dans toutes les étapes de l'évaluation des risques, la concertation avec les populations concernées reste un point important à ne pas négliger.

L'information, la formation ainsi qu'une bonne instruction jouent un rôle majeur.

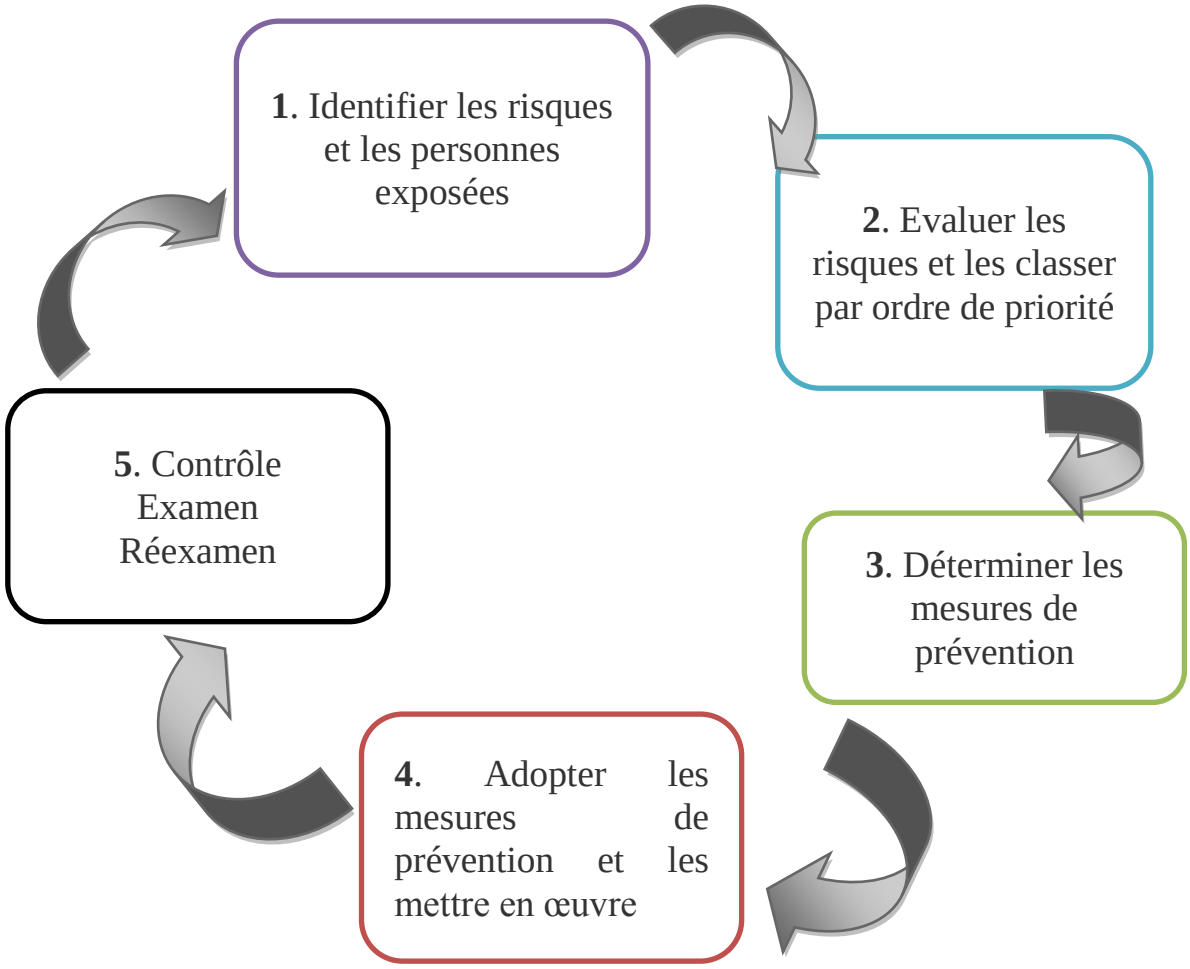


Figure 23 : Processus d'évaluation du risque
Source : AAA, modifié de Sohounou, février 2017

- **Etape 1:** Identification des risques et des personnes exposées

Cette étape consiste à dépister dans la population les sources possibles d'accidents et à identifier les personnes qui peuvent y être exposées.

De plus, pour chacun des dangers, il faut identifier les personnes menacées. Il ne suffit pas d'identifier les personnes directement exposées au danger, mais également celles qui sont indirectement exposées.

Outre les personnes actives sur un lieu, il faut également considérer les groupes de personnes pouvant entrer en contact quelconque avec le danger, comme par exemple les habitants d'une autre localité vivant à proximité ou partageant les mêmes infrastructures que la localité à haut risque, etc.

- **Etape 2: Evaluer les risques et les classer par ordre de priorité**

Dans cette deuxième étape, on évalue les risques liés à chaque danger. On vérifie donc à quel niveau la population est exposée au danger. Il faut évaluer dans quelle mesure le danger peut provoquer un accident ou une maladie, le niveau de gravité de cet accident ou de cette maladie et la fréquence à laquelle les populations y sont exposées.

Une évaluation des risques s'avérera toujours difficile car elle est toujours sujette à une interprétation subjective qui peut mener soit à une surestimation, soit à une sous-estimation du risque.

- **Etape 3: Déterminer les mesures de prévention**

La troisième étape consiste à déterminer les mesures afin d'éliminer les risques ou, au moins, à les maîtriser. Il faut pouvoir déterminer si un risque peut être éliminé complètement ou dans le cas contraire mettre en place des mesures de façon à le contenir et s'assurer qu'il ne compromet pas la sécurité et la santé des populations.

Il faut également tenir compte du fait que les risques détectés peuvent s'additionner ou combiner leurs effets. Il est important de prendre en compte le résultat de l'évaluation des risques et de classer les mesures par ordre de priorité, de manière à appliquer en premier lieu les mesures de prévention qui sont les plus efficaces.

Les principes généraux sont:

1. éviter / écarter le risque;
2. s'adapter au progrès technique;
3. améliorer le niveau de protection.

Important: les mesures de prévention ne doivent en aucun cas avoir pour effet le déplacement du risque ou la création d'un nouveau risque.

- **Etape 4: Adopter les mesures de prévention et les mettre en œuvre**

La quatrième étape consiste à mettre en œuvre les mesures de prévention déterminées auparavant. Il va de soi que toutes les mesures ne pourront être mises en œuvre simultanément: il faut donc établir un ordre de priorité en tenant compte de la gravité du risque et de ses conséquences.

Il faut aussi déterminer les personnes pouvant s'occuper de la mise en œuvre, le temps que cela va prendre et déterminer un délai de mise en œuvre.

Parmi les mesures à réaliser, on pourra ainsi distinguer:

• les mesures applicables de suite et à moindres frais;

• les mesures provisoires à mettre en place en attendant les mesures applicables à plus long terme et plus coûteuses;

• les mesures applicables à terme et représentant des frais plus élevés.

Pour l'application de certaines mesures, une planification et un certain budget sont à prévoir au préalable.

- **Etape 5: Contrôle - Examen - Réexamen et Enregistrement**

Après que les mesures de prévention ont été mises en œuvre, il faut contrôler si elles ont été exécutées et si les délais d'exécution des mesures ont été respectés. Il s'agit non seulement de vérifier si les risques ont pu être éliminés ou écartés entièrement ou s'ils ont pu être diminués de façon à pouvoir les maîtriser mais aussi si aucun nouveau risque n'a été créé suite à l'application des mesures.

Conclusion partielle

Au terme de ce chapitre, on peut retenir que les résultats traduisent l'évidence de la mauvaise qualité des eaux utilisées comme eau de boisson et l'influence des activités anthropiques sur la qualité physique, chimique et bactériologique de la ressource. Partant de cette mauvaise qualité des eaux, plusieurs risques sont à dénombrer.

Ces valeurs élevées en nitrates et nitrites sont rapportées par Dégbey *et al.* (2008) qui ont travaillé sur la qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin. L'augmentation des teneurs constatées depuis quelques années est notamment le résultat d'activités humaines, comme les pratiques agricoles intensives. La consommation de cette eau devrait être interdite aux femmes enceintes et aux nourrissons pour prévenir la méthémoglobinémie.

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique (Azeez *et al.*, 2009).

Les eaux de boisson de la commune connaissent de fortes pollutions en indicateurs de contamination fécale, en accord avec celles trouvées par Boutin et Dias (1987) pour la nappe de Marrakech au Maroc, par Bordalo et Savva (2007) au cours de la recherche pour l'eau potable sûre en Guinée Bissau et enfin par Egwari et Aboaba (2002) à Lagos au Nigeria sur l'Impact environnemental de la qualité bactériologique de l'approvisionnement en eau domestique. La majorité des microorganismes pathogènes susceptibles de se trouver dans l'eau proviennent de déjections humaines ou animales. Les bactéries *E. coli* font partie du groupe des coliformes totaux. C'est une espèce très abondante dans la flore intestinale humaine et animale, et c'est aussi la seule qui soit strictement d'origine fécale. Les sources locales de contamination peuvent être multiples : aménagement du puits (manque d'étanchéité du couvercle ou du scellement), sol environnant (absence d'un monticule autour du puits pour éloigner le ruissellement de surface), installation septique défectueuse ou encore insalubrité des lieux (ex., épandage de fumier ou autres activités générant de la pollution fécale). Il s'agit donc dans ces cas de procéder aux travaux requis pour corriger la situation. Des analyses subséquentes dans le cadre du suivi de la qualité de l'eau permettront de vérifier l'efficacité des correctifs apportés. Des résultats d'analyses ponctuelles conformes ne peuvent assurer à eux seuls la qualité de l'eau de boisson en tout temps. Il faut donc prendre les précautions nécessaires

pour assurer la salubrité et le bon fonctionnement d'un système individuel d'approvisionnement en eau de boisson (Gundry *et al.,* 2009).

La qualité microbiologique est une préoccupation sanitaire essentielle. L'eau consommée doit être indemne d'organismes pathogènes. Le risque à court terme peut se traduire par des troubles intestinaux dont l'apparition et l'importance dépendent de l'état général de santé du consommateur et de sa sensibilité. Sur le plan bactériologique, on note une présence massive des streptocoques et coliformes fécaux dans ces eaux quelles que soient les sources à Abomey-calavi et dans d'autres pays par Lévesque *et al.* (2008). Les impacts sanitaires de ce phénomène sont la forte prévalence des diarrhées et des parasitoses intestinales chez les enfants de moins de 5 ans, les femmes enceintes et les personnes de troisième âge dans l'écosystème étudié. Dans notre étude, les diarrhées sont associées à la contamination fécale de l'eau des puits et de surface qui constituent de grands risques pour le consommateur. C'est aussi le constat fait par Gundry *et al.* (2009) dans leur région.

Les ressources contenues dans l'eau seront aussi polluées par les phénomènes de bioaccumulation et de bioamplification (travaux de Abbé sur le bioaccumulation du cadmium et du plomb par les espèces animales marines, de Agbeko sur le cas de la fluorose dentaire chez les enfants autour de l'usine de traitement des phosphates à Kpémé…). Ainsi, par la consommation de ces eaux et des ressources halieutiques l'homme est exposé aux risques d'intoxication de ces métaux et aux effets d'autres polluants. Ce que montre l'évaluation des risques sanitaires de la consommation des eaux de la zone d'étude par la population avec des quotients de danger supérieur à 1 traduisant la survenance des effets toxiques. Il se pose de ce fait un problème de santé publique.

Les résultats ainsi obtenus confirment les études antérieures menées par Boidin (1996), Comlanvi (1994), Heggenhougen *et al.* (2003), Djafarou (2004), Hedible, Boko (2006) dans certaines villes du Bénin.

L'origine des pollutions peut être attribuée à diverses causes : « défaut d'assainissement et de collecte des ordures ménagères, transfert de polluants à partir des couches superficielles, conditions de puisage et structure des installations » (Comlanvi, 1994).

CHAPITRE V
TYPOLOGIE DES MALADIES LIEES A L'EAU DE BOISSON ET PARAMETRES CLIMATIQUES DANS LA COMMUNE D'ALLADA

Introduction

Les paramètres climatiques sont les plus déterminants de l'écologie humaine. Ainsi la dynamique saisonnière favorise la prolifération de certains vecteurs pathogènes responsables de maladies hydriques (Houssou 1998 et Babadjidé, 2009).

Vu l'intérêt que suscite l'écologie humaine, cette étude met en relief les rapports existant entre certains paramètres climatiques et la santé des populations en passant par l'identification des maladies liées à l'eau de boisson. Ceci vient du fait que les populations sont demeurées très sensibles puisqu'elles notaient déjà, mais de façon empirique, que le temps conditionne le paysage épidémiologique.

Ce chapitre met en exergue les relations entre la pluie et la température d'une part et, d'autre part, le choléra, les diarrhées (fébrile et avec déshydratation), la gastro-entérite et la shigellose de 1999 à 2016.

Présenter les différentes maladies liées à l'eau, permet d'insister sur le rôle essentiel de l'accès à une eau de bonne qualité et à l'assainissement dans la préservation de la vie, de la santé publique, et dans la lutte contre la pauvreté. Les maladies liées à l'eau de boisson identifiée dans le secteur d'étude se présentent comme suit :

5.1. Typologie des maladies liées à l'eau de boisson dans la Commune d'Allada

Dans le secteur d'étude il a été détecté cinq (05) types de pathologies liées à l'eau de boisson. Il s'agit du choléra, les diarrhées (fébrile et avec déshydratation), la gastro-entérite et la shigellose.

5.1.1. Choléra

C'est une infection bactérienne aiguë du tractus intestinal, qui cause de graves crises de diarrhée pouvant entraîner rapidement une forte déshydratation et la mort, en l'absence de traitement adapté (Bolduc, 1998).

Le choléra est une maladie due à l'ingestion ou au contact d'eau impropre. L'agent responsable est le *Vibrio cholerae*, de type cholerae, stérotypes Inaba ou Ogawa. Sa période de latence ou d'incubation est de 1 à 5 jours, en moyenne 2 à 3 jours (Gosselin et Fortin, 1989). Les signes qui se manifestent sont la diarrhée liquide abondante (eau de riz), vomissements, douleurs abdominales, déshydratation, soif et collapsus. Il est causé souvent par l'eau souillée par les fèces humaines, les vomissements et les eaux usées domestiques (Gosselin et Fortin, 1989). Les cas de choléra recensés dans la commune entre 1999 et 2016 se présentent dans la figure 24.

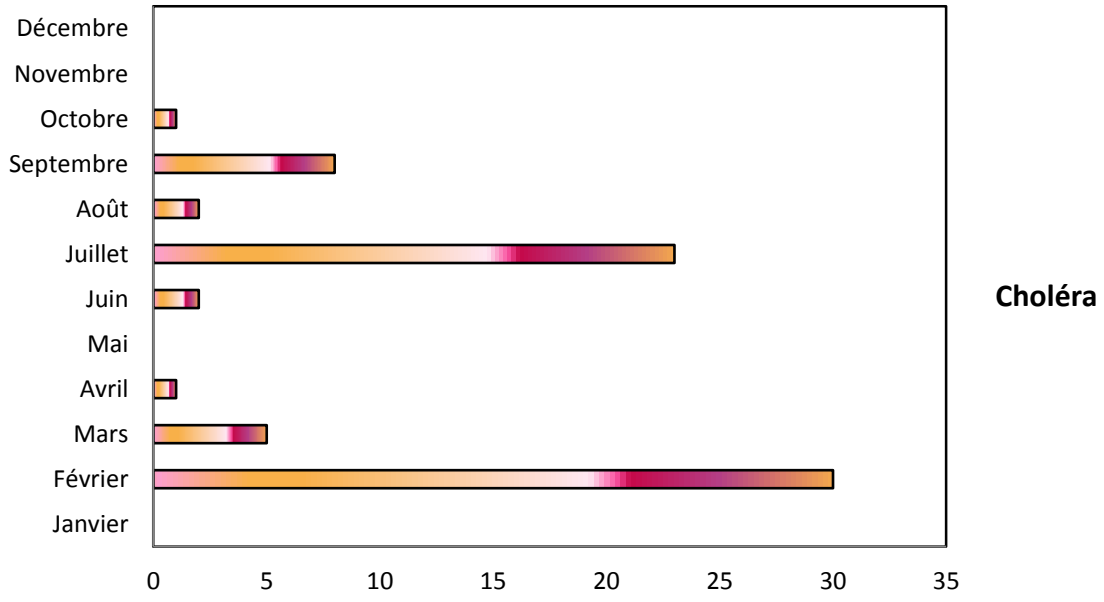


Figure 24 : Evolution des cas de choléra dans la Commune d'Allada entre 1999 et 2016
Source : DDS Atl/Lit complété par les travaux de terrain, mars 2017

D'après la figure 24, on remarque que le secteur d'étude connaît une faible fluctuation du choléra. Le pic est obtenu en février avec 30 cas contre le mois d'avril et d'octobre qui ont enregistré le plus faible taux soit 1 cas. Par ailleurs, les mois de janvier, mai, novembre et décembre n'ont connu d'aucun cas de

choléra sur la période considérée. Aussi on peut dire que le choléra apparaisse à n'importe quel moment de l'année. Qu'en est-il des diarrhées ?

