Université d'Abomey-Calavi
(UAC)

Faculté des Sciences Humaines et Sociales

(FASHS)

ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE ''ESPACES, CULTURES ET DEVELOPPEMENT''

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

Spécialité : **Environnement Santé et Développement**

N° d'enregistrement/_____ /EDP/GEN





EAU DE BOISSON ET MALADIES DIARRHEIQUES DANS LA COMMUNE DE LALO AU SUD-BENIN

Thèse pour l'obtention du Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi en Géographie et Gestion de l'Environnement présentée par :

Edwige MIALO

Sous la direction de :

Mr Christophe Sègbè HOUSSOU

Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi

&

Mme Odile DOSSOU GUEDEGBE

Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

Président :	**Pr. Benoît N'BESSA**	Professeur Emérite de Géographie, Université d'Abomey-Calavi
Rapporteurs :	**Pr. Christophe Sègbè HOUSSOU**	Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
	Pr. Odile DOSSOU GUEDEGBE	Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
Examinateurs :	**Pr. Michel MAKOUTODE**	Professeur Titulaire de Santé Publique Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
	Pr. Pierre Tanga ZOUNGRANA	Professeur Titulaire de Géographie, Université de Ouagadougou (Burkina Faso)
	Pr. Richard LARRE	Professeur Titulaire de Géographie, Université de Lomé (Togo)

Date de soutenance : 14 septembre 2017

Mention : Très Honorable avec les félicitations du jury

SOMMAIRE

SOMMAIRE 2
DEDICACE 4
AVANT-PROPOS 5
SIGLES ET ACRONYMES 7
RESUME 9
ABSTRACT 10
INTRODUCTION 11
PREMIERE PARTIE : CADRES THEORIQUE, CONCEPTUEL ET APPROCHE METHODOLOGIQUE DE L'ACCES A L'EAU DE BOISSON ET PREVALENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES 14
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE ET CONCEPTUEL 15
1.1. Etat des connaissances 15
1.2. Problématique 27
CHAPITRE II : DEMARCHE METHODOLOGIQUE 34
2.1. Recherche documentaire 34
2.2. Type d'étude 34
2.3. Données 35
2.4. Collecte des données socio-anthropologiques 36
2.5. Traitement des données et analyse des résultats 42
DEUXIEME PARTIE : FONDEMENTS PHYSIQUES ET HUMAINS DE LA CARACTERISATION DE L'ACCES A L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO 58
CHAPITRE III : FONDEMENTS PHYSIQUE ET HUMAIN DE L'ACCESSIBILITE A L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO 59
3.1. Situation géographique 59
3.2. Caractéristiques physiques 60
3.3. Caractéristiques humaines 76
CHAPITRE IV : CARACTERISATION DES DETERMINANTS PHYSIQUE ET SOCIO ECONOMIQUE DE L'ACCES A L'EAU DE BOISSON 86
4.1. Critère de choix pour l'implantation d'un point d'eau souterraine 86
4.2. Sources d'eau approuvées 86
4.3. Sources d'eau non approuvées 95
4.4. Mode de gestion des infrastructures hydrauliques 101
4.5. Source d'eau et usage ordinaire dans les ménages 103
4.6. Procédés traditionnels de potabilisation de l'eau avant consommation 105

4.7. Accès à l'eau 105
4.8. Taille des ménages et volumes d'eau consommée 123
TROISIEME PARTIE : FACTEURS ASSOCIES A LA QUALITE DE L'EAU DE BOISSON ET PREVALENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES DANS LA COMMUNE DE LALO 129
CHAPITRE V : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DE BOISSON ET PREVALENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES DANS LA COMMUNE DE LALO 130
5.1. Caractéristiques d'une eau potable 130
5.2. Qualité de l'eau de boisson 132
5.3. Appréciation de la qualité de l'eau de boisson par les populations 143
5.4. Risques sanitaires liés aux paramètres physico-chimiques et bactériologiques 144
5.5. Situation sanitaire de la Commune de Lalo 147
5.6. Evolution du taux de desserte et de la prévalence diarrhéique 157
5.7. Causes et symptômes des maladies diarrhéiques 158
5.8. Circuit thérapeutique des maladies diarrhéiques 163
5.9. Mobilisation des ressources pour le traitement des maladies diarrhéiques 164
CHAPITRE VI : FACTEURS DE POLLUTION DE L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO 166
6.1. Facteurs environnementaux de la pollution de l'eau de boisson 166
6.2. Caractéristiques sociodémographiques et contexte culturel de l'accès à l'eau de boisson 174
6.3. Facteurs comportementaux 180
6.4. Distance de sécurité et risque de pollution des points d'eau 188
6.5. Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) et maladies diarrhéiques 193
6.6. Transmission et contrôle des maladies infectieuses 196
6.7. Opérationnalisation de la matrice d'appréciation 197
Conclusion partielle 199
DISCUSSION DES RESULTATS 200
CONCLUSION 205
BIBLIOGRAPHIE 210
LISTE DES FIGURES 236
LISTE DES TABLEAUX 238
LISTE DES PHOTOS 239
ANNEXES 241
TABLE DES MATIERES 267

DEDICACE

A

Olatundji, Ibukun et Omoyèlé,

Marie HOUNYETIN et Moussiliou YESSOUFOU

AVANT-PROPOS

Lalo fait partie des Communes endémiques à l'ulcère de Buruli qui est une maladie liée à l'eau. En 2008, j'ai travaillé sur cette maladie qui sévissait énormément dans cette localité. Et lors de mes investigations, j'ai remarqué que malgré le taux de desserte en eau assez élevé (60,8 %) dans la Commune, les femmes éprouvaient des difficultés pour s'approvisionner en eau de boisson. De plus, quand je consultais les statistiques sanitaires dans les centres de santé et dans le Centre de Dépistage et de Traitement de l'Ulcère de Buruli (CDTUB), j'ai constaté que les diarrhées occupaient le troisième rang des divers motifs de consultation dans la Commune. Ce sont ces raisons qui m'ont motivé à me pencher sur la thématique : ***Eau de boisson et maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo au sud-Bénin*** qui a pour but d'établir la relation entre la qualité de l'eau de boisson et les maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo.

L'aboutissement de cette recherche a été possible grâce aux efforts de plusieurs personnes que je tiens à remercier du fond de mon cœur. Que tous ceux dont les noms ne figurent pas sur cette liste veuillent bien m'en excuser.

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

Je tiens à remercier aussi tout particulièrement mon co-directeur de thèse Madame Odile DOSSOU GUEDEGBE, Professeur Titulaire des Universités du CAMES. Malgré ses différentes occupations, elle trouve toujours les mots et le laps de temps qu'il faut pour me prodiguer de judicieux conseils pour l'avancée de ce travail. Sa rigueur au travail teintée d'esprit maternel m'a toujours donné l'envie de suivre ses pas.

Au Professeur Michel MAKOUTODE, je témoigne toute ma gratitude pour avoir accepté d'évaluer le présent document malgré ses multiples responsabilités.

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

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

A Dr Roch Christian Johnson, Maitre-assistant pour son soutien, malgré ses multiples occupations, il trouve toujours le temps à consacrer à cette recherche pour qu'il connaisse son aboutissement. Je voudrais lui adresser tous mes remerciements.

A Brice TENTE Professeur Titulaire, à Moussa GIBIGAYE Maitre de Conférences, à Expédit VISSIN Maitre de Conférences, à Vincent OREKAN Maitre de Conférences, à José GNELE Maitre-assistant à Auguste HOUINSOU, Maître-assistant dont les conseils, les orientations ont contribué à l'avancée de ce projet, veuillez accepter ici l'expression de ma profonde gratitude et trouver dans ce travail l'aboutissement de ces années de durs labeurs et de conseils.

A Docteurs Gabin TCHAOU, Djafarou ABDOULAYE, Arsène AKOGNONGBE, Gervais ATCHADE, Akibou AKINDELE, Faustin ASSONGBA, Patrice BOKO, François GBESSO, Florence GBESSO, Barnabé HOUNKANRIN, Hervé KOUMASSI, Mathieu LANOKOU, Fidèle MEDEOU, Irené QUENUM, Eric SÈBO, Sèvègni TCHAOU ; aux doctorants Yvette AKPACLA, Boris AZONHE, Hermione HOUEMAVO, Edouard HOUNKPONNOU, et tous ceux dont les noms m'échappent, recevez pour votre esprit d'entraide et de soutien au quotidien mes sincères remerciements.

A tous les agents et autorités de la mairie de Lalo, les animateurs des ONG GRASID, JAE et GRAIB, les ménages, les agents de santé, les agents de la Direction Départementale de la Santé de Mono/Couffo, des services d'hydraulique villageoise, les agents du Ministère de l'Energie, de la Recherche Pétrolière et Minière, de l'Eau et du Développement des Energies Renouvelables, les agents de la DG-Eau en particulier Mr DOSSOU Martial, les agents de l'INSAE, etc. qui m'ont permis d'avoir accès aux différentes informations utilisées dans cette étude. Puisse Dieu vous combler de son infinie et incommensurable grâce.

A tous les agents techniques du Ministère de la Santé en particulier Mr Mathias FANOU, Mr Jean AGOSSOU, Mr Brice AGOSSA qui m'ont permis d'avoir au plus tôt les données nécessaires à l'aboutissement du présent document.

A mon frère Jean SODJO, mon oncle Hospice HOUNYETIN, mes cousines, cousins, ma belle famille et tous ceux qui m'ont assisté de diverses manières que ce soit, je vous remercie du fond du cœur.

SIGLES ET ACRONYMES

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

JAE : Jeunesse Action Environnementale
LACEEDE : Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Écosystèmes et Développement
LIFAD : Laboratoire d'Ingénierie de Formation et d'Assistance en Développement local
MAEP : Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
MEEH : Ministère de l'Energie, de l'Eau et de l'Hydraulique
MMEE : Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau
MEHU : Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme
MS : Ministère de la Santé
NTU : Néphélométric Turbidity Unit
OCDE : Organisation pour la Coopération et le Développement Economique
OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
ONEA : Office National de l'Eau et de l'Assainissement du Burkina-Faso
ONU : Organisation des Nations Unies
ONG : Organisation Non Gouvernementale
PADEAR : Programme d'Appui au Développement du secteur de l'Alimentation en Eau potable et de l'Assainissement en milieu Rural
PADSEA : Programme d'Appui au Développement du Secteur Eau et Assainissement
PAEB : Programme d'Assainissement et de l'Eau au Bénin
PANGIRE : Plan d'Action National de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
PAP : Programme d'Actions Prioritaires
PE : Point d'Eau
PEA : Poste d'Eau Autonome
pH : Potentiel Hydrogène
PM : Puits Moderne
PN-AEPA : Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement
PNE : Partenariat National de l'Eau du Bénin
PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement
PSI : Population Service International
RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitation
SA : Source Artésienne
SDAC : Schéma Directeur d'Aménagement Communal
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SERHAU : Service d'Etudes Régionales d'Habitat et d'Aménagement Urbain
SDH : Service Départemental de l'Hydraulique
SNIGS : Système National Intégré et de Gestion Sanitaire
SNV : Organisation Néerlandaise de Développement
SONEB : Société Nationale des Eaux du Bénin
TDS : Total de Sels Dissouts
UE : Union Européenne
UFC : Unité Formant Colonies
UNECA : Commission Economique des Nations Unies pour l'Afrique
UNFPA : Fonds des Nations Unies pour la Population
UNEP : Programme d'Environnement des Nations Unies
UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
UNICEF : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance
USGS : United States Geological Survey
VIH/SIDA : Virus de l'Immuno déficience Humaine/Syndrome de l'Immuno Déficience Acquise

RESUME

Les populations à faibles revenus ou vivant dans les milieux ruraux ne bénéficient pas toujours de services adéquats en matière d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement de base. Cette situation est source de nombreuses maladies qui fragilisent la santé des communautés rurales. Cette thèse vise à étudier la relation entre les maladies diarrhéiques et la consommation de l'eau de boisson dans la Commune de Lalo. Ainsi, la démarche suivie dans le cadre de cette étude se fonde sur la mobilisation des différentes sources d'information et l'application de méthodes de la statistique descriptive et analytique très variées. Pour ce faire, dans le cadre de cette étude, une enquête socio communautaire a été réalisée auprès de 413 ménages à l'aide des entretiens directs, semi-directs complétée par les observations de terrain. Ces données ont été complétées par 35 échantillons d'eau prélevés à la source, durant le transport et au stockage dans les arrondissements de la Commune de Lalo. Les paramètres physico-chimiques (pH, TDS, conductivité, nitrites, nitrates et l'ammonium) et bactériologiques ont été analysés dans tous les échantillons d'eau prélevés.

Le taux de desserte en eau potable dans la Commune de Lalo est de 88,3 %. Malgré ce taux largement au-dessus de la norme en milieu rural qui est 69,3 %, les populations de ladite Commune éprouvent des difficultés pour satisfaire leurs besoins en eau potable. En effet, l'une de ces difficultés est la distance parcourue par les femmes avant de s'approvisionner en eau. Ainsi, 13,2 % des ménages parcourent en moyenne plus de 1 km pour accéder à une source d'eau améliorée et 19,3 % des ménages parcourent 2 km. Cette situation contraint 43,86 % des ménages à recourir aux eaux de surface pour satisfaire leurs besoins en eau de boisson.

Sur le plan physico-chimique, tous les paramètres mesurés présentent des valeurs en dessous des normes de l'OMS et de l'ABeNor pour tous les échantillons prélevés. Du point de vue bactériologique, tous les échantillons prélevés sont pollués à la source sauf les puits artésiens. Toutefois, il a été dénombré dans l'eau des FPM la présence des coliformes fécaux et totaux et dans l'eau des AEV la présence des coliformes totaux à la source. Mais, durant le transport et à domicile, la qualité de l'eau a varié présentant des germes pathogènes qui dépassent largement les normes de l'OMS qui est de 0 UFC/100 ml. Cette pollution de l'eau est liée aux comportements des populations en matière d'assainissement et des règles simples d'hygiène. Pour cause, les conditions d'assainissement et d'hygiène dans la Commune de Lalo montrent que 68,90 % des ménages ne disposent pas de latrines pour évacuer les excréta et seulement 5 % ont prévu des puisards pour évacuer les eaux usées générées par les activités domestiques.

Toutefois, cette forte présence de germes indicateurs de pollution induit une prévalence élevée des maladies diarrhéiques dans les ménages de la Commune de Lalo. Cette prévalence est de 28,58 cas pour 1000 habitants en 2013. Donc les maladies diarrhéiques constituent d'ores et déjà un véritable problème de santé publique car la norme de l'OMS en la matière est de 0,01 cas pour 1000 habitants. Malgré qu'au cours de la même année, le taux de desserte en eau soit élevé, la prévalence également est élevée. Il convient donc de conclure que l'eau n'est pas la seule mise en cause dans la prévalence élevée des maladies diarrhéiques.

Mots clés : Eau de boisson, maladies diarrhéiques, prévalence, Lalo, Sud-Bénin.

ABSTRACT

Low-income and rural populations do not always receive adequate water and sanitation services. This situation is the source of many diseases that weaken the health of rural communities. This thesis aims to establish the relationship between diarrheal diseases and consumption of drinking water in the municipality of Lalo. The approach followed in this study is based on the mobilization of different sources of information and the application of a wide variety of descriptive and analytical statistical methods. In order to do this, a socio-community survey was conducted among 413 households using direct, semi-direct interviews supplemented by field observations. These data were complemented by 35 water samples taken at source, during transport and storage in the boroughs of the municipality of Lalo. The physic chemical parameters (pH, TDS, conductivity, nitrites, nitrates and ammonium) and bacteriological parameters were analyzed in all water samples taken.

The drinking water supply rate in the municipality of Lalo is 88.3%.In spite of this rate which is well above the norm in rural areas which is 69.3 %, the populations of the said Commune have difficulties to satisfy their drinking water needs. Indeed, one of these difficulties is the distance traveled by women before obtaining water. Thus, 13.2 % of households travel on average over 1 km to access an improved water source and 19.3 % of households travel 2 km. This situation forces 43.86 % of households to use surface water to satisfy their drinking water needs.

From the physic-chemical point of view, all measured parameters have values below the WHO and ABeNor standards for all samples taken. From the bacteriological point of view, all the samples taken are polluted at the source except the artesian wells. However, the presence of total and total coliforms and the presence of total coliforms at the source were counted in the water of the AEV. However, during transport and at home, water quality varied with pathogens well above WHO standards of 0 CFU / 100 ml. This water pollution is linked to people's sanitation behavior and simple hygiene rules. As a result, sanitation and hygiene conditions in the municipality of Lalo show that 68.90 % of households do not have latrines to evacuate excreta and only 5 % have planned sumps to evacuate wastewater generated by Activities.

However, this strong presence of indicators of pollution induces a high prevalence of diarrheal diseases in the households of the Municipality of Lalo. This prevalence is 28.58 cases per 1,000 inhabitants in 2013. Thus, diarrheal diseases are already a real public health problem because the WHO standard for this is 0.01 cases per 1000 inhabitants. Although the water supply rate is high in the same year, the prevalence is also high. It should therefore be concluded that water is not the only cause of the high prevalence of diarrheal diseases.

Key words: Drinking water, diarrheal diseases, prevalence, Lalo, South Benin.

INTRODUCTION

L'urbanisation génère de manière croissante des besoins en matière de logement décent, d'accès à l'eau potable, à l'assainissement, aux soins de santé, alors que les pouvoirs publics ne disposent pas suffisamment de moyens pour faire face à cette situation (Hartemann, 2001, Sy et Wade, 2007).

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

C'est donc pour préserver l'eau que la Communauté Internationale réunie à Mar Del Plata en 1971 a décidé de faire des années 1981-1990 la décennie Internationale de l'eau potable et de l'assainissement. Le but de cette rencontre internationale était d'élever le niveau de santé et de production des populations, de faire régresser les maladies infectieuses et parasitaires véhiculées par l'eau (Dégbey *et al.*, 2008). Ainsi, au cours de cette décennie, le gouvernement béninois s'est fixé pour objectif « l'alimentation de 80 % de la population en eau potable » (PAEB, 1992). A la fin de cette décennie, l'objectif fixé n'a pas été atteint : 58 % seulement de la population a accès à l'eau potable en zone rurale et 24 % en zone urbaine. Pour atteindre ces objectifs de vastes campagnes d'adduction d'eau et d'hydrauliques d'eau villageoises ont été menées. Il s'agissait de mettre à la disposition de la population, de l'eau potable et des dispositifs adéquats d'assainissement (MS, 2006).

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

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

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

De plus, dans l'élaboration de son Agenda National 21, le Bénin a consacré le chapitre 7 à la protection des ressources en eau ; de façon à garantir la disponibilité et la qualité de l'eau de ses ressources en eau pour assurer la sécurité sanitaire des populations (Zounon, 2010). En effet, en milieu rural en général et dans les zones humides en particulier, l'accent a été mis sur

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

Au Bénin, les maladies diarrhéiques représentent la 3ème cause de décès avec une prévalence estimée à 9 % pour 1000 habitants (EDS 2012) dans la tranche d'âge de 0 à 05 ans. Des quantités d'eau plus importantes et une réduction du risque de contamination des eaux consommées sont deux des éléments prépondérants d'une meilleure prévention du péril fécal, principal responsable des maladies diarrhéiques qui constituent un véritable problème de santé publique. Au total, un dixième des maladies au niveau mondial pourraient être évitées grâce à une amélioration de l'approvisionnement, de l'assainissement, de l'hygiène et de la gestion des ressources en eau (PNUD, 2004).

Malgré tous les efforts fournis au Bénin pour assurer l'accès à l'eau à tous, le problème de l'eau s'y pose toujours aussi bien du point de vue de la qualité que de la quantité surtout dans les milieux ruraux. La présente étude intitulée « ***eau de boisson et maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo au Sud-Bénin*** » a pour but d'analyser l'évolution des maladies diarrhéiques en relation avec l'eau de boisson dans la Commune de Lalo. Le présent document s'articule autour de six (06) chapitres répartis en trois (03) parties. La première partie présente les cadres théorique, conceptuel et approche méthodologique de l'accès à l'eau de boisson et prévalence des maladies diarrhéiques. La deuxième partie expose les fondements physique et humain de la caractérisation de l'accès à l'eau de boisson dans la commune de Lalo. Et la troisième partie analyse les facteurs associés à la qualité de l'eau de boisson et prévalence des maladies diarrhéiques dans la commune de Lalo.

PREMIERE PARTIE : CADRES THEORIQUE, CONCEPTUEL ET APPROCHE METHODOLOGIQUE DE L'ACCES A L'EAU DE BOISSON ET PREVALENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES

La première partie de cette thèse présente les généralités qui passent par l'état des connaissances et la problématique posée dans cette recherche sur l'accès à l'eau de boisson et la prévalence des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo. Afin de mener à bien cette étude, la démarche méthodologique par objectif est celle adoptée. Elle a consisté à exposer les outils de collecte de l'information utilisés dans cette recherche et les différentes techniques de traitement des données relatives à chaque objectif.

CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE ET CONCEPTUEL

Ce premier chapitre traite des généralités sur l'eau de boisson et les maladies diarrhéiques à travers la clarification des concepts liés à l'eau, l'énoncé du problème, le cadre conceptuel, les hypothèses de travail, les objectifs de recherche, ainsi que la revue de littérature qui permet de faire le point des écrits sur ce thème.

1.1. Etat des connaissances

L'eau n'est pas seulement importante du point de vue de la santé publique, elle conditionne le développement socio-économique des populations. La production agricole, l'élevage, l'industrie, le commerce et la vie quotidienne dépendent de l'accès à l'eau en qualité surtout et en quantité. Ainsi donc, pour bien appréhender les impacts de la qualité de l'eau sur la santé des populations, il a été utile de faire le point des connaissances sur la thématique dont il est question dans ce travail.

1.1.1. Clarification des concepts

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

- **Norme**

Du latin *norma*, la norme pour l'ingénieur du génie rural Tizambo (2010), est l'ensemble des mesures de référence répondant à des objectifs de qualité, de conception et à un souci d'homogénéité et/ou de comptabilité à une échelle donnée (locale, régionale, nationale ou internationale). Larousse (2003) définit la norme comme un critère, un principe auquel se réfère tout jugement de valeur moral ou esthétique.

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

- **Eau de boisson**

Selon le programme OMS/UNICEF (2013), l'accès à l'eau de boisson est un indicateur représentant la part de la population disposant d'un accès raisonnable à une quantité adéquate

d'eau potable et de bonne qualité. L'eau de boisson est donc l'eau potable disponible pour satisfaire les besoins (boisson) de la population sans risque de compromettre leur santé. Mais, le concept "eau potable" est un concept à la fois difficile à appréhender et changeant selon les sociétés, les cultures et les contextes. Gomez (2012) reconnaît que l'eau potable est une notion différente à travers le monde et le fruit d'une histoire et d'une vision culturelle locale. Cependant, toutes les tendances de définition se raccordent sur sa caractéristique de "propre à la santé humaine". L'Institut (français) de Prévention des Accidents Domestiques" (IPAD) définit l'eau potable comme une eau destinée à la consommation humaine, qui peut être bue toute une vie sans risque pour la santé. Selon Godoui (2010), l'eau potable doit être dépourvue de tout élément minéral ou organique nuisible à la santé; mais elle doit aussi répondre à certains critères qualitatifs: être incolore, fraîche, sans odeur ni goût (ou avoir éventuellement une légère saveur due à des sels minéraux). Si la présence dans l'eau potable de certains éléments minéraux est en effet souhaitable, l'excès d'autres, comme le calcium, peut être gênant ou même nocif, comme le sont les ions de fluor, de plomb ou d'arsenic. De plus, l'eau potable fait donc appel à la notion des demandes en eau qui représentent les réalités (quantités utilisées), interactives et les offres (de la nature ou de distributeur intermédiaire). Elles peuvent être supérieures aux besoins en cas d'offre surabondante et très facilement accessible (favorisant le gaspillage) ou inférieures aux besoins en situation de pénurie (offre chère). Dégbey *et al.(*2008) la définit comme une eau devant satisfaire à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. Ainsi donc, elle doit être raisonnablement minéralisée, incolore et limpide, assurer de ne pas nuire à la santé, et de ne pas avoir ses qualités altérées par le temps ou les conditions de transport (Tizambo, 2010).

En effet, du latin *qualitas*, de *qualis*, la qualité se définit dans le larousse (2003) comme la manière d'être, bonne ou mauvaise, de quelque chose. On définit généralement la qualité de l'eau au moyen d'un ensemble de limites supérieures et inférieures qui sont appliquées à partir de certains indicateurs de performance (Maier, 1999). Une dégradation de la qualité de l'eau peut donc être définie comme un dépassement d'un ou de plusieurs indicateurs de qualité de l'eau par rapport à certains règlements ou, en l'absence de réglementation, comme un dépassement des lignes directrices ou des limites que l'on s'impose pour répondre aux besoins de la clientèle (Sadiq *et al.,* 2004). Selon le guide pratique pour les intervenants en milieu rural (2001), la qualité de l'eau se définit par une eau exempte de substances toxiques et de quantités excessives de matières minérales ou organiques. Au Bénin, selon la loi cadre portant Code d'Hygiène Publique en République du Bénin (1987) la qualité de l'eau est l'ensemble

des propriétés physiques, chimiques, biologiques et organoleptiques qui rendent l'eau apte à l'utilisation à laquelle elle est destinée. En se référant à ces notions, il est retenu dans le cadre de cette étude comme eau de boisson toute eau utilisée par les populations de la Commune de Lalo à des fins de boisson. Il s'agit de l'eau provenant des Adductions d'Eau Villageoises (AEV) reliées aux Bornes Fontaines (BF), des Puits Modernes (PM), des Forages équipés de Pompe à Motricité humaine (FPM), des Postes d'Eau Autonome (PEA), des puits traditionnels, des rivières, des bas-fonds.

- **Approvisionnement en Eau Potable (AEP)**

C'est l'ensemble des équipements, des services et actions qui permettent, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuée ensuite aux consommateurs (Togbé, 2003). Selon Tizambo (2010), c'est un ensemble d'opérations permettant de mobiliser une ressource en eau, si nécessaire la traiter qualitativement pour la rendre propre à la consommation humaine et transporter en divers points de consommation publics ou privés. Ceci fait également appel aux dispositifs permettant de fournir l'eau dans une communauté. Selon Larousse (2003), approvisionner c'est fournir, pourvoir, mettre à la disposition de quelque chose ou de quelqu'un ce qui lui est nécessaire (vivres, matériels, énergies, etc.).

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

- **Assainissement**

L'assainissement est l'opération destinée à combattre l'ensemble des facteurs qui dans le milieu physique de l'individu sont susceptibles d'influer défavorablement sur son bien-être physique, mental et social (Gomez, 2012) Selon le Larousse (2003), l'assainissement est un ensemble de techniques de collecte, de transport et de traitement des eaux usées et pluviales et des déchets solides d'une agglomération (assainissement collectif), d'un site industriel ou d'une parcelle privée (assainissement autonome) avant leur rejet dans le milieu naturel. L'élimination des boues issues des dispositifs de traitement fait partie de l'assainissement (normes OMS, 1986). Pour Godoui (2012) dans le contexte de la gestion de l'eau, l'assainissement comprend la collecte des eaux usées et pluviales et leur acheminement vers une station d'épuration ou leur rejet extérieur ; le traitement des eaux usées, comportant en général un étage mécanique, un étage biologique et une décantation ; le traitement et

l'évacuation des boues, afin de les rendre acceptables pour le milieu extérieur (décharge) ou utiles à l'agriculture (épandage).

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

- **Santé**

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

- **Maladies diarrhéiques**

Les maladies diarrhéiques sont connues depuis les civilisations anciennes (Galien, 1854). La connaissance de leurs caractéristiques remonte à la haute antiquité grecque où elles étaient

considérées comme étant «...des selles liquides et copieuses se faisant à courts intervalles» (Cocheton *et al.*, 1987). Longtemps décrite comme l'émission fréquente de selles trop liquides, la diarrhée s'avère aujourd'hui beaucoup plus difficile à définir tant les critères proposés varient selon les objectifs des études (Buisson, 2001; Woldemicael, 2004). Toutefois, en partant des signes cliniques, la diarrhée se définie par la survenue inopinée, chez un individu en bonne santé, d'un nombre élevé d'émission fécale (plus de trois selles par jour), les selles étant de consistance anormale (liquide ou molle) et en quantité abondante. Selon l'OMS (2006) la diarrhée, est l'émission de selles molles ou liquides, au moins trois fois en 24 heures. Cependant, c'est la consistance plutôt que le nombre de selles qui importe le plus. L'émission fréquente de selles moulées ne traduit pas une diarrhée (OMS, 2013) Toujours selon le même auteur, le diagnostic de diarrhées aiguës est retenu s'il y a une émission de selles trop fréquentes, trop abondantes, de consistance anormale (liquides ou très molles), et de poids supérieur à 300g/j. Ces selles sont parfois mêlées à des émissions glaireuses ou sanguinolentes, et associées ou non à un authentique syndrome dysentérique avec les faux besoins, ténesmes et coliques.

Le SNIGS (2013) classe sous ce vocable tous les cas de choléra, de shigellose, de diarrhées fébriles, d'autres diarrhées et d'affections gastro-intestinales. Les noms utilisés dans les formations sanitaires sont les suivantes le Choléra, la Diarrhée fébrile, diarrhée avec déshydratation et les autres diarrhées. La diarrhée peut être causée par un virus, surtout le *Rotavirus* qui constitue 80 % des causes de diarrhées virales; par une bactérie, surtout *E coli, vibrio cholerae, shigella, salmonella* ; par un parasite ou par un champignon. Les formes considérées dans cette étude sont les diarrhées fébriles, le choléra et les affections gastro-intestinales.

Dans le cadre de cette étude, la Diarrhée avec déshydratation est toute diarrhée (émission de plus de 3 selles liquides pendant plus de 24 heures) quelle qu'en soit l'étiologie, à l'exclusion du choléra et de la diarrhée fébrile. Les diarrhées parasitaires (amibiases ou autres parasitoses) sont aussi à classer dans cette rubrique.

- **Morbidité diarrhéique**

La morbidité se définit comme la fréquence des maladies au sein d'une population. Selon l'OMS (2013), la morbidité est définie comme « tout écart subjectif ou objectif par rapport à l'état de bien-être physiologique ». C'est en d'autres termes l'ensemble des états (maladies) de l'organisme qui ne permettent pas son ajustement et son fonctionnement adéquat compte

tenu des conditions génétiques et endogènes et des facteurs de l'environnement. Comme « état ou maladie ».

Cette étude porte donc sur la diarrhée qui est une maladie infectieuse. C'est une maladie infectieuse qui se manifeste par des écoulements fréquents de selles liquides, pâteuses ou glaireuses. Elle concerne les cas d'épisodes de diarrhée survenus au cours des dix dernières années (2004-2013) au sein de la population.

1.1.2. Revue de littérature

Il existe une bibliographie riche sur les questions relatives à la qualité, à l'approvisionnement et à la gestion de l'eau. Certains écrits ont été exploités dans le cadre de la revue de littérature à travers trois thématiques que sont : les déterminants physiques et socioéconomiques de l'accès à l'eau de boisson, la qualité de l'eau et prévalence des maladies diarrhéiques, et enfin les facteurs de pollution de l'eau de boisson.

- **Déterminants physiques et socioéconomiques de l'accès à l'eau de boisson**

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

Bricout (1988) s'est intéressé à l'accès à l'eau potable dans les villes de l'Afrique de l'Ouest. Il a comparé les problèmes de mobilisation et d'adduction que connaissent Ouagadougou et Abidjan. De cette comparaison, il ressort que les responsables du secteur eau doivent faire face à de nombreuses difficultés pour assurer une desserte adéquate des populations en eau potable. Ces difficultés sont liées pour la plupart au substratum géologique des territoires, à l'accroissement démographique, à la pollution et la mauvaise gestion des ressources en eau disponibles.

Baechler (2012) dans son article sur la bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable pense que la disponibilité de l'eau est fonction de paramètres très contextuels, mélange de caractéristiques géophysiques, climatiques, démographiques et socio-économiques, qui contribuent à faire de l'eau une ressource extraordinairement mal répartie dans le monde et dont la gestion repose sur des paramètres essentiellement locaux.

Agossou (1996) et Guidigbi (2010) dans leurs étude sur la problématique de l'eau potable dans l'Arrondissement d'Allada centre ont montré que la Commune d'Allada est hydro géologiquement difficile et se trouve par conséquent confronter aux problèmes de la

disponibilité de l'eau potable. Face à cette contrainte, les populations ont développé des stratégies d'adaptation d'approvisionnement en eau qui sont fonction des saisons sèches et pluvieuses.

Dos Santos (2003) dans ses recherches sur l'accès à l'eau et enjeux socio-sanitaires à Ouagadougou-Burkina Faso a trouvé que la corvée d'eau et les coûts d'accès réduisent la quantité et la qualité de l'eau disponible pour les usages domestiques.

Brooks, Rached et Saade, (1997), ont écrit que les premières étapes de la gestion de l'eau sont généralement axées sur l'amélioration de l'approvisionnement qui consiste à développer des technologies et des infrastructures pour répondre à l'accroissement de la demande. La conception de l'amélioration de l'approvisionnement a souvent considéré la demande simplement du point de vue des besoins à satisfaire. Il est évident que la demande, qui est fonction des besoins, comportements et valeurs humaines et de la manière dont les sociétés fonctionnent et s'organisent, représente un enjeu beaucoup plus complexe que l'approvisionnement.

Etienne *et al.* (1998) ont étudié la demande en eau potable des populations d'Afrique Subsaharienne à faible revenu. Ils ont constaté qu'une augmentation du prix de 100 francs CFA du m^3 d'eau fait diminuer la consommation à 2,5 litres/pers/j. La distance à parcourir pour s'approvisionner en eau influence également la consommation qui décroît faiblement à partir de 250 mètres. Dans le même sens, Soglo *et al.* (2001) dans leur article sur la détermination de la demande d'eau potable par la création d'un marche fictif base sur le consentement à payer : cas de la ville de Cotonou au Bénin, ont écrit que le volume consommé dépend également de la distance du domicile par rapport au point d'approvisionnement qui est elle aussi significativement différente de zéro. Ainsi, plus le point d'approvisionnement est éloigné, moins le ménage consomme d'eau. Un calcul à partir de la moyenne de l'échantillon permet de voir que si le point d'approvisionnement en eau s'éloigne davantage de 20 mètres, la consommation d'eau baisse de 7 l/j/ pers.

Jaglin *et al.* (1998) ont étudié la demande en eau potable dans les petits centres urbains et villes de quelques pays africains : Burkina Faso, Sénégal, Guinée, Guinée Bissau, Mali, Tchad, Zambie, Namibie, Bénin. La demande appréhendée au travers d'enquêtes dans les ménages a fait apparaître en premier lieu que la concurrence des sources d'approvisionnement gratuites peut mettre en péril la rentabilité financière et les bénéfices sanitaires de points d'eau

collectifs payants dont l'usage ne s'impose pas d'emblée, et qu'en second lieu, la qualité des services offerts conditionne la demande.

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

Dans la Commune de Lalo l'aspect géologique qui rend difficile l'accès à l'eau surtout en saison sèche n'est guère pris en compte. Donc, le présent travail s'est chargé de combler ce vide en analysant les déterminants physiques et socioéconomiques de l'accès à l'eau potable dans cette Commune.

- **Qualité de l'eau et prévalence des maladies diarrhéiques**

L'absence ou la rareté de l'eau est à l'origine de nombreuses pathologies. L'eau est donc un vecteur de nombreux parasites, bactéries ou virus. Plusieurs études sont faites sur la morbidité diarrhéique et l'environnement mais très peu sur la relation entre l'eau de boisson et la prévalence diarrhéique.

Pour les auteurs Tony et Maude (2010), Marie-Line, Patrick et Manuel (2005), Wright *et al.* (2004), la qualité de l'eau de boisson dans les ménages dépend du niveau d'hygiène et d'assainissement de ceux-ci. De même, les types de toilettes utilisés et le mode de gestion des déchets sont aussi liés aux caractéristiques socio-économiques des ménages, ce qui affecte directement la qualité de l'eau consommée.

Edorh, Boko, Elégbédé *et al.* (2011) en axant leurs études sur la qualité de l'eau des nappes et son impact sur la santé des populations à Kérou ont montré à travers les analyses bactériologiques et physico chimiques de l'eau que la pollution chimique (nitrate, nitrite, ammonium, fer) et la pollution bactériologique (coliformes et streptocoques fécaux) sont

observées dans les puits alimentés par la nappe superficielle (nappe phréatique). Les origines de la pollution seraient dues aux fertilisants utilisés dans les champs de coton ou pourraient provenir d'une contamination par infiltration des matières organiques humaines et animales. Les auteurs ont conclu à l'issu de leur étude que les eaux de puits, de surface sont impropres à la consommation et que les facteurs de pollution à Kérou, seraient probablement liés à l'absence de dispositifs d'assainissement appropriés, au manque de systèmes adéquats de protection des puits, au mode de puisage, au mode de transport et de stockage de l'eau ou à défaut de collecte des ordures ménagères.

Pour les auteurs comme l'OMS (2004 et 2005), Kaoruko *et al.* (2008), les maladies diarrhéiques sont dues principalement à un accès limité, au traitement inadéquat de l'eau de boisson des ménages et au manque de pratiques appropriées de stockage de l'eau avant sa consommation. Ils renchérissent qu'une proportion élevée de ces maladies diarrhéiques (88 %) est imputable à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse dans le monde. Toujours dans le même sens, Dégbey *et al.,* (2008) affirment que l'amélioration de la qualité de l'eau de boisson, de l'assainissement et de l'hygiène personnelle permettra de réduire considérablement la propagation des maladies infectieuses à transmission hydrique et de plusieurs autres maladies. Plusieurs facteurs pouvant influencer la qualité de l'eau ont été appréhendés. Ces principaux facteurs sont la nature, l'origine et l'environnement du récipient, le standing de l'habitation, la durée de stockage, la caractérisation de la prise d'eau, les conditions de transport (récipient et distance parcourue).

Ainsi, Ngnikam (2007) dans ses recherches au Cameroun en utilisant la méthode éco systémique de la santé humaine, a en premier lieu, confirmé que les analyses réalisées sur des échantillons d'eau prélevés ont montré que l'eau subissait une dégradation importante de sa qualité. Le standing de l'habitation influence énormément la qualité de l'eau. L'idée faite est que les habitations de bas standing ne peuvent avoir que de l'eau de mauvaise qualité car les habitants de ce type d'habitation n'ont pas les moyens d'avoir l'eau de bonne qualité. Donc l'eau potable est l'affaire de classe sociale en l'occurrence celle des riches.

L'étude faite par Empereur-Bissonet *et al.* (1992) sur l'application d'un nouveau matériel de transport de stockage pour l'amélioration de la qualité de l'eau de boisson en milieu rural africain ont prouvé que l'eau potable à la source, est souillée dans 38 % des canaris de transport, dans 62 % des jarres de stockage et dans la totalité des calebasses de prélèvement.

Ce qui est remarquable, c'est qu'ils ont quantifié la part et le degré de pollution de chaque mode de prélèvement, de transport et de conservation de l'eau de consommation. Toujours dans le même sens, Ngnikam (2007) a montré que les sceaux non couverts semblent être plus exposés que les bidons et les bouteilles. Les filtres semblent être un des meilleurs outils pour conserver de l'eau dans les domiciles. Tout comme les récipients, le lieu de stockage de l'eau influence la détérioration de sa qualité. Le stockage au sol est plus risqué qu'en hauteur. En effet, au sol, plus de 60 % des échantillons d'eau sont de mauvaises qualités, tandis que sur une étagère, plus de la moitié des échantillons d'eau analysés sont de bonne qualité. Cette altération de la qualité de l'eau contribue à la prévalence élevée des maladies diarrhéiques.

Pour Well (1998) dans son étude réalisée sur l'impact de l'amélioration du service de l'eau sur la diarrhée en Afrique de l'Est, précise que la diarrhée est le plus important problème de santé publique lié à la qualité de l'eau. Et, en ce qui concerne la diarrhée, la diminution de la morbidité (incidence et la prévalence) était de 25 % si on améliorait l'accès à l'eau, de 22 %, si on améliorait l'évacuation des excréments et de 16 % si on améliorait la qualité de l'eau. Mais, il précise que les effets ne sont pas cumulatifs puisque l'amélioration n'est que de 37 % si on améliore à la fois l'accessibilité et la qualité de l'eau (au lieu théoriquement de 41%). Toujours dans le même sens, Gundry *et al*. (2004) écrivent que l'amélioration de la qualité de l'eau de boisson permettrait de réduire les risques de maladies infectieuses à transmission hydrique. Selon l'OMS (2005), aussi écrit que l'amélioration de la qualité de l'eau de boisson ferait reculer de 6 % à 25 % la morbidité attribuable aux maladies diarrhéiques.

Esrey (1996), dans une étude pluriethnique (Burundi, Ghana, Togo, Uganda, Sri Lanka, Maroc, Bolivie et Guatemala), trouve que l'amélioration de l'assainissement est plus bénéfique que l'amélioration de la qualité de l'eau. Contrairement à Esrey, Wibowo et Tisdell (1993) en Indonésie, apportent des preuves supplémentaires de l'importance d'une amélioration de la qualité de l'eau et de l'assainissement sur la morbidité due aux maladies transmises, plus particulièrement les maladies diarrhéiques. Mais tous ces auteurs notent que l'augmentation de la quantité disponible et celle de la qualité de l'eau sont des facteurs plus importants pour la santé que le contrôle de l'élimination des excréments.

Jaglin *et al.* (1998) écrivent qu'au Bénin, les femmes et les enfants qui vont prendre l'eau à un point d'eau la transporte dans des bassines ou récipients sans couvercles, l'exposant ainsi à des risques de pollution et d'altération. Ces réserves d'eau sont le plus souvent stockées à même le sol, ce qui affecte leur qualité. Ainsi, l'altération de la qualité de l'eau entraîne une

fréquence élevée des maladies diarrhéiques. Les maladies liées à la contamination de l'eau de boisson représentent donc une charge considérable pour l'humanité. Les interventions visant à améliorer la qualité de l'eau de boisson apportent des bénéfices notables en matière de santé. Il était donc important, non seulement de mettre à la disposition des populations des équipements d'approvisionnement en eau potable, mais aussi de promouvoir l'éducation sanitaire pour éviter la pollution de l'eau.

Tous ces auteurs ont mis l'accent sur la qualité de l'eau et la fréquence des maladies liées à l'eau dans plusieurs communes du Bénin et villes d'Afrique. Ils ont aboutit à la conclusion que les comportements à risque de contamination de l'eau sont recensés aux étapes de transport et de conservation de l'eau dans les domiciles et également liés aux activités pratiquées par les populations. Ces pratiques favorisent la recrudescence des cas de diarrhées enregistrés dans ces zones géographique. Mais, dans cette pluralité de documentation sur la relation entre la qualité de l'eau et la prévalence des maladies diarrhéiques, très peu ou pas du tout ne s'est intéressé à la situation réelle dans la Commune de Lalo. Ce qui suscite donc l'attention dans ce document.

- **Facteurs de pollution de l'eau de boisson**

Les facteurs démographiques et économiques influencent la qualité de l'eau de consommation. Ces différents paramètres agissent sur la qualité de l'eau de boisson consommée et ont un effet sur les facteurs environnementaux. Ces facteurs ont un impact sur la qualité de l'eau de boisson à la source pendant le transport comme dans le ménage.

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

Papa *et al.(*2010), dans leurs documents sur la qualité de l'eau de consommation des ménages : analyse et plan d'action en zone rurale sénégalaise identifient les facteurs tels que la source d'eau elle-même, le mode d'évacuation des excréta et la distance entre la source d'eau et le ménage qui ont une influence sur la qualité de l'eau de boisson. Les comportements à risque de contamination de l'eau sont recensés sur les étapes de transport et de conservation de l'eau dans les domiciles. A la source, l'eau n'est pas souvent polluée. Mais, elle devient vite polluée lors du transport et au stockage à domicile. A l'étape du transport les ménages ne couvrent pas le récipient servant au transport de l'eau. L'eau ainsi recueillie est souvent stabilisée lors du transport par des branchages ou des toiles cirées qui participent à sa pollution. En effet, la

corvée de l'eau est souvent réservée aux enfants, qui ne mesurent toujours pas les risques que représentent leurs comportements sur l'eau. Par contre, dans le ménage, la pollution de l'eau provient des utilisations que font les habitants de l'eau. Ainsi, Il est distingué les eaux vannes (eau des toilettes) et les eaux ménagères (eau de lavages).

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

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

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

Les résultats trouvés par Dégbey *et al*, (2008), dans leurs études faites sur la qualité de l'eau de puits dans la Commune d'Abomey-calavi, révèlent que la pollution biologique est liée aux déjections animales et humaines. Ils précisent aussi que les points d'eau sont le plus souvent implantés près des concessions où les animaux et les enfants prennent ces points comme lieu de refuge. Cependant, la qualité microbiologique de l'eau de boisson peut se détériorer au cours du puisage, du transport et du stockage domestique. La pollution de l'eau tant au cours

du stockage que du prélèvement pour la consommation est liée aux précautions prises pour assurer l'hygiène : propreté du récipient de stockage et du gobelet de prélèvement, propreté des mains des utilisateurs, propreté de l'environnement domestique, rythme de renouvellement de l'eau stockée.

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

1.2. Enoncé du problème

L'eau est une ressource aussi précieuse que vitale et les hommes doivent en disposer en quantité et en qualité. L'accès à une eau de boisson saine est incontestablement bénéfique pour la santé, un impératif d'équité et une nécessité de développement socio-économique. Sur le plan international, l'eau demeure au cœur de nombreux débats puisque près de 2,6 milliard d'êtres humains dans le monde n'ont toujours pas accès à un système d'approvisionnement en eau amélioré capable de fournir au moins 20 litres d'eau salubre par personne et par jour (OMS/UNICEF, 2015); et 2,4 milliards ont une forme quelconque d'infrastructure d'assainissement améliorée. (OMS/UNICEF, 2015). C'est l'Afrique sub-saharienne qui enregistre l'un des pourcentages de non accès à l'eau potable les plus importants au monde avec 44 % de la population du sous-continent. Dans ce contexte, les ménages utilisent plusieurs modes d'approvisionnement en eau en fonction de la saison et du prix (OMS, 2010).

Même, lorsqu'elle est accessible, l'eau est souvent sujette à une contamination chimique (Copeland *et al.,* 2009) et/ou bactériologique (Dégbey *et al.,* 2009). La contamination fécale de l'eau de consommation est d'origine humaine ou animale, directe ou indirecte (Besancenot *et al.,* 2004). L'utilisation d'une telle eau comme boisson peut être à l'origine de nouveaux cas d'infections. Les agents pathogènes en cause sont des bactéries, des virus et des protozoaires (Saunders *et al.,* 2009). Ils peuvent provoquer des maladies de gravité variable, de la gastro-entérite bénigne à la dysenterie, à l'hépatite ou à la fièvre typhoïde, voire à la diarrhée sévère et parfois mortelle (Dégbey *et al.,* 2008). La diarrhée occupe donc un rang

élevé parmi les causes de décès et de maladies, entrainant environ 4 milliards d'épisodes morbides chaque année (OMS, 2007).

Le manque d'accès a une eau de boisson sure, allié a un assainissement insuffisant et au manque d'hygiène, est un facteur qui contribue largement aux 5 millions de décès par an et aux 1,8 millions de personnes qui meurent chaque année des suites de diarrhée dans la plupart des pays en développement (Banque Mondiale 2012). En effet, l'OMS (2013) estime qu'il y a 0,75 cas de diarrhée par personne au monde, chaque année en Afrique, principalement à cause de l'accès limité à l'eau et à l'assainissement. Ce taux varie selon les régions. L'Afrique sub-saharienne a le taux annuel le plus élevé, avec 1,29 cas par personne. Ce taux en Europe et aux États-Unis est respectivement de 0,18 et 0,07 cas par personne par an (Lewis *et al*., 2007). Cette situation est si importante qu'elle constitue une préoccupation majeure pour l'OMS et la communauté internationale pour qui la réduction de l'incidence des diarrhées et autres affections diarrhéiques aurait un effet bénéfique pour le développement des Etats (GWP, 2000). Selon l'Organisation mondiale de la santé, la diarrhée peut prendre quelques formes cliniques que sont les gastroentérites virales, les gastroentérites parasitaires, les gastroentérites bactériennes, les toxi-infections alimentaires, le choléra, la dysenterie et la fièvre typhoïde (OMS/UNICEF, 2014). La diarrhée est un symptôme très commun à plusieurs affections gastro-intestinales et très dangereuse chez l'enfant. Elles comprennent entre autres, les gastroentérites, les toxi-infections alimentaires, le choléra et la dysenterie. Elle peut être causée par un virus, surtout le *Rotavirus* qui constitue 80 % des causes de diarrhées virales, par une bactérie, surtout *Ecoli*, *vibrio cholerae*, *shigella*, *salmonella*, par un parasite ou par un champignon (OMS/UNICEF, 2014). Les maladies diarrhéiques constituent donc une catastrophe sanitaire en raison des nombreux impacts tant économiques, que sociaux qu'elles engendrent (OCDE, 2004).