5.1.2. Diarrhées (fébrile et avec déshydratation)

La maladie diarrhéique est une maladie due à un microbe (protozoaire, virus, bactérie) qui se propage par voie féco-orale, notamment lors de l'infestation d'eau douce ou d'aliments contaminés par les selles ou par les contacts directs avec les selles infectées (OMS, 1993). Dans la Commune d'Allada, plusieurs cas de patients affectés par les deux types de diarrhées (fébrile et avec déshydratation) sont reçus en consultation. Il faut reconnaître qu'ici, seuls ceux qui sont reçus en consultation, sont répertoriés. Dans les recherches, on n'a pas pu avoir des données qui relèvent des cas de décès ou encore des cas non admis en consultation. La figure 25 présente l'évolution des cas de diarrhées à Allada.

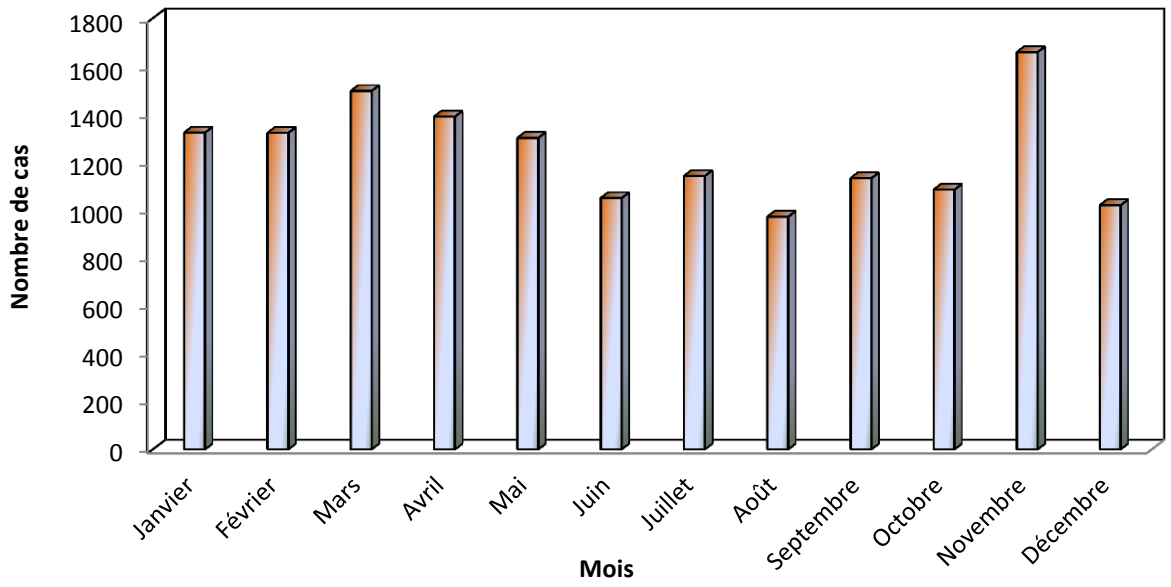


Figure 25 : Evolution des cas de diarrhées dans la Commune d'Allada entre 1999 et 2016
Source : DDS Atl/Lit complété par les travaux de terrain, mars 2017

De l'analyse de la figure 25, nous pouvons retenir que le nombre de cas de diarrhées dépasse 1000 pour chaque mois considéré. Le nombre le plus élevé est obtenu dans le mois de novembre avec 1658 cas. Ces cas de diarrhées sont dus pour la plupart à l'ingestion d'une eau impropre à la consommation. Hormis les cas des diarrhées, nous avons aussi répertorié des cas de shigelloses.

5.1.3. Shigellose

L'agent responsable de la shigellose est soit le *Shigella dysenteria*, *Shigella flexeneri*, *Shigella boydi* ou soit le *Shigella sonnei*. Sa période de latence ou d'incubation se situe entre 1 et 7 jours. Mais souvent, elle est de moins de 4 jours. Les signes et les syndromes qui se manifestent sont les douleurs abdominales, les diarrhées (selles pouvant contenir du sang, des pus et des mucus) la fièvre et les vomissements. Elle est causée par l'eau souillée de fèces et l'intoxication par les égouts domestiques (Gosselin et Fortin, 1989).

La figure 26 présente l'évolution de shigellose dans la commune.

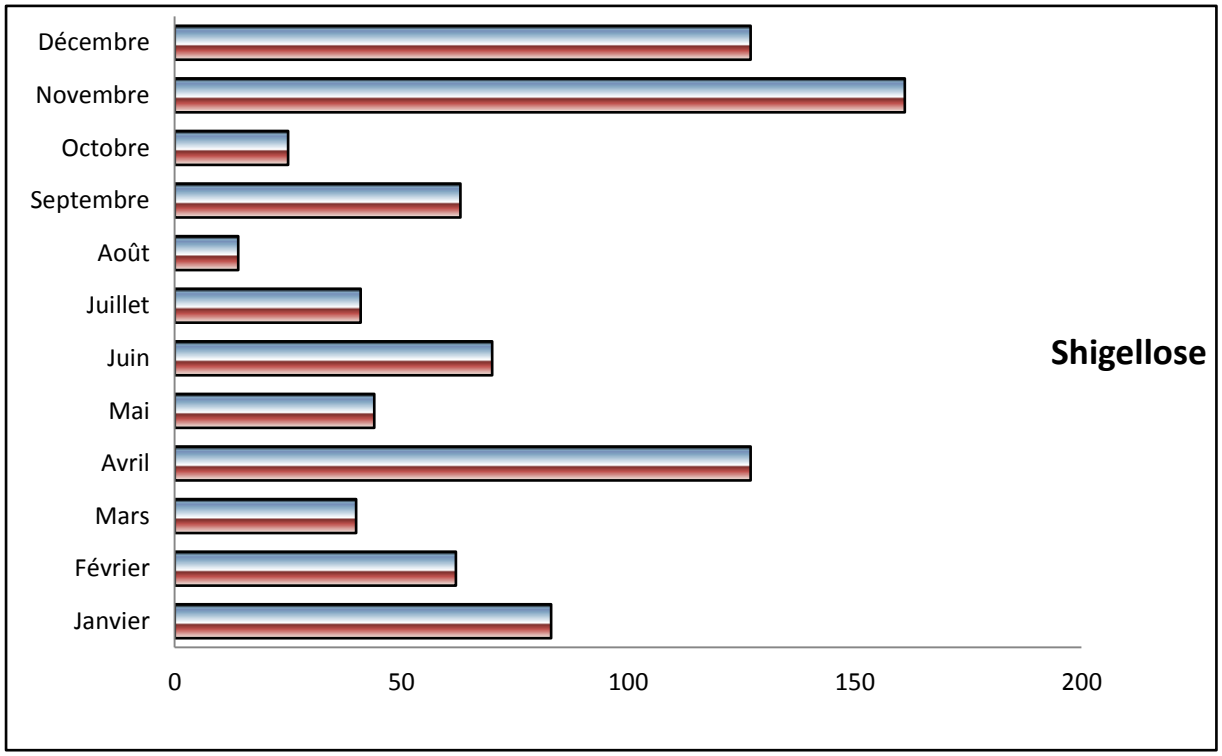


Figure 26 : Evolution des cas de shigellose dans la Commune d'Allada entre 1999 et 2016
Source : DDS Atl/Lit complété par les travaux de terrain, mars 2017

La figure 26, nous présente l'évolution des cas de shigellose dans le secteur d'étude. Etant donné que cette maladie est due aussi à une consommation de l'eau impropre à chaque mois des cas sont reçus en consultation. Le mois de novembre a reçu plus de patients avec plus de 150 cas. Cela montre aussi la dynamique des pathologies liées à l'eau de boisson dans le secteur d'étude. Enfin viennent les gastro-entérites.

5.1.4. Gastro-entérites

Il existe plusieurs types de gastro-entérites dont entre autres la gastro-entérite à *Campylobacter fetus* et la gastro-entérite à *Escherichia coli* pathogène.

Sa période de latence ou d'incubation est de 1 à 3 jours (Gosselin et Fortin, 1989). Les signes et les syndromes qui se manifestent sont respectivement les crampes abdominales, les diarrhées, le malaise, les céphalées, la myalgie, les fièvres, puis les douleurs abdominales, les selles liquides avec mucus et sang, la fièvre, les frissons, les douleurs musculaires, les liquides, les vomissements, les déshydratations et la prostration. Elle est causée dans les trois quart par l'eau souillée de fèces humaines et animales et des égouts domestiques (Gosselin, Fortin et 1989).

La figure 27 présente l'évolution des gastro-entérites observées dans la Commune d'Allada.

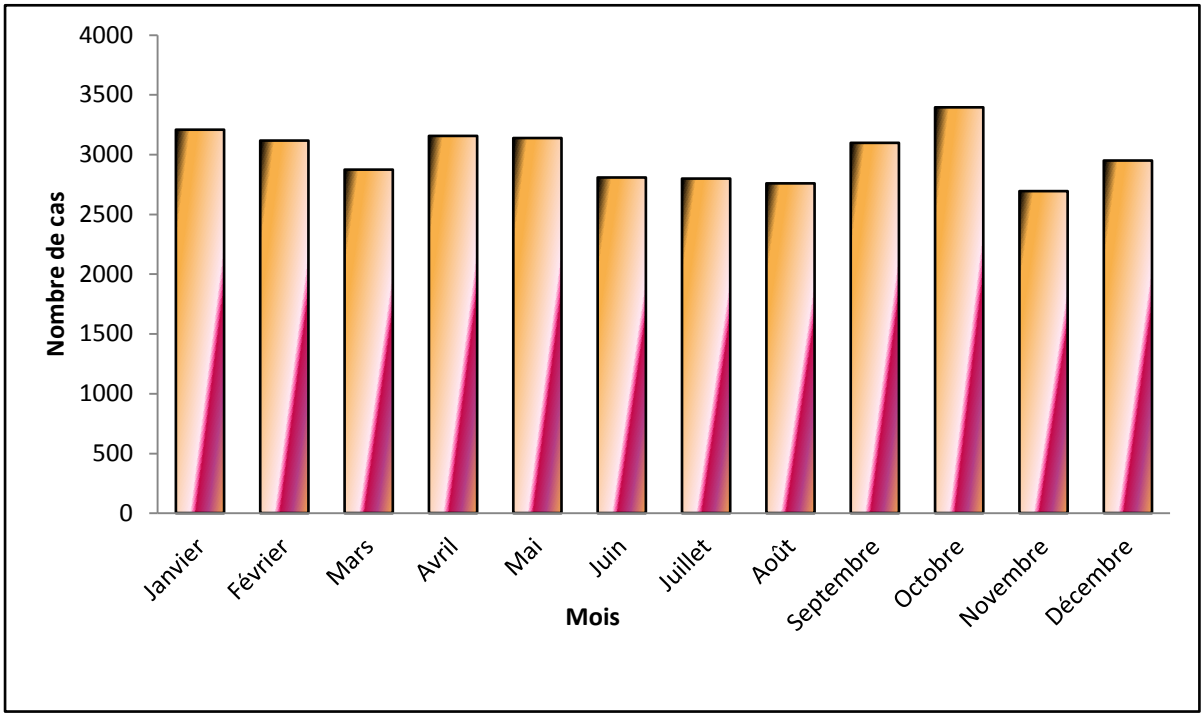


Figure 27: Evolution des cas de gastro-entérites dans la Commune d'Allada entre 1999 et 2016

Source : DDS Atl/Lit complété par les travaux de terrain, mars 2017

De l'analyse de la figure 27, on peut retenir que les gastro-entérites sont les pathologies d'origine hydrique liées à l'eau de boisson les plus enregistrées dans

le secteur d'étude. On constate qu'à chaque mois de l'année sur la période d'étude, on enregistre plus de 2500 cas, soit 150 cas environ par mois. Cela pouvait laisser croire que les gastro-entérites sont endémiques dans la commune. Une personne atteinte de gastro-entérite est généralement contagieuse en présence de symptômes et surtout au moment où ses symptômes sont les plus intenses. Elle peut demeurer contagieuse quelques semaines après la disparition des symptômes.

Certaines personnes ont plus de risques de présenter des complications. Ce sont :

- les enfants de moins de 2 ans;
- les personnes âgées de 65 ans et plus;
- les femmes enceintes;
- les personnes atteintes d'une maladie chronique comme le diabète.

Ainsi se présente les quatre (04) grands types de pathologies liées à l'eau de boisson dans la Commune d'Allada.

Par ailleurs, la revue de littérature montre que la pluie et la température, deux facteurs clés du climat, influencent la survenance de certaines pathologies liées à l'eau de boisson (Houssou, 1998).

5.2. Etude du rythme saisonnier entre paramètres climatiques et pathologies

La relation entre les paramètres climatiques et les pathologies est indispensable dans la connaissance des périodes d'occurrences des maladies hydriques. Ici deux paramètres climatiques importants sont pris en compte. Il s'agit de la pluie et la température. Ces deux paramètres sont utilisés simultanément car on ne saurait les séparer avant les tests statistiques car le modèle linéaire généralisé à effet mixte de la famille de poisson a montré, qu'il existe un fort lien ($P<0,05$) entre les deux paramètres.

5.2.1. Affections gastro-intestinales

Les résultats des modèles linéaires généralisés à effet mixte montrent que la pluviométrie et le mois déterminent le nombre de personnes affectées par les affections gastro- intestinales (tableau XXVI).

Tableau XXVI: Test sur les coefficients obtenus pour les affections gastro-intestinales

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (>|z|)
(Intercept)	5.814104801	1.133852107	5.1277453	2.932328e-07
Température	-0.035702397	0.044918015	-0.7948347	4.267097e-01
Pluviométrie	0.001804212	0.000584408	3.0872469	2.020197e-03

Source : Traitement de données, janvier 2017

Le coefficient obtenu pour la pluviométrie est de $6{,}16.10^{-3}$ indiquant que pour un accroissement d'une unité pluviométrique, le nombre d'affection attendue croit de exp(6,16e-O3)=1,01.

De même le changement de mois induit une diminution de nombre de personnes infectées. Le coefficient de détermination de ce modèle indique que, 51,27 % des variations sont expliquées par ce modèle (figure 26).

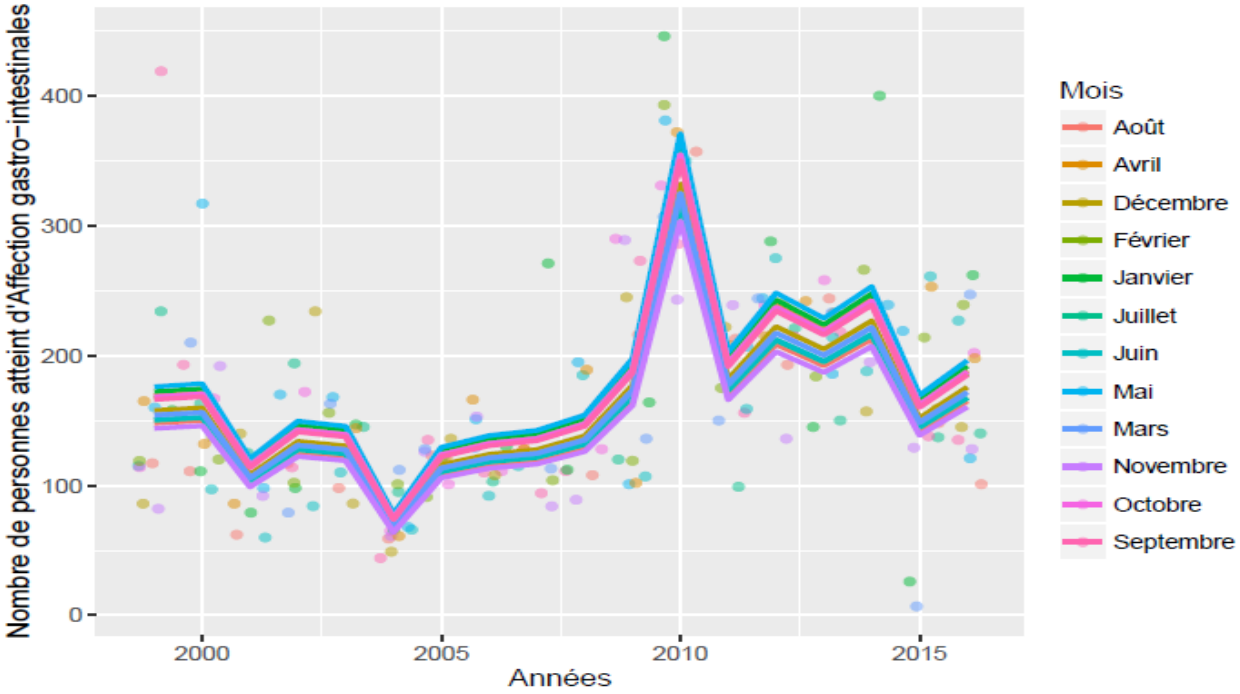


Figure 28: Nombre de personnes infectées d'affection gastro-intestinales entre 1999 et 2016

La courbe de tendance (figure 28) confirme la tendance révélée par l'analyse où indépendamment des années, pendant les mois de mai, on enregistre les plus grands nombres d'affection gastro-intestinales. Le taux le plus élevé est obtenu en mai 2010. Cette année est marquée par une grande inondation qui a affectée cinquante cinq (55) communes sur les soixante dix sept (77) que comptent le Bénin. Par ce biais, on peut confirmer comme le test l'a montré, l'existence d'une corrélation entre les gastro-entérites et la pluviométrie car, le mois de mai est une période de grande saison de pluie. La même étude est faite avec la shigellose.

5.2.2 Shigellose

Le mois détermine le nombre de personnes qui contractent la shigellose, (tableau XXVII) toute chose étant égale par ailleurs.