Dans les communautés rurales au Bénin, le problème de l'eau demeure toujours au centre des préoccupations, tant pour les autorités locales que pour les autorités centrales. Les infrastructures hydrauliques et d'assainissement contribuent à l'amélioration du cadre de vie des populations. Mais, pour l'implantation de ces ouvrages, les communautés bénéficiaires ne sont pas suffisamment associées, ni suffisamment préparées à leur entretien. Cette situation se traduit par une insuffisance d'appropriation et de la gestion des équipements par les populations avec comme conséquence, l'abandon des ouvrages en cas de panne (DG-Eau, 2006). Toutefois, bien que n'étant pas particulièrement critique, la situation de l'eau potable en

milieu rural au Bénin nécessite, tout de même, une certaine vigilance des décideurs nationaux de ce secteur. Elle laisse distinguer deux grands aspects : la construction des ouvrages hydrauliques et la stratégie de leur gestion (DG-Eau, 2006). La faible maîtrise de la gestion des ouvrages de distribution d'eau potable explique en grande partie le faible accès à l'eau potable des populations béninoises (CAE, 2010). La situation dans les zones rurales est encore plus préoccupante.

Malgré la construction de nombreux forages censés pallier le manque d'eau potable dans les zones rurales, force est de constater que de nombreux ménages n'ont pas accès à l'eau potable. Ceci en raison de la vétusté des ouvrages réalisés (Houéha, 2007). Cette situation conduit à la mise hors service de nombreux ouvrages d'alimentation en eau potable en milieu rural (Hounmènou, 2003, FAO, 2006). Du coup, les populations consomment les eaux fluviales souillées par des excréments humains (ABMS/PSI, 2010). A cette faiblesse s'ajoutent les pratiques provenant des populations que sont le manque ou l'insuffisance de mesures d'hygiène qui ne garantissent pas la potabilité à l'eau (ABMS/PSI, 2010).

Au Bénin, la qualité de l'eau est souvent détériorée à cause de la méconnaissance des règles d'hygiène et l'usage de récipients inadaptés, ouverts et sans protection. Ce qui constitue le nœud même de la morbidité élevée des maladies diarrhéiques dans les milieux ruraux. (CEBENOR, 2001, MS, 2002). La conséquence, de cette situation est la prévalence élevée des cas de maladies diarrhéiques au sein des communautés (EDS b 2006). Les enfants de moins de 5 ans continuent de mourir de maladies évitables comme le paludisme, la diarrhée, les Infections Respiratoires Aiguës (IRA), la rougeole, et la malnutrition qui elle, intervient en toile de fond, constituant une cause sous-jacente de mortalité (EDS, 2006). Ainsi, selon les statistiques sanitaires de 2006, les maladies diarrhéiques représentent la 3^{è} cause de décès avec une prévalence estimée à 9 % et sa létalité est plus élevée parmi la tranche d'âge de 0 à 11 mois où elle est de 37 %. (EDS, 2006).

La présente recherche sur l'accès à l'eau de boisson est étudiée dans la Commune de Lalo afin d'analyser la relation entre la consommation de l'eau de boisson et la prévalence des maladies diarrhéiques. Dans cette Commune, bien que la couverture en eau potable soit de 88,3 % en 2013 (DG-Eau, 2014), les populations éprouvent d'énormes difficultés pour la satisfaction de leurs besoins en eau de boisson car l'eau n'est pas toujours disponible surtout en saison sèche.

S'il est donc admis que l'accès à l'eau de boisson influence la réduction des maladies diarrhéiques, il convient de poser certaines interrogations essentielles. Comment

l'amélioration de la qualité de l'eau influence-t-elle l'évolution des maladies diarrhéiques ? Telle est la question fondamentale de cette recherche. Plusieurs autres questions secondaires sont posées.

- Quels sont les déterminants physiques, humains et socio-économiques qui conditionnent l'accès à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo ?

- la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson influence-t-elle la prévalence des maladies diarrhéiques dans le secteur d'étude ?

- quels sont les facteurs de pollution de l'eau de boisson dans la commune de Lalo ?

Ce questionnement constitue le fondement de ce travail de recherche qui porte sur « ***Eau de boisson et maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo au Sud-Bénin*** **».**

1.2.1. Justification du choix du secteur de recherche

La Commune de Lalo est située à cheval sur le plateau d'Aplahoué et dans la dépression de Tchi. Cette dépression présente de contraintes géologiques qui ne facilitent pas la réalisation de puits par les populations elles-mêmes. Les propriétés physiques des sols de la dépression des Tchi sont faibles. Leur perméabilité est moyenne en surface et faible en profondeur. Leur réserve hydrique également est faible. Ce facteur limite déjà la disponibilité de l'eau surtout en saison sèche. Le contraste observé dans la topographie de la Commune de Lalo représente la toute première difficulté qui conditionne la disponibilité de l'eau, Amoussou (2010) et Godui (2012). Cette situation fait que les populations doivent attendre la réalisation des ouvrages hydrauliques par les institutions chargées de le faire ou par des ONG. De plus, les seuls ouvrages réalisés demeurent les forages et les bornes fontaines.

Certes, la Commune de Lalo dispose de nombreux forages dont chaque arrondissement est bénéficiaire. Mais, ses populations rencontrent d'énormes difficultés dans la satisfaction de leurs besoins en eau potable. Car sur un total de 382 points d'eau réalisés, 296 sont fonctionnels soit 76,48 % pour un besoin estimé à 387 en points d'eau. Ces chiffres montrent un déficit de 86 points d'eau à réaliser avant de couvrir les besoins en eau des 96 705 habitants que comptent la Commune (INSAE, 2011).

Le taux de panne des ouvrages hydrauliques de toute la Commune est estimé à 19,72 %. Mais, ce taux cache bien des disparités suivant chaque arrondissement. Il taux évolue jusqu'à près de 32 % (DG-Eau, 2014). Du coup, le fleuve Couffo constitue une source alternative d'approvisionnement en eau dans cette Commune et surtout dans certains arrondissements

(Azonhè, 2005). Alors que les méthodes de traitement de ces eaux sont très peu efficaces et n'ont aucun effet sur la qualité biologique mais limitent seulement la consommation des particules en suspension.

La consommation d'une telle eau, dans la Commune de Lalo est à l'origine de la prévalence élevée des maladies diarrhéiques observée. Le taux de prévalence de 2004 à 2013 a varié jusqu'à 34 cas pour 1000 habitants (SNIGS, 2013). La diarrhée représente donc dans cette zone géographique un réel problème de santé publique.

C'est donc un milieu de vie relativement difficile qui soumet les populations à la recrudescence de maladies d'origine hydrique due au manque d'eau potable et d'infrastructures d'assainissement. Voilà donc autant de raisons qui ont justifié le choix de ce secteur pour la présente recherche. Mais, il est important de notifier que la présente étude s'est faite uniquement sur les maladies diarrhéiques. C'est pour vérifier tous ces constats que des hypothèses ont été émises et des objectifs fixés.

1.2.2. Hypothèses de recherche

La qualité de l'eau est un facteur déterminant de l'évolution des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo, telle est l'hypothèse générale qui sous-tend cette étude.

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

- les déterminants physiques (géologique, climats, pédologie…) et socioéconomiques (croissance de la population, activités économiques, la capacité financière…) limitent l'accès à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo ;
- la consommation d'eaux polluées pour la boisson entraîne une prévalence élevée des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo ;
- les pratiques et comportements des populations affectent la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson dans la Commune ;

1.2.3. Objectifs de l'étude

L'objectif général de cette recherche est d'étudier l'évolution des maladies diarrhéiques en relation avec l'eau de boisson dans la commune de Lalo au Sud-Bénin.

De façon spécifique, il s'agit de :

- caractériser les déterminants physique et socio économique de l'accès à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo ;

- déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson et la prévalence des maladies diarrhéiques dans le secteur d'étude ;

- Analyser les facteurs de pollution de l'eau de boisson dans la commune de Lalo.

1.2.4. Cadre conceptuel des maladies diarrhéiques

Le cadre schéma conceptuel de l'étude permet de mieux appréhender les relations qui existent entre l'eau de boisson et les maladies diarrhéiques. Ainsi, pour comprendre la prévalence des maladies diarrhéiques, les comportements des populations en matière d'hygiène et d'assainissement qui interagissent sur la qualité de l'eau de boisson et sur l'évolution des maladies diarrhéiques, le présent cadre conceptuel a été élaboré (figure 1). Il prend en compte les facteurs comportementaux et la croissance démographique qui impactent la prévalence des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo.

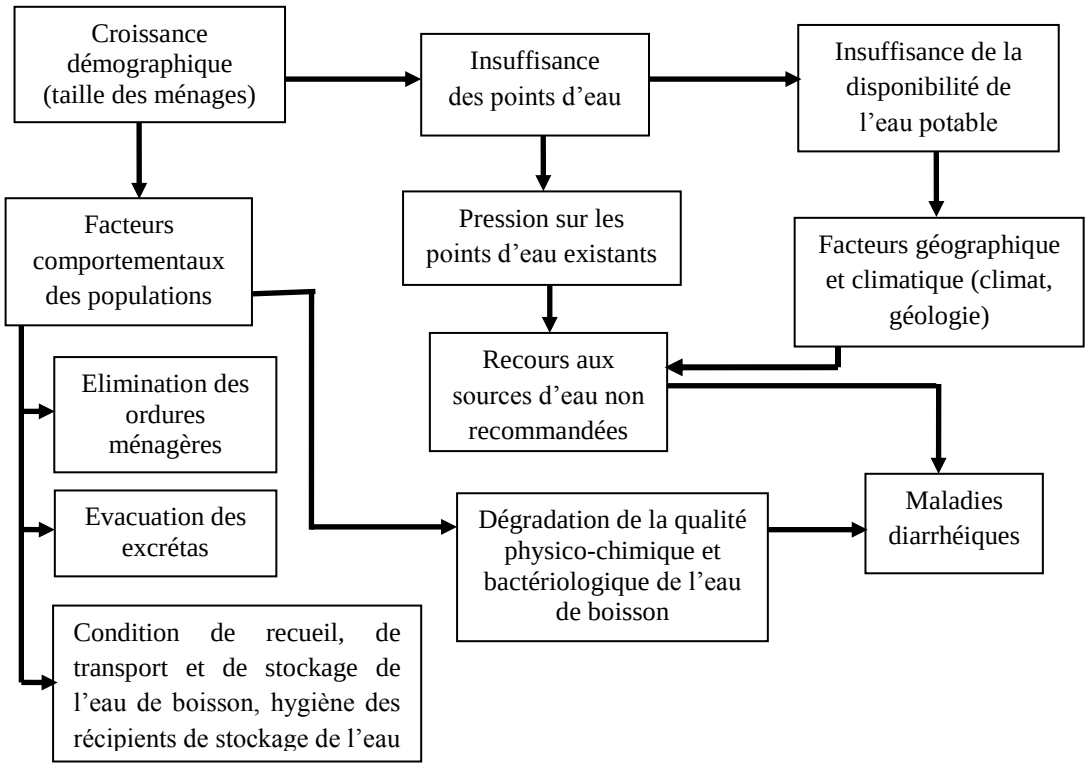


Figure 1: Schéma conceptuel de l'eau de boisson et maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo

***Source** : MIALO, 2013*

La figure 1 indique les relations entre l'eau de boisson et son implication dans la transmission des maladies diarrhéiques à Lalo. La variable dépendante est la prévalence des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo. Les variables explicatives sont :

- les paramètres physico-chimiques liés à la composition naturelle des eaux : le pH, la conductivité, le TSD ;
- les paramètres des substances nocives : les nitrates, les nitrites, l'ammonium ;
- les paramètres bactériologiques par la recherche des coliformes et des streptocoques fécaux ;
- les facteurs démographiques et économiques : la taille du ménage, le niveau d'étude du chef de ménage, la profession et le niveau de vie économique du ménage. Ces différents paramètres peuvent agir sur la qualité de l'eau de boisson ;
- les facteurs comportementaux que sont : le dispositif de protection de puits, les méthodes de recueil, de transport et de stockage de l'eau.

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

Le cadre théorique et conceptuel a permis faire le point des écrits sur le sujet, toute chose qui a aboutit à exposer l'approche méthodologique à suivre dans le chapitre II.

CHAPITRE II : DEMARCHE METHODOLOGIQUE

La démarche suivie dans le cadre de cette étude se fonde sur l'exploitation de la documentation existante et l'application de méthodes et outils d'analyse très variés. Pour faciliter la collecte des données, leur traitement et analyse, une approche par objectif a été adoptée. Cette approche s'articule autour des axes que sont le type d'étude, la population cible, l'échantillon, les variables, les techniques et outils de collecte des données, le traitement et l'analyse des données. Ainsi, les travaux de terrain ont consisté à la réalisation des enquêtes socio-économiques et à la prise des coordonnées géographiques des infrastructures hydrauliques dans la Commune de Lalo. La méthodologie utilisée dans la collecte des données et le traitement des données est élaborée par objectif spécifique.

2.1. Recherche documentaire

La présente recherche a débuté par la consultation des documents pouvant permettre de bien orienter le sujet afin de mieux choisir le mode d'approche de la question. Le caractère transdisciplinaire a permis d'orienter la documentation vers des ouvrages, des articles, des rapports portant sur la Commune, les questions d'hygiène publique, la problématique de la qualité de l'eau et les maladies diarrhéiques. Ainsi donc, la recherche documentaire a été faite dans les centres de documentation de l'Université d'Abomey-Calavi, à la Faculté des Sciences et de la Santé, au Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique (CBRST), au Ministère de la Santé Publique, au Ministère de l'eau et de l'énergie, à la Direction Générale de l'Eau (DG-Eau), à la Direction de l'Hygiène et de l'Assainissement de Base (DHAB), dans les centres de documentation de certaines structures internationales et sur Internet. Des informations ont été collectées dans le domaine de la santé, de l'assainissement, de l'hygiène et sur les maladies diarrhéiques auprès des ONG de la Commune (Protos, SNV, GRAIB, GRASID, JAE), sur les sols, l'hydrologie et les infrastructures. Cette démarche a permis de recueillir des informations sur les maladies diarrhéiques, sur le cadre géographique de l'étude et sur les pratiques hygiéniques de la population du secteur de l'étude.

2.2. Type d'étude

Il s'agit d'une étude transversale, descriptive et analytique ayant duré d'octobre 2014 à mai 2015. Elle vise d'abord, à caractériser l'accessibilité à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo, ensuite, analyser les facteurs associés à la contamination de l'eau de boisson dans ladite Commune à travers les analyses bactériologiques effectuées au laboratoire HECOTES et physico-chimiques au Laboratoire de Contrôle de la Qualité de l'Eau et des Aliments

(LCQEA) de la Coordination Départementale de la Composante Hygiène et Assainissement de Base Atlantique-Littoral (CDC-HAB) en Juillet 2015. Elle vise enfin, à analyser la prévalence des maladies diarrhéiques en fonction de l'accessibilité à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo.

2.3. Données

Les données utilisées pour la rédaction de cette thèse concernent, les données socio-anthropologiques, climatologiques, hydrogéologiques, démographiques et épidémiologiques.

- **Données climatologiques**

Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont respectivement les données de pluie, d'ETP, de température et d'humidité issues de la basse de données de la DMN/ASCENA, et au LACEEDE.

Ces données couvrent la période de 1971-2010 car l'année 1971 est celle retenue par l'OMM pour les mesures météorologiques. Toutes les données climatologiques utilisées dans cette étude sont issues de la station synoptique de Bohicon et ont permis de connaitre les conditions atmosphériques et météorologiques de la Commune de lalo.

- **Données hydrogéologiques**

Les données hydrogéologiques utilisées dans ce document se rapportent à la disponibilité de l'eau, à travers la profondeur des nappes et le débit de l'eau captée, la lame d'eau écoulée et à la recharge de la ressource en eau souterraine. Elles concernent également les données géologiques, lithologiques et topographiques dans la mesure où elles conditionnent la fonction de transfert hydrique atmosphère-sol-aquifère et celle de stockage des réservoirs souterrains. Elles sont issues des travaux de Totin (2010) sur la dynamique des aquifères sur tout le bassin sédimentaire côtier et complétées par celles de la DG-eau (2006). Ces données ont servi à apprécier la profondeur des nappes sur le bassin sédimentaire côtier.

- **Données démographiques**

Les données démographiques concernent les statistiques démographiques, les caractéristiques socio démographiques (effectif et estimation de la population de la Commune de Lalo, sexe, profession, niveau d'instruction) issues des résultats des recensements de 1972, 1992, 2002 et de 2013 puis complétées par les travaux de terrain. Elles ont été utiles dans la connaissance de l'évolution des différentes couches sociales de la Commune de lalo.

- **Données socio-anthropologiques**

Les données sur l'approvisionnement en eau potable concernent les données quantitatives (les volumes d'eau prélevés et le prix de vente de l'eau) et qualitatives récentes (qualité bactériologique de l'eau), des types d'infrastructures hydrauliques aménagés par la DG-Eau, la Commune elle-même et les partenaires techniques et financiers. Ces données concernent également les coordonnées géographiques de tous les points d'eau aménagés et les facteurs comportementaux, environnementaux de pollution de l'eau de boisson dans la Commune. Les données socio-anthropologiques ont permis de connaitre les perceptions, les pratiques et les vécus des différents groupes sociaux de la Commune en matière d'approvisionnement en eau de boisson.

- **Statistiques épidémiologiques**

Ces données concernent les relevés et les statistiques épidémiologiques sur les dix premières affections qui sévissent dans la Commune de Lalo et sur les maladies diarrhéiques disponibles à la Direction Départementale de la Santé Mono/Couffo, au Ministère de la Santé (MS) à partir du SNIGS (Système National Intégré de Gestion Sanitaire), à la zone sanitaire Lalo-Klouékanmè-Toviklin, et dans les centres de santé publics et privés du secteur d'étude. Elles ont été recueillies sur une période de dix ans (2004-2013) et ont servi à calculer la prévalence des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo.

2.4. Collecte des données socio-anthropologiques

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

2.4.1. Populations d'étude

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

2.4.2. Echantillon et échantillonnage

L'unité statistique de cette étude est le ménage. Le choix de ces ménages s'est effectué de façon raisonnée compte tenu des objectifs poursuivis dans cette étude. Les critères à partir desquels les ménages ont été retenus sont l'ancienneté de 10 ans au moins dans le milieu,

l'existence d'un puits traditionnel dans la concession et/ou l'utilisation d'autres sources d'eau approuvées ou non pour la boisson dans le ménage.

En ce qui concerne la détermination de la taille de l'échantillon, elle a été réalisée avec la formule de Schwartz (1995) appliquée à l'effectif des ménages issus des estimations des résultats du $RGPH_4$. Ainsi de 17 735 ménages (INSAE, 2013) a été tiré un échantillon 1 375 ménages suivant le protocole statistique de Schwartz (1995) :

$$N = \alpha^2 PQ / d^2 \quad (1)$$

N = taille de l'échantillon, Zα = écart fixé à 1,96 qui correspond à un degré de confiance de 95 %, P = couverture en eau potable au niveau de la commune.

En l'absence de données du taux de panne il a été prise la valeur maximale de 50 %, d = précision statistique qui est égale à 5 %. Mais, à cause du temps et des moyens financiers, le tiers qui équivaut à environ 30 % des 1375 ménages ont été investigués. Le tableau I résume le nombre de ménages investigués par arrondissement.

Tableau I : Détail de l'échantillon

Arrondissements	Nombre de ménages en 2013	Taille de l'échantillon
Adoukandji	2039	40
Ahodjinako	1179	28
Ahomadégbé	833	22
Banigbé	904	40
Gnizounmè	1595	23
Hlassamè	3000	57
Lalo	2340	52
Lokogba	2089	61
Tchito	1277	28
Tohou	1354	33
Zalli	1125	29
Total	**17 735**	**413**

***Source** : Bases de données de l'INSAE, 2013*

La taille des ménages de cette étude est alors 413. A cette cible, est ajointe une autre constituée des personnes ressources (autorités locales, agents des services hydrauliques, agents de santé, etc.). Le tableau II présente les détails de cette deuxième cible.

Tableau II : Répartition des personnes ressources

Personnes ressources	Effectifs
Chefs d'arrondissement	11

Agents de la mairie	03
Agents sanitaires	10
Responsables d'ONG	05
Agent DDS-Couffo	02
DG-Eau	03
Total	**34**

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

La taille de l'échantillon est 447 dont 413 ménages et 34 personnes ressources. Outre, les personnes échantillonnées, les sources d'eau ont été aussi échantillonnées.

Les points d'eau à analyser ont été sélectionnés par choix raisonné tenant compte de leur répartition géographique. Le type de point d'eau a été un critère important dans la mesure où les puits de faible profondeur seraient plus exposés aux divers types de pollution que les puits profonds et les forages. Après observation et pré-enquête, il a été retenu trois niveaux pour les prélèvements que sont à la source, durant le transport et au stockage à domicile. Ainsi, le nombre d'échantillons d'eau à prélever a été déterminé par la formule de Schwartz (1995) suivant le protocole 2.

$$\mathbf{N = Z^2 (p) (1\text{-}p) \times Fc / I^2} \qquad \textbf{(2)}$$

Avec N : Taille des sources d'eau à prélever ;

Z : Taux de confiance de 95 % (1,96) ;

P : Taux d'accès à l'eau en milieu rural (69,3 %) ;

I : Précision (5 %) ;

Fc : Facteur de correction (1).

Ainsi, 326,92 échantillons d'eau ont été dégagés auquel un taux (T) de 10 % est appliqué pour avoir un échantillon opérationnel. L'Echantillon N devient alors N_f : $\mathbf{N_f = N \times 10\ \%}$.

Un échantillon de 35 prélèvements d'eau a été donc retenu réparti sur la figure 2.

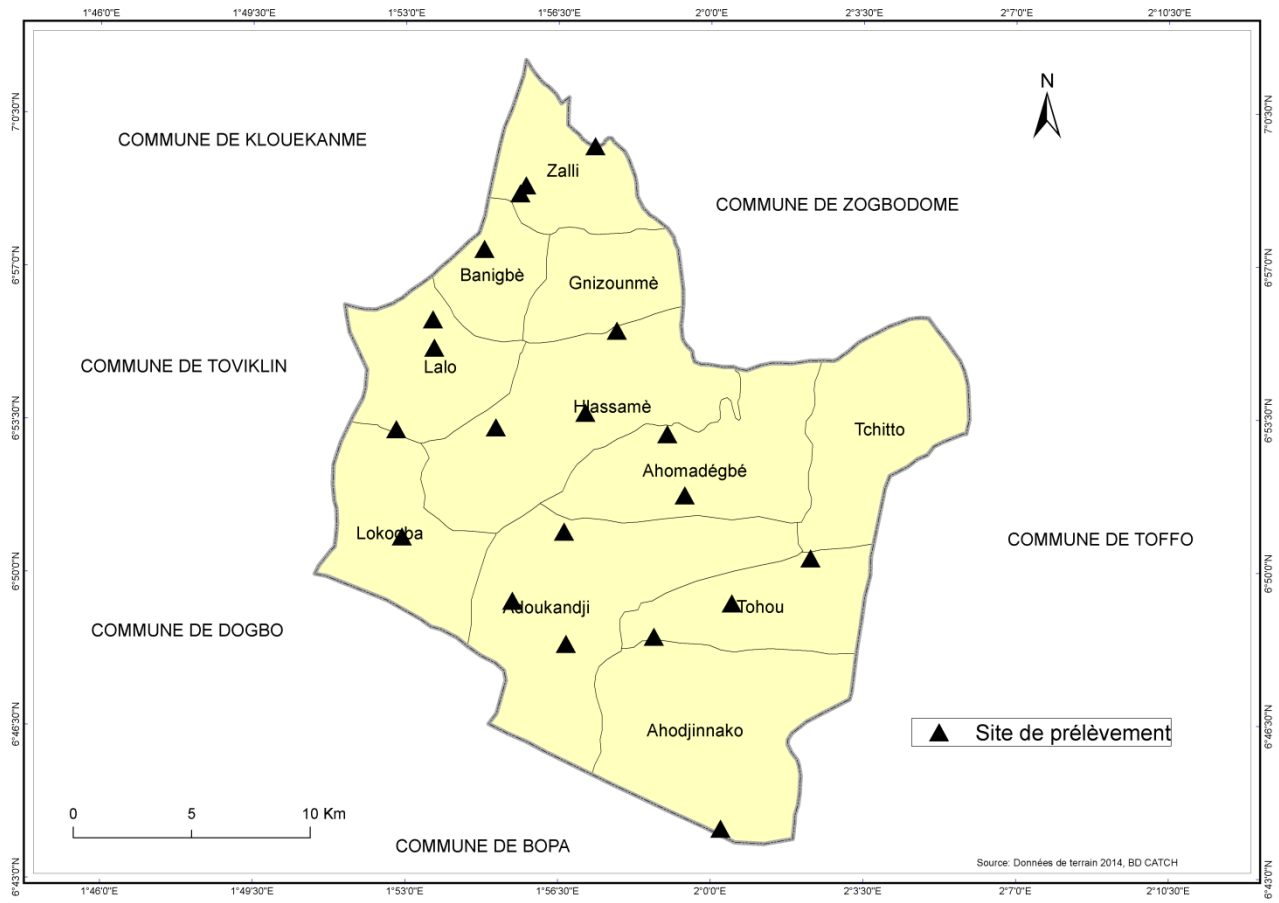


Figure 2 : Lieu de prélèvement des échantillons d'eau

***Source** : Travaux de terrain, mars 2015*

La figure 2 présente les sites de prélèvement des échantillons d'eau prélevés. Les sites de ont été choisis en tenant compte des paramètres morpho-structuraux (plateau et dépression), de l'accessibilité et de la pression humaine exercée sur les points d'eau. A la source, les échantillons ont été prélevés à la sortie du réseau. Pendant le transport, ils ont été faits dans tous les types de récipients rencontrés lors de l'enquête. Les échantillons faits au stockage de l'eau à domicile sont prélevés dans les jarres qui servent de retenue d'eau pour les ménages.

2.4.3. Technique et outils de collecte des données

Pour atteindre les objectifs fixés dans cette thèse, plusieurs outils et techniques ont servi à la collecte des informations exposées dans cette recherche.

2.4.3.1. Outils de collecte des données

Ces outils sont constitués :

- du questionnaire ménage ;

- du guide d'entretien ;

- de la grille d'observation ;

- du fond de carte hydrographique du Bénin au 1/200 000 comme support pour inventorier les divers cours d'eau qui drainent le secteur ;

- du GPS (Global Positioning System) pour la prise des relevés de coordonnées géographiques des sites, points d'eau et villages visités. Ce qui a aidé à la production des cartes faisant partie intégrante de la présente thèse ;

- de la carte pédologique pour une meilleure connaissance du substratum hydrogéologique devant permettre d'apprécier et de caractériser le socle géologique en place ;

- de l'appareil photographique numérique pour la prise de photos images visuelles parlantes devant servir à illustrer le développement de certains aspects de cette recherche.

A ces matériels s'ajoutent ceux utilisés pour les prélèvements des échantillons d'eau. Les prélèvements des échantillons d'eau ont été faits dans des conditions d'asepsie totale afin d'éviter leur pollution lors des différentes manipulations. Ces matériels d'analyse se présentent comme suit :

- pour l'analyse physico-chimique il s'agit de :
- d'un flacon de 500 ml ;
- des fioles en verre et en plastique ;
- d'un agitateur magnétique ;
- d'une baguette et papier hygiénique ;
- d'un spectrophotomètre ;
- d'un autoclave.

- pour l'analyse bactériologique, il y a les différents milieux de culture que sont :
- une gélose ordinaire ;
- une gélose lactose au TTC ou au Tergitol 7 ;
- une gélose au désoxychlolate 1 % ;
- un bouillon bilié lactose au vert brillant ;
- une gélose Viande.

2.4.3.2. Technique de collecte des données

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

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

- **Entretien direct**

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

- **Entretien semi-direct**

Le guide d’entretien a été utilisé pour réaliser des entretiens avec les responsables techniques de la Direction Générale de l’Eau (DG-Eau) du Ministère de l’eau et de l’l’énergie, de la Direction Départementale de l’Energie et de l’Eau (DDEE) du Mono-Couffo, des mairies, des représentants des partenaires techniques et financiers et des ONG intervenant dans le secteur de l’eau et de la santé dans la Commune de Lalo. Les différentes thématiques développées dans ce guide ont porté sur l’installation et les modes de gestion des infrastructures hydrauliques, les principaux facteurs de risque des maladies diarrhéiques, la sensibilisation à la salubrité, les stratégies d’approvisionnement en eau potable et réduction des maladies

diarrhéiques etc. Ces entretiens ont permis de confronter les données recueillies par questionnaire à celles obtenues par entretien.

- **Observation directe**

Selon Massonat (1987), « l'observation directe est une démarche d'un savoir au service des finalités multiples qui s'insère dans un projet global de l'homme pour décrire, comprendre son environnement et les évènements qui s'y déroulent ». Cette méthode a été utilisée pour le recueil des données qualitatives en complément des entretiens. Le but visé est de recueillir des données sur la base des constats faits sur le terrain quant aux modes de gestion de la salubrité (gestion des ordures, l'hygiène dans et autour des concessions, la propreté des récipients de recueil et de conservation de l'eau) d'une part, les relations des communautés avec les différentes sources d'eau d'autre part et enfin l'hygiène autour des points d'eau. Ces observations ont permis d'apprécier le niveau de propreté des concessions, les modes d'évacuation des déchets et le mode de gestion de l'eau et de tous ses corollaires. Cette observation est nécessaire compte tenu du rôle de l'hygiène de l'habitat sur les maladies diarrhéiques. Elle a été menée généralement très tôt ceci parce que le balayage est une pratique systématique inscrite dans les mœurs et que c'est la première activité que mènent les femmes avant toute autre activité. Il s'effectue généralement le matin au réveil. La présence de déchets de toutes sortes dans la concession après 09 heures témoigne d'un manque de propreté ou alors de l'exercice d'activités génératrices de déchets et de la présence permanente d'animaux dans la concession.

2.5. Traitement des données et analyse des résultats

Le traitement des données et l'analyse des résultats constituent la dernière partie de l'approche méthodologique utilisée dans la rédaction de la présente thèse. Le questionnaire a été d'abord saisi dans le logiciel Sphinx 4.5 puis exporté dans le logiciel Excel version 2007 pour la réalisation des graphes et puis le logiciel SPSS 20 a été utilisé pour les traitements statistiques.

Pour ce faire, les déterminants physiques (substratum géologique, climats, pédologie) sont d'abord analysés. Il s'agit de quantifier l'eau à partir de la nature des roches en place pour voir si l'eau disponible répond aux besoins réels des populations, ensuite, les déterminants socio-économiques (croissance de la population, activités économiques, capacité financière) sont abordés. Il est question de mettre en corrélation l'évolution démographique avec la quantité d'eau disponible afin de voir si les deux variables sont normalement corrélées. Enfin

la distance qui sépare les populations des points d'eau est évaluée dans le but de pouvoir représenter les différentes distances parcourues par les populations avant d'accéder à la ressource. Les différentes réponses issues des investigations et en relation avec le sujet d'étude ont fait l'objet de synthèse et d'analyse. Les données issues des questionnaires au cours des investigations et contre investigations ont été traitées grâce au logiciel SPSS (Statiscal Package for Social Science) et Sphinx 4,5. Les informations contenues dans ces questionnaires ont été superposées et synthétisées. Cet exercice a permis de constater que les informations varient très peu selon les enquêtés. La marge de variation n'ayant pas dépassée 1 %, les données recueillies des investigations répétées ont été prises en compte dans cette thèse. Le calcul des valeurs absolues et relatives a été réalisé sur la base du score réel (question ne nécessitant oui/non comme réponse) que des réponses pour les questions fermées. Les personnes qui n'ont pas fournis de réponse par rapport à une question précise n'ont pas été prises en compte du fait que leur nombre n'est pas significatif car leur pourcentage est généralement compris entre 3 et 5 %. Les rubriques du questionnaire qui ne nécessitent pas de réponses oui/non ont été codifiées. Elles ont fait l'objet de synthèse à partir du nombre total des personnes interrogées et surtout des réponses fournies et qui sont en cohérence avec le sujet. Des graphes ont été donc réalisés en fonction des forts pourcentages obtenus et compte tenu de la pertinence de la réponse fournie. Le logiciel Arc View 3.2 a été utilisé pour projeter les coordonnées géographiques des infrastructures sur un fond de carte du secteur de recherche. Ainsi, les traitements sont faits dans ce document par objectif.

2.5.1. Objectif 1 : Caractériser les déterminants physiques et socioéconomiques de l'accès à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo

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

L'évapotranspiration potentielle (ETP), qui constitue le surplus disponible pour la recharge et pour l'écoulement (Eténé, 2005) est déterminée à partir de la formule 3.

$$\mathbf{ETP = P - PU} \qquad \mathbf{(3)}$$

avec P la pluie (mm), Pu le bilan climatique et ETP l'évapotranspiration potentielle (mm). L'ETP a permis de mettre en évidence l'évolution du climat à travers les apports pluvieux et les pertes par évaporation. Il se traduit également par l'évapotranspiration réelle ETR à partir de l'ETP de Pennman suivant la formule 4.

$$ETR = k \times ETP \quad (4)$$

Le coefficient k traduit la disponibilité en eau dans les premiers horizons du sol. Il est compris entre 0 et 1. Il est fonction de la disponibilité en eau du sol et est conditionné par le stock d'eau, les caractéristiques hydrodynamiques du sol et de la végétation. L'estimation est faite par mois. Soit Pi la quantité de pluie annuelle en mm et ETPi l'évapotranspiration potentielle annuelle, si Pi >ETPi alors k = 1 et si Pi <ETPi alors k = Pi / ETPi.

Selon les données reçues à l'ASECNA, la pluviométrie annuelle Pi est supérieure à l'évapotranspiration potentielle annuelle ETPi. Le coefficient k est égal alors à 1.

3.5.1.2. Méthode d'analyse des données liées aux infrastructures

Ce volet met l'accent sur le taux de desserte et le taux de panne.

2.5.1.2.1. Taux de desserte des infrastructures et taux de panne

Le taux de desserte des infrastructures hydrauliques ainsi que leur taux de panne au cours d'une année sont calculés en fonction des PE fonctionnels observés sur le terrain dans les arrondissements ciblés au cours de la même année. Ils sont déterminés respectivement suivant les protocoles 5 et 6 (DG-Eau, 2006).

$$Taux\ de\ desserte = \frac{\text{PE Fonctionnels} \times 250}{\text{Population}} \times 100 \quad (5)$$

$$Taux\ de\ panne = \frac{\text{PE non fonctionnels}}{\text{PE Réalisés}} \times 100 \quad (6)$$

2.5.1.2.2. Nombres d'heures perdues (NHP)

Le Nombre d'Heures Perdues (NHP) dans une journée par les populations avant de s'approvisionner en eau de boisson est déterminé suivant la somme arithmétique du Temps Aller (T_a), du temps d'attente au point d'eau (T_{ar}) et du temps retour (T_{rt}) et tout ceci multiplié par le nombre de fois où cette action est répétée dans une journée. Cela se traduit par la formule 7 (Sèbo, 2014, adapté de Mialo):

$$NHP = n\,(Ta + Tat + Trt) \quad (7)$$

2.5.1.2.2. Estimation de la distance parcourue

La distance parcourue pour accéder à un point d'eau a été estimée à partir de la formule du rayon moyen d'action théorique RMAT exprimée comme sur le protocole 8 (SNIGS/MS, 2009):

$$RMAT = \sqrt{\frac{Nombre\ d'infrastructures \times 3{,}14}{Superficie}} \quad \textbf{(8)}$$

2.5.1.3. Capacité financière des ménages

La capacité des ménages à faire face au « coût de l'eau » a été analysée à partir des volumes d'eau consommés par les ménages et le prix de cession du mètre cube d'eau. Pour réaliser cette estimation, il a été procédé dans un premier temps à la catégorisation en classe, des volumes d'eau consommée mensuellement par ménage. Ensuite, les valeurs nominales des seuils de chaque classe ont été multipliées par le prix moyen de cession du mètre cube d'eau au niveau des sources d'approvisionnement en eau, SEBO *et al.*, (2013).

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

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

2.5.1.5. Construction de l'Indicateur de Répartition sectorielle des demandes (IR) et de l'Indicateur d'Accès à l'Eau Potable (IAEP)

Dans cette section l'indice d'Accès à l'Eau (IAEP) et l'indice de répartition sectorielle de demande (IR) ont été construits respectivement pour apprécier le niveau de l'accès à l'eau, la demande sectorielle et l'état de l'environnement dans la Commune de Lalo.

La création d'indicateur se fait en plusieurs étapes et nécessite selon l'utilisateur plusieurs logiciels statistiques. Dans cette étude, le logiciel SPSS 20 a été utilisé. Dans un premier temps, il a été procédé à l'identification dans la base de données d'un ensemble de variables jugées optimales à regrouper en un seul indicateur. Ces variables ont fait ensuite l'objet du test d'homogénéité afin de mesurer la cohérence des différentes variables identifiées. L'indice d'homogénéité s'établit entre 0 et 1. Il est considéré comme « acceptable » à partir de « 0,7 ». Ensuite, il a été procédé à l'analyse de correspondances principales (ACP) qui est tant utilisé pour les variables quantitatives que qualitatives. Les variables considérées pour le calcul de l'indicateur sont pour la plupart qualitatives avec quelques variables quantitatives, ce qui justifie le choix de l'ACP. La qualité globale de l'indice est mesurée par la part d'inertie expliquée par le premier axe factoriel. La valeur de l'indicateur pour tout ménage correspond à la moyenne des scores normalisés des variables. Et enfin, les ménages ont été divisés en trois classes (centiles) selon le nombre de niveaux définit pour cet indicateur.

2.5.1.5.1. Construction de l'indicateur de Répartition sectorielle des demandes (IR)

L'indicateur de Répartition sectorielle des demandes (IR) est composé de plusieurs indicateurs sectoriels correspondant aux quatre grands secteurs humains utilisateurs d'eau (collectivités, agriculture, industrie et énergie). Mais dans ce document, l'accent a été mis sur le secteur collectivité concernant la demande pour l'eau de boisson. Ces indices accompagnent l'indicateur général de demande en eau par habitant en fournissant des informations permettant de comprendre le poids respectif des demandes et d'établir une comptabilité patrimoniale de la ressource. L'indice de Répartition sectorielle des demandes est exprimé par la formule 9 (Jemmali, 2010).

$$IR = \frac{Ds}{DT} \times 100 \qquad \textbf{(9)}$$

Avec Ds = demande sectorielle en eau pour chaque arrondissement qui se détermine par la formule : D_S= Besoin journalier × Population de l'arrondissement ;

D_T = demande totale pour toute la commune qui se détermine suivant la formule : D_T = Besoin journalier × Population de la commune. La grille de comparaison est présentée comme suit :

0 < IR < 5 : la demande sectorielle en eau est faible ;

5 < IR < 10 : la demande sectorielle en eau est moyenne ;

IR >10 : la demande sectorielle en eau est suffisante.

2.5.1.5.2. Construction de l'Indicateur d'Accès à l'Eau Potable (IAEP)

Un certain nombre de variables (neuf) sont intervenues dans l'opérationnalisation de l'indicateur. Ces variables ont permis de créer un indicateur composite appelé « Indicateur d'Accès à l'Eau Potable ». La démarche statistique qui a aboutit à la création de cet indicateur est l'analyse de correspondances principales (ACP) à l'aide du logiciel SPSS 20. L'ACP est une méthode d'analyse factorielle adaptée à l'étude de variables tant quantitatives que qualitatives. Elle peut être aussi utilisée lorsque les données sont ordinales. Elle permet de décrire et d'explorer les relations qui existent entre plusieurs variables simultanément à la différence des méthodes bivariées qui étudient les relations supposées entre deux variables. (FILMER et PRITCHETT, 1998-1999). Les variables considérées pour la construction de l'indicateur sont présentées dans le tableau III.

Tableau III : variables de l'indicateur d'Accès à l'eau potable (IAEP)

N°	Variables	Modalités
1.	Source d'approvisionnement en eau de consommation	SONEB = 1 Forage = 2 Eaux de surface = 3
2.	Moyen de prise de l'eau au point d'eau	Pompe = 1 Sceau à treuil = 2 Sceau ou bidon avec corde = 3
3.	Stabilisation de l'eau durant le transport	Rien = 1 Branchage = 2 Toile cirée = 3
4.	Nature du récipient de stockage	Jarre = 1 Plastique (seau) = 2 Bassine (métallique) = 3
5.	Fréquence de renouvellement de l'eau des récipients	Un jour = 1 Plus d'un jour = 2 Dès que l'eau finie = 3
6.	Hygiène des récipients de stockage de l'eau	Laver au savon et l'éponge = 1 Laver sable et éponge = 2 Rincer à l'eau = 3
7.	Procédé d'épuration des eaux des sources non recommandées avant consommation	Ebullition =1 Décantation ou Filtration = 2

		Alun ou autre = 3
8.	Distances parcourues pour s'approvisionner	Moins de 200 m = 1 200-500 m = 2 Plus de 500 =3
9.	Prix de cession du mètre cube d'eau	Moins de 1000 FCFA = 1 Entre 1000 et 400 FCFA = 2 plus de 401 FCFA = 3

***Source** : Modèle théorique, 2014*

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

1 = Accès facile

2 = Accès moyen et

3 = Accès difficile.

2.5.1.6. Appréciation de la relation entre l'accès à l'eau et les maladies diarrhéiques

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

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

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

2.5.2. Objectif 2 : déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson et la prévalence des maladies diarrhéiques dans le secteur d'étude

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

2.5.2.1. Méthode de prélèvement des échantillons d'eau

Les prélèvements d'eau ont été réalisés dans des flacons en verre de 500 ml munis d'un bouchon rodé ou d'un bouchon à vis bien ajusté stériles et lestés auxquels est attachée une ficelle permettant de les faire descendre dans les puits d'après les directives du Ministère de la Santé (1979).

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

- **Au robinet**

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

- **A la pompe (forage)**

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

- **Eau de surface**

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

Les échantillons ainsi obtenus ont été réfrigérés immédiatement après le prélèvement et conservés jusqu'au moment de leur envoi au laboratoire. L'un des éléments capitaux de la

qualité d'une eau de boisson consiste en son examen microbiologique. Pour ce faire, on procède à la détermination de la qualité de l'eau en analysant des échantillons recueillis dans les points d'eau.

2.5.2.1. Analyse des paramètres physiques

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

- ✓ **Potentiel d'hydrogène (pH)**

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

- ✓ **Couleur**

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

- ✓ **Conductivité**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique et permet d'avoir une idée de la somme totale des sels minéraux dissouts et des ions majeurs de l'eau. Elle est exprimée en micro siemens par centimètre (µs/cm). Elle est influencée par la charge électrique, la mobilité de chaque ion et la température (Babadjidé, 2010). La conductivité est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. La conductivité varie également en fonction de la température. Elle a, la plupart du temps, une origine naturelle due au lessivage des terrains lorsqu'il pleut. Ce

lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux. Elle peut également avoir pour origine l'activité humaine causée par les effluents agricoles, industriels ou domestiques qui contiennent des sels contribuant, eux aussi, à l'accroissement de la conductivité. Mais néanmoins, la conductivité d'une eau est un critère qui donne une information sur sa composition chimique, il n'est donc pas surprenant que la norme la place comme le principal paramètre à mesurer. Il est donc important de compter toutes les conductivités à une température de référence, habituellement à 25 °C. Selon Hakmi, 2006, la conductivité augmente beaucoup lorsque la température s'accroit, ce phénomène s'explique par le fait que la mobilité des ions augmente à cause de la diminution de la viscosité du milieu.

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

2.5.2.2. Analyse chimique de l'eau

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

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

L'existence de l'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'une des principales préoccupations suscitées par la présence d'ammoniac dans l'eau potable est la formation possible de nitrates et de nitrites, composés qui posent des risques pour la santé et qui font l'objet de recommandations pour la qualité de l'eau potable. Les nitrites et les nitrates sont des produits de la nitrification, un processus en deux étapes par lequel l'ammoniac est oxydé soit dans les eaux naturelles, soit dans l'eau désinfectée par chloramination. La nitrification dans les réseaux de distribution chloraminés est bien documentée (Skadsen, 1993; Odell *et al.,* 1996 ; Wilczak *et al.,* 1996). Selon Kirmeyer *et al.,* (1995) ainsi que Wilczak *et al.,* (1996), une nitrification est susceptible de se produire dans 63 % des réseaux publics où on emploie des chloramines comme désinfectant secondaire. La nitrification dans les réseaux de distribution peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'eau. Elle peut notamment entraîner une augmentation des concentrations de nitrites et de nitrates, une baisse des chloramines résiduelles, ainsi qu'une revivification bactérienne (montrée par la numération sur plaque des bactéries hétérotrophes, avec détection possible d'*Escherichia coli*), de même qu'une réduction du pH et de la teneur

en oxygène dissous. En effet, pour faciliter la lecture, des dilutions successives sont effectuées sur les échantillons d'eau au 1/10 et 1/20. Le dosage est fait à l'aide d'un spectrophotomètre DR/6000 HACH à 425 Dm dans la gamme de 0 à 2,5 mg/l.

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

De façon naturelle, les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre *Nitrosomonas*, puis en nitrates par les bactéries du genre *Nitrobacter* (Santé Canada, 1992). Les nitrates sont très solubles dans l'eau; ils migrent donc aisément dans la nappe phréatique lorsque les niveaux excèdent les besoins de la végétation (Santé Canada, 1992). La présence de nitrates dans l'eau de consommation est principalement attribuable aux activités humaines (Santé Canada, 1992). L'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumiers, associée aux cultures et à l'élevage intensifs, favorise l'apparition de nitrates dans l'eau. Les installations septiques déficientes, de même que la décomposition de la matière végétale et animale, peuvent aussi être une source de nitrates dans l'eau (Chausse *et al*,.2003). Le risque de contamination est plus important si le sol recouvrant la nappe d'eau est vulnérable (ex : sablonneux) et si la nappe est peu profonde (puits de surface). Les nitrates-nitrites sont des composés chimiques présents dans la nature qui se dissolvent facilement dans l'eau et qui migrent aisément vers les nappes d'eau souterraine.

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

- ✓ **Mesure de la turbidité**

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques…). Une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. Elle est mesurée pour assurer l'acceptabilité de l'eau aux usagers et non pas pour son impact direct sur la santé. La turbidité est mesurée en unités de turbidité néphalométriques (UTN) à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchie par les

particules dans l'eau. La turbidité peut s'échelonner de moins d'une UTN (-1) à plus de 1000 UTN. A une valeur de 5 UTN, l'eau est visiblement trouble et à 25 UTN, elle devient noirâtre. La turbidité et la conductivité spécifique peuvent respectivement permettre d'estimer les quantités de matières en suspension et de matières dissoutes présentes, mais ni l'une ni l'autre ne peut être utilisée comme substitut absolu d'une analyse plus précise. À certains endroits sur lesquels on dispose de données suffisantes, une bonne relation peut être établie entre la turbidité et les matières en suspension; cependant, cette relation doit être vérifiée régulièrement.

- ✓ **Mesure Total de Solides Dissous**

Le total de solides dissous (TDS) représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions. Tous ces paramètres ont été dosés avec le spectrophotomètre de type DR/6000 HACH LANGE.

2.5.2.3. Analyse bactériologique

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

Tableau IV: Protocole d'analyse bactériologique des eaux de puits, de forages et de sources prélevées dans la Commune de Lalo

Milieu et produits utilisés	Mode d'utilisation	Température d'incubation et temps	Colonies identifiées
Gélose lactosée au TTC et au Tergitol 7 Pour la recherche présomptive des Coliformes fécaux dans l'eau	- Mélange soigneux et chauffage doux avec agitation fréquente - Ebullition pendant une à deux minutes - Répartition et stérilisation à l'autoclave à 120 °C pendant 15 minutes La gélose est coulée par incorporation.	44,5°C pendant 24 à 48 heures	Virage jaune avec production de gaz due à la fermentation lactose
Gélose lactosée au TTC et au Tergitol 7 Pour la recherche présomptive des Coliformes totaux dans l'eau	Mélange soigneux et chauffage doux avec agitation fréquente, - Ebullition pendant une à deux minutes - Répartition et stérilisation à l'autoclave à 120°C pendant 15 minutes, La gélose est coulée par incorporation.	37°C pendant 24 à 48 heures	Virage jaune avec production de gaz due à la fermentation du lactose
Membrane-filter entérocoques sultive agar to SLANETZ et BARTLEY (Base) pour les Streptocoques	- Dissolution du milieu sec dans l'eau à ébullition et chauffage pendant 5minutes, - Refroidissement entre 45 et 50 °C, - Répartition dans des boîtes de 55 mm de diamètre pour solidification, - Réalisation d'une filtration et application de la membrane sur milieu sélectif sans autoclave.	44,5°C pendant 4heures	Colonies convexes rouges, roses ou marron, avec ou sans auréole blanche

***Source** : Laboratoire d'Analyse des Eaux, HECOTES 2015*

2.5.2.4. Méthode d'analyse des statistiques épidémiologiques

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

$$Prévalence = \frac{\text{Nombre de cas (ancien + nouveau) d'une maladie à un instant t}}{\text{Population cible à un instant t}} \times 1000 \quad \textbf{(10)}$$

Ce paramètre renseigne sur l'importance d'une maladie ou d'une infection dans une population à un moment donné.