De même le changement d'un mois augmente le nombre de personnes affectées. Seul 28,93 % du nombre d'affection à la shigellose est prise en compte dans ce modèle.

Tableau XXVII: Test sur les coefficients obtenus pour les affections de shigellose

	Estimate	**Std. Error**	**z value**	**Pr (>|z|)**
(Intercept)	10.179253474	4.56558720	2.2295606	2.577663e-02
Température	-0.284215354	0.18060910	-1.5736491	1.155686e-01
Pluviométrie	-0.003758949	0.00211592	-1.7765086	7.564912e-02

Source : Traitement de données, janvier 2017

Le tableau XXVII ci dessous confirme cette tendance et indépendamment des années, le plus grand nombre de personnes affectées sont recensées pendant le mois de novembre qui est le début de la saison sèche. Cette pathologie ne dépend donc pas de la pluie encore moins de la température.

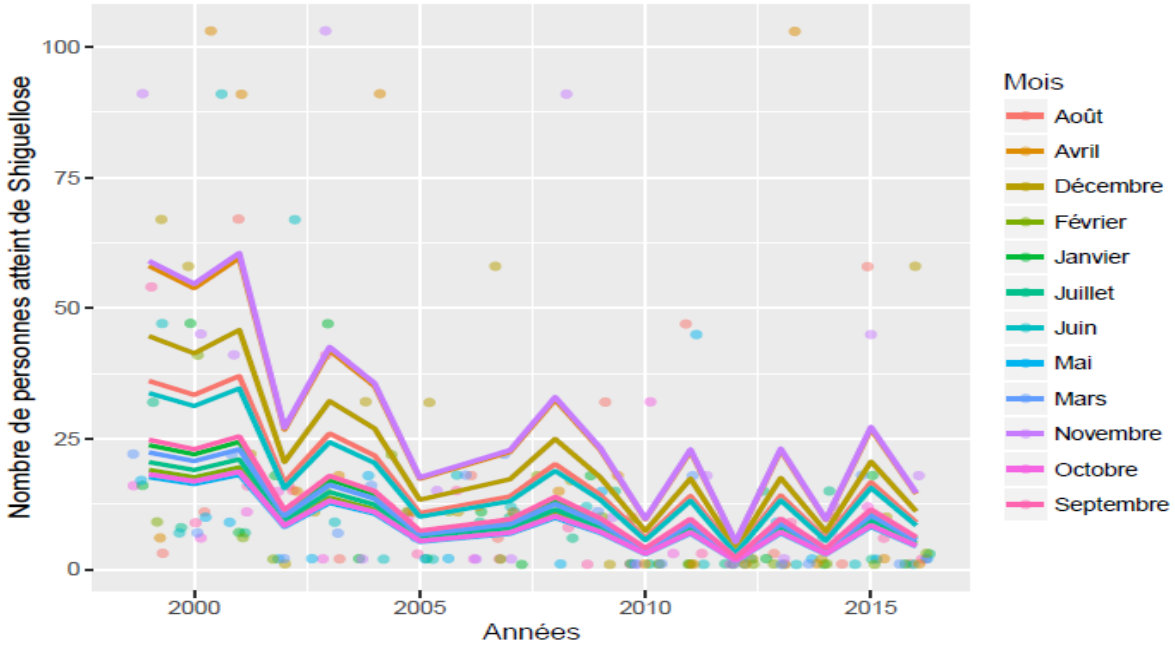


Figure 29: Courbe de tendance de personnes affectées de shiguellose entre 1999 et 2016

5.2.3 Choléra

Le mois détermine le nombre de personnes qui contractent le choléra (tableau XXVIII) toute chose étant égale par ailleurs. Seul 20,27 % des variations est pris en compte par ce modèle. En effet, les mois expliquent ou caractérisent aussi la survenance de certaines pathologies. D'où l'appellation des noms des mois en langue fongbé.

Pour ce modèle, l'analyse est faite à deux niveaux dont le second prend en compte les mois afin de voir l'effet aléatoire et fixe de l'étude.

Tableau XXVIII: Test sur les coefficients obtenus pour les affections de choléra

	Estimate	**Std. Error**	**z value**	**Pr (>|z|)**
(Intercept)	13.326357335	8.322894794	1.6011685	0.109339594
Température	-0.494044379	0.330126911	-1.4965286	0.134515949
Pluviométrie	0.005995497	0.004169296	1.4380120	0.150430638

Source : Traitement de données, janvier 2017

La figure 30 ci-dessous confirme cette tendance et on peut y noter qu'indépendamment des années de collectes, les plus grands nombres d'affections de choléra sont recensées au cours du mois de février. Ce mois étant un mois de la saison sèche, on peut conclure que le choléra n'est pas lié à la pluviométrie. Par ailleurs ce mois de février encore appelé en langue fongbé ''zofinkplɔsun'' ce qui veut dire littéralement ''le mois de ramassage de la cendre'' ce qui signifie donc qu'on a déjà brulé l'espace à cultiver donc des feux de brousse. La poussière de la cendre mélangée à celle emportée par le vent peut polluer les puits surtout non couverts, les impluviums, l'eau courante non couverte lors du transport et pire encore les eaux de surface. Cette maladie peut être expliquée enfin par le manque d'hygiène et d'assainissement.

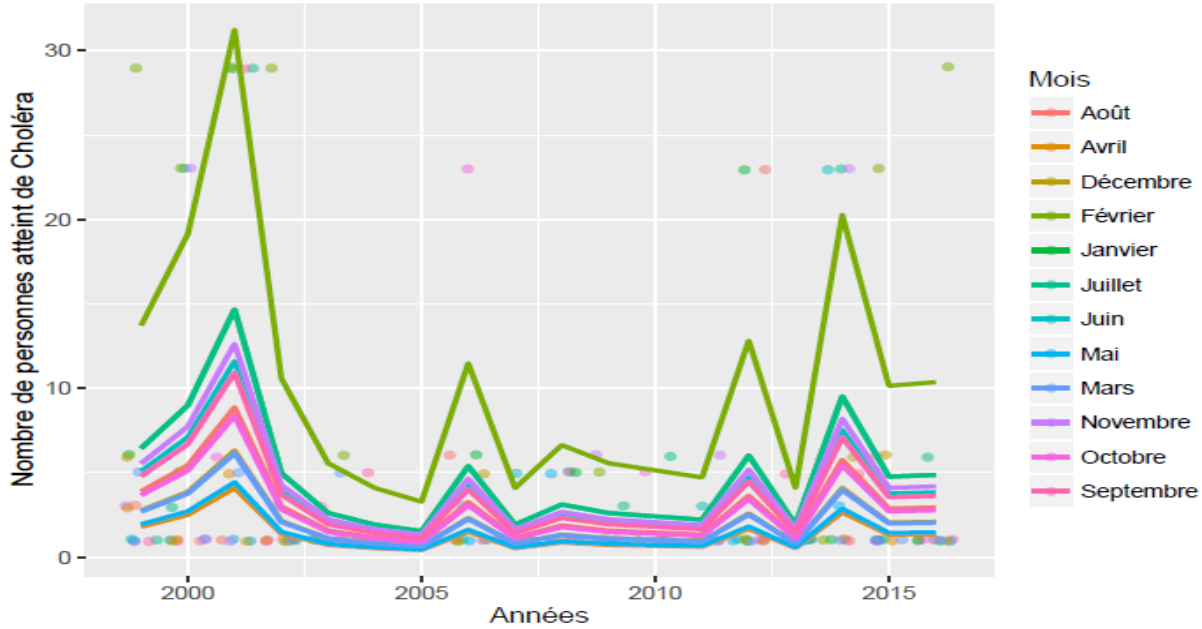


Figure 30 : Courbe de tendance de personnes affectées de choléra entre 1999 et 2016

D'après l'analyse de la figure 30, on remarque que le choléra est une maladie qui se développe plus en février, s'en suit le mois de janvier et novembre. Ce qui prouve très bien que le choléra survienne en saison sèche. Autrement dit, les effectifs de cas de choléra les plus élevés sont enregistrés pendant la saison sèche. Etant donné que les populations consomment aussi les eaux de surface, ces dernières sont souillées par les eaux de ruissellement qui transportent des

déchets (de fèces humaines). On peut donc dire que l'évolution des cas de choléra n'est donc pas forcément fonction de la pluie.

Au cœur de la saison des pluies, les populations préfèrent les eaux de pluie moins concentrées en déchets. La pluviométrie participe seulement à la mise en place des conditions de développement des germes pathogènes des maladies du choléra par les différents déchets apportés par les eaux de ruissèlement. Ces résultats sont conformes à ceux de Babadjidé (2009).

5.2.4 Diarrhée fébrile

Le test sur les coefficients (tableau XXIX) montre que ni les paramètres climatiques ni même les mois n'ont d'effets sur le nombre de personnes affectées de diarrhées fébriles.

Tableau XXIX: Test sur les coefficients obtenus pour les diarrhées fébriles

	Estimate	**Std. Error**	**z value**	**Pr (>|z|)**
(Intercept)	8.310010595	178.8421	4.646564e-02	0.9629391
Température	-0.197128807	125.0352	-1.576586e-03	0.9987421
Pluviométrie	0.003279569	111.6533	2.937279e-05	0.9999766

Source : Traitement de données, janvier 2017

Le tableau XXIX montre que les résultats sont statistiquement non significatifs. La figure 31 ci-dessous confirme cette tendance.

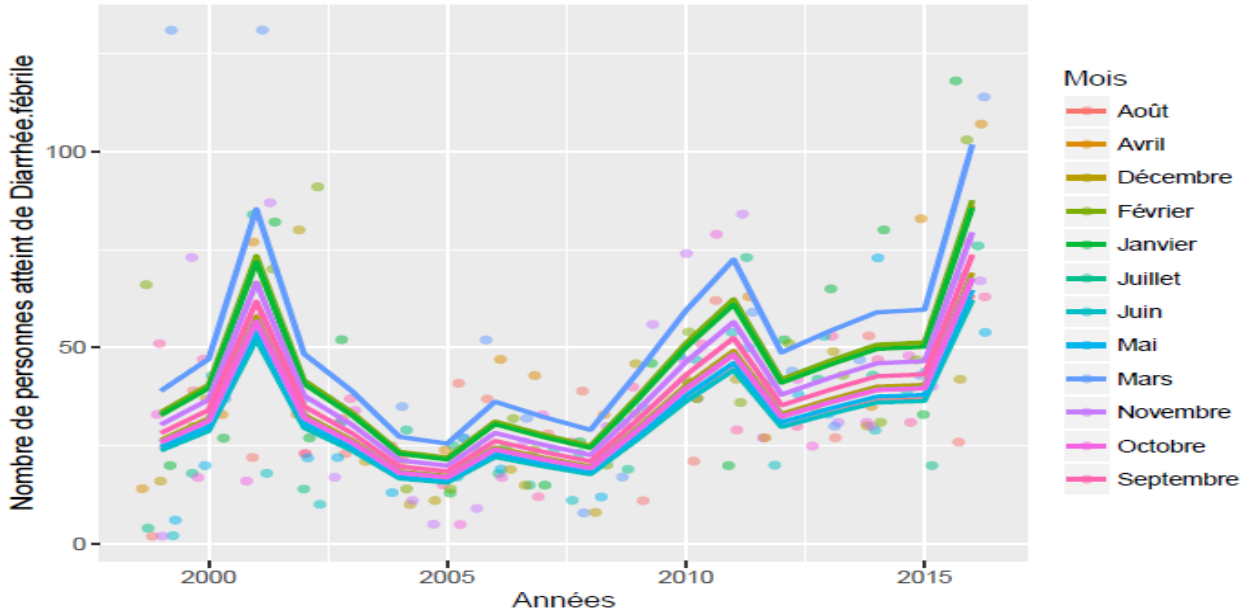


Figure 31: Courbe de tendance de personnes affectées de diarrhées fébriles entre 1999 et 2016

De l'analyse de la figure 31, on remarque que la prévalence pour cette affection est élevée dans le mois de mars (fin de la saison sèche et début de la saison pluvieuse) notamment en 2001 et 2016 suivie du mois de janvier où les agriculteurs choisissent les terres qu'ils mettront en culture ; les brousses (zun en langue fongbé) commencent à être défrichées. C'est la période où souffle l'harmattan (appelé wo en fongbé). Cette période humide et fraiche mais sans pluie serait à l'origine des cas de diarrhées fébriles.

5.2.5 Diarrhées avec déshydratation

La pluviométrie et les mois déterminent les affections de diarrhées avec déshydratation (tableau XXX). Lorsque la pluviométrie augmente d'une unité le nombre de personnes qui sont atteint de diarrhée avec déshydratation augmente de 1,005 toute chose étant égale par ailleurs.

Tableau XXX: Test sur les coefficients obtenus pour les diarrhées avec déshydratation

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (>|z|)
(Intercept)	2.275231737	2.438104005	0.93319716	3.507182e-01
Température	0.013017247	0.096713511	0.13459595	8.929313e-01
Pluviométrie	0.005604985	0.001333017	4.20473489	2.613884e-05

Source : Traitement de données, janvier 2017

La figure 32 ci dessous confirme cette tendance et révèle qu'indépendamment des années, les plus grandes contaminations sont observées au mois de mars.

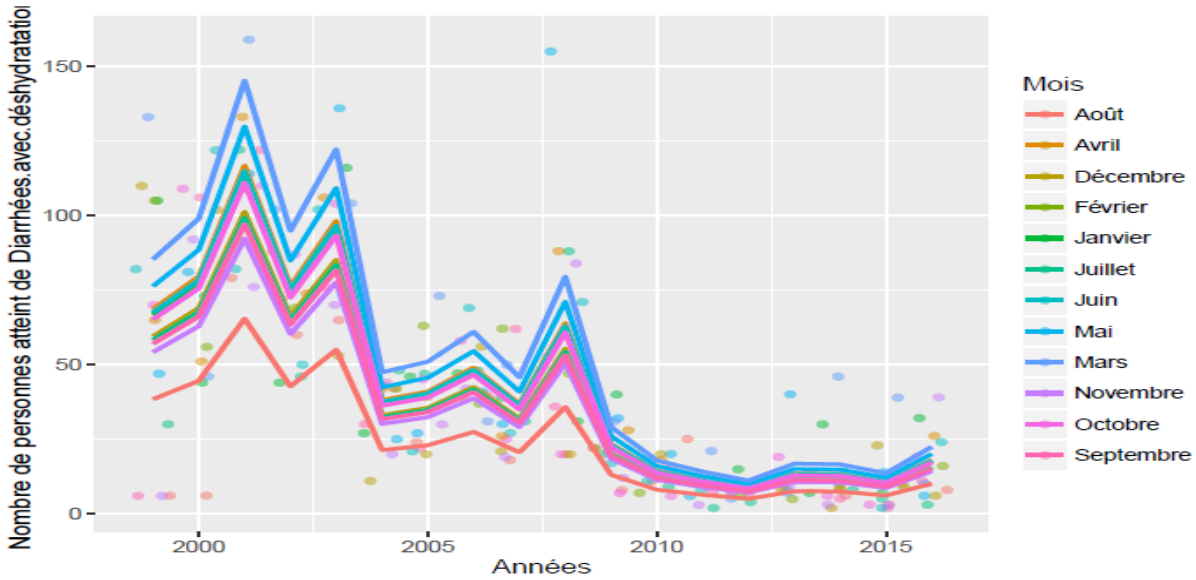


Figure 32: Courbe de tendance de personnes affectées de diarrhée avec déshydratation entre 1999 et 2016

L'analyse de la figure 32 montre que le nombre de cas de diarrhée avec déshydratation est plus élevé en mars, le mois qui marque la fin de la saison sèche et le début de celle pluvieuse. Ainsi, avec le démarrage des pluies, on constate une augmentation progressive des cas de diarrhée qui atteignent leurs minima en août. La maladie diarrhéique avec déshydratation se concentrant au cœur de la saison des pluies, elles sont plus développées pendant la saison pluvieuse où les eaux sont concentrées en déchets à cause des eaux de ruissèlement.

De l'analyse des courbes de l'évolution des maladies et paramètres climatiques, il ressort clairement que le nombre de cas de maladies augmente ou diminue selon la maladie considérée d'une part et, le mois d'autre part.

Ces affections se développent beaucoup plus en saison pluvieuse, qui de part sa fraîcheur favorisent le développement des maladies diarrhéiques.

Selon l'AFEP 1998, ces parasites sévissent particulièrement dans les régions chaudes et humides du fait que leur développement larvaire dans le sol s'opère entre 20 et 30°C.

Les conditions optimales de développement des germes se réalisent pendant la période de forte chaleur et/ ou de forte humidité (Houssou, 1998).

Pour Azonhe (2009), les populations n'ont pas accès à l'eau potable ou à l'adduction d'eau, utilisent les eaux des puits dont la baisse de niveau accentue la concentration microbienne et bactérienne d'une part, et d'autre part, ont recours aux eaux accumulées dans les trous d'eau, après le retrait des eaux du fleuve.

5.3. Les recours thérapeutiques

L'automédication est le principal recours des ménages (51 %). Les recours thérapeutiques sont variables selon les individus. Les principaux choix thérapeutiques rencontrés dans le milieu sont présentés dans la figure 33.