2.5.3. Objectif 3 : analyser les facteurs de pollution de l'eau de boisson dans la commune de Lalo

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

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

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

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

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

***Source** : Modèle théorique, 2014.*

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

1 = Environnement très sale

2 = Environnement sale et

3 = Environnement propre.

2.5.3.2. Elaboration de la matrice de sensibilité

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

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

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

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

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

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

Ainsi, l'indice d'exposition de la population dépend du résultat noté entre l'élément à risque (cause de la diarrhée) et le risque lui-même (diarrhée). Il se fait par un système de moyenne

du score attribué par les ménages échantillonnés dont l'échelle de notation varie de 1 à 3 dans cette recherche.

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

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

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

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

A la suite de cette méthodologie, les fondements physiques et humains de l'accès à l'eau de boisson ont été présentés dans le chapitre III de la deuxième partie pour permettre de mieux connaître le secteur de recherche.

Conclusion partielle

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

DEUXIEME PARTIE : FONDEMENTS PHYSIQUES ET HUMAINS DE LA CARACTERISATION DE L'ACCES A L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO

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

CHAPITRE III : FONDEMENTS PHYSIQUE ET HUMAIN DE L'ACCESSIBILITE A L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO

Le chapitre III présente les aspects physiques et humains de la Commune de Lalo. Il est question d'aborder le secteur de recherche à travers les paramètres météorologiques (climat, température, pluie), le contexte hydrogéologie et la végétation, le substratum pédologique et les populations ainsi que les activités qu'elles mènent. Tous ces paramètres doivent permettre d'exposer les facteurs qui conditionnent la disponibilité de l'eau de boisson dans la Commune de Lalo.

3.1. Situation géographique

Située dans la partie méridionale du Bénin, la Commune de Lalo fait partie des six (6) subdivisions administratives que compte le département du Couffo. Elle est localisée entre 6° 48' et 7° 01'de latitude nord et entre 1° 50' et 2° 5' de longitude est. Elle couvre une superficie de 432 km², soit 0,8 % de la superficie totale du Bénin. Située au sud-est du département du Couffo, la Commune de Lalo est limitée au nord par les Communes de Klouékanmè et d'Agbangnizoun, au sud par la Commune de Bopa, à l'est par les Communes de Dogbo et de Toviklin. Elle est constituée de onze arrondissements à savoir Adoukandji, Ahodjinnako, Ahomadégbé, Banigné, Gnizoumè, Hlassamè, Lalo, Lokogba, Tchito, Tohou et Zalli. La Commune de Lalo compte 56 villages et 05 quartiers de ville (figure 3).

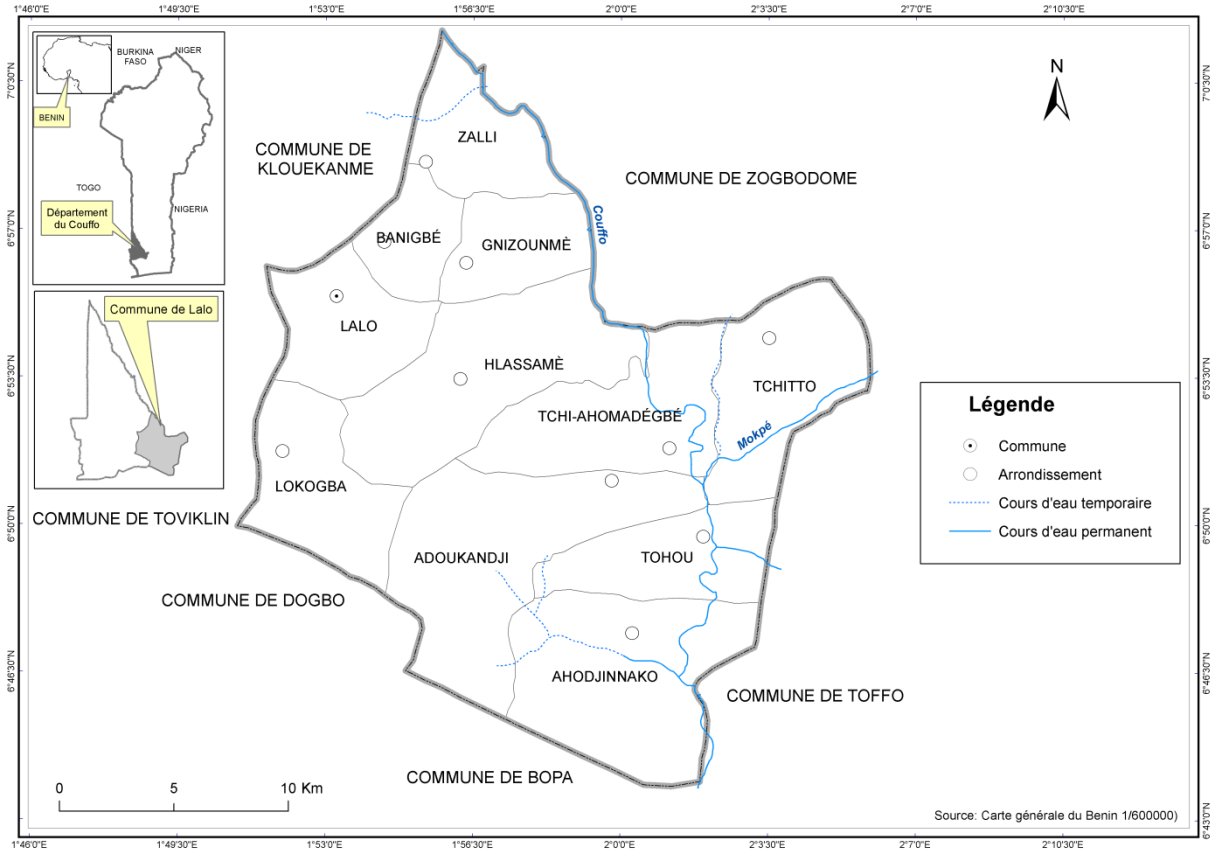


Figure 3 : Situation géographique et administrative de la Commune de Lalo

***Source** : Fond topographique IGN, 1992*

Située à cheval entre la dépression de Tchi et sur le plateau d'Aplahoué, la Commune de Lalo présente des contraintes pédologiques surtout dans la dépression qui ne facilite pas la réalisation de puits par les populations elles-mêmes. Les populations attendent les institutions et les ONG en charge de la réalisation de ces ouvrages pour le faire. Et dans ces cas, il s'agit presque exclusivement des forages ou des bornes fontaines.

3.2. Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques concernent les paramètres météorologiques, le contexte hydrogéologique et floristique du secteur de recherche.

3.2.1. Paramètres climatiques

Le climat de la Commune de Lalo est de type subéquatorial à quatre saisons alternantes dont deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches, qui se présentent comme suit (Adam et Boko, 1993). La figure 4 présente le régime pluviométrique de la commune de Bohicon de 1971à 2010.

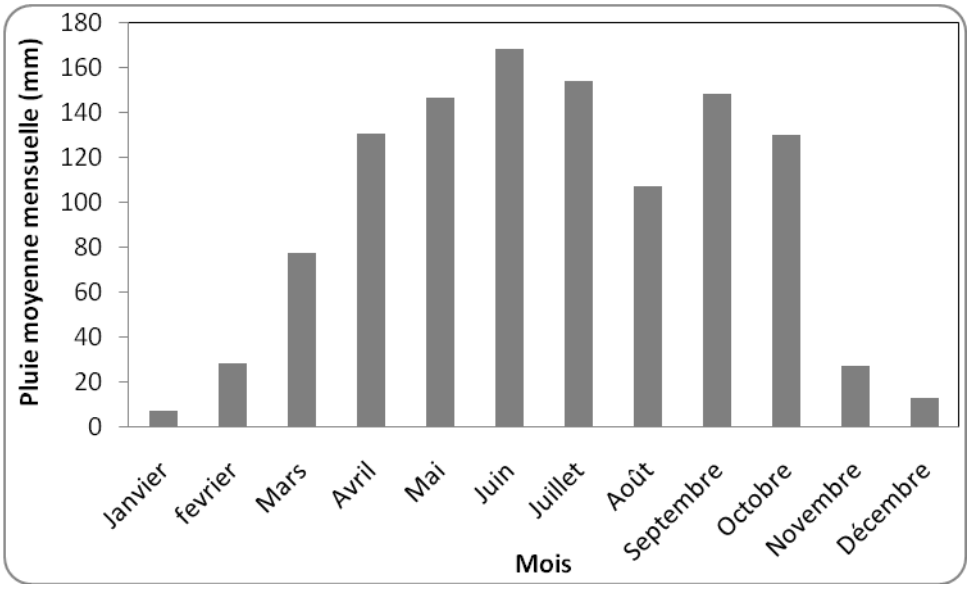


Figure 4: Evolution de la pluie moyenne mensuelle dans la commune de Bohicon de 1971 à 2010

***Source** : Données de LACEEDE 1971 à 2010*

Il ressort de l'analyse de la figure 4 que le régime pluviométrique du secteur d'étude est de type bimodal avec un pic observé dans le mois de juin et un second pic dans le mois de septembre. Il est caractérisé par :

- une grande saison sèche (fiota) de novembre à mars ;
- une grande saison pluvieuse (Eli) de mars à juillet ;
- une petite saison sèche de juillet à août ;
- une petite saison pluvieuse (Ezo) d'août à novembre.

Pendant la saison pluvieuse les nappes sont beaucoup plus approvisionnées. En effet, les précipitations constituent l'élément principal du climat, puisqu'elles déterminent les saisons comme partout en milieu tropical (Boko, 2004). La moyenne pluviométrique annuelle est d'environ 1180 mm. Le régime pluviométrique moyen mensuel sur la période (1971-2010) présente généralement un aspect bimodal dans le secteur d'étude.

3.2.1.1 Pluviométrie et évapotranspiration

Les hauteurs annuelles moyennes de pluies varient entre 800 mm et 1400 mm d'eau. Le nombre de jours de pluies tourne autour de 100 jours par an. Ce qui favorise la recharge en eau de la nappe (Godoui, 2012). La figure 5 présente l'évolution des hauteurs de pluie et l'évapotranspiration.

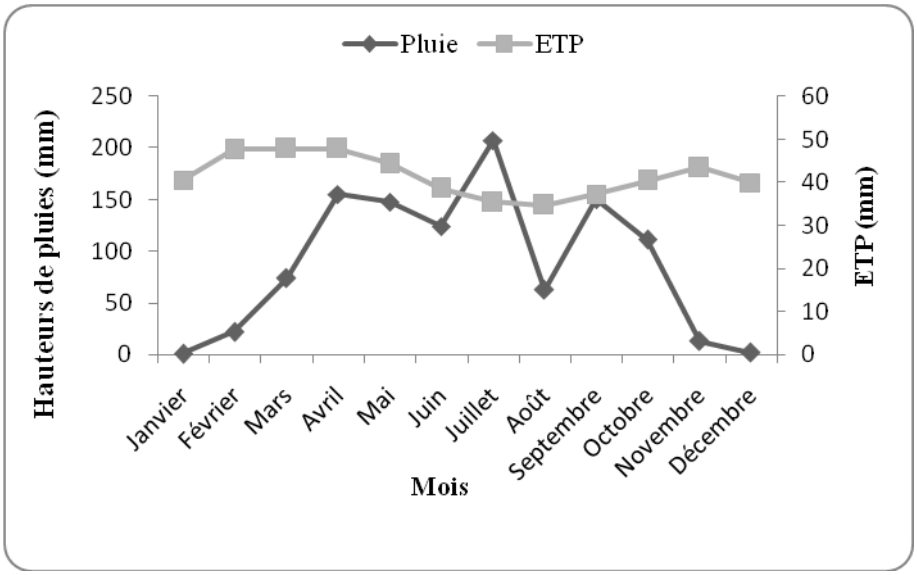


Figure 5 : Evolution des moyennes mensuelles des précipitations et d'ETP de 1971à 2010 à Bohicon

***Source** : Données de l'ASECNA 1971 à 2010*

Il ressort de l'analyse de la figure 5, que l'ETP est relativement importante pendant la saison sèche, période au cours de laquelle il est enregistré la plus forte insolation. Cette évapotranspiration est moindre au cours de la période des pluies. Le régime pluviométrique de la Commune de Lalo suit un rythme annuel bimodal caractéristique du climat subéquatorial. Les pluies débutent en mars (46,94 mm) et atteignent une hauteur de 192,82 mm en juin, période où, les populations utilisent abondamment l'eau de pluie. Après cette séquence, la pluviométrie diminue progressivement jusqu'au mois d'août (80,05 mm) où commence la petite saison pluvieuse pour atteindre son extrémum en septembre (169,15 mm). La période de la grande saison sèche s'étale de novembre en mars. Les mois de décembre et de janvier subissent la dépression croissante de l'harmattan, dont le souffle assèche et favorise une forte amplitude thermique pendant la journée. Ces conditions climatiques sont à l'origine de l'assèchement précoce de plusieurs puits. Ce qui amène les populations à exploiter plus les sources d'eau qui ne sont pas recommandées pour la boisson. Et la conséquence immédiate est le taux de prévalence élevé des maladies diarrhéiques.

3.2.1.2. Température

De faibles écarts de température tournent autour de 14° C. La température maximale est de 35° C, et la minimale est de 21° C (ASECNA, 2014). Ces données thermiques sont représentées sur la figure 6.

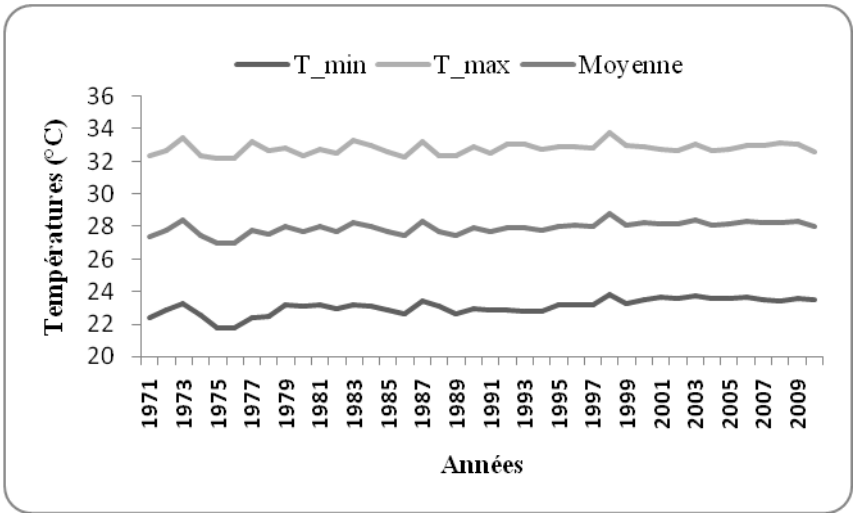


Figure 6 : Evolution des moyennes mensuelles thermiques à Bohicon entre 1971 et 2010

***Source** : Données de l'ASECNA 1971 à 2010*

La figure 6 montre la variation annuelle des maxima, moyennes et minima de température sur la période 1971 à 2010 dans le secteur d'étude. La température minimale moyenne est de 22,6 °C. La température moyenne maximale est de 33,2 °C. La température moyenne est de 28,35 °C Elle baisse à 26,9 °C puis augmente et peut atteindre 28,7°C. La température qu'elle soit basse ou élevée conditionne la qualité et la disponibilité de l'eau de boisson.

3.2.1.3. Humidité relative

En dehors des hauteurs de pluies, l'humidité relative participe à la connaissance de la recharge de l'eau dans les aquifères. Dans la Commune de Lalo, l'humidité relative est considérable et peut atteindre 80 % car la Commune de Lalo est éloignée de l'océan Atlantique (figure 7).

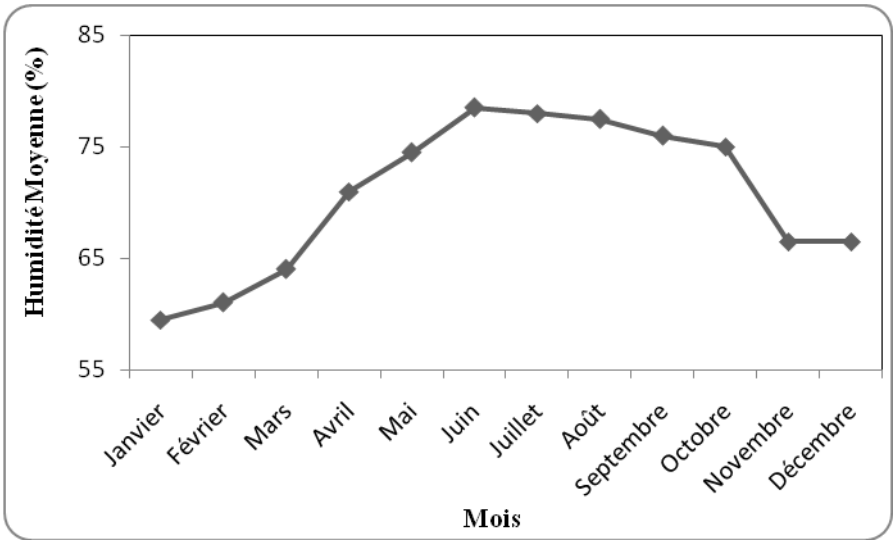


Figure 7 : Evolution du record des moyennes mensuelles des extrêmes d'humidité à la station de Bohicon entre 1971 et 2010.

***Source** : Données de l'ASECNA 1971à 2010*

Les moyennes mensuelles oscillent entre 57 et 72 %. Les pics s'observent entre mai et novembre qui correspondent à la saison pluvieuse et les plus faibles valeurs entre décembre et avril qui correspondent à la saison sèche. La période d'harmattan et de permanence de l'ensoleillement atténue l'ampleur de l'humidité ce qui accentue l'assèchement de l'eau. Par contre, la mousson constitue un facteur d'aggravation de l'ampleur de l'humidité relative de la région. Au cours donc de la mousson le phénomène courant observé est le débordement du fleuve Couffo de son lit principal. Situation qui entraîne les inondations observées dans la Commune de Lalo. La conséquence immédiate est la pollution de certains points d'eau à faible profondeur.

3.2.1.4. Evapotranspiration potentielle

Le bilan climatique est la différence entre la pluviométrie (P) et le pouvoir évaporant (ETP) du sol. Le principe du bilan climatique est, qu'un mois est considéré humide lorsque les précipitations (P) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle (P > ETP) ; il est sec quand les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration (P < ETP). L'évapotranspiration potentielle (ETP) est, par définition, l'évaporation maximale que pourrait fournir un couvert végétal suffisamment irrigué pour satisfaire la demande en eau de l'atmosphère (Amoussou, 2010). Il s'agit de valeurs estimées, disponibles pour la station synoptique de Bohicon (figure 8).

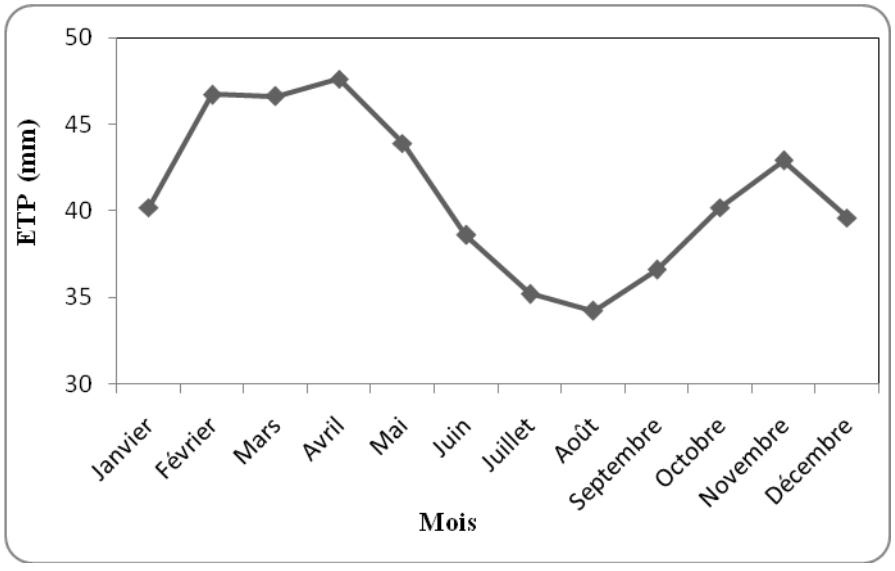


Figure 8 : Evolution annuelle de l'évapotranspiration de Bohicon entre 1971 et 2010

***Source** : ASECNA 1971 à 2010*

Il ressort de l'analyse de la figure 8 que le bilan climatique dans la Commune de Lalo est composé de deux phases opposées : une phase humide de mai à octobre d'une part avec l'ETP

minimale observée en août (34,2 mm) et d'autre part une phase sèche de novembre à avril avec des maxima observés en avril (47,6 mm). La phase humide correspond au temps d'alimentation des réservoirs souterrains et de fourniture en surplus d'eau aux eaux de surface. La phase sèche correspond quant à elle, aux mois secs où la demande évaporatoire de l'atmosphère est très importante avec un fort amenuisement et même l'assèchement des réserves d'eau du sol. L'ETP permet de connaître les périodes de dilution et de concentration des paramètres bactériologiques présents dans l'eau de boisson afin de pouvoir contrôler la prévalence des maladies diarrhéiques. En dehors même des facteurs climatiques, d'autres facteurs physiques (géomorphologique, géologique, pédologique) déterminent l'accès à l'eau dans le secteur de recherche.

3.2.2. Contexte géologique, pédologique et végétation

La roche en place, les différents types de sols et les essences végétales rencontrées sont les déterminants de la disponibilité de l'eau dans la Commune de Lalo.

3.2.2.1. Contexte géologique

La Commune de Lalo est un milieu à relief peu accidenté. La compilation des informations de tous les travaux spécifiques montre qu'elle est constituée d'un plateau légèrement disséqué, qui lui confère une structuration en deux composantes géomorphologiques (MEEH, 1991 ; DG/Eau, 2009) :

- une zone dénommée « plateau Adja » de socle cristallin sur les granites du Précambrien et les grès du Crétacé culminant à une altitude moyenne de 80 mètres (Amoussou, 2010).
- une zone de plateau sédimentaire du Continental terminal. C'est une zone composée d'argile et de sable ou composé d'argile et de marne où les conditions climatiques sont particulièrement favorables pour la formation de ce type de sol généralement connus sous le nom de « terre de barre ou terre rouge ».

Comme l'ensemble des communes du département du Couffo, la Commune de Lalo est située entre la plaine côtière et celle transversale de Lonkli- Kétou et précisément sur le plateau d'Aplahoué. L'étude morphologique et topographique de ce relief montre une dépression argileuse : dépression de Tchi (MAEP, 2007). La structure géologique de la Commune de Lalo est représentée sur la figure 9.