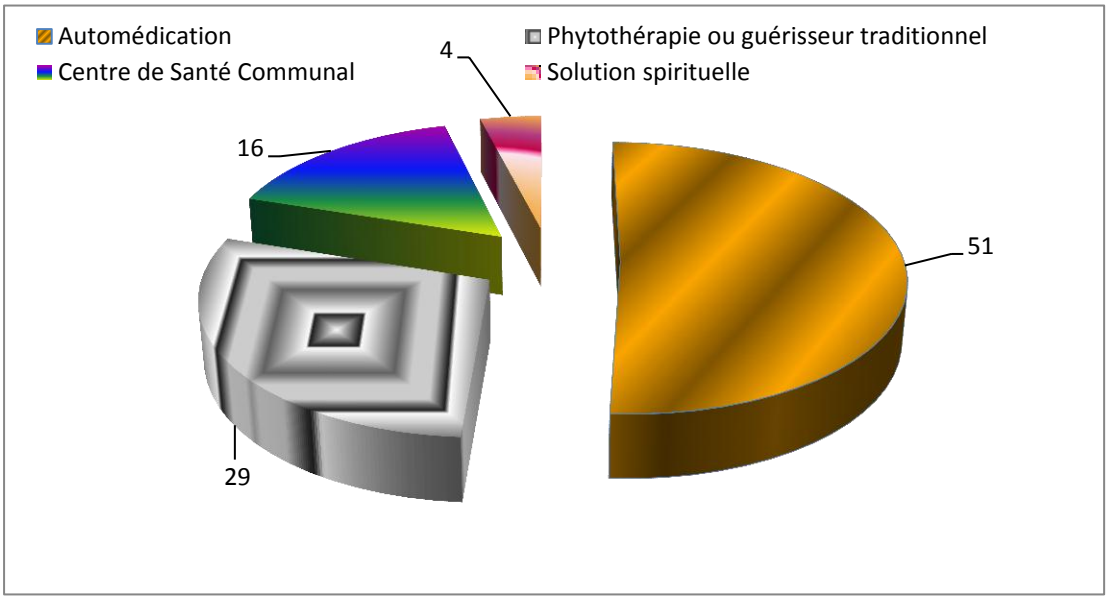


Figure 33: Premier recours thérapeutique dans les ménages de la Commune d'Allada
Source : Traitement de données de terrain, janvier 2017

Le médecin du centre de santé d'arrondissement d'Allada centre observe que « Le premier recours de nos patients est l'automédication. Les populations font régulièrement recours à cette mauvaise pratique. Quels que soient les symptômes, le premier réflexe est de se diriger vers la vendeuse de médicaments

d'à côté pour se procurer des comprimés de paracétamol et de chloroquine et de suivre la posologie déclarée efficace par le voisin, la vendeuse ou le parent. L'objectif n'est pas d'identifier et de traiter la cause de la maladie, mais de réduire la fièvre, de faire partir le symptôme. Si le symptôme est persistant, on adjoint à l'automédication moderne les tisanes.

En effet, l'automédication constitue le premier des recours des ménages dans la zone d'étude avec un taux de 51 %. Le médecin du Centre de Santé de Lissègazoun, reconnaît que « Sur 10 consultations, 09 pratiquent l'automédication avant d'arriver au CSA. Ce qui motive les populations à se diriger vers les centres de santé est le signe de gravité apparent que présente le malade. Il s'agit généralement de crises convulsives ou de faiblesse générale du malade ou des enfants. Ce sont les mères qui décident du recours et prennent en charge les dépenses sanitaires de leurs enfants. Elles n'attendent pas forcément l'homme pour éviter d'être traitée par les coépouses de paresseuses. Ça fait que les femmes s'informent beaucoup sur les tisanes et disposent parfois à domicile, de quelques comprimés afin de ne pas se laisser surprendre ». Cependant, le recours à l'automédication n'est pas corrélé à la seule situation conjugale.

Ouendo (2004) affirme encore que : « deux phénomènes pourraient expliquer l'utilisation de l'automédication moderne ou traditionnelle comme premier recours au Bénin : d'une part les habitudes de recettes traditionnelles et la prolifération des vendeurs et prescripteurs ambulants de médicaments modernes dans toutes les contrées du Bénin ». Enfin, il y a aussi la proximité du Nigeria qui inonde le marché béninois de médicaments frauduleux très souvent moins chers (Boidin, 1996). En ce qui concerne les « piqueurs sauvages », appellation qui leur est attribuée par certains infirmiers rencontrés dans la zone d'étude, ce sont des aides-soignants ou des praticiens qui interviennent dans les villages pour soigner les populations sans aucune autorisation officielle. Boidin (1996) explique que ces « petits prestataires biomédicaux offrent des services peu éloignés de la demande et adaptés en partie aux besoins élémentaires des

populations urbaines ». Le médecin-chef du CSA de Hinvi affirme « en ce qui concerne les recours, je voudrais ajouter quelque chose de très important. Il s'agit des piqueurs sauvages qui font malheur dans le milieu. Il s'agit d'anciens aides-soignants qui se sont installés dans les localités où ils font des soins itinérants. Là où le CSA pratique une circoncision à 2000 ou 3000 FCFA, ils le font à 1000 FCFA dans les conditions que vous savez. Connaissant un peu les symptômes des affections et le comportement thérapeutique en milieu hospitalier, ils s'érigent en médecins dans les localités procédant à des consultations de tous ordres. Certains vont jusqu'à créer des analyses pour justifier leur prestations et leurs soins. Nous avons dénoncé cela, mais il nous a été répondu « vous n'êtes pas du milieu ». On s'est tu. C'est la mort itinérante ».

L'itinéraire le plus rencontré est cependant constitué de deux recours qui sont respectivement l'automédication puis le centre de santé. Cet itinéraire est suivi par 57,5 % des ménages. Le deuxième itinéraire est constitué de la phytothérapie ou guérisseur traditionnel puis du centre de santé (42,5 %).

Cependant, il convient de faire remarquer que les associations ne sont pas définitives et systématiques pour tous les individus. En effet, les principales raisons qui motivent les choix du type de recours sont nombreuses et peuvent être regroupées en quelques catégories comme présentées dans la figure 34.

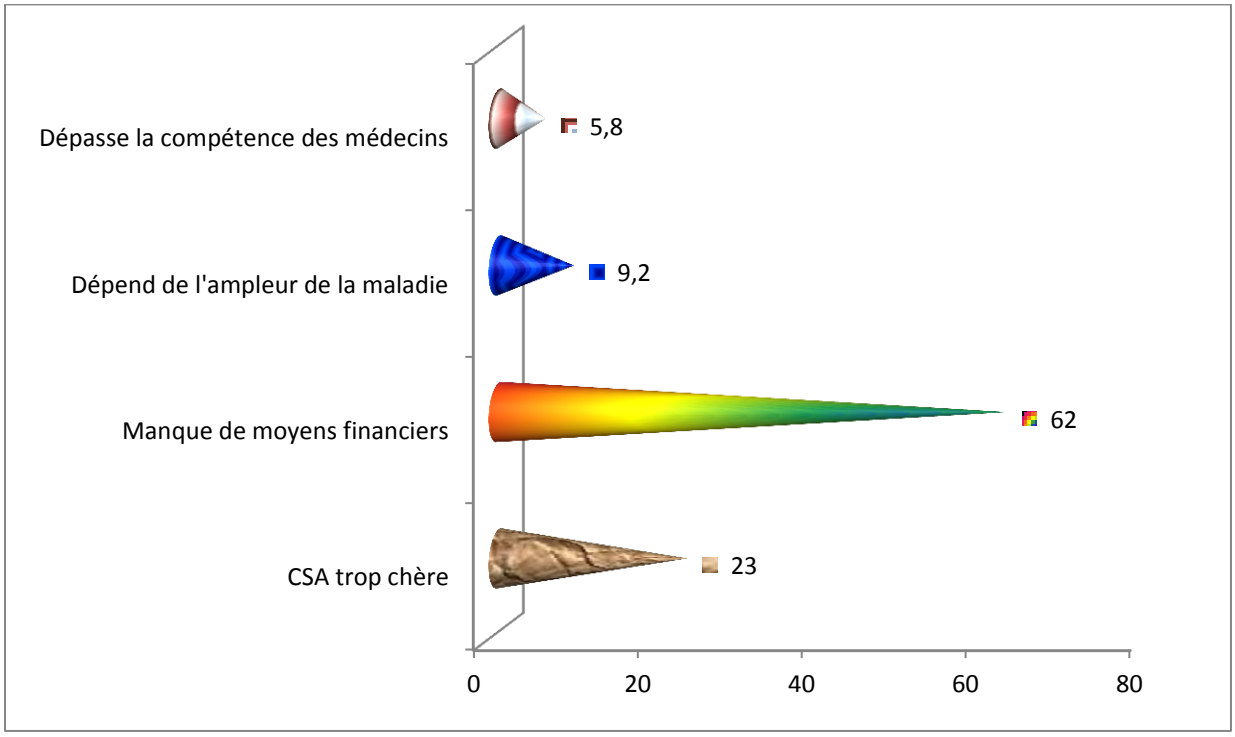


Figure 34: Raisons justifiant les recours thérapeutiques dans la Commune d'Allada
Source : Traitement de données de terrain, janvier 2017

De cette figure 34, il ressort que le refus d'adopter les CSA en premier recours se justifie chez les ménages par leur cherté (23 %). Les déclarations des ménages sur le manque de revenus financiers (62 %) comme motif principal justifiant le refus du CSA en premier recours sont en adéquation avec la cherté des prestations des CSA. Il faut observer là une certaine volonté d'utilisation des centres de santé modernes en premier recours. Mais les moyens financiers font défaut. Boidin (1996) montre qu' « Au Bénin comme dans beaucoup d'autres pays africains, il existe une multitude de pratiques médicales ; les analyses anthropologiques ont largement contribué à la question des choix thérapeutiques qui permettent d'envisager le patient comme un individu placé « dans un contexte de pluralisme médical » et de tenter d'appréhender la logique de ses décisions face aux alternatives qui se présentent à lui. Le niveau socio-économique influe sur le choix des itinéraires thérapeutiques qui se font en fonction de la disponibilité de moyens financiers en cas d'attaque par les maladies transmissibles ».

En effet, les cellules familiales ne sont pas égales face aux soins et ont des capacités différentes à consulter les structures sanitaires. Comme l'ont signalé Heggenhougen *et al.* (2003) la propension à consulter un centre de santé est inversement corrélée au statut social, et varie, entre autres, selon les disponibilités en numéraire et la morphologie de la cellule familiale.

Une étude menée par Fourn (2001) et citée par Ouendo (2004) sur l'utilisation des services de santé par les mères des enfants fébriles dans le sud du Bénin avait permis de constater que l'efficacité des soins offerts dans les dispensaires n'était pas mis en cause, mais que le coût était considéré beaucoup trop élevé surtout pour le traitement d'un épisode de fièvre. Les mères des enfants avaient en première intention recours dans 88 % des cas à l'automédication moderne ou traditionnelle. Relativement à ce coût, Blundo et de Sardan (2001) cités par Ouendo (2004) attribuent ce coût prohibitif à la corruption qui s'est installée dans le système de santé au Bénin comme dans la plupart des pays de la sous-région ouest-africaine.

Conclusion partielle

Au terme de ce chapitre, on peut retenir que la pluviométrie et de la température sont impliquées dans l'apparition des affections hydriques dans la Commune d'Allada au Bénin.

Par leur action directe ou indirecte, les affections hydriques fragilisent l'organisme humain et le rendent vulnérable aux attaques des agents pathogènes en réduisant ses capacités de défense immunitaire. Elles favorisent également la prolifération des germes et vecteurs pathogènes et accroissent leur virulence. Ce faisant, elles sont indirectement responsables de plusieurs affections. C'est donc de cette double action de la pluviométrie et la température que découle le caractère saisonnier des affections étudiées.

Certaines affections sont dépendantes de la pluie et du mois (diarrhée avec déshydratation et les gastro-entérites), d'autres pathologies telles que le choléra et la shigellose sont liées au mois et enfin la diarrhée fébrile n'est ni fonction des

paramètres climatiques, ni de mois. Par ailleurs, face à ces différentes maladies, les populations adoptent plusieurs recours pour y faire face. On note le recours à l'automédication, les centres de santé, la phytothérapie et autres car les populations estiment qu'ils n'ont pas un revenu stable ou soit ce dernier est faible. Outre le revenu qui est une conséquence indirecte de la relation environnement et santé, on peut distinguer aussi les comportements des ménages.

Conclusion

La présente recherche, consacrée à la qualité de l'eau a permis de mettre en exergue quelques connaissances liées à la disponibilité et à l'usage de l'eau et de s'imprégner des problèmes liés à la consommation de cette eau. En effet, les sources atmosphériques, superficielles et souterraines constituent celles utilisées par la population dans leur approvisionnement. Ces eaux sont à usage domestique, économique et culturel.

En matière de disponibilité, il ne se pose aucun problème majeur hormis la disparité des ouvrages mais les problèmes liés à l'approvisionnement en eau de boisson se posent dans le secteur de l'étude. Ils se traduisent par la non observation des règles d'hygiène même les plus élémentaires lors du transport, du stockage et même de consommation d'une part et par la disposition ou la situation de ces sources par rapport aux lieux de défécation ou des dépotoirs et la distance minimale souvent grande parcourue pour accéder à ces sources d'autre part. Autrement dit, le problème de l'adéquation ressources et besoin en eau ne se pose pas en termes de déficit mais en termes de la protection et de la maîtrise des ressources existantes et de l'observation des règles élémentaires d'hygiène lors du transport, du stockage et d'usage de l'eau. Ceci est dû aux diverses stratégies ou techniques mises en place par la population pour faire de l'eau une ressource disponible à Allada.

Ces diverses stratégies sont, la réalisation et la multiplication des ouvrages hydrauliques tels que les puits modernes, traditionnels, les impluviums et les postes d'eau autonome par les privés. Les règles d'hygiène non respectées par la population du secteur d'étude font que les risques sanitaires sont énormes et s'expriment en termes de maladies hydro-fécales et d'affections infectieuses. Par ailleurs certains risques liés aux éléments traces métalliques sont identifiés et d'autres sont à suivre.

L'approvisionnement en eau potable demeure un problème lié :

- à la nature des points d'eau utilisés. La plupart des ménages de la commune continuent de consommer des eaux de surface et de puits transportées et stockées ;
- aux comportements humains au cours des opérations de collecte, de transport et de stockage constituant des facteurs de pollution de cette eau ;
- à la pollution de l'environnement par les activités anthropiques.

L'eau (de surface, des forages, des puits) est d'une importance capitale dans la vie des différentes populations de la Commune d'Allada au Bénin. Elle sert dans le foyer comme eau de boisson, pour le bain, la lessive, l'agriculture, la pisciculture et aussi source de relation avec les divinités. Sa disponibilité et sa bonne qualité sont nécessaires. Elle est source de vie. Mais sa qualité, à l'œil nu, n'est pas souvent perceptible. Malheureusement, les populations se basent sur la couleur des eaux pour la consommer. Or, il faut nécessairement faire des analyses physico-chimiques et bactériologiques afin d'apprécier sa qualité.

Les différentes analyses des eaux au laboratoire de Contrôle de la Qualité des Eaux et des Aliments du Ministère de la Santé, montrent que toutes les eaux prélevées contiennent des coliformes totaux, fécaux et streptocoques. Toutes les eaux de consommation incluses dans l'étude sont impropres à la consommation humaine sur le plan bactériologique. Plusieurs paramètres physico-chimiques sont aussi hors norme. En l'occurrence les eaux de surface utilisées comme eau de boisson dans la commune ont un quotient de danger supérieur à 1 pour le plomb, cadmium et par ailleurs le fer.

L'état des eaux de consommation explique la prévalence des maladies liées à l'eau telles que les diarrhées, la gastro-entérite, le choléra et shigellose.

La présence de ces germes montre l'existence d'autres germes très nocifs à la santé tels que les bactéries (Salmonelle, Shigelles, agent de fièvres typhoïdes et de dysenteries bacillaires) ou des virus (virus de l'hépatite A).

La présente étude montre que les populations par leurs pratiques contribuent à la pollution de l'eau entre la source et la maison. Parmi ces pratiques, on peut citer entre autres :

- les méthodes de transport (usage de récipients non lavés ou laissés ouverts, utilisation de stabilisateurs de surface par les branchages et les sachets, 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).

Ainsi, l'eau que les populations de la Commune d'Allada consomment, est source de nombreuses maladies. Elles doivent prendre des précautions avant de la consommer. Une eau en apparence limpide et pure peut cacher des micro-organismes ou des polluants, la prudence reste de mise.

Les résultats montrent que le rythme saisonnier influence l'existence de certaines maladies liées à l'eau de boisson et pas d'autres. Dans ce milieu, les maladies liées à l'eau de boisson rencontrées sont : la diarrhée (fébrile et avec la déshydratation), la shigellose, le choléra et la gastro-entérite.

La présente étude a montré l'implication de la pluviométrie ou de la température dans l'apparition des affections hydriques dans le secteur d'étude.

La saison favorise également la multiplication des germes et vecteurs pathogènes et accroît leur virulence. Toutefois, elle est indirectement responsable de plusieurs affections.

Les différentes affections qui fragilisent l'état de santé des populations sont liées à la dynamique des conditions météorologiques locales (température, pluie, etc.). Toutefois l'étude est en accord avec les résultats de Besancenot (2001), qui stipulent que le climat n'est pas pour autant directement responsable de ces affections mais il génère la virulence et la dissémination des agents vecteurs de ces affections.

Par son action directe, il fragilise l'organisme humain et le rend vulnérable aux attaques des agents pathogènes en réduisant ses capacités de défense immunitaire. Il favorise également la prolifération des germes et vecteurs pathogènes et accroît leur virulence. Ce faisant, il est indirectement responsable de plusieurs affections. C'est donc de cette double action du climat que découle le caractère saisonnier des affections étudiées. On peut retenir que les maladies diarrhéiques s'établissent pendant la saison sèche et au début de la saison des pluies et que le paludisme quant à lui caractérise la saison pluvieuse (Houssou, Vissin, Perard, 2006).

L'incidence de la maladie est alors influencée par la dynamique de la population des vecteurs ou des réservoirs de leurs germes (Dikenou, 2002 ; Viboud, 2005).

Le climat est un facteur important qui intervient dans l'émergence des maladies dans le milieu. Or, toute dynamique climatique aurait des conséquences néfastes ou bénéfiques sur la santé (Dumas, Atunes, 2003).

Pour éviter que l'eau de boisson devienne pour les populations ‘'une crise humanitaire silencieuse qui, chaque jour, entraîne la mort de milliers de personnes" (ONU, 2005), les suggestions suivantes sont faites pour réduire les risques d'infections dues à l'eau. Il s'agit de :

- sensibiliser les populations de la Commune d'Allada sur les conséquences de la consommation d'une eau polluée sur la santé ;
- porter à leur connaissance les qualités des eaux qu'elles boivent ;
- doter chaque localité de point d'eau potable en respectant la norme d'un point d'eau pour 250 habitants ;
- responsabiliser les collectivités locales sur les services de fourniture d'eau, d'assainissement et d'éducation à l'hygiène des populations sous tutelle ;
- assainir les abords des sources d'eau.

Au terme de cette étude, nous retenons qu'il reste plusieurs inconnus qui limitent notre compréhension de l'influence de la pollution hydrique sur la santé

humaine. Il s'agit des coûts financiers et des désagréments causés par les maladies hydriques d'une part, et de l'interprétation sociale des populations dans la survenance des maladies hydriques d'autre part.

Pour ces deux axes, nous proposons dans nos prochaines études, de mener des actions afin de comprendre en quoi les maladies hydriques appauvrissent les populations.

Bibliographie

Abbe K.D. (2004) : Evaluation des conséquences du rejet des déchets phosphates dans la mer : étude de la bioaccumulation de quelques éléments chimiques toxiques par les espèces animales marines : cas du cadmium et du plomb, Mémoire GEE, ESTBA, Université de Lomé, Togo, p. 6 ; 21 ; 25 ; 29-30.

Accrombessy I. (1988) : Les inondations et leurs conséquences sur l'aménagement de l'espace périurbain de Vossa à Cotonou sud Bénin. Mémoire de diplôme post universitaire en planification régionale et aménagement du territoire. 163p.

Adam S. et Boko M. (1993) : Le Bénin, Editions du Flamboyant, Cotonou, 93 p.

ADEME/SYPREA/FP2E/INERIS (2007) : Méthodologie d'évaluation quantitative des risques sanitaires relatifs aux substances chimiques,

Adomou A., (2008) : Décentralisation et gouvernance de l'eau potable en milieu rural au Bénin : Cas de la commune de Toffo, département de l'Atlantique, Diplôme d'Etude supérieure spécialisée, IUB. Bénin, 80 P

AEE (1999) : L'environnement dans l'Union européenne à l'aube du XXIème siècle. Environmental issue report, N° 02.

AFEP (1998) : Parasitose, mycologie. 6è éd., format utile, France, 480 p.

Agama K. (1999) : Cours de microbiologie. Troisième année, Ecole Supérieure des Techniques Biologiques et Alimentaires, Université de Lomé. 125p.

Agbossou E. (2001) : Impacts sanitaires de l'exploitation agricole des sols inondables sur l'environnement humain des zones humides du sud-Bénin : cas des entités territoriales de Lokossa et d'Athiémé au Bénin, communication, 23 p.

Ahokpossi R. G. C. (2006) : Environnement et Profil Epidémiologique des enfants dans la Commune de COME, Mémoire de master : FLASH/UAC. 78p

Ahoussinou A. S. (2003) : Pollution de la nappe phréatique et comportements des populations à Cotonou. Mémoire de Master professionnelle. DGAT/FLASH/UAC. 92p.

Aissi, M.J. (1992) : Impacts des déchets domestiques sur la qualité de la nappe phréatique à Cotonou. Mémoire de fin d'études, Aménagement et Protection de l'Environnement, Université Nationale du Bénin, 69 p. + annexes.

Ait melloul A., Amahmid O., Hassani L., Bouhoum K. (2002): Health effect of human wastes use in agriculture in El Azzouzia (the wastewater spreading area of Marrakech city, Morocco). International Journal of Environmental Health Research. 12 (2002) 17– 23.

Amoussou V.F. (2010): Approvisionnement en eau potable et problème sanitaire dans l'arrondissement de Hèkanmè FLASH, UAC, Mémoire de Maîtrise 97p.

Anato L. (1983) : Approvisionnement en eau potable et assainissement de l'eau de boisson dans la sous préfecture de Comé en République du Bénin, mémoire de master à IRSP, Cotonou, 86p.

Anna Léa (2010) : Etude sur les écosystèmes de gestion d'adduction d'eau villageoise (AEV) en milieu rural au Bénin, Cranfield University, 52 P.

ANOFEL (2014) : Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie, Dermatophytoses ou Dermatophyties, 12p ;

APHA-AWWA-WPCF (1994) : « Standard methods for the examination of water and wastewater ». American Public Health Association, 15th edn.200p.

Araye D. R. (2007) : Mobilisation et gestion des eaux de ruissellement dans les arrondissements urbains de Dassa 1 et Dassa 2, mémoire de maîtrise au DGAT/FLASH/UAC, 94p.

Archibald P. (2000) : Règlement sur la qualité de l'eau potable. Pressgen, Madagascar, 98p.

Assani A. (1995) : Qualité et mode de gestion de l'eau de boisson dans la sous-préfecture de Grand-Popo. Mémoire de maîtrise en santé publique, IRSP, 129p.

Assessment Working Group (1996): A conceptual framework to assess the risks of human disease following exposure to pathogens. Risk Analysis 16(6), 841-848.

Assouma I. D. & Oussou L. A. (2001) : Contribution à l'étude des déterminants de la pollution de l'eau à l'usage domestique dans la sous-préfecture de Kpomassè. Mémoire de Master Professionnelle de Géographie, FLASH/UAC, 67p.

ASTEE (2003) : Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement (ASTEE.). Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une UIOM, 60p.

ASTEE (2006) : Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement (ASTEE.). Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation, 65p.

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 Sci ; 4 : 327-337.

Azeez JO, Adekunle IO, Atiku OO, Akande KB, Jamiu-azeez SO. (2009) : Effect of nine years of animal waste deposition on profile distribution of heavy metals in Abeokuta, south-western Nigeria and its implication for environmental quality. Waste. Manag., 29(9): 2582-6.

Azonhè 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.

Azonhe T., N'Bessa B., Agbossou E., (2009) : Amélioration de l'accès à l'eau potable et morbidité diarrhéique des populations du secteur agricole dans la

dépression des Tchi au sud du Bénin. Climat et Développement N°8, LACEEDE, pp. 36 -47.

Azzaoui S. (1999) : Les métaux lourds dans le basin versant du Sebou: Géochimie, sources de pollution et impact sur la qualité des eaux de surface. Thèse de Doctorat es sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc.

Azzaoui S., El Hanbali M., Leblanc M. (2002): Copper, lead, iron and manganese in the Sebou drainage basin; sources and impact on surface water quality. Water Quality Research Journal Canada. 37(4) 773-784.

Babadjide C.L. (2010) : Etude de l'influence de la pollution hydrique sur la santé humaine dans le bassin du fleuve Mono au Bénin. Thèse de doctorat, EDP/GENV/FLASH/UAC, 208 p. + annexes.

BAD (2007) : Politique de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (Version française), 46p.

Banque Mondiale (2009) : De la lutte contre la pauvreté. Communiqué de presse n° 2009/065/DEC/ de la Banque Mondiale, 5 p.

Baron C. et Bonacieux A. (2008) : Accessibilité aux ressources en eau et participation des acteurs locaux : quelles réponses face aux enjeux de durabilité : cas des Associations d'Usagers de l'eau au Sud-Ouest du Burkina-Faso, Journée du développement du GRES Burkina-Faso.

Barreto, M.L., Teixeira, M. G. and Carmo, E. H. (2006): Infectious diseases epidemiology. Journal of epidemiology and Community Health 60, 192-195.

Barton K. (2016): MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.15.6. https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn, consulté le 18 février 2017 à 16h22mn

Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. (2015): Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4, consulté le 20 février 2017 à 7h02mn, Journal of Statistical Software, 67(1), 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.

Baudoin M. A. (2010): L'adaptation aux changements climatiques au sud du Bénin: Une analyse de la politique internationale et des besoins locaux ; Geo-

Eco-Trop., 2010, 34 : 155 – 169

BDI/DG-Eau/DDMEE (2016) : Situation des points d'eau au Bénin, 40p

Berkelman R.L., (1994): Emerging infectious diseases in the United States, 1993. Journal of Infectious Diseases 170 (2), 272-277

Biaou I. A. (2010) : Inondations et problématique de la santé dans la ville de Cotonou. Mémoire de Maîtrise, UAC/FLASH/DGAT, 84 P.

Bisson, M., S. Vivier, B. La Rocca et C. Gourland (2009) : Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), rapport d'étude 17/03/2009, N° DRC-08-94380-11776C, INERIS, [En ligne] URL : http://www.ineris.fr/hml, consulté le 10/10/2016.

Boidin B. (1996) : La prolifération des micro-unités de santé au Bénin : le rôle de la différenciation, Cahiers de Sociologie et de Démographie Médicales, 1996, vol. 36, n°4, 359-381

Boko M. (1998) : Climat, Eau et société au Bénin, Annales de la FLASH, N°6, Cotonou pp5096.

Bokonon-Ganta E. et Vissin E. W. (2009) : Système de gestion et utilisation de l'eau dans une approche GIRE au Bénin. 67p.

Boléan C. E. (2015) : Impacts environnementaux et sanitaires des inondations dans la commune de Dangbo : cas des arrondissements de Houédomey et de Kessounou. Mémoire de Maîtrise en Géographie, UAC/FLASH/CUA/DGAT, 76 p.

Bolduc D.G.(1998) : Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1993, 1994 et 1995, Beauport, Comité de santé environnementale du Québec, 18 p.

Boni E. (2003) : Gestion de l'eau et processus de décentralisation au Bénin : Cas du Département des Collines, Mémoire de maîtrise, UAC, 79p.

Bontoux J. (1993) : Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles eaux usées, eaux de boisson. Cebedoc ed., Liège, p169.

Bordalo A. A., Savva-Bordalo J. (2007): The quest for safe drinking water: an example from Guinea-Bissau (West Africa). Water Res ; 41: 2978-2986.

Bossou D. B. (2001) : Analyse et esquisse cartographique de la contamination bactériologique de la nappe phréatique alimentant les puits traditionnels de la ville de Cotonou et sa banlieue. Mémoire de DESS-MEQUE. FAST/UAC. 82p + Annexes.

Bouegui S. Y. (2008) : Impact des eaux pluviales sur l'environnement à GOGOUNOU : Mémoire DGAT/FLASH/UAC, 87 pages 79 pages.

Boukir H. et Brun (1997) : Facteurs environnementaux et sociaux de la répartition des maladies hydriques dans la Médina de Fès (Maroc). In Villes du Sud et environnement, Travaux de la Société d'Ecologie Humaine, pp 54-63.

Bourrelier P. H., G. Deneufbourg, De Vanssay B. (2000) : Les catastrophes naturelles, le grand cafouillage, OES, Paris, 257 p.

Bowie G.L., Mills W.B., Porcella D.B., Campbell C.L., Pagenkopf J.R., Rupp G.L., Johnson K.M., Chan P.W.H., Gherini S.A., Chamberlin C.E. (1985) : Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling. EPA/600/3-85/040. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Athens, GA.

Briand 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 03(3) 391 – 404.

Bukowski J., Somers G., Bryanton J. J (2001) : Occup Environ Med. 43, 377-383

Burton J. (2001) : La Gestion Intégrée des ressources en eau, Manuel de formation. IEPF/AUF, Paris, 261P.

Camdessus M, Badré B, Chéret I, Ténière-Buchot PF. (2004) : Eau. Edition

Camper A., Le Chevalier J. **(**1991) : Fiches synthèses sur l'eau potable. Canada, Insq, 32 p.

Canal-Eau (2013): Programmation Communale des Ouvrages d'Approvisionnement en Eau Potable, 79p

Cans R. (1994) : La Bataille de l'eau dans le Monde. Edition, Paris, 219 p

Cazaban M., Duffour J., Fabbro-Peray P. (2005) : Santé publique. 5e .édition. Paris : Masson, 242p.

Cellule Initiative-Eau (2006) : Rapport de l'atelier national sur la gestion des AEV, Cotonou, 52p.

Centre d'expertise en analyse environnementale du Quebec (2004) : Recherche et dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives ; méthode par incorporation à la gélose. Québec : Gouvernement du Québec 23p.

Chapman D., Kimstach V. (1996): Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring. Chapman edition, 2nd ed E & FN Spon, London. 59-126.

Charlet F., Bamory D. (1985) : Expérimentation de solution en vue d'améliorer la qualité de l'eau à domicile en milieu rural. Eau et santé Abidjan, INSP, SNES, pp. 85-88.

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, 1985, PP. 85-88.

Chippaux J.-P., Houssier S., Gross P., Bouvier C. & Brissaud F. (2002) : Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. Bull Soc Pathol Exot, 94, 2, 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, 373-381.

Chouti W. K. (2007) : Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts munis de pompe dans la commune de Porto-Novo. Mémoire DESS Décentralisation et Gestion des Eaux. IMSP/UAC. 72p.

Clédjo P. (1993) : Rythmes hydro-climatiques et pathologies en milieu lacustre dans les sous-préfectures de Sô-Ava et des Aguégués. Mémoire de maîtrise de Géographie, UNB, 149p

Clegbaza G. (2000) : Qualité chimique et biologique de l'eau, document d'accompagnement (DHAB/MSP, Cotonou) 33p.

Comlanvi F. M. (1994) : Amélioration de la qualité des eaux de puits dans la ville de Cotonou : Cas de quelques quartiers. Mémoire APE/CPU/UNB, Abomey-Calavi, 78p.

Contal M., Paulus M., Priou V., (2003) : La maîtrise de l'eau en stérilisation. Eau et santé Abidjan, INSP, SNES, pp.15-35.

Coulibaly K. (2005) : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de diplôme d'Etat. Université de Bamako. 69p.

Cox C. R. (1967) : Techniques et contrôle du traitement des eaux, OMS Genève, 429p.

Craun G.F. (1991): Epidemiologic studies of organic micropolluants in drinking water. In: Hutzinger O. (ed), The handbook of environmental chemistry, vol 5, part A, water pollution. Springer-Verlag, Berlin, pp 1 -44.

Craun G.F., (1986): Watertorne diseases in the United States. CRC Press, Inc. Boca, Raton, Florida.

Craun G.F., Berger P.S., Calderon R. L. (1997) : Coliforrrt bacteria and water-borne disease outbreaks. J. AWWA 89(3), 96-104.

Craun G.F., Bull R.J., Clark R.M., Doull J., Grabow W., Marsh G.M., Okun D.A., Regli S., Sobsey M.D. and Symons J.M. (1994): Balancing chemical and microbial risks of drinking water disinfection. Part l, Beneticts and potential risks. J. Water SRT-Aqua 43(4), 192-199.

CREPA-BENIN (2000) : Formation approfondie des animateurs et animatrices en éducation sanitaire. Banikoara, du 30 Avril au 12 Mai 2001, page 23.

Curtis V.A. Cairncross S. (2003): Effect of wasching hands with soap on diarrhoea risk in the community: a systematic review. London School of Hygiene and Tropical Medecine.

da Matha Santanna (2000) : Dynamique démographique, question agraire, et urbanisation au Benin. NLTPS – BENIN, 258p

da Silveira K.S. (2010) : Cours d'hydrologie et d'ouvrages de captages. Master 2, Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement. 48p.

Dalhuisen, J. M., R. J. G. M. Florax, H. L. F. de Groot, and P. Nijkamp. (2001): "Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: Why Empirical Estimates Differ." Tinbergen Institute Discussion Paper, No. 01-057/3. Tinbergen Institute, Amsterdam Rotterdam

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., 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 ; 21 : 47-55. doi : 10.1684/san. 2011.0238.

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, Risques & Santé. Volume 7, Numéro 4, 279-283.

Dejoux C. (1988) : La pollution des eaux continentales africaines. Edition de l'ORSTOM, Paris, 86 p.

Déoux S P. (1993) : L'écologie c'est la santé, Frison- Roche, 539p.

DEP. (2010) : Plan d'action du district sanitaire de Nongr-massom. Ministère de la santé publique, Direction des études et de la planification, Ouagadougou, 151p

Desjardins R. (1997) : Le traitement des eaux, Deuxième édition revue et améliorée, 304p.

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.

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.

Dia A., Loseille L. (2008) : Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et forages dans 4 communes de Brakna. Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques. 14p.

Diakité NR, Adja AM, Von-Stamm T, Utzinger J, N'Goran EK. (2010) : Situation épidémiologique avant la mise en eau du barrage hydroagricole de cinq villages de Bouaké, centre Côte-d'Ivoire. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 103 (1) : 22-28.

Dias N., Boutin C. (1987) : « Impact de l'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech sur la nappe phréatique », Bull. Fac. Sci. Marrakech (Sect. Sci. Vie), 3.5-25.