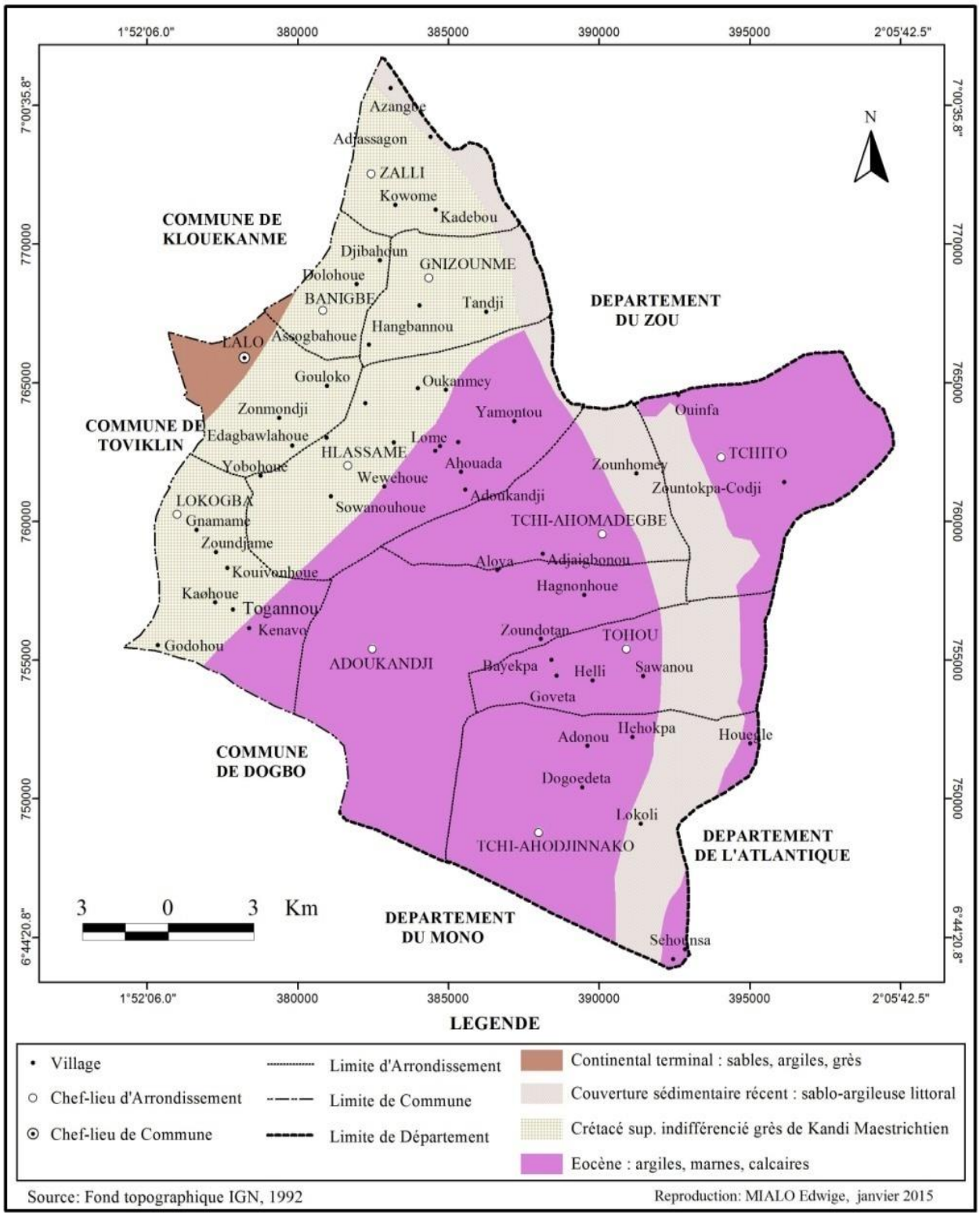


Figure 9 : Contexte géologique de la Commune de Lalo

***Source** : Fond de carte, IGN 1992*

Les roches mises en place dans la Commune de Lalo sont les roches sédimentaires regroupées en trois ères géologiques. D'abord, les formations du continental terminal (sable, argile et grès) retrouvées dans la partie nord-ouest de Lalo-centre qui se trouvent sur le plateau Adja et

les roches sédimentaires à dépôt récent (formation sablo-argileuse du littoral) rencontrées sur une partie des arrondissements Ahomadégbé, Tchitto, Adoukandji, Tohou et Ahodjinnako situés dans la dépression.

Ensuite, il y a le grès du crétacé supérieur rencontré à Zalli, Banigbé, Gnizounmè, à l'est de Lalo-centre et à l'ouest de Hlassamè et Lokogba. Et enfin, il y a les formations de l'éocène (l'argile, la marne et le calcaire) rencontrés sur une grande superficie de Adoukandji, Ahomadégbé, Ahodjinnako et Tchitto.

Ces structures géologiques représentent une contrainte pour la réalisation des puits à grands diamètres et des AEV. Ainsi, les forages et les bornes fontaines sont beaucoup plus faciles à réaliser sur ces types de roches.

3.2.2.2. Substratum pédologique

La nature du sol favorise la recharge de la nappe qui conditionne la disponibilité de l'eau. Ainsi, après les travaux topographiques et cartographiques, les différents types de sols identifiés dans la Commune de Lalo sont présentés sur la figure 10.

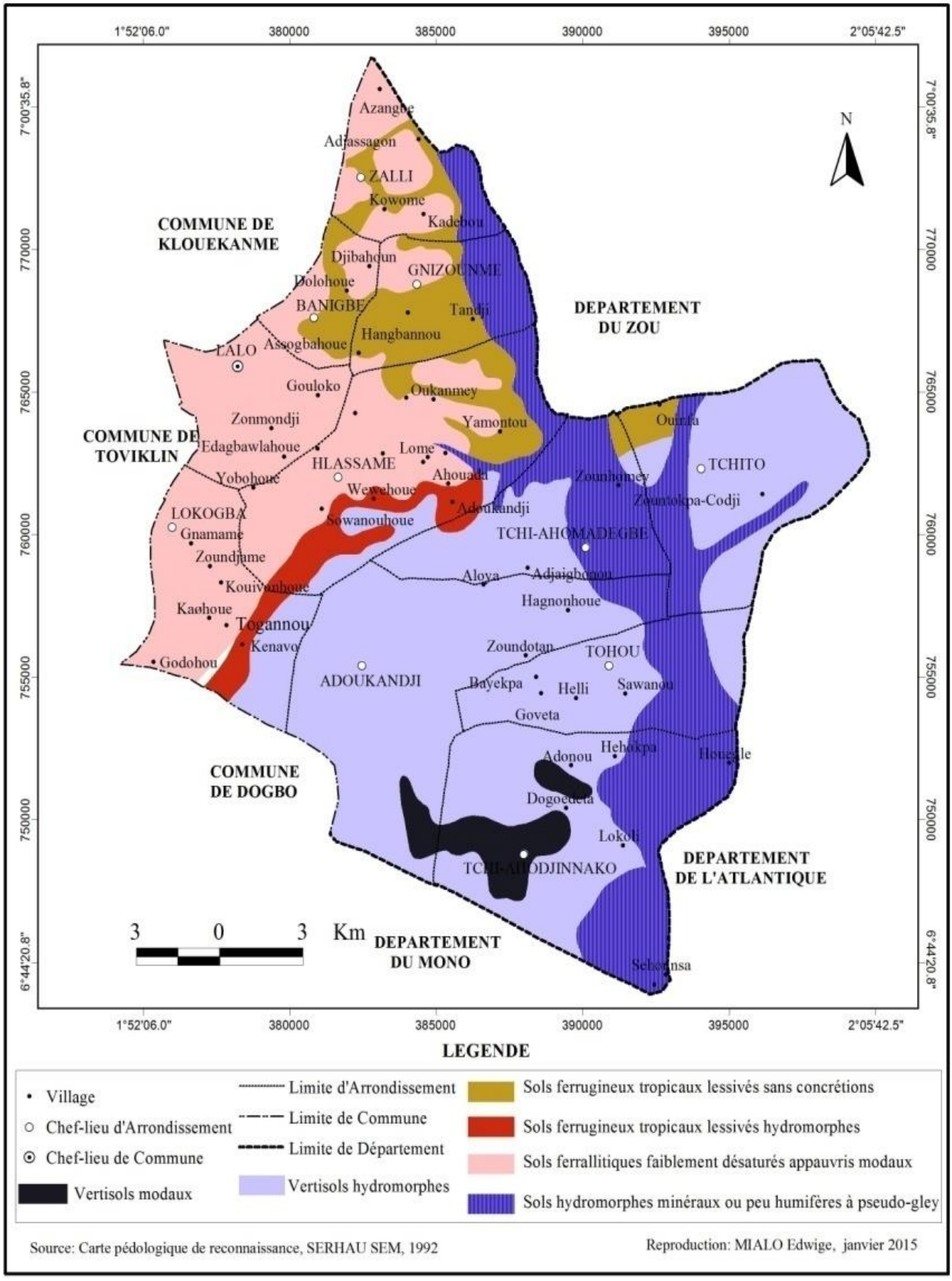


Figure 10 : Substratum pédologique de la Commune de Lalo

***Source** : Fond topographique, IGN 1992*

Les types de sols identifiés dans la Commune de Lalo sont :

- les vertisols sont des sols noirs rencontrés partout où le drainage externe est correct ou réduit, et où la topographie est quasi plane. Les vertisols du bassin sédimentaire côtier recouvrent le fond argileux de la dépression de Tchi. Leur propriété dépend de leur position topographique. Ce sont des sols noirs montmorillonitiques, très fertiles, développés sur les formations argileuses, marneuses ou calcaires du Paléocène et de l'Éocène, Azontondé (1991) et Tollo (1996), cités par Amoussou, 2010. L'épaisseur des bancs calcaires est très variable, 15 m à Issaba, Celle des couches argileuses varie de 5 à 10 m (Godoui, 2012). Imperméables, plus ou moins asphyxiants, mais très fertiles, les vertisols sont très difficiles à travailler du fait de leur engorgement en période pluvieuse. En saison sèche en se desséchant, ils présentent de larges fentes de rétraction. Ces sols de la dépression de Tchi occupent la grande superficie de la Commune de Lalo.

- Les sols ferrallitiques faiblement désaturés sont issus des sédiments meubles argilo-sableux du continental terminal « Terre de barre » et des grès sur sédiments du crétacé Azontondé (1991) cité par Amoussou (2010). Relativement fertiles, ils sont cultivés, mais sont très sensibles à l'érosion. Sur les versants des plateaux, les sols ferralitiques offrent particulièrement une faible résistance aux agents d'érosion surtout lorsqu'ils sont débarrassés du couvert végétal. Ils ont de bonnes propriétés physiques et hydrauliques, néanmoins leur réserve en eau est assez faible et leur structure peut se dégrader rapidement s'ils sont également cultivés. Son épaisseur varie de 60 m à plus de 140 m. Les forages réalisés dans cet aquifère offrent des débits variant de 20 à plus de 1000 m^3/h en général (Godoui, 2012). La valeur moyenne de la transmissivité tourne autour de 4.10-3 m^2/s alors que le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de 10^{-3}. Ils sont fortement dégradés mais très bien drainés et à faible capacité de rétention. Ces sols se rencontrent par endroits, dans tous les arrondissements de la Commune sauf dans la dépression de Tchi.

- Les sols ferrugineux tropicaux issus de l'altération du socle précambrien sous régime pluviométrique unimodal et sont minoritaires. Ils sont caractérisés par un lessivage intense et résultent d'une forte altération (Amoussou, 2010). Ils sont sableux en surface mais, au-delà de 50 cm, ils deviennent sablo-argileux, argilo-sableux, ou sablo-argilo graveleux, ce qui les rend imperméables (Togbé, 2003). Leur capacité de rétention en eau est faible du fait de leur épaisseur.

- Les sols hydromorphes assez fertiles se forment dans un environnement caractérisé par un déficit prolongé en oxygène dû à une saturation temporaire ou semi permanente du

milieu par la nappe phréatique. Leur évolution et leurs caractères dépendent de la lame d'eau précipitée, de la remontée de la nappe phréatique et des apports terrigènes des différents cours d'eau. Ils sont riches en argiles (30 à 60 %), assez profonds (> 1 m). Leur perméabilité est moyenne en surface et faible en profondeur. Leur réserve hydrique est faible 75 à 100 mm environ (Amoussou, 2010). Les débits peuvent atteindre 90 m^3/h et les valeurs de la transmissivité varient entre 2.10^{-4} et $2\ 10^{-3}$. Ce sont des sols noirs limono-argileux en surface et argileux en profondeur. On les rencontre surtout dans les arrondissements de Tohou, Ahomadégbé, Ahodinnako et une partie d'Adoukandji. L'aspect des sols vertisols est représenté sur la planche 1.

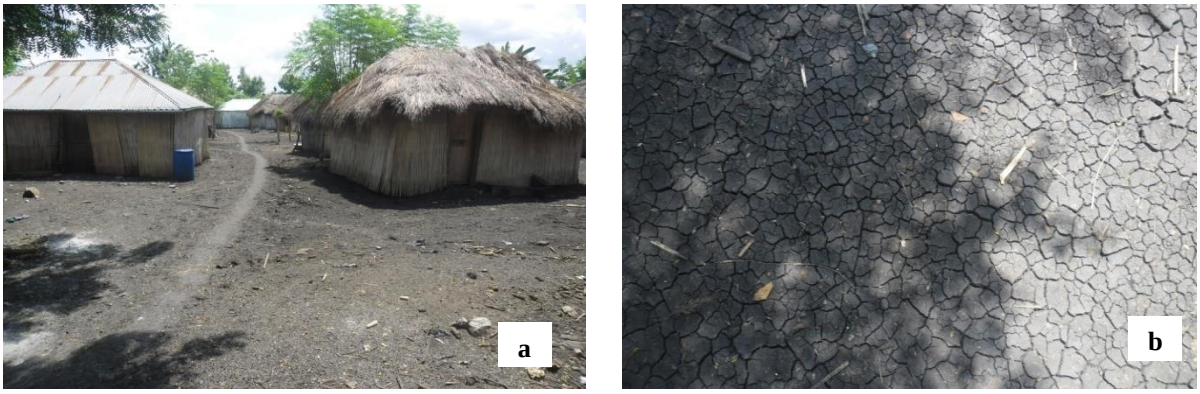


Planche 1 : Argile noire gonflante à Adomè (Ahodjinako) et fente de dessiccation à Adjaïgbonou (Tchi Ahomadégbé)

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

La réserve d'eau de ce type de sols est faible, de l'ordre de 170 mm à 2 mètres, et l'humidité au point de flétrissement est de 50 %. Ici, la texture est argileuse avec un taux d'argile qui se situe entre 60 et 80 % (Houndénou, cité par Ajavon, 2012). Avec une profondeur limitée à 1 m, ces sols sont médiocres du point de vue de perméabilité et quantité d'eau réellement disponible. Ces types de sols conditionnent la disponibilité de l'eau surtout en période sèche où l'eau devient rare.

3.2.2.3. Contexte floristique

De par son climat et ses sols, la Commune de Lalo est caractérisée par une végétation de savane herbacée et arborée, de forêt, de plantations. La Commune de Lalo est subdivisée en deux (02) zones agro écologiques à savoir : plateau et dépression de Tchi. Les essences rencontrées sont spécifiques à chaque zone. Les différentes formations végétales sont représentées sur la planche 2.



Planche 2: Quelques essences arborées rencontrées dans la Commune de Lalo

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

Les formations végétales rencontrées dans la Commune de Lalo sont essentiellement les arbres fruitiers comme l'oranger (*Citrus aurantium*), les plantes annuelles telles que (*Manihot esculenta)*, le maïs *(Zea mays)*, le haricot (*Phaseolus vulgaris*), le piment (*Capsicum frutescens*), la tomate (*Solanum lycopersicum*), et les graminées.

On y trouve également des îlots de forêt qui bordent le fleuve Couffo et des forêts sacrées. Au niveau des marécages et des plans d'eau, on rencontre les espèces comme *Nymphealotus*, *Pycreus lanceolatus*, *Leersia hexandra*, *Oryza barthii*, *Macaranga barteri*, *Azolla africana*, *Lemna paucicostata.*

La végétation agit sur le taux d'infiltration qui varie évidemment beaucoup en fonction de la nature du sol, de la pente du sol, de la nature du sous-sol et de sa profondeur. Donc une végétation abondante facilite l'infiltration qui participe à la recharge de la nappe.

3.2.2.4. Réseau hydrographique

Les localités situées au nord-est et à l'est sont drainées par le fleuve Couffo sur une longeur de 11 km et ses affluents. Long de 190 km, elle draine un bassin-versant de 3 000 km² et prend sa source au Togo dans les monts Djami, près du village de Tchetti (Bénin) à 240 m d'altitude. Dans sa partie sud, le lit se caractérise par un chenal d'écoulement large de 75 m. Il

est localement appelé lac Toho (Le Barbé *et al.*,1993) et présente une profondeur variant de 2,50 m à 5 m (Amoussou, 2010). Le Couffo a un régime hydrologique tropical avec un bassin situé dans la région côtière à deux débits maxima (9,59 et 9,83 m^3/s) en août et en septembre (MMEH, 2003). Il a un débit très faible de novembre à mai soit 0,58 à 0,92 m^3/s mesuré à Lanta. Les principaux affluents du fleuve Couffo se trouvent dans la partie nord du bassin. Ce sont, sur la rive droite : l'Aiokpé (sous-bassin-versant de 47 km²), le Honvè (166 km²), le Dra (147 km²), et sur la rive gauche, le Gougou (36 km²), l'Agougan (90 km²), et le Lahoun. Ils ont des pentes fortes de 5 à 13 m/ km (Le Barbé *et al.*, 1993), facilitant le ruissellement vers le lit : d'où le régime torrentiel du Couffo. On dénombre aussi des étangs dans les localités de Tandji et de oukanmè. Elle traverse la Commune de Lalo en drainant les villages de Aboty, Adjassagon, Ahomadégbé, Azangbé, Zounhomè et Tohou. Cette rivière et ses affluents alimentent pendant les saisons pluvieuses de nombreux étangs et nappes saisonnières comme Tandji, Oukanmey. En revanche, à la fin de l'étiage, on la traverse à pieds par exemple à Adjassagon dans l'arrondissement de Zalli (SERHAU, 2002). Le réseau hydrographique de la Commune de Lalo est présenté sur la figure 11.

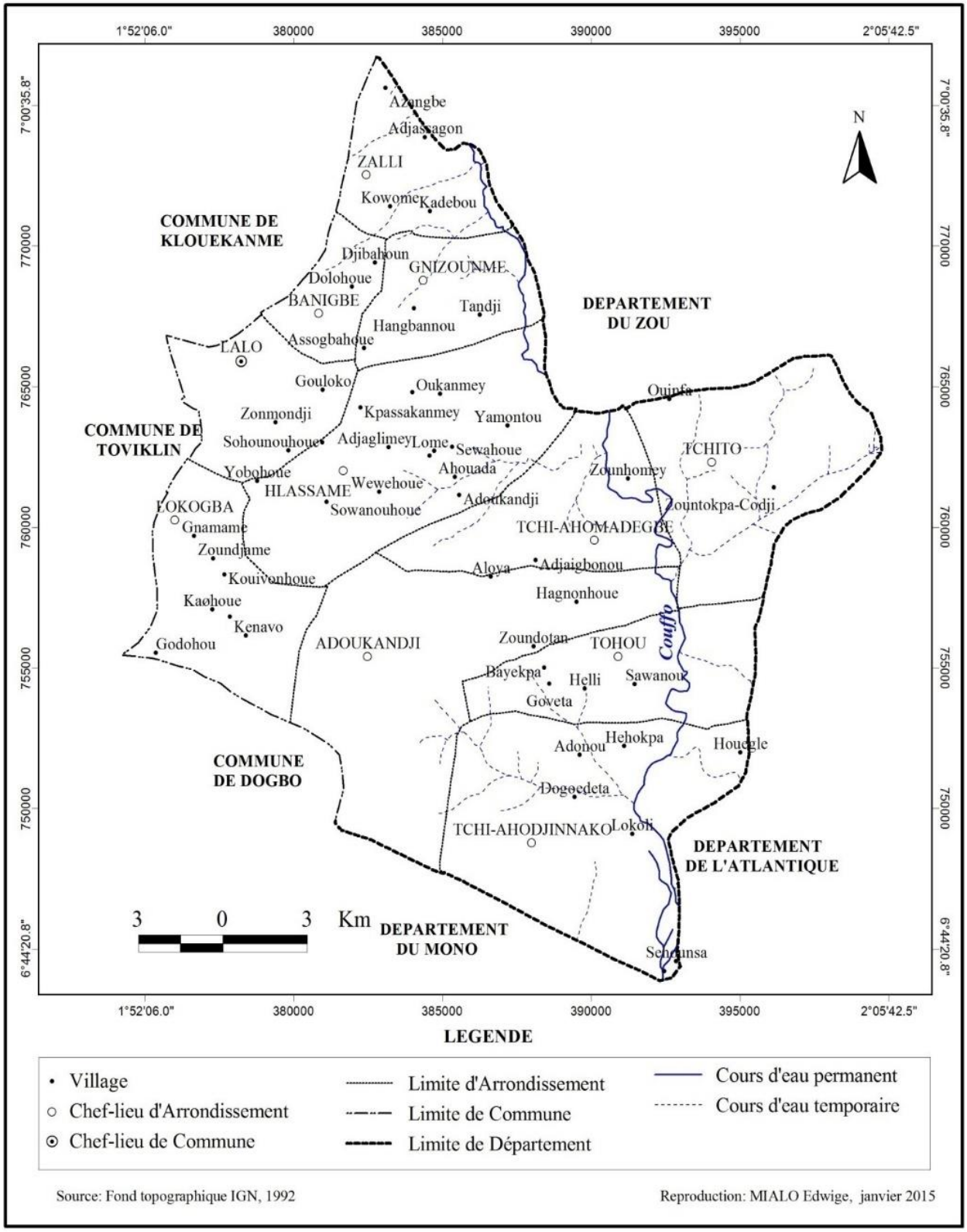


Figure 11 : Réseau hydrographique dans la Commune de Lalo

***Source** : Fond topographique IGN, 1992*

3.2.2.5. Contexte hydrogéologique

La Commune de Lalo est située à cheval sur le plateau d'Aplahoué et dans la dépression des Tchi. Le crétacé qui caractérise le plateau d'Aplahoué est constitué du Turonien-coniacien et du maestrichtien qui ne se distinguent pas dans les forages et sont donc repris sous la même nappe dite de crétacé. La nappe de l'aquifère crétacé se présente sous forme libre au nord de la dépression de la Lama où le coniacien se traduit par les faciès sableux avec des intercalations de niveaux de marnes, de calcaires, et de calcaires gréseux. Les sables du maestrichtien renferment l'aquifère le plus étendu et le plus profond du Bassin sédimentaire côtier (BSC) et n'est donc pas entaillé par des vallées préjudiciables à continuité, Boukari (2002). En particulier sur le plateau d'Aplahoué, les puits pénètrent généralement très peu dans les nappes sauf ceux approfondis par la section de l'hydraulique. Dans presque toute la région, sauf la partie méridionale du plateau d'Aplahoué, la nappe est très peu captée, le socle cristallin étant peu éloigné. Les puits qui atteignent le socle ont des débits très faibles ou même nuls. Toutefois, dans les régions où se trouvent les talwegs, il est possible d'explorer les aquifères pour trouver des débits suffisants (Slansky, 1959). Le contexte hydrogéologique de la Commune de Lalo est représenté sur la figure 12.

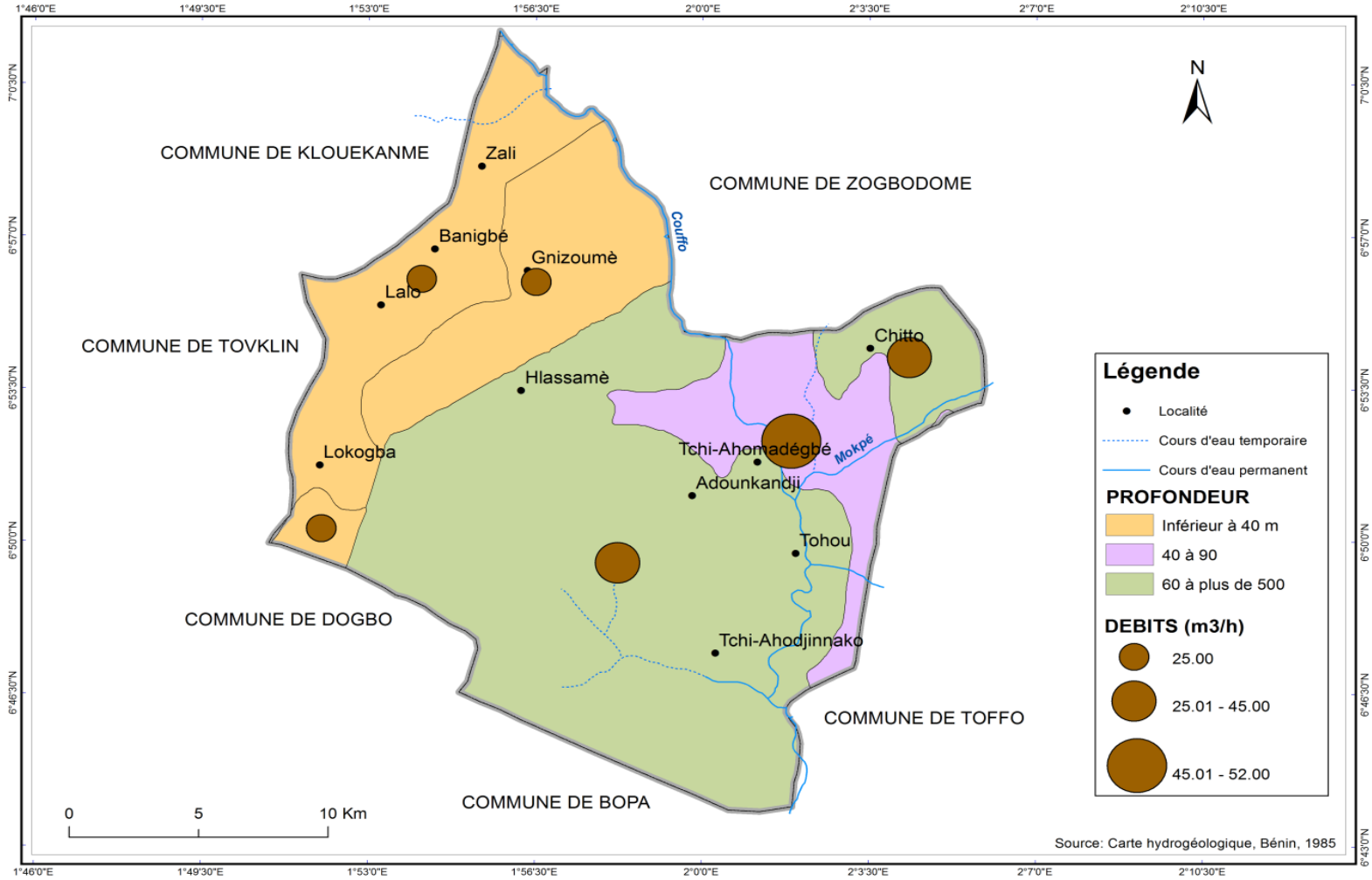


Figure 12 : Contexte hydrogéologique de la Commune de Lalo

***Source** : Fond topographique IGN, 1992*

Les aquifères des arrondissements Zalli, Banigbé, Gnizounmè, Lalo-centre et Lokogba situés sur le plateau Adja ont une profondeur très faible de moins de 40 m. Ce qui permet d'atteindre plus facilement une réserve d'eau souterraine néanmoins, ces aquifères offrent un faible débit qui est de 25 m^3 / h. Les arrondissements Adoukandji, Hlassamè, une partie de Tchitto et de Ahodjinnako présentent des aquifères qui sont très en profondeurs variant de 60 m à plus de 500 m. Selon la DG-Eau, (2006), ces réserves ont un débit qui varie de 25 à 45 m^3/h. Dans l'arrondissement Ahomadégbé situé dans la dépression, il existe des réserves d'eau qui ont un débit qui varie de 45 à 52 m^3 / h et sont situées à une profondeur de 40 m à 90 m. Sur le plateau donc, l'eau est peut être plus facilement accessible mais son débit est faible. Par contre, dans la dépression, l'eau est difficile d'accès mais son débit est élevé. La structure hydrogéologique conditionne la fonction de transfert hydrique atmosphère-sol-aquifère et celle de stockage des réservoirs souterrains. La recharge définie de façon restrictive concerne l'eau qui alimente 1a nappe à travers la zone non-saturée.