Dikenou C. K. (2002) : Contribution à la promotion de l'éthique environnementale en Afrique. Thèse de Doctorat d'Etat es-lettres et sciences humaines (Philosophie-Ethique), Université de Lomé, 407 p.

Direction de l'hygiène et de l'assainissement de base (DHAB) (2008) : Guide de gestion de déchets biomédicaux dans les structures sanitaires du Bénin. PMLS II, Cotonou, 35p.

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.

Djellouli h.M., Taleb S., Harrache-Chettouh D., Djaroud S. (2005) : Qualité physico-chimique des eaux de boisson du Sud algérien : étude de l'excès en sels minéraux. Cahiers Santé vol. 15, n° 2, 109-112.

Djevi J. F. (2010) : Inondations dans la ville de Cotonou : Impacts sur les groupes vulnérables et problématiques de la pauvreté. Mémoire de Maîtrise, UAC/FLASH/DGAT, 87 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 ; 3: 251-260.

Do-Santos S. (2006) : Accès à l'eau et enjeux socio-sanitaires à Ouagadougou, Burkina Faso. Espaces, Populations, Sociétés, 2-3 pp. 271-285.

Do-Santos S. (2011) : Les risques sanitaires liés aux usages domestiques de l'eau. Représentations sociales mossi à Ouagadougou (Burkina Faso). Natures

Dossoumon A. (2010) : l'assainissement de base en milieu rural : cas de l'arrondissement d'Ague dans la commune de Toffo, mémoire de maîtrise en géographie 71p.

Dovonou L. F. (2001) : Rapport définitif de l'étude physico-chimique des eaux des départements de l'Alibori et du Borgou. Département des ressources en eau. Projet PADER-DANIDA Cotonou, 78 p.

Doyelle C. (2008) : "Irrigation adduction d'eau potable redynamisation économique, Stage de deuxième année – ISTOM, agro-développement international, Togbota – Benin", 64 p.

Dris A. (2005) : L'eau matière stratégique et enjeu de sécurité au 21ème siècle. Mémoire de DEA en Sciences Politiques. Université Paris 10. 80p.

Dumas D., Atunes C. (2003) : Evolution des températures minimales dans les Alpes du Nord depuis 1960. In publication AIC, vol 15, pp 413-427.

Eco-Trop., 2010, 34 : 155 – 169

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. 3(6): 1428-1436, December 2009

Edorh A. P., Guédénon 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., 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. 4(4): 1170-1179, 2010

Edorh P., (2007). "Heavy metal action". TWAS newsletter, volume 19:2. Available online at <http://www.ictp.trieste.it/~twas/pdf

Egounlety Biokou A., Amegankpoe C., Araye R. (2008): Approche GIRE appliqué à la gestion des ouvrages d'eau potable à l'échelle communale dans la commune de Zè: Rapport de formation, Niaouli, 37 p.

Egwari L., Aboaba O.O. (2002): Environmental impact on the bacteriological quality of domestic water supplies in Lagos, Nigeria. Rev Saude Publica ; 36 : 513.

EL Amrani M., Chattou Z. (2002) : Attitudes et comportements des agricultures en matière de gestion des eaux d'irrigation: cas des réserves hydriques souterraines dans la région de Sais. Conférence internationale sur les politiques d'irrigation. AMECO et ANAFID d'Agadir 15 et 17 Juin 2002.

EL Bouhali I. (2001) : Etude physico-chimique, bactériologique et faunistique à l'interface superficiel/interstitiel de deux cours d'eau dans la vallée sud de l'oued Fès, Thèse de doctorat d'état, Fac. Sc. Fès p50.

El Haissoufi H., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali Lalami A. (2011) : Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fes, Maroc. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. 1 (2011) 37-68.

EL Haite H. (1991) : Eléments de réponse pour une meilleure maîtrise des pollutions et gestion des eaux usées à Fés. Thèse de Doctorat es sciences. Université Moulay Ismaîl, Meknés, Maroc.

El Kory M., Demba A. (2011) : Caractéristiques physicochimiques des eaux d'alimentation de la wilaya de Nouakchott. Science Lib Editions Mersenne. 111202 (2011) 2111-4706.

El Ouali Lalami A., Merzouki M., El Hillali O., Maniar S., Ibnsouda Koraichi S. (2011) : Pollution des eaux de surfaces de la ville de Fès au Maroc. Larhyss Journal. 9 (2011) 55-72.

El Ouedghiri K., A. El Oualti1, M. El Ouchy1, F. Zerrouq, F. Ouazzani Chahdi, A. El Ouali Lalami (2014): Risques sanitaires liés aux composés chimiques contenus dans l'eau de boisson dans la ville de Fès : Cas des ions nitrates et nitrites (Health risks of the chemicals in drinking water in the city of Fez: nitrate and nitrite ions), J. Mater. Environ. Sci. 5 (S1) (2014) 2284-2292

Empereur Bissonnet P., Salzman V., Monjour L., **(**1992) : Application d'un nouveau matériel de transport et de stockage pour l'amélioration de la qualité de l'eau de boisson en milieu rural africain. Bulletin de la société et de pathologie exotique, Abidjan, pp.390-394.

Encyclopédie Afrique Jeune (1992) : L'eau source de vie. NEA, Paris, 47p.

Enterprise Works World Wide (2003) : Eau potable, Rapport, 2p.

Etèka S. (2008) : Problématique de l'inondation à Cotonou : cas du quartier d'Avotrou. Mémoire de maîtrise de géographie. FLASH, UAC.80p.

Fagbohoun D. (2011) : Environnement et santé des populations dans la commune de sakété, Mémoire de maîtrise de géographie, FLASH, UAC 87p

Fan A M. (2011): Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Encyclopedia of Environmental Health. 137-14

Fangnon B., (2003) : La question de l'eau potable et de la gestion des équipements hydrauliques dans la commune de Djakotomey. Mémoire de maîtrise, UAC, 84 p + annexes.

FAO/WHO (2003): Export Committee on Food Additives (WHO Food Additives Series No.50), Geneva, http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je06.htm). 9. Til, H. P., Falke, H. E., Kuper, C.F., Willems, M.I., Food Chem Toxicol 26 (10) (1988) 851-859.

Fassin D. (1990) : Sociétés, Développement et Santé, Paris : Ellipses/AUPELF, 287 p.

Fathi H. (1995) : Résidus de pesticides organochlorés chez des organismes aquatiques en provenance de quatre oueds marocains: Sebou, Bouregreg et Oum-Erabia. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Institut Agro-Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

Feachem R. G., Briscoe J. et Rahaman 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), 87p

Feachem R. G., Bradley D. J., Garelick H., Mara D. D. (1983): Sanitation and disease : health aspects of excreta and wastewater management. World Bank studies in water supply and sanitation, no. 3. New York,: John Wiley & Sons, 534p

Festy B., Hartemann P., Ledrans M., Levallois P., Payment P., Tricard D. (2003) : Qualité de l'eau. In : Environnement et santé publique – fondements et pratiques. 333-368.

Folal H. F., Gonou G. M. (2002) : La pollution des eaux liée à l´évacuation des excrétas en milieu lacustre : Cas du village de Ganvié sur le lac Nokoué/Bénin. Mémoire de DIT. APE/CPU/UAC. 86p + annexes.

Ford T.E., Colwell R.R. (1996): A global décline in microbiological salety of water: a call for action.The American Academy of Microbiology, Washington DC.

Fourn L., Sakou G., Zohoun Th. (2001): Utilisation des services de santé par les mères des enfants fébriles au sud du Bénin; Santé Publique 13, pp 161-168

Fournier P. (1956) : Etude entre l'érosion du sol et les précipitations atmosphérique, Paris, PUF, 125p.

Galal-Gortchev H. (1992) : Evaluation des risques liés aux substances chimiques dans l'eau de boisson : élaboration des valeurs guides. Santé Publique ; 4 : 80-83.

Gandji B. (2004) : Environnement et santé des enfants de moins de quinze ans dans la commune de Sô-Ava, Mémoire de géographie, FLASH, UAC 88p.

Garnier D. (1998) : Dictionnaire des termes de médecine. 27 Ed. Maloine, 230 p.

GauthierA. M. (2004) : De l'eau pour tous, Amis de la Mission n°4, 3p.

Gbèwèdo A. (2010) : Paysage sanitaire dans la commune de zogbodomey. Mémoire de maîtrise géographie, FLASH, UAC, 68p

Geldreich E.E., Nash H.D., Reasoner D.J., Taylor R. H., (1972): The necessity of controlling bacterial populations in potable waters: community water supply, J. Am. Water Works Assoc., 64: 596-602.

Gentilini M. (1993) : Medecine tropicale. « Médecine-Sciences ». Flamarion et Cie, Paris, 928p.

Geoge P. (1984) : Dictionnaire de la géographie. 3è Ed. PUF Paris, 485 p.

Ghazali D., Zaid A. (2012) : Caractérisation physicochimique des eaux de la source ain salma-jerri région de Meknès. Science Lib Editions Mersenne. 120106 (2012) 2111-4706.

Global Water Partnership (GWP) (2009) : Activités de promotion de gouvernance locale autour des forages artésiens de Tohouè et Gnanli-Zassa, commune de Zogbodomè, Rapport de synthèse et d'étape. Bénin, 73 p.

Gnandi K., Tozo K., Amouzouvi K., Baba G., Tchangbedji G., Killi K., Agbeko K. (2007). Impact de l'exploitation minière sur la santé humaine : cas de la

fluorose dentaire chez les enfants autours de l'usine de traitement des phosphates de Kpémé (Sud-Togo), J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), Vol. 8, N° 2 : Série A 17p.

Gnanssounou A. (2005): Impact des eaux pluviales sur l'environnement de Bohicon. Rapport pour l'obtention du Brevet de Technicien Supérieur UCAO.

Gnanvigo I. (2016) : Pathologies hydriques et risques toxicologiques liés à l'eau de boisson dans la Commune de Zagnanado, mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC

Gonzàlez-Rios O., Suàrez-Quiroz M., Barel M., guyot, B., Schorr-galindo, S., and Guiraud, J.P. (2004): Effect of chemical and environmental factors on Aspergillus ochraceus growth and toxigenesis in green coffee, food microbiology 21, 629-634.

Gosselin P., Fortin C. (1989) : Epidémie d'origine hydrique et alimentaire. Québec, IAMFES, 150 p

Guergazi S., Achour S. (2005) : Caractéristiques physicochimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration. Larhyss. 3680 04 (2005) 119-127.

Gundry SW, Wright JA, Conroy RM, Preez MD, Genthe B, Moyo S Mutisi C, Potgieter N . (2009) Child dysentery in the Limpopo Valley: a cohort study of water, sanitation and hygiene risk factors. J. Water. Health. , 7(2): 259-66.

Hamon M. (2007) : Annales Pharmaceutiques Françaises. Science direct.65 (2007) 347-355.

Handschumacher P., (1987) : Gestion de l'eau et santé des jeunes enfants à Niakhar (Sénégal) : une approche géographique en milieu rural soudano-sahélien. Thèse de doctorat de Géographie, Université Louis Pasteur de Strasbourg, 326 p.

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., Arnaud M. (1996) : Qualité de l'eau et santé. Lettre scientifique IFN ; 43 : 5-10.

Hartemann P., Meyer I., Français T., Morlot M. (1992) : Les sous-produits de la désinfection des eaux potables. Santé Publ. 5, 84-90.

Hassoune El M., Bouzidi A., Koulali Y., Hadarbach D. (2006) : Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie. 28 (2006) 61-71.

Hassoune El 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.

Hazoume G. (2003) : Pollution de la Nappe phréatique et les comportements de la population de Godomey-Togoudo. Mémoire d'Etude Supérieure et Spécialisée (DESS) en population et dynamique urbaine. CEFORP/UAC, 48 p.

Hedible S. C., Boko M. (2006) : Problèmes liés à l'approvisionnement en eau de consommation dans les villages du département de l'Atlantique. In revue scientifique semestrielle éditée par LECREDE/FLASH/UAC, N° 2 juin 2006, pp 32-47.

Heggenhougen, H.K, Hackethal V., Vivek P., (2003): The behavioural and social aspects of malaria and its controls : an introduction and annotated bibliography. Geneva, UNCP/World Bank/WHO, special programme for research and training in Tropical diseases (TDR), Vol. 03, pp 215-307.

Hocker J., Meyer U., Wiebecke B., Hubner G., Eife R., Kellner M., Schramel P. (1988). Copper storage disease of the liver and chronic dietary copper intoxication in two further German infants mimicking Indian childhood cirrhosis. Pathol Res Pract, Vol. 183, N°1, 39-45.

Hodé B. A. (2011) : Déterminants environnementaux des maladies liées à l'eau dans la commune de Sô-Ava. Mémoire de master, 92p.

Hounkanrin M. (2010) : Problématique de l'eau en sachets dans la commune de Sèmè-podji : Impacts environnementaux et économiques, Mémoire de maîtrise de géographie, UAC/FLASH/DGAT, 70p.

Hounkpatin R. et al (2011) : Gestion des déchets solides ménagères à cotonou mémoire de master online 2012/08/16

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.

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

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. (2001) : Atlas Monographique des communes du Bénin, 250p.

INSAE. (2013) :Troisième Recensement Général de la population et de l'habitation du mars 2015 (résultat définitif). Cotonou Bénin, non paginé.

IPCC (2001): Impacts, adaptations and vulnerability: Report of IPCC. Cambridge University, 825p.

Issa M. S. (2012) : Changements climatiques et agrosystèmes dans le Moyen Bénin : impacts et stratégies d'adaptation. Thèse de Doctorat Unique, EDP/FLASH, UAC, 273 p.

Jadhav S.S., Sarkar S.N., Ram G.C. et 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., 53, 450-458.

Journal officiel des communautés européennes (1995) : « Proposition de directive du conseil relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine », n° C 131/5, 31/05/95.

Kansoulo G. (2011) : Dynamique spatio-temporelle des pathologies dominantes dans la commune de bassila. Mémoire de maîtrise de géographie, FLASH/UAC/DGAT, 68p.

Khamar M., Bouya D., Ronneau C. (2000) : Pollution métallique et organique des eaux et des sédiments d'un cours d'eau marocain par les rejets liquides urbains. Water Quality Research Journal, Canada 35 (1), 147- 161.

Kiki-Migan E. L. V. (1993) : La problématique de la gestion des déchets dans les mégalopoles africaines et perspectives d'avenir : cas de la ville de Cotonou - 90 p. Thèse : Médecine : Cotonou : 1993, 569.

Kombasséré 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.

Kora A. (2007) : Evaluation des ressources hydriques et problèmes d'approvisionnement en eau potable dans la commune ouassa-pehunco. Mémoire de maîtrise de géographie, FLASH/UAC/DGAT, 101p.

Kostraba J N., Gay E C., Rewers M., Hamman R F. (1992): Nitrate levels in community drinking waters and risk of IDDM. An ecological analysis 1505-1508.

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. water qual. URL : http://dx.doi.org/10.1051/water/2011004.

Koukal B., Dominik J., Vignati D., Arpagaus P. (2004) : Environnement pollution, 131, 163-172.

Koukponou A. B. (1994) : Gestion des eaux de surface et problèmes de santé publique dans le bassin versant de Agbado. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, 112 pages.

Kpasselokohinto A. (1995) : Qualité et mode de gestion de l'eau de boisson dans la sous-préfecture de Grand-Popo, Mémoire IRSP ; Cotonou, 125 pages.

Kreamer DK, Usher B. (2009): Sub-Saharan African Ground Water Protection-Building on international Experience, Ground Water.

Kuper F., Til , H P. (1995) : Proceedings of an international workshop, Bithoven (Netherlands), 8-10 November 1994, Strasbourg, Council of Europe Press. 195-212.

Lagnika M. (2008) : Les déterminants du risque de contamination bactériologique des eaux des forages dans les ménages de la Haute Vallée de l'Ouémé : cas du triangle Parakou- Djougou- Bassila. Mémoire de DESS-MEQUE. FAST/UAC. 100p.

Landjihounsounou J., Adio O. V. (2016): Modèles de gestion endogène des ressources en eaux dans la Commune d'Allada, mémoire de licence, DGAT/FLASH/UAC

Larousse illustré (2005) : 100ème édition

Larousse Médicale (1998) : Dictionnaire de médecine. Paris, Hachette, 1018 p.

Late V. (1995) : Ressources en eau et développement agricole sur le bassin de Kandi Mémoire de maîtrise de géographie, FLASH/UNB. Abomey-Calavi, 93 p.

Le Barbe L., Ale G., Millet B., Texier H., Borel Y. et Gualde R., (1993) : Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin, ORSTOM/DH, ORSTOM Ed., Collection Monographies Hydrologiques N° 11 Paris (France) 541 pages.

Leblanc J.C., Volatier J.L., Sirot V., Nawel B.A. (2006) : Etudes des consommations alimentaires de produits de la mer et imprégnation aux éléments traces, polluants et omega 3 (CALIPSO), AFSSA, INRA, 127p.

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.

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 2016.

Levallois P., Phaneuf D. (1994) : La contamination de l'eau potable par les nitrates. Analyse des risques à la santé. Revue canadienne de santé publique. 85(3) 192-196.

Levesque B, Pereg D, Watkinson E, Maguire JS, Bissonnette L, Gingras S, Rouja P, Bergeron MG, Dewailly E. (2008): Assessment of microbiological quality of drinking water from household tanks in Bermuda. Can. J .Microbiol. , 54: 495-500

Livre bleu du Bénin, (2009) : l'eau, l'assainissement, la vie et le développement humain durable, Cotonou, 101 P.