3.3. Caractéristiques humaines

Les caractéristiques démographiques et l'évolution des points d'eau ont été développées dans cette partie.

3.3.1. Appartenance ethno-Religieuse

L'ethnie peut être définie comme un groupement humain qui se singularise par sa culture et sa langue. Le rôle de l'ethnie dans la morbidité tient aux divers modes de vie que chaque groupe ethnique adopte (Missang, 2001). L'ethnie étant le lieu de reproduction des valeurs culturelles et le cadre privilégié de l'exercice des pratiques traditionnelles et croyances, les comportements individuels s'interpénètrent en terme de déviance ou de conformisme à la collectivité.

La commune de Lalo est une localité dominée par l'ethnie Adja qui fait environ 92,70 % des enquêtés et des fons qui ne représentent que 7,30 % des enquêtés. Les données sur la religion sont présentées sur la figure 13.

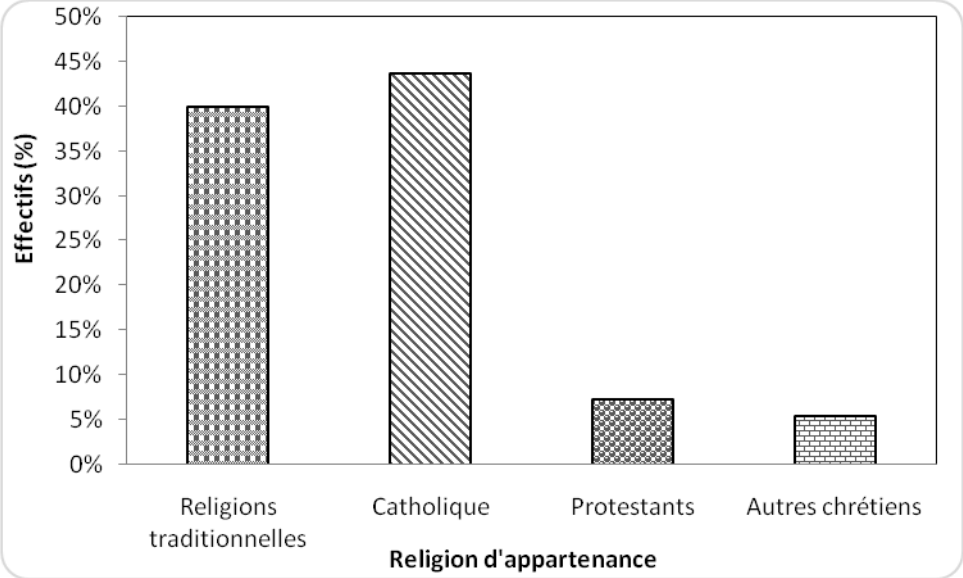


Figure 13: Religion d'appartenance des ménages enquêtés

***Source** : Travaux mars 2015*

L'analyse de la figure 13 montre que 43,60 % des hommes et des femmes se sont déclarés de la religion catholique, 40 % des religions traditionnelles, 7,30 % de la religion protestante et seulement 5,50 % de la confession « autres chrétiens ». La catégorie de la religion « autres chrétiens » est constituée des adeptes des églises de réveil, lesquelles sont aujourd'hui en forte croissance sur toute l'étendue du territoire national. Ces données sont conformes aux résultats de l'EDS-IV (2013) qui révèlent que les religions dominantes au Bénin sont le catholicisme pratiqué par 33 % de femmes et 35 % des hommes), l'islam (22 % de femmes et 24 % d'hommes) et le vodoun (11 % pour chacun des deux sexes).

Dans la société africaine et mondiale, des interdits, us et rites sont liés à l'eau. Ainsi, dans la quasi-totalité des traditions, l'eau est considérée comme un élément qui a donné naissance à la vie. Dans la Commune de Lalo, les interdits et us liés à l'eau existaient dans le temps et étaient très respectés. Mais, avec la venue des religions dites « religions de réveil » ces pratiques ont été pratiquement toutes oubliées. Néanmoins, d'après les propos recueillis, certains sont toujours d'actualité. Les femmes enceintes ne doivent pas aller prendre de l'eau dans les rivières et cours, les femmes en menstrues également sont interdites d'aller aux eaux de surface pour leurs besoins et enfin, nul ne doit aller laver les ustensiles de cuisine dans les cours et plans d'eau. Toutefois, à part les puits et les pompes, tous les points d'eau ont des valeurs culturelles selon la croyance traditionnelle des populations avec la certitude et parfois la peur que l'esprit des ancêtres hantent les points d'eau. Pour eux, par le concept venant des

ancêtres, les eaux de source, de rivière et du fleuve sont propres. L'eau stagnante, enfermée, inerte symbolise de la mort, selon leur croyance.

3.3.2. Caractéristiques démographiques et besoins en points d'eau dans la Commune de Lalo

La densité de la population est près de 144 habitants au km^2 pour toute la commune. Dans la dépression, la densité est de 248 habitants au km^2 et sur le plateau, elle est de 184 km^2. La population de la Commune de Lalo est passée de 62147 en 1992 à 79685 en 2002, puis à 119080 habitants lors du $RGPH_4$ soit un accroissement de 28 % en 10 ans avec une densité de 184 habitants/km^2 (INSAE, 2013). Le taux de croissance de la population est évalué à 3,64 % lors du $RGPH_4$ (INSAE, 2013). Plus de 70 % de cette population en pleine augmentation vit de l'agriculture et exerce régulièrement de pression sur les facteurs de production tels que la terre, l'eau et les ressources naturelles. Mais de l'analyse de la population, il ressort que la commune connaît un exode rural très prononcé. L'évolution démographique est représentée sur la figure 14.

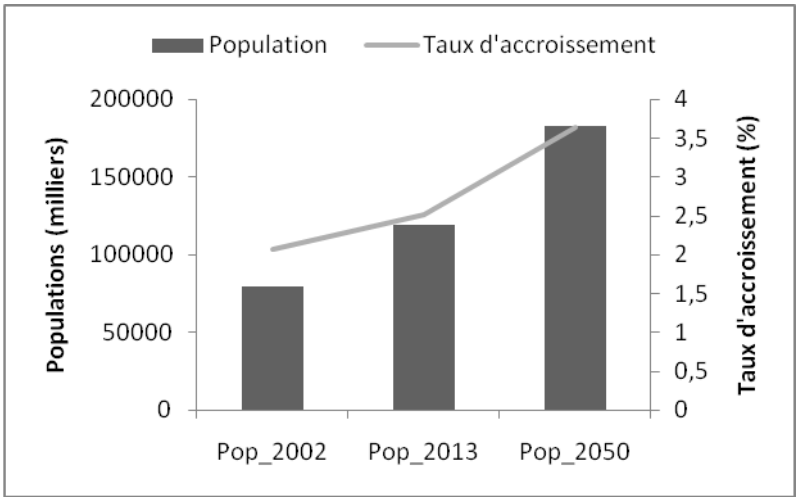


Figure 14 : Evolution démographique de la population dans la Commune de Lalo (2002-2025)

***Source** : INSAE, 2002*

Deux facteurs principaux expliquent l'augmentation observée des taux d'accroissement enregistrés au cours des 30 dernières années. Premièrement, la baisse de la mortalité peut être évoquée. La baisse de ces divers taux est due à l'amélioration des conditions sanitaires. Deuxièmement, un accent peut être mis sur la forte croissance de la population qui se traduit par une fécondité élevée mais qui connait certes une baisse ces dernières années (6,7 enfants par femme en 1992 à 6,2 en 2002 et à 5,1 en 2013).

3.3.2.1. Taille des ménages

La pression exercée sur les points d'eau est notée en fonction de la taille des ménages. Cette situation est représentée dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Répartition des ménages par arrondissements

Arrondissements	**RGPH$_2$ 1992**		**RGPH$_3$ 2002**		**RGPH$_4$ 2013**	
Adoukandji	946	7,1	1255	6,8	2039	8,1
Ahodjinnako	641	6,1	850	5,8	1179	6,5
Ahomadégbé	455	6,1	632	5,6	833	6,5
Tchitto	558	5,8	853	4,6	1277	5,7
Tohou	756	5,7	1011	5,5	1354	6,0
Dépression	**3356**	**6,16**	**4601**	**5,66**	**6682**	**6,56**
Banigbé	507	7,9	684	7,3	904	8,0
Gnizounmè	913	6,5	1233	6,0	1595	7,3
Hlassamè	1322	7,7	1856	7,1	3000	6,4
Lokogba	1336	6,9	2029	6,2	2089	7,7
Zalli	728	5,7	886	5,6	1125	6,7
Lalo	1168	6,5	1665	6,0	2340	5,7
Plateau	**4638**	**6, 86**	**8353**	**6,36**	**11053**	**6,99**
Commune de Lalo	**9330**	**6,7**	**12994**	**6,2**	**17735**	**6,8**

***Source** : INSAE, 2013*

Le tableau VIII montre que de 1979 à 1992 la taille moyenne des ménages était de 6,7 personnes. Malgré une diminution sensible entre 1992 et 2002, elle reste élevée soit 6,2 en 2002. Mais, de 2002 à 2013, elle a augmenté et est de 6,8 personnes. Selon le MISD (2001) 5,9 personnes sont dénombrées par ménage dans les milieux ruraux. En général, le ménage comprend en moyenne 2,6 actifs et plus de 04 enfants (INSAE, 2002). Cette réduction de la taille du ménage observée est due à la politique du gouvernement à travers le Ministère de la Santé et les services spécialisés dans les questions de planification familiale de faire adopter des méthodes de planification aux femmes déjà en âge de procréer dans le but de limiter les naissances. Mais néanmoins, un ménage de cinq (05) à six (06) membres suppose des besoins en eau considérable.

3.3.2.2. Evolution des besoins en infrastructures hydrauliques

L'évolution de la population entraîne indubitablement l'évolution des infrastructures hydrauliques pour couvrir et satisfaire leurs besoins en eau potable. L'évolution du besoin en Point d'Eau dans la Commune de Lalo est ainsi représentée sur la figure 15.

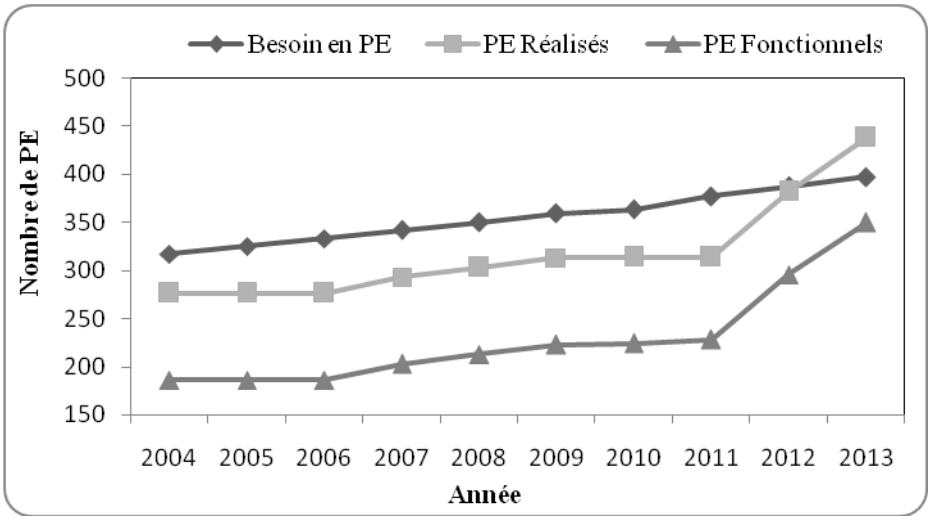


Figure 15 : Evolution des points d'eau dans la Commune de Lalo de 2004 à 2013

***Source** : BDI/S-Eau-COUFFO/DDEE-MONO/COUFFO, 2014*

A la lecture de la figure 15, il ressort qu'il n'y a pas d'arrimage entre les besoins en points d'eau exprimés par les populations et les points d'eau réellement réalisés, mais plutôt une régression des points d'eau face à une population sans cesse croissante.

En effet, sur un besoin estimé à 397 points d'eau, 438 infrastructures hydrauliques ont été réalisés jusqu'en 2013 soit un taux de desserte de 88,3 % avec 350 points fonctionnels et 88 points d'eau en panne soit un taux de panne 19,72 % (base de données DG-Eau, 2014). Cette situation fait que les populations se lancent à la quête de sources d'eau complémentaires pour satisfaire leur besoin en eau. Quand bien même ces sources d'eau ne sont pas vraiment recommandées pour la consommation, la population n'a aucun autre choix que de s'y approvisionner.

Cette situation paradoxale met en péril la satisfaction du besoin de 20 litres d'eau en moyenne par personne et par jour et contraint les populations à passer beaucoup de temps à attendre leur tour avant de s'approvisionner. Cette pression se remarque aussi dans le nombre de bassine en attente de remplissage (photo 1).



Photo 1: Bassine remplie d'eau en attente à Lomè (Adoukandji)

***Prise de vue** : MIALO, mai 2014*

Il apparaît sur la photo 1 des bassines remplies d'eau sans couvercle soumises aux intempéries du climat. Cela laisse croire qu'il y avait peut être un problème de faible débit ou une file d'attente qui a obligé les femmes à vaquer à leurs occupations au lieu d'attendre pour remplir leurs bassines. Ces attentes sont dues au dysfonctionnement des points d'eau.

Ce dysfonctionnement est dû à la faiblesse des capacités de gestion ou de la mauvaise gestion des comités en charge de gérer les points d'eau établis par les communautés. 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 Commune surtout dans les arrondissements situés dans la dépression des Tchi.

Tous ces paramètres contribuent à renforcer la pression exercée par les populations sur les PE tels que les forages (FPM) et les puits modernes dont le nombre cumulé est 208. Sur les 199 FPM, 44 sont non fonctionnels et 02 puits modernes sont non fonctionnels ou déjà abandonnés sur les 09 dont dispose toute la Commune. Cette situation accroit la pression sur les ouvrages fonctionnels. La figure 16 montre l'évolution du taux de desserte et du taux de panne dans la Commune.

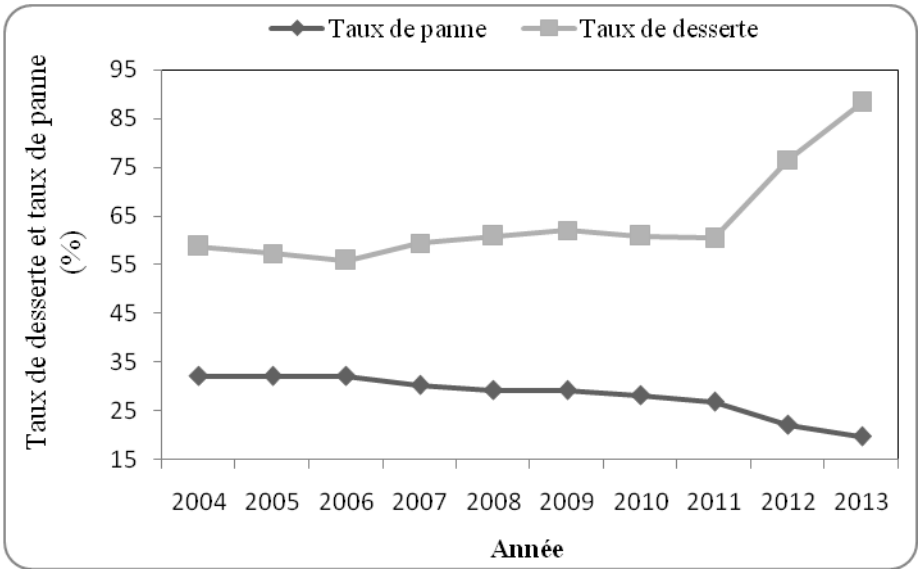


Figure 16 : Evolution des taux de desserte et de panne dans la commune de Lalo 2003-2013

***Source** : BDI/S-Eau-COUFFO/DDEE-MONO/COUFFO, 2014*

La figure 16 tire au clair l'évolution du taux de panne avec le taux de desserte. Il ressort de cette figure donc que le taux de desserte est passé de 58 % en 2004 à 55 % en 2006, de 2007 à 2009, il a évolué de 59 % à 62 % avant de baisser encore jusqu'à 60 % en 2011.

Mais, ce taux est passé de 60 % à plus de 88 % en 2013. Dans le même temps, le taux de panne à vraiment baissé de 32 % en 2004 jusqu'à 19, 72 % en 2013 dans la Commune.

Cette évolution du taux de desserte de 2011 à 2013 et la baisse du taux de panne s'inscrit en droite ligne dans la vision du Bénin après l'avènement de la décentralisation d'adopter une nouvelle stratégie nationale d'AEP en milieu rural couvrant la période de 2005 à 2015 (PNE, 2009). La figure 17 montre l'évolution des points d'eau dans la Commune de Lalo.

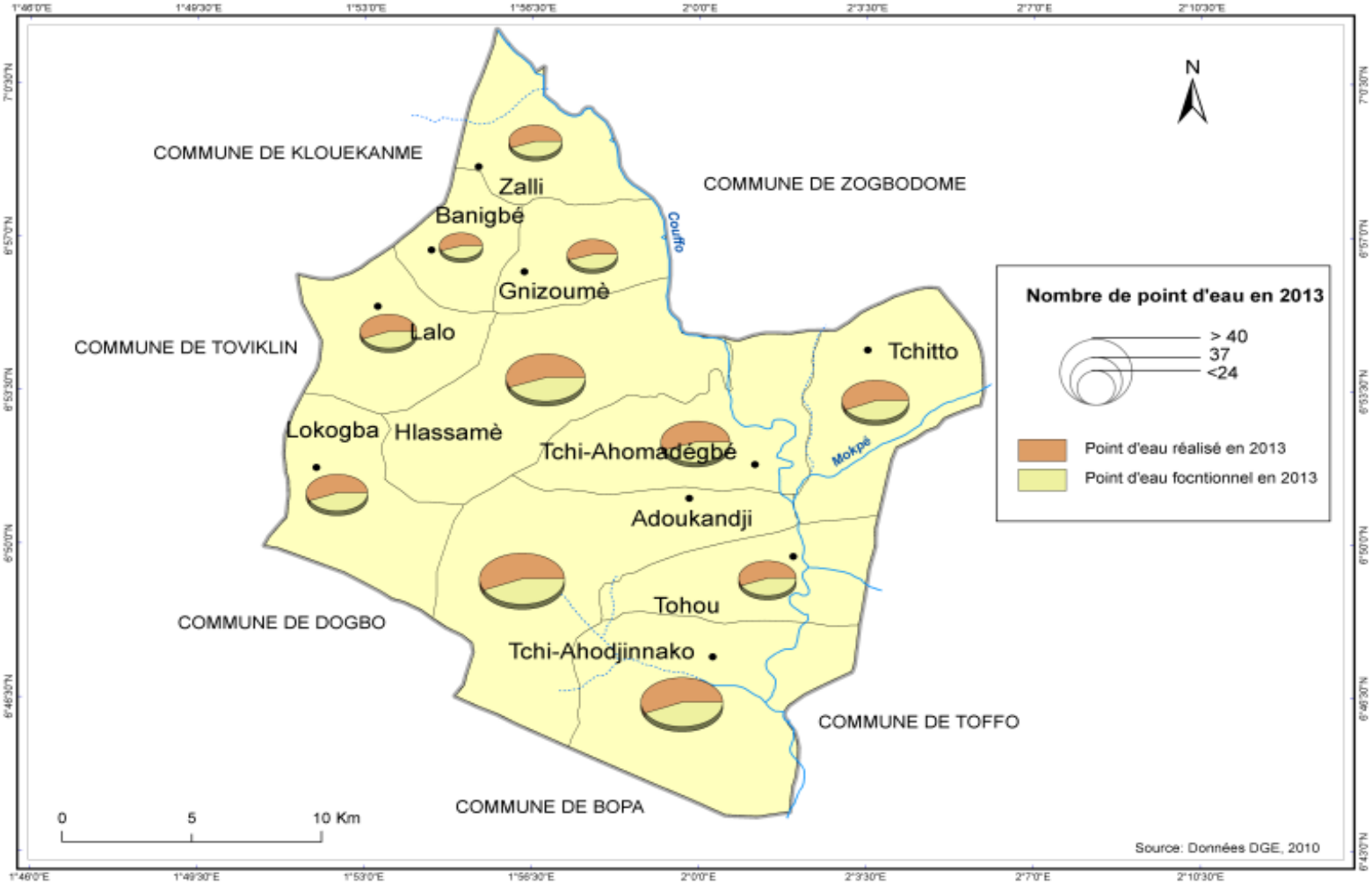


Figure 17 : Evolution des points d'eau réalisés et ceux fonctionnels dans la Commune de Lalo en 2013

***Source** : BDI/S-Eau-COUFFO/DDEE-MONO/COUFFO, 2014*

La figure 17 montre que dans tous les arrondissements de la Commune de Lalo, un certain nombre d'infrastructures tombent en panne. Certes, la différence entre les points d'eau réalisés et ceux fonctionnels est faible mais pas négligeable. En 2013, il est dénombré 438 points d'eau réalisés. Mais, il est remarqué que 88 de ces points d'eau sont en panne soit 20,1 % de taux de panne. Bien qu'il y ait un nombre suffisant d'ouvrages hydrauliques pour l'approvisionnement en eau des populations dans la Commune de Lalo, il existe quand même une difficulté pour le transport de l'eau surtout en saison sèche. Cette situation est représentée sur la photo 2.

3.3.3. Pistes rurales et approvisionnement en eau

Le secteur du transport reste embryonnaire dans la Commune. A cause, de son caractère enclavé, la Commune de Lalo est caractérisée par un réseau routier très peu développé. Les voies d'accès sont en terre de barre facilement érodables et en argile noire gonflante très glissant sans un système d'assainissement adéquat. Il faut toutefois signaler que les pistes praticables créent des désagréments pour la circulation en saison pluvieuse surtout pour les voitures et même pour les automobiles à cause du type de sol qui est en majorité composé des vertisols. En saison des pluies déjà, les populations sont confrontées aux problèmes d'inondation, ajoutés à l'impraticabilité des pistes, il leur devient ainsi difficile d'accéder aux points d'eau pour s'approvisionner en eau potable. Certes, il ne pleut pas toute l'année mais l'accès aux points d'eau en saison des pluies est très rude. L'aspect des routes en saison pluvieuse est représenté sur la photo 2.