Mairie d'Allada (MA) (2013) : Programmation Communale des Ouvrages d'Approvisionnement en Eau Potable, Rapport de Programmation Version finale, réalisé par CANAL-EAU

Mairie d'Allada : Monographie de la Commune d'Allada, 37p

Mairie d'Allada : Schéma Directeur d'Aménagement Communal (SDAC), 78p

Makoutode M., Assani A. K., Ouendo E-M, Agueh V. D, Diallo P. (1999) : Qualité et mode de gestion de l´eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous préfecture de Grand-Popo. Médecine d´Afrique Noire 46 (11) : 528-534.

McFETERS G.A. (1990): Drinking water microbiology. Springer-Verlag. NY.

Mcneely R.N., Neimanis V.P., Dwyer L. (1979): Water quality sourcebook A guide to water quality parameters. Environment Canada, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada.

MECCAG-PDPE, PNUD (2000) : Études Nationales de Perspectives à long terme BENIN 2025-ALAFIA (Stratégies de développement du Bénin à long terme). Cotonou, 235 p.

MEHU/GTZ (1997) : Les maladies causées par la pollution de l'environnement, document guide, Cotonou, 50 p.

Miquel G. (2001) : Effet des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Rapport 261, Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et

Monchet J. et Carnevale P. (1997) : Impact des transformations de l'environnement sur les maladies à transmission vectorielle, OMS/GENEVE, pp 25-29.

Morris R.D., Audet A.M., Angelillo I.F. étal., 1992. Chlorination, chlorination by-products and cancer: a meta-analysis. Am J. Public Health 82, 955.

MSP (1996) : Evolution du système épidémiologique en république du Bénin, MSP/Bénin, 65 p.

MSP/MEHU (1995) : Développement du secteur de l'Assainissement. Document de Politique Nationale, Programme d'Alimentation en Eau et d'Assainissement, Banque Mondiale, Groupe Régional de l'Eau et de l'Assainissement – Afrique de l'Ouest, pp 11 – 32

Mutin G. (2000) : L'eau dans le monde arabe, Edition Ellipse.

N'Bessa B. (1999) : Les exploitations agricoles des citadins en milieu rural : l'exemple béninois. Cahier d'Outre-mer 52(207), Bordeaux France, pp. 275-292.

N'Fally K. (1997) : Déterminant de l'utilisation de l'eau de forage par les populations de la sous préfecture de SO-AVA. Mémoire de maîtrise en Santé Publique, IRSP, 40 p.

Neuvy G. (1991) : L'homme et l'eau dans le domaine tropical, MASSON, Paris 227p.

NM (2006): 03.7.001. Norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine. Bulletin Officiel N° 5404, 16 Mars 2006.

O'connor D. et Turnham D. (1992) : La gestion de l'environnement dans les pays en développement, Paris OCDE, 52p.

Odoulami L. (1999) : Approvisionnement en eau dans les grandes villes du Bénin Quelles politiques pour l'avenir ? Cas de Cotonou, Porto-Novo et Parakou. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie (D.E.A.), UNB, 55p.

Odoulami L. (2009) : La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin) FLASH, UAC, Thèse de Doctorat

Ogouwale E. (2006) : Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat unique, LECREDE/ FLASH/ EDP/ UAC, 302p

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 diarrhéiques –Genève, p178.

OMS (1994): Directives de qualité pour les eaux de boisson, Volume Recommandation. 2e édition (1994).

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, GENEVE, 39p.

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 (2004) : Village – Santé, guide à l'intention des communautés et des agents de santé communautaires. Genève OMS, 17p.

OMS (2006) : Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable, mises à jour en 2006.

OMS (2016) : Trypanosomiase humaine africaine (maladie du sommeil) Aide mémoire N°259

OMS/UNICEF (2005), Water for life: Making it happen, Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation, ISBN 9241562935.

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.

Ouendo EM., Makoutodé M., Wilmet-Dramaix M., Paraiso M., Dujardin M. (2004) : Accès aux soins de santé au Bénin : indigence et réseaux d'aide communautaire in Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé. Volume 14, Numéro 4, 217-21, Oct.-Nov-Décembre 2004

Ouledi A, Toyb M, Aubry P, Gaüzere BA. (2012): Histoire sanitaire et enjeux sanitaires de l'Union des Comores en 2012. Médecine et Santé Tropicales, 22(4): 346-354.

Ouledi G. (2004) : Milieux, sociétés et santé, Bolivie, 19p.

Overman M. (1970) : L'eau dans le monde, problèmes et solutions, Larousse Paris.

PADEAR. (1997) : Technique de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement. Fascicule II, Série Formation ONG. 125p.

Parslow R C., Mc Kinney P A., Law G R., Staines A., Williams R., Bodansky H J. Diabetologia. 40 (1997) 550-556

Payen P. (2007) : Evaluation des risques liés à la consommation des produits de la pêche à pied récréative en Basse-Normandie, mémoire Ingénieur du Génie Sanitaire, Ecole Nationale de la Santé Publique, Rennes, 81p.

Payment P. (1995a): Health significance of bacterial regrowth in drinking water. J. Water Se. 8, 301-305.

Payment P. (1995b) : Effets sur la santé de la recroissance bactérienne dans les eaux de consommation. Rev. Se. Eau 8, 306-314.

Payment P. et Hartemann P. (1998) : Les contaminants de l'eau et leurs effets sur la santé, revue des sciences de l'eau, Rev. Sci. Eau n° spécial (1998) 199-210

Payment P., Richardson L., Siemiatycki J., Dewar R., Edwardes M., Franco E. (1991): A randomized trial to evaluate the risk of gastrointestinal disease due to the consumption of drinking Water meeting currently accepted microbiological standards. Amer. J. Public Health 81,703-708.

Picheral H. (1983) : Complexes et systèmes pathogènes : approche géographique. Travaux et documents de géographie tropicale N° 48 : CNRS-CEGET/ACCT "De l'épidémiologie à la géographie humaine", Table ronde "Tropique et Santé" ; Bordeaux, 4, 5 et 6 octobre 1982, Paris, France (Centre d'Etudes et de Géographie Tropicale), 313 p., pp 5-22.

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) : Rapport mondial sur le développement Humain, 422 p.

PNUD (2010) : Au-delà de la pénurie, Pouvoir, Pauvreté et crise mondiale de l'eau, Rapport Mondial sur le Développement Humain, 64p

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 No 4. IRD, Montpellier, France, and CPWF, Colombo, Sri Lanka, 87 p.

R Core Team (2016): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/., consulté le 26 septembre 2016 à 9h42mn

R Core Team (2017): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/, consulté le 1 mars 2017 à 22h46mn

Resh VH. (2009): Vector-Borne Diseases of Freshwater Habitats, in Encyclopedia of Inland Waters. Academic Press: Oxford; 129-137.

Rice E.W., Fox K.R., Miltner R.J., Lytle D.A., Johnson C.H. (1996): Evaluatirig plant performance with endospores, J. Amer. Water Works Ass. 88,122-130.

RIVM (National Institute of Public Health and Environmental Protection). (1989) No: 758473012. 9.

Rodier J. (2009) : L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9ème édition. 1113-1115.

Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L. (1996) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8éme édition. Dunod, Paris. France.

Rodier J., Geoffray ch., Kovacsik G., Laporte J., Verneaux J., Vialj. (1975) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux Résiduaires, eau de mer-Chimie, Physico-chimie, bactériologie, biologie. Tome 1. 5ème éd. Edition Dunod, 629 p.

Santé Canada (1992) : Le nitrate et le nitrite. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, Guide d'orientation, 87p.

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 B. J., Khan A. I., Larocque R. C., Sack D. A., Malek M. A., Faruque A. S. G., Qadri F., Calderwood S. B., Luby S. P., and Ryan E. T. (2006): Diarrhoeal epidemics in Dhaka, Bangladesh, during three consecutive floods: 1988, 1998 and 2004. In Jour Trop Med Hyg, N° 74 (6), pp 1067-1073.

Sèbo Vifan Eric L. S. C. (2014): Analyse des facteurs de différenciation de la morbidité diarrhéique dans le bassin géographique sud-béninois du fleuve mono (Afrique de l'Ouest)

SERHAU-SEM (1997) : Programme pluriannuel communal d'investissement public, document de consultation, ville d'Allada, 34 p.

Sendide O. (1994) : Relation ''urbanisation-eaux souterraines'' de la ville de Fès: évolution, caractérisation et moyen de protection. Diplôme d'Etudes Approfondies, Université El Manar, Tunis, Tunisie.

Sidibe M., Bocar K., Baidy LÔ. (2011) : Suivi de la qualité Physicochimique de l'eau potable distribuée à Nouakchott, Mauritanie. Science Lib Editions Mersenne. 111204 2111-4706.

Soclo H. H., Gbaguidi M. A. N., (2010) : Cours de toxicologie et d'écotoxicologie. EPAC/UAC, pp. 10-11.

Sohounou M., Vissin E. W., Atchade A. A. G., Edorh A. P. (2016): Sanitation and risks of waterborne diseases in Aholouyèmè in the commune of Sèmè-Kpodji (BENIN, West Africa), Journal of Applied Biosciences 100:9535-9544

Sohounou M. (2012) : Approche genre dans la gestion intégrée des ressources en eau dans l'arrondissement de Togoudo, Commune d'Allada. Mémoire de Master professionnel en environnement et santé, FLASH, 83p

Sohounou M., Vissin E. W., Aimade H. S. S., Atiye E. Y., Dougnon L. D., Atchade G. A. A. (2016): Risques de pollution des eaux de surface dans la commune de Bassila, Bénin, Afrique de l'Ouest, Afrique Science 12(6) (2016) 306 – 314

Some Y.S.C., Soro T. D. et 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. 8(1): 289-303, 2014

Soudé J. (2009) : Effet sanitaire de la gestion traditionnelle des plaines inondables de la vallée de l'Ouémé dans l'arrondissement de Kessounou du Bénin. Mémoire de DEA, FLASH, UAC, 72p.

Spitalny K.C., Brondum J., Vogt R.L., Sargent H.E., Kappel S. (1984) : Drinking-water-induced copper intoxication in a Vermont family. Pediatrics, Vol. 74, N°6, 1103-1106.

Talouizte H., Merzouki M., EL Ouali Lalami A. (2008) : Evolution de la charge microbienne de la laitue irriguée avec les eaux usées urbaines de la ville de Fès au Maroc. Tribune de l'eau, 624, p. 51-61.

Tanignon-Adingni Y. (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.

Tanner M., Cisse G. (2002) : Evaluation des facteurs de risque pour le paludisme et la diarrhée dans les quartiers Yaoséhi, Niangon Sud Sicogi et le village d'Azito. Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, Axe Environnement urbain, Abidjan, pp.114-115.

Tessier S. (1991) : Les maladies de l'enfant liées à l'eau en milieu urbain. Colloque pluridisciplinaire Géographie-Médecine sur l'eau et la santé en Afrique tropicale, Limoges, octobre, PULIM, pp. 63-72.

Testud F. (2005) : Pathologie toxique professionnelle et environnementale. 3ème éd, Eska, Paris, 672p.

Thouret J.-C., D'Ercole R., (1996): Vulnérabilité aux risques naturels en milieux urbains: effets, facteurs et réponses sociales. Cahier des sciences humaines, 32-2, 407-422.

Toffi M. D. (1980) : Etude de l'évolution d'une ville ancienne du Bas Bénin : Allada, Mémoire de maîtrise en géographie : UNB/ Ecole Normale Supérieure, 178 p.

Totin H. (2003) : Changement climatique et vulnérabilité des ressources en eau sur le plateau d'Allada : Approche perspective. Mémoire de maîtrise de géographie/FLASH-UAC, 106 p.

Traoré E., Cousens S., Curtis V., Mertens T., Rochereau A., Chiron J-P., Megraud F. (1994): Child defecation behaviour, stool disposal practices and childhood diarrhoea study. Journal of Epidemiology and Community Health, 48: pp.270-275

UNESCO (2003) : Rapport mondial sur la mise en valeur de l'eau dans le monde, 580 P.

Van Buuren S., Groothuis-Oudshoorn K. (2011): mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. Journal of Statistical Software, 45(3), 1-67. URL http://www.jstatsoft.org/v45/i03/, consulté le 3 mars 2017 à 13h36mn

Viboud C. (2005) : Climat et maladies infectieuses. In santé environnement et santé du travail : nouvelles perspectives de recherches, volume 1, pp. 1-23.

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.

Vissin E. W., Gbesso F. G. H., Akognongbé A. J. S. (2010) : Etude de la pollution des eaux et de la contamination du Tilapia guineensis du canal de Cotonou par le plomb, RGLL, N°08 ;

Volatier J.L. (2000) : Enquête INCAA-Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires. CREDOC, AFSAA.

WHO (1992): Revision oi the WHO Guidelines for drinking water quality. World Health Organization, Geneva, p. 29-37.

World Health Organization (2007): Background documents for development of WHO Guidelines for drinking-water Quality, WHO/SDE/WSH/07.01/16, Genava. (2007).

Wyss K., Yemadji N., Cisse G. et 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.

Yamongbe T. C. (2011) : Approvisionnement en eau potable et problèmes sanitaires dans la commune de Zè. Mémoire de maîtrise en géographie au DGAT/FLASH/UAC, 74p.

Yehouenou E. A. P. (2005) : Les résidus de pesticides chimiques de synthèse dans les eaux, les sédiments et les espèces aquatiques du Bassin versant du fleuve Ouémé et du lac Nokoué. Thèse de Doctorat, UAC, 217 p.

Zamo A.C., Belghiti D., Lyagoubi M. (2003). Journal Européen d'hydrologie, Tome 34, fasc 2, 77-90.

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 H., D. MA, Q. DIE et X. CHEN (1999): An approach to studying heavy metal pollution caused by modern city development in Nanjinga, China. Environ. Geol., 38, 223-228.

Zinguèdè A. S. R., (2015) : Environnement et santé des populations dans la commune des Aguégués : cas de l'arrondissement de Zoungamè. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC/CUA/FLASH/DGAT, 80 p.

Zmirou D., Ferley J.P., Collin J.F., Charrel M., Berlin J. (1987): A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drin-king water. Amer. J. Public. Heatth 77(5), 582-584.

Zonou A. V. M., **(**2008) : Environnement et santé dans la commune de Lokossa. Mémoire de Maîtrise FLASH, UAC, 83 p.

Zossou J. (2008) : Assainissement du cadre de vie dans la commune des Aguégués : Cas de Zoungamè et de Houédomè, Master en gestion de l'environnement, 66p.

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.

Zunino C. (2007) : Mobilisation des eaux souterraines en zone de socle. Communication présentée au stage intensif de recyclage sur la « Problématique de la qualité des eaux souterraines et de surface » organisé par le CREPA, l'ULG et le Ministère de la Santé, Parakou du 05 au 17 Février 2007.

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

Services d'assainissement, URL :www.villeparakou.bj/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=77 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 de figures

Figure 1 : Situation administrative de la Commune d'Allada 31
Figure 2 : Relief de la commune d'Allada 33
Figure 3 : Régime pluviométrique mensuel de 1971 à 2014 à Allada 34
Figure 4: Différents types de sols de la Commune d'Allada 38
Figure 5: Réseau hydrographique de la Commune d'Allada 40
Figure 6 : Evolution de la population d'Allada de 1979 à 2016 41
Figure 7 : Cadre conceptuel de l'étude 48
Figure 8 : Modèle SEPOCA appliqué à l'analyse 80
Figure 9 : Evolution des abonnés actifs dans l'arrondissement d'Allada 83
Figure 10 : Evolution des abonnés dans l'arrondissement d'Agbanou 84
Figure 11 : Evolution des abonnés dans l'arrondissement de Togoudo 85
Figure 12 : Evolution des abonnés dans l'arrondissement de Sékou 86
Figure 13 : Ouvrages hydrauliques fonctionnels et non fonctionnels 89
Figure 14 : Répartition de la population de chaque arrondissement par point d'eau fonctionnels 93
Figure 15 : Proportions des ménages enquêtés selon les besoins journaliers en eau 94
Figure 16 : Répartition des ménages enquêtés selon l'état des voies d'accès aux sources d'approvisionnement en eau 98
Figure 17 : Répartition des ménages enquêtés en fonction de la capacité financière à satisfaire leur besoin en eau 100
Figure 18 : Coupe schématique d'un puits moderne 108
Figure 19: Répartition des ménages en fonction des lieux de défécation 114
Figure 20: Sites de rejet des fèces des enfants 116
Figure 21: Modes de gestion des ordures ménagères 117
Figure 22: Raisons justifiant l'utilisation de la nature comme lieu de rejet des ordures ménagères 119
Figure 23 : Processus d'évaluation du risque 140
Figure 24 : Evolution des cas de choléra dans la Commune d'Allada entre 1999 et 2016 147
Figure 25 : Evolution des cas de diarrhées dans la Commune d'Allada entre 1999 et 2016 148
Figure 26 : Evolution des cas de shigellose dans la Commune d'Allada entre 1999 et 2016 149
Figure 27: Evolution des cas de gastro-entérites dans la Commune d'Allada entre 1999 et 2016 150
Figure 28: Nombre de personnes infectées d'affection gastro-intestinales entre 1999 et 2016 152
Figure 29: Courbe de tendance de personnes affectées de shiguellose entre 1999 et 2016 154
Figure 30 : Courbe de tendance de personnes affectées de choléra entre 1999 et 2016 155
Figure 31: Courbe de tendance de personnes affectées de diarrhées fébriles entre 1999 et 2016 157
Figure 32: Courbe de tendance de personnes affectées de diarrhée avec déshydratation entre 1999 et 2016 158
Figure 33: Premier recours thérapeutique dans les ménages de la Commune d'Allada 159
Figure 34: Raisons justifiant les recours thérapeutiques dans la Commune d'Allada 162

Listes des photos et planches

Planche 1 : Quelques spéculations dans le secteur d'étude : champ de Zea mays (Maïs) (1.1), Champ d'Anana comosus (ananas) (1.2) et Plantation de Carica papaya (papaye) (1.3). 43
Planche 3 : Processus d'extraction du minéralisât (3.1), minéralisât prêt à extraire mais le robinet est fermé (3.2) 66
Planche 4 : Milieux REC (4.1), milieux gélose de Slanetz-Bartley (4.2) 74
Planche 5 : Germes présents sur milieux gélose de Slanetz-Bartley (5.1), Germes présents sur REC (5.2), Intérieur d'un incubateur (5.3) 75
Planche 6 : Etat des voies d'accès aux ressources dans certains arrondissements 97
Photo 2 : Forage équipé de Pompe à Motricité humaine dans l'arrondissement de Lissègazoun 104
Planche 7 : Station de pompage plus son château d'eau et sa source d'énergie et BF à Hinvi 105
Photo 3 : Poste d'Eau Autonome à Aota 106
Planche 8 : Puits modernes Sékou (10.1) et à Lissègazoun (10.2) 107
Planche 9 : Impluvium à Lon-Agonmey (9.1) et à Sékou dans une concession de locataires (9.2 109
Planche 10 : Puits traditionnel à Togoudo (10.1) et à Avakpa (10.2) 110
Planche 11 : Eaux de surface dans la Commune d'Allada 111
Photo 4 : Défécation à l'air libre d'un enfant sur un tas d'immondice à Lissègazoun **……...115**
Photo 5 : Dépotoirs publlic et derrière une concession à Zèbou…….118

Liste des tableaux

Tableau I : Répartition des villages administratifs par arrondissement 30
Tableau II : Centres de documentation parcourus et types d'informations recueillies 58
Tableau III : Répartition de l'échantillon des ménages 61
Tableau IV : Répartition des personnes ressources 61
Tableau V : Echantillon des eaux prélevées 62
Tableau VI : Critère de qualité des eaux retenues pour la classification des échantillons analysés 64
Tableau VII : Situation des abonnés au réseau de la SoNEB dans la commune d'Allada 87
Tableau VIII : Taux de desserte par arrondissement rural dans la Commune d'Allada 91
Tableau IX : Répartition des ménages enquêtés suivant la distance parcourue pour atteindre les sources d'approvisionnement en eau à chaque saison 96
Tableau X : Prix de la bassine d'eau en fonction des saisons et des sources d'eau 99
Tableau XI : Synthèse sur la perception des populations sur les cours et plans d'eau de la Commune d'Allada 101
Tableau XII : Qualité physico-chimique des eaux de surface selon l'OMS 123
Tableau XIII : Qualité physico-chimique des eaux de surface selon la norme nationale 124
Tableau XIV : Qualité physico-chimique des eaux de forage selon la norme OMS 125
Tableau XV : Qualité physico-chimique des eaux de forage selon la norme nationale 126
Tableau XVI : Qualité physico-chimique des eaux d'impluviums selon la norme OMS 127
Tableau XVII : Qualité physico-chimique des eaux d'impluviums selon la norme nationale 128
Tableau XVIII : Qualité physico-chimique des eaux de puits selon la norme OMS 129
Tableau XIX : Qualité physico-chimique des eaux de puits selon la norme nationale 130
Tableau XX : Analyse de variance pour l'ortho-phosphate, la dureté totale, le bicarbonate et le carbonate 131
Tableau XXI : Synthèse des résultats des analyses bactériologiques sur les eaux de boisson 133
Tableau XXII: Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et les adultes par rapport à l'eau de surface (boisson) 136
Tableau XXIII: Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et les adultes par rapport à l'eau des forages (boisson) 137
Tableau XXIV: Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et les adultes par rapport à l'eau des impluviums (boisson) 137
Tableau XXV: Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et les adultes par rapport à l'eau des puits traditionnels (boisson) 138
Tableau XXVI: Test sur les coefficients obtenus pour les affections gastro-intestinales 152
Tableau XXVII: Test sur les coefficients obtenus pour les affections de shigellose 153
Tableau XXVIII: Test sur les coefficients obtenus pour les affections de choléra 154
Tableau XXIX: Test sur les coefficients obtenus pour les diarrhées fébriles 156
Tableau XXX: Test sur les coefficients obtenus pour les diarrhées avec déshydratation 157

Annexe 1
Questionnaire

Bonjour/Bonsoir. Je m'appelle SOHOUNOU Marc et je travaille dans votre village depuis 2 ans sur la Qualité de l'eau de boisson et risques sanitaire dans la Commune d'Allada. Après les entretiens de groupe que j'ai eus la fois passée, j'ai compris que les maladies hydriques constituent un problème qui a des effets sur votre vie quotidienne. Je souhaiterais faire d'abord votre connaissance. Je vous remercie d'avoir accepté de discuter avec moi et vous garantit que toutes les informations fournies seront anonymes.

Numéro du questionnaire : /__/__/__/

1. Identification de l'enquêté :

N°	Questions	Réponses	Code	Saut
Q01	Commune	Allada	1 2 3 4 5 6 7	
Q02	Arrondissement		/__/__/	
Q03	Quartier/Village		/__/__/	
Q04	Date			
Q05	Nom et Prénoms de l'enquêté(e)			
Q06	Sexe de l'enquêté(e)	Masculin(1) Féminin(2)	/__/	
Q07	Age de l'enquêté(e)	__/__/		
Q08	Profession/Occupation	Agriculteur/ Pêcheur Ménagère Commerçant Artisan Etudiant /Elève Fonctionnaire Autre (à préciser)	1 2 3 4 5 6 7 8	
Q09	Quel niveau scolaire avez-vous atteint ?	Aucun niveau Primaire Secondaire Supérieur	0 1 2 3	

2. Identification de la ressource :

N°	Questions	Réponses	Code	Saut
Q10	Quel type d'eau utilisez-vous ?	Eau courante, forage, pompe, borne-fontaine, puits traditionnel ou moderne, pluie, marigot, rivière,	1 2 3 4 5	

		trou à eau	6	
Q11	Dénomination de la ressource			
Q12	Coordonnées géographiques GPS	Latitude Longitude		

3. Caractérisation de l'utilisation de la ressource :

N°	Questions	Réponses	Code	Saut
Q13	Quels usages faites-vous des eaux de pluie ?	Boisson Lessive Vaisselle Bain Construction Autres usages Autre à préciser	1 2 3 4 5 6 7	
Q14	Quels usages faites-vous des eaux de surface ?	Domestique Agricole Industriel Loisirs Religieux Transport Autres à préciser	1 2 3 4 5 6 7	
Q15	Quels usages faites-vous des eaux souterraines ?	Domestique Agricole Industriel Loisirs Religieux Boisson Autres à préciser	1 2 3 4 5 6 7	
Q16	Existe-il une organisation mise en place autour du point d'eau ?	Oui non	1 0	
Q17	Justifier votre réponse	……		
Q18	Quels sont les structures, mission et fonctionnement de l'organisation ?	……		
Q19	L'eau est-elle disponible toute l'année ?	Oui non	1 0	
Q20	En cas de pénurie, y-a-t-il des priorités ?	Oui non	1 0	
Q21	Si oui, indiquer	……		

	ces priorités ?	……..……

4. Aspects culturels de la gestion de la ressource

N°	Questions	Réponses	Code	Saut
Q22	Existe-t-il des règles traditionnelles de gestion de la ressource dans le passé ?	Oui non	1 0	
Q23	Si oui, citez-les	……		
Q24	Observez-vous ces règles ?	Oui non	1 0	
Q25	Justifier votre réponse	……		
Q26	Qui étaient les détenteurs de ce pouvoir traditionnel ?	……		
Q27	Actuellement qui sont les détenteurs de ce pouvoir traditionnel ?	……		
Q28	Quelles sont les conséquences en cas de violation des ces règles traditionnelles ?	……		
Q29	Ces règles ont-elles perdu leur valeur de nos jours ?	Oui non	1 0	
Q30	Justifier votre réponse	……		
	Quel est le rôle de la femme dans la transmission des règles traditionnelles aux générations montantes ?	……		
Q31	L'eau est-elle un don de Dieu ?	Oui non	1 0	
Q32	Faut-il réglementer son utilisation ?	Oui non	1 0	

Q33	Pourquoi ?	……		
Q34	Faut-il la sacraliser ?	Oui non	1 0	
Q35	Pourquoi ?	……..		
Q36	L'eau peut-elle finir ?	Oui non	1 0	
Q37	La qualité de l'eau que vous utilisez pour vos différents besoins peut-elle se détériorer de votre faite ?	Oui non	1 0	
Q38	Quelle organisation faut-il mettre en place autour de l'eau	…… …….. …… ……		
Q39	Justifier votre réponse	…… ……..		

5. Conflits liés à l'utilisation de la ressource eau

N°	Questions	Réponses	Code	Saut
Q40	Existe-il des conflits d'utilisation de l'eau ?	Oui non	1 0	
Q41	Citez-les	…… ……..		
Q42	Comment se manifestent-ils au sein d'un même groupe d'utilisateur ?	…… …….. …… ……		
Q43	Existe-t-il des conflits ethniques ?	…… ……..		
Q44	Citer-les :	…… …….. ……		

6- Maladies liés à l'eau de boisson dans la commune

N°	Questions	Réponses	Code	Saut
Q45	Quelles sont les affections dominantes d'origine hydriques dans la commune	Schistosomiase Amibiase Fièvre typhoïde Paludisme Choléra Gastro-entériques Shigellose Diarrhée	1 2 3 4 5 6 7 8	

		Autre à préciser	9	
Q46	Quels sont les causes de ces maladies dans votre commune et quels sont les recours thérapeutiques ?	…… …… …… …… …… ……		
Q47	Traitez-vous votre eau de boisson ?	Aquatabs Filtrage Eau de javel Chauffage Autre à préciser	1 2 3 4 5	
Q48	Existe-il des projets qui s'occupent de l'hygiène et assainissement dans votre commune			
Q49	Si oui les quels	…….		

Annexe 2 - Grille d'observation des ouvrages d'AEP

N° Grille /…… Date et heure de l'observation /……./……..
Identification de l'ouvrage :
Type d'ouvrage : ……..
Numéro de l'ouvrage :……..……
Village/quartier……Localité……...…Arrondissement……

Paramètres d'observation	**Description**
Etat des alentours du point d'eau (FPM, BF)	
Etat de la dalle anti bourbier	
Le système de puisage est en bon état	
Etat du puits perdu	
Etat du canal de conduite du surplus d'eau	
Pratiques observées aux alentours immédiats du point d'eau	
Etat de la clôture de l'ouvrage	
Présence des animaux domestiques autour de l'ouvrage	
Enfants s'amusant aux alentours de l'ouvrage	

Annexe 3

1. Grille d'observation des usagers des ouvrages hydraulique dans la commune

N° Grille /…… Date et heure de l'observation /……./……..
Identification de la personne observée
Nom et prénoms : ……..
Sexe :……..……
Village/quartier……Localité……...…Arrondissement……

Paramètres d'observation	Description
Habits portés	
Corps physique des usagers	
Pieds nus pour accéder à la plate-forme de l'ouvrage	
Cure dents dans la bouche	
Certains usagers crachent la salive non loin de l'ouvrage	
Pratique de lessive autour de l'ouvrage	
Pratique de vaisselle autour de l'ouvrage	
Séchage du linge autour de l'ouvrage	
Etat du récipient devant servir de transport de l'eau	
Couverture du récipient au cours du transport de l'eau	

2. Grille d'observation des récipients de transport de l'eau

Paramètres d'observation	Description
Etat du récipient de transport	
Existence de couvercle	
Présence de couvercle sur le récipient	
Description du couvercle du récipient et du bol de prélèvement de l'eau	
Description de l'intérieur du récipient contenant de l'eau	

3. Grille d'observation des récipients de conservation l'eau à la maison

Paramètres d'observation	Description
Place du récipient contenant l'eau boisson dans la concession	
Etat du récipient contenant l'eau	
Environnement dans lequel se trouve le récipient contenant l'eau de boisson	
Présence de couvercle sur le récipient	
Description du couvercle du récipient et du bol de prélèvement de l'eau	
Description de l'intérieur du récipient contenant de l'eau	

Table des matières

Dédicace 3
Hommages 4
Remerciements 5
Résumé 8
Abstract 9
Liste des sigles et abréviations 10
Introduction 11
CHAPITRE I 15
CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE ET ETAT DE CONNAISSANCES 15

1.1. Cadre théorique 15

1.1.1. Etat de connaissances 15
1.1.1.1. Accès à l'eau potable, hygiène et assainissement 15
1.1.1.2 Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson 19
1.1.1.3 Maladies liées à l'eau de boisson 22
1.1.2 Problématique 24
1.1.3. Hypothèse de travail 28
1.1.4 Objectifs de recherche 29

1.2. Cadre géographique 29
1.2.1 Situation géographique et organisation administrative 29
1.2.2 Aspects physique 32
1.2.2.1 Relief 32
1.2.2.2 Climat 34
1.2.2.3 Sol 35
1.2.2.4. Végétation 36
1.2.2.5. Réseau hydrographique 39
1.2.3 Description du milieu humain et économique 41
1.2.3.1 Evolution de la population 41
1.2.3.2 Activités économiques 42
1.2.3.2.1 Agriculture 42
1.2.3.2.2. Elevage et la pêche 44
1.2.3.2.3 Transformation agricole 45
CHAPITRE II 48
CADRE CONCEPTUEL, CLARIFICATION DE CONCEPTS ET APPROCHE METHODOLOGIQUE 48

2.1. Cadre conceptuel 48

2.2. Clarification et définitions opératoires des concepts 49

2.3. Approche méthodologique 55
2.3.1. Données utilisées 55
2.3.2. Collecte des données 56
2.3.2.1. Techniques de collecte de données 56
2.3.2.1.1. Recherche documentaire 57
2.3.2.2. Enquête de terrain 58
2.3.2.2.1. Echantillonnage 58
2.3.2.2.2. Outils de collecte des données 62
2.3.3. Méthodes de traitement des données 63
2.3.3.1. Dépouillement des données collectées 63
2.3.3.2. Choix des sites, conditions de prélèvement et transport des échantillons 64
2.3.3.3. Protocole d'analyse des échantillons d'eau 65
2.3.3.3.1. Traitement statistique des données 76

2.3.3.3.2. Modèle d'analyse des résultats 80
CHAPITRE III ***82***
ETAT DES LIEUX DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE ET DE L'HYGIENE ET ASSAINISSEMENT DANS LA COMMUNE D'ALLADA ***82***
3.1. Situation de l'approvisionnement en eau potable **82**
3.1.1. Situation de l'approvisionnement en eau potable dans les arrondissements urbains de la Commune d'Allada 82
3.1.2. Situation de l'approvisionnement en eau potable dans les arrondissements ruraux de la Commune d'Allada et taux de desserte 88
3.1.3. Besoins journaliers en eau des populations **94**
3.1.4. Contraintes d'accès à l'eau dans la Commune d'Allada **95**
3.1.4.1. Accessibilité géographique 96
3.1.4.2. Contraintes financières 98
3.1.4.3. Contraintes socioculturelles (perceptions endogènes) 100
3.1.5. Sources d'approvisionnement en eau **103**
3.1.5.1. Sources d'eau moderne 104
3.1.5.2. Sources d'eaux traditionnelles et naturelles 108
3.2. Hygiène et assainissement dans la Commune d'Allada **113**
3.2.1. Evacuation des excrétas 113
3.2.2. Gestion des ordures ménagères 117
CHAPITRE IV ***121***
QUALITE DE L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE D'ALLADA ***121***
4.1. Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada **121**
4.1.1. Qualité physico-chimique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada 122
4.1.2. Qualité microbiologique de l'eau de boisson dans la Commune d'Allada 132
4.2. Evaluation des risques toxicologiques liés à l'eau de boisson 135
4.3. Evaluation des risques en 5 étapes **139**
CHAPITRE V ***146***
TYPOLOGIE DES MALADIES LIEES A L'EAU DE BOISSON ET PARAMETRES CLIMATIQUES DANS LA COMMUNE D'ALLADA ***146***
5.1. Typologie des maladies liées à l'eau de boisson dans la Commune d'Allada **146**
5.1.1. Choléra 147
5.1.2. Diarrhées (fébrile et avec déshydratation) 148
5.1.3. Shigellose 149
5.1.4. Gastro-entérites 150
5.2. Etude du rythme saisonnier entre paramètres climatiques et pathologies **151**
5.2.1. Affections gastro-intestinales 152
5.2.2 Shigellose 153
5.2.3 Choléra 154
5.2.4 Diarrhée fébrile 156
5.2.5 Diarrhées avec déshydratation 157
5.3. Les recours thérapeutiques **159**
Bibliographie ***170***
Liste de figures ***201***
Listes des photos et planches ***202***
Liste des tableaux ***203***
Annexe 1 ***204***
Annexe 2 - Grille d'observation des ouvrages d'AEP ***208***
Table des matières ***210***