Photo 2 : Aspect d'une route quittant Lalo centre à l'arrondissement de Tohou

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

Il est remarqué sur la photo 2 que la voie d'accès est pratiquement dégradée. L'aspect glissant de l'argile est visible à travers les empreintes de pieds laissés par les passants qui montrent

que passer sur ce tronçon demeure un exercice de technique adaptée. La praticabilité de ces voies d'accès est saisonnière c'est- à dire uniquement pendant la saison sèche. Dans la zone des Tchi où le sol est hydromorphe, on peut parler d'inexistence de route ou de piste. Le réseau routier dans cette partie de la Commune se résume en un ensemble de ruelles non tracées et envahies par les herbes surtout pendant la saison des pluies. Ces pistes ne permettent pas aux populations d'aller s'approvisionner en eau potable pendant la période de pluie. Ceci les contraint à recueillir l'eau de pluie pour leurs besoins quotidiens même si elle n'est pas potable. L'impraticabilité des voies d'accès constitue sans doute un frein à la prise en charge immédiate des cas de diarrhées dans la Commune de Lalo.

Ce chapitre a présenté les facteurs physiques et humains de la Commune de Lalo qui conditionnent la disponibilité et l'accessibilité de l'eau de boisson. Cette présentation du cadre d'étude a permis de caractériser l'accès à l'eau de boisson dans le chapitre IV.

CHAPITRE IV : CARACTERISATION DES DETERMINANTS PHYSIQUE ET SOCIO ECONOMIQUE DE L'ACCES A L'EAU DE BOISSON

L'accessibilité à l'eau en quantité et en qualité suffisantes pour satisfaire les besoins humains fondamentaux est une condition préalable pour obtenir un meilleur niveau de santé et un développement durable. Ce chapitre présente les principales variables de l'accès à l'eau de consommation que sont la répartition géographique, la capacité financière et l'accessibilité des populations aux infrastructures de desserte de l'eau potable dans la Commune de Lalo.

4.1. Critère de choix pour l'implantation d'un point d'eau souterraine

Avant de réaliser un point d'eau, la qualité de l'eau ne doit être l'unique considération. Il faut tenir compte du débit de l'eau et de la pérennité du point d'eau. Compte tenu du coût élevé de l'infrastructure et de l'insuffisance des systèmes d'adduction d'eau, le captage des eaux souterraines avec les puits constituent l'une des meilleures sources d'eau de boisson dans les pays en voie de développement, à condition que ces sources soient bien protégées.

En général, le choix de l'emplacement d'une source doit être fait par les services chargés de l'hydraulique en tenant compte des désirs de la population et de l'hydrogéologie du terrain. Une source ne peut fournir de l'eau que si elle rencontre une nappe. Les nappes peuvent être partout mais leur qualité, leur débit et leur profondeur sont très variables. Il existe des nappes captives et des nappes libres. La nappe captive aussi appelée nappe artésienne est une nappe aquifère qui est confinée entre deux couches imperméables. La nappe libre aussi appelée nappe aquifère est une formation géologique perméable et saturée d'eau (Coulibaly, 2005).

4.2. Sources d'eau approuvées

Les sources d'eau approuvées sont les eaux souterraines captées par forage, puits peu profonds et les eaux de sources.

4.2.1. Typologie des sources d'eau de boisson

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

4.2.1.1. Adduction d'Eau Villageoise (AEV)

Une AEV est un dispositif techniquement ou technologiquement réalisé en vue de faciliter l'accès à une eau potable. Cet ouvrage est supposé remplir des conditions qui garantissent une eau potable si de bonnes pratiques sociales ou mesures d'hygiène sont adoptées (CREPA, 2004). L'AEV comprend :

- Un ***forage*** **:** ouvrage de captage de l'eau souterraine de petit diamètre (en général 15 à 40 centimètres) réalisé à l'aide de moyens matériels importants. Le trou du forage est fait à l'aide de la foreuse. Une fois que le trou a atteint et traversé plusieurs mètres de la zone contenant l'eau, le forage est arrêté. Il est introduit dans le trou un tube de plastique qui comporte des fentes au niveau où se trouve l'eau pour permettre à celle-ci de pénétrer à l'intérieur du tube et d'être pompée. L'espace entre le tube et le trou est rempli par du gravier au niveau de la crépine, puis par les matériaux imperméables comme l'argile et enfin cimenté sur les derniers mètres avant la surface. Le forage est destiné à capter l'eau des aquifères profonds. Il est équipé d'un tubage et d'une superstructure, et est prévu pour recevoir un dispositif de pompage.



Photo 3 : Forage équipé d'une station de pompage à Adjaglimey (Hlassamè)

Prise de vue *: MIALO, mai 2014*

La photo 3 montre un forage relié à une station de pompage. La station de pompage comprend un système de pompage relié à un tableau de bord qui contient toutes les commandes pour faire refouler l'eau dans la pompe immergée.

- un ***système de pompage*** qui refoule l'eau dans un grand réservoir appelé château d'eau. Le pompage est effectué par un engin électromagnétique appelé pompe immergée. Le dispositif ainsi décrit est montré sur la planche 3.

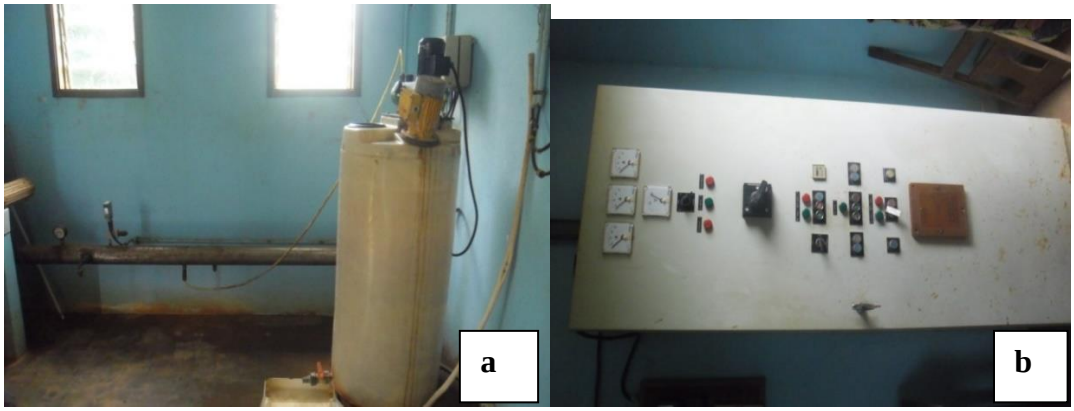
- 

Planche 3 : Dispositif composant la station de pompage à Kinvouhoué dans l'arrondissement de Lokogba

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

La planche 3 comprend la pompe immergée (photo a) relié au tableau de bord (photo b).

- un ***château d'eau*** : grand réservoir d'eau surélevé de 6 à 9 m par rapport au sol et d'une capacité de 10 à 50 m^3;



Photo 4 : Château d'eau à Adjaglimey dans l'arrondissement de Hlassamè

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

La photo 4 présente un château nouvellement construit à Hlassamè pour desservir les populations en eau potable.

- un ***réseau de tuyaux*** permettant d'amener l'eau du château jusqu'aux points de distribution que sont les Bornes Fontaines (sources publiques) et les branchements privés. Ces bornes fontaines sont présentées sur la photo 5.

- ***un terminal de Bornes fontaines (BF):*** elles comportent chacune deux robinets et sont réparties dans les villages en fonction de la population et des moyens dont disposent l'Etat et

ses partenaires pour faire l'extension du réseau d'un hameau à un autre. Ce type d'ouvrage est préconisé pour une population relativement importante (au moins 1500 personnes).



Photo 5: Présence d'une borne fontaine nouvellement construite à Tandji dans l'arrondissement de Gnizounmè

Prise de vue : *MIALO, mars 2014*

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

4.2.1.2. Forages équipés de pompe à motricité humaine (FPM)

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

• un faible coût d'investissement ;

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

• une profondeur d'installation limitée ;

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

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

• une bonne protection de la ressource si l'ouvrage est bien exécuté. La photo 6 présente un FPM utilisant une pédale.



Photo 6 : Forage équipé de pompe à motricité humaine utilisant une pédale à Helli dans l'arrondissement de Ahodjinako

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

La photo 6 présente des bidons qui sont en attente de remplissage. Les ménages ayant besoin de s'approvisionner en eau sont obligées de vaquer à leurs occupations car le débit de ce forage à ce moment de la journée (14 h 05') est faible et ne facilite le prélèvement de l'eau.

4.2.1.3. Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS):

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

- **Postes d'Eau Autonome (PEA)**, le dispositif est presque identique à l'AEV à la seule différence qu'il n'y a pas de bornes fontaines. L'eau est servie sur place aux populations par une rampe de 3 à 4 robinets. Il n'existe pas donc de canalisation pour ce dispositif. Un PEA est réalisé pour une population se situant entre 1000 et 1500 personnes (Adomou, 2008). le PEA est un système compact d'équipements hydrauliques ne comprenant pas de réseau de distribution et constitué d'un forage avec un débit minimal de $5m^3/h$, d'une pompe électromécanique, d'un réservoir de stockage et d'au moins trois robinets de service au pied du réservoir (Tizambo (2010), photo 7.



Photo 7: Robinets servant le PEA à Ahouada dans l'arrondissement de Adoukandji

***Prise de vue** : MIALO, mai 2014*

Le PEA de la photo 7 est équipée de quatre (04) robinets pour desservir 1000 habitants dans l'arrondissement de Adoukandji. Mais, son environnement est très insalubre à cause des activités domestiques qui sont faites autour.

4.2.1.4. Réseau d'AEP

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

4.2.1.5. Puits

Un puits est un ouvrage de captage de l'eau souterraine de diamètre variant généralement de 1 à 1,8 mètres. Il existe deux types de puits (Houeha, 2007). Ce sont les puits traditionnels et les puits modernes.

Les puits traditionnels sont des ouvrages dont les parois ne sont pas en général revêtues ou juste un revêtement peu épais de ciment non armé, ne pénétrant dans la nappe que sur une faible hauteur. Les puits traditionnels sont entièrement réalisés à la main par des puisatiers locaux, disposant d'un matériel très restreint. Ce dispositif est représenté sur la photo 8.



Photo 8 : Puits traditionnel à treuil à Adjassagon (Zalli)

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

La photo 8 montre un puits traditionnel à treuil où l'eau est puisée avec un bidon auquel est rattachée une corde. Les puits traditionnels sont très utilisés dans le secteur d'étude. Certains de ces puits ont plus de 30 ans d'âge.

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



Planche 4 : Puits moderne et intérieur déjà cabossé d'un puits moderne à Kindji dans l'arrondissement de Zalli

***Prise de vue**: MIALO, mars 2015*

Cet ouvrage est toujours en utilisation. A voir l'aspect de la buse intérieure, ce puits présente d'énormes risques sanitaires pour la population qui boit de cette eau. Cainrcross (2003 a) écrit aussi que ce sont les infiltrations le long des trous de forage qui polluent à partir du bourbier qui se constitue très vite autour d'un point d'eau.

4.2.2. Utilisation des sources recommandées par la population

Les sources d'eau approuvées sont les eaux souterraines captées par forage, les eaux souterraines captées par puits peu profonds et les eaux de sources. Les eaux souterraines captées par forages sont généralement de bonne qualité mais souvent enfouies profondément. Il est ainsi nécessaire de localiser précisément la ressource et d'en évaluer la quantité et la qualité, avant d'entreprendre des travaux coûteux de forage. Quant aux eaux souterraines captées par puits peu profonds, elles sont d'une qualité moindre, et sont sujettes à une variation saisonnière, et les eaux de source sont généralement de bonne qualité, avec des débits qui peuvent être variables selon la saison. Leur éloignement peut être un inconvénient à leur utilisation (PS-Eau, 2012). Les eaux souterraines ou aquifères sont des eaux très minéralisées. Cette minéralisation, dépend de la nature des roches traversées, de la solubilité des sels minéraux, des temps de contact avec les sels minéraux etc. (Viland *et al.*, 2001). Pour des raisons sécuritaires, l'approvisionnement en eau potable est de plus en plus orienté vers la recherche des eaux souterraines profondes dont la qualité répond généralement aux normes de l'OMS, (Biémi, cité par Elégbéde, 1992). La nappe d'eau souterraine est constituée par l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère dont toutes les parties sont en continuité hydraulique. Le mouvement de l'eau est fonction des gradients d'élévation et de pression. Parmi les eaux souterraines, il est distingué, les aquifères peu profondes et les aquifères très profondes. Du point de vue qualité, l'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, elle est aussi très vulnérable à la pollution, et sa protection s'impose à tous les niveaux. Bien que se trouvant en profondeur, ces eaux souterraines peuvent être polluées. Malgré les nombreux filtrages que subissent les eaux souterraines, il est toujours possible qu'elles contiennent des bactéries ou des éléments indésirables (Coulibaly, 2005).

Les sources d'eaux souterraines qui existent dans la Commune sont des forages équipés de pompe à motricité humaine (FPM), des bornes fontaines (BF) qui ne sont rien d'autres que des terminaux des réseaux d'adduction d'eau villageoise (AEV) et des puits modernes. Pour un besoin en Point d'Eau (PE) estimé à 397, la Commune de Lalo ne dispose que de 350

ouvrages hydrauliques fonctionnels. Cette proportion laisse un déficit de 47 PE à réaliser pour couvrir les besoins de la population estimée à 99 141 habitants. Les infrastructures de desserte d'eau potable dans la Commune de Lalo sont représentées dans le tableau IX.

Tableau IX : Situation des ouvrages de desserte de l'eau réalisés dans la Commune de Lalo

Arrondissements	Population 2013	Besoins en PE	PE réalisés	PE fonctionnels	Taux de panne (%)	Taux de desserte (%)
Arrondissements de la Dépression						
Adoukandji	11 302	45	72	49	**31,94**	**108,4**
Ahodjinako	6 431	26	17	15	**11,76**	**58,3**
Ahomadégbé	4 676	19	18	13	**27,78**	**69,5**
Tchitto	5 113	20	21	20	**4,76**	**97,8**
Tohou	7 327	29	20	20	**0,00**	**68,2**
Total	**34 849**	**139**	**148**	**117**	**20,94**	**83,93**
Arrondissements du plateau						
Banigbé	6 610	26	16	13	**18,75**	**49,2**
Gnizoumè	9 802	39	54	48	**11,11**	**122,4**
Hlassamè	17 334	69	114	88	**22,81**	**126,9**
Lalo	7 563	30	33	28	**15,15**	**92,6**
Lokogba	16 425	64	45	30	**29,17**	**51,8**
Zalli	6 558	26	24	22	**4,35**	**83,9**
Total	**64 292**	**254**	**286**	**229**	**22,44**	**89,04**
Commune Lalo	**99 141**	**397**	**438**	**350**	**19,72**	**88,3**

***Source** : BDI/S-Eau-COUFFO/DDEE-MONO/COUFFO, 2014*

NB : FPM = 1 EPE, PM = 1 EPE, AEV = Nb BF, 1 BF = 2 PE, PEA = 4 EPE

A la lecture du tableau IX, il ressort que la satisfaction en eau est assurée dans tous les arrondissements à plus de 50 %. Les arrondissements que sont Hlassamè (126,9 %), Gnizoumè (122,4 %), Adoukandji (108,4 %), ont un taux de desserte qui dépasse 100%, car les points d'eau réalisés dans ces arrondissements dépassent le besoin exprimé par les populations. Ceux de Tchitto (97,8 %), Lalo (92,6 %), Zalli (83,9 %) et Ahomadégbé (69,5 %), ont aussi un taux de desserte qui dépasse la norme en milieu rural. Par contre les quatre (04) autres arrondissements à savoir Ahodjinako (58,3 %), Banigbé (49,2 %), Lokogba (51,8 %), Tohou (68,2 %) sont les moins desservis avec des taux de desserte qui sont en dessous de la moyenne nationale qui est de 69,3 % en milieu rural (Emicov, 2011). Le taux de panne dans la Commune est compris entre 0 et 32 % ce qui est tout de même un peu élevée. Le paradoxe est que l'arrondissement de Lokogba qui a le taux de desserte le plus bas a également un taux de panne le plus élevé de la commune. Ce même arrondissement fait partie également des arrondissements les plus peuplés de la commune plus précisément le deuxième

après Hlassamè avec 16 425 habitants. Du coup, les populations de cet arrondissement s'approvisionnent dans les arrondissements frontaliers ou voisins. Ce qui représente une contrainte car, elles parcourent de longues distances avant de s'approvisionner. Une fois les infrastructures en panne, les populations sont obligées d'avoir recours aux sources d'eau qui ne sont pas ou sont peu améliorées. En prenant les arrondissements par zone géographique, il ressort que les arrondissements situés sur le plateau ont un taux de desserte de 88,3 % et un taux de panne de 19,72 %. Dans la dépression, les arrondissements ont un taux de desserte de 83,93 % et un taux de panne de 20,94 %.

Quant aux eaux de sources, elles proviennent souvent des aménagements hydrauliques non réussis. Cette situation est présentée sur la photo 9.



Photo 9 : Forage artésien à Hangnonhoué (Tchi Ahomadégbé)

***Prise de vue** : Mialo, mars 2014*

Cet aménagement non réussi sert à la population de la Commune de Lalo et particulièrement celle de l'arrondissement de Tchi Ahomadégbé pour les besoins d'usage. Dans cette source, les populations se douchent et après prennent l'eau de la même source pour la boisson.

4.3. Sources d'eau non approuvées

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

4.3.1. Eaux de pluie

Dans la Commune de Lalo, l'eau de pluie est couramment collectée pour servir de boisson. A cet effet, certains ménages réalisent des citernes destinées à recueillir les eaux de pluie à partir des toitures de maisons en tôles munies de gouttières. Elles constituent un mode de récupération et de stockage de l'eau de pluie. Elles sont les principales sources d'approvisionnement en eau de boisson et d'usage domestique pour 41,66 % des populations du secteur d'étude en saison pluvieuse. Lorsque les eaux de pluie sont collectées au moyen des gouttières, elles ne font objet d'aucun traitement avant la consommation. A l'origine, ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, le magnésium, le manganèse, le fer et l'iode (Coulibaly, 2005). Mais, il arrive que l'eau de pluie se charge de matières suspendues dans l'atmosphère qui la pollue avant sa collecte. Selon Viland *et al.*, (2001), cette pratique est très en vue dans les pays en développement, où les eaux de pluies qui ruissellent sur les toits sont recueillies par divers systèmes de récupération. De plus, ces auteurs ajoutent que ces eaux sont faiblement minéralisées, et contaminées par les impuretés de l'air, le mode de stockage et certains polluants liés aux matériaux du toit. Les photos de la planche 5 illustrent quelques techniques de collecte d'eau pluviale dans la Commune de Lalo.



Planche 5 : Recueil d'eau pluviale à l'aide de citerne à Kpassahoué (a), d'un bidon à Hèli (b) et des jarres implantées dans le sol à Lalo-centre

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

La planche 5 montre les moyens avec lesquels l'eau de pluie est collectée dans la Commune de Lalo. L'eau de pluie est toujours collectée à l'aide des gouttières. Mais le contenant change selon les moyens de tout un chacun. Les contenants sur cette planche sont une citerne, un tonneau et des jarres implantées dans le sol. Tous ces dispositifs servent à collecter les eaux de pluie dont les populations se servent pour satisfaire leurs besoins en eau pendant la période sèche. La faible pression de l'eau pendant la saison sèche contraint les populations à stocker l'eau dans les citernes afin de pouvoir passer les moments où l'eau devient rare tranquillement. Sur les photos de la planche 5, l'eau de pluie est recueillie à l'aide d'un tonneau en plastique toujours au moyen des gouttières. Cette pratique qui n'est pas assez développée est adoptée par les populations qui n'ont pas les moyens financiers pour creuser une citerne réservée à cet effet. La différence entre ce mode de collecte et celui de la citerne est que l'eau recueillie par cette technique est immédiatement utilisée contrairement à l'eau de citerne qui, elle peut durer toute une saison.

Il existe cependant une pluralité d'ouvrages dans la Commune de Lalo facilitant l'approvisionnement en eau des populations. En plus de ces ouvrages hydrauliques, l'eau de pluie est recueillie par plusieurs techniques et est utilisée en association avec d'autres

ouvrages. L'utilisation de l'eau de pluie réduit les distances parcourues, le temps perdu pour aller à un point d'eau. Ces résultats sont en adéquation avec ceux trouvés par Azonhè (2009) dans la dépression des Tchi. Il conclut que le recueil des eaux de pluie qui réduit la corvée d'eau sur le plan de la distance et est très pratiquée dans la dépression des Tchi.

La collecte de l'eau de pluie par les populations de la Commune de Lalo se justifie d'abord par l'éloignement de certains PE des habitations, par les pannes du fonctionnement des ouvrages. Ces nombreuses difficultés poussent les ménages qui ont des revenues élevées à réaliser des citernes pour la collecte d'eau pluviale afin de réduire sensiblement la corvée d'eau surtout en ce qui concerne les distances et les pertes de temps. Au fil des années, le cuvelage de ces citernes se décape altérant la qualité de l'eau qui y est prélevée. L'aspect d'une citerne est montré sur la photo 10.



Photo 10 : Intérieur d'une citerne toujours en usage à Gbéfandji (Lalo-centre)

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

La photo 10 montre l'intérieur d'une citerne toujours en usage dans l'arrondissement de Lalo. L'eau de cette citerne a une coloration qui tire sur du vert avec la présence d'un bout de bois et des déchets plastiques dans le coin supérieur droit. En général une eau qui a cette couleur est considérée comme polluée car l'eau à l'état pur est incolore. Dans ce puits, la présence du branchage et du sachet dans le coin supérieur droit montre que cette citerne est soumise aux intempéries du climat ce qui altère sans doute la qualité de l'eau. Or dans les dispositions prévues au Bénin, les citernes doivent être nettoyées et désinfectées au moins une fois par an. Visiblement cette citerne n'a fait l'objet d'aucune forme de nettoyage que ce soit.

L'utilisation de l'eau de pluie est très pratiquée dans la Commune de Lalo. La photo 11 présente une citerne dans l'arrondissement de Banigbé.



Photo 11 : Sceau servant à prendre l'eau de boisson posé à même le sol à Golouhoué (Banigbé)

***Prise de vue**: MIALO, mars 2014*

Dans tous les quartiers parcourus, les puits ont été creusés par des puisatiers locaux. Ils ne contiennent pas de buse et ne présentent donc aucune étanchéité latérale. Ainsi, les bactéries immobilisées par l'absorption au niveau de la paroi des puits peuvent vivre pendant de longue période dans le sol humide. Par suite de fortes précipitations les parois des puits s'écroulent favorisant ainsi le passage des bactéries dans l'eau. Le sol étant perméable et la recharge de la nappe se fait par infiltration. La pollution des puits se trouve ainsi donc également liée à celle de la surface. Donc la nature du sol et l'absence de revêtement intérieur dans les puits tiennent une place importante dans cette pollution.

4.3.2. Eaux de surface

Les eaux de surface (lacs, rivières, étangs, marigots) sont fortement chargées de matières en suspension, voire d'éléments pathogènes, ce qui implique des traitements souvent complexes et onéreux pour rendre l'eau potable (PS-eau, 2012). La principale source d'eau de surface de la Commune de Lalo est le fleuve Couffo. Des étangs, des marigots existent aussi dans la commune dont les populations se servent pour les besoins domestiques. Dans la Commune de Lalo 7, 90 % de la population utilisent les eaux de surface pour leurs besoins en eau surtout en période sèche où le niveau de l'eau baisse dans les ouvrages hydrauliques (photo 12).



Photo 12 : Eau de surface à Lonmè servant dans les activités domestiques dans l'arrondissement de Adoukandji

***Prise de vue** : MIALO, Mars 2015*

Viland *et al.*, 2001 confirment que dans les pays en développement le recours aux eaux de surface (marigots, rivières, fleuves etc.), est un mode d'approvisionnement très prisé. Or, ces eaux sont caractérisées par la présence de gaz dissous en particulier de l'oxygène. Dans les régions chaudes tropicales et équatoriales, ces eaux sont très riches en acides humiques colorés. Ces eaux ont une qualité variable en fonction de la température, des saisons et des pollutions dues aux activités qu'elles suscitent. Or, elles sont toutes fortement contaminées et doivent impérativement subir un traitement de base pour être consommables. Ce qui n'est pas le cas dans la Commune de Lalo. Le recours aux eaux de surface dans cette commune s'explique par plusieurs facteurs dont les plus importants sont les pannes techniques qui peuvent aller jusqu'à l'abandon des ouvrages. Les différentes raisons de l'abandon des infrastructures sont récapitulées sur la figure 18.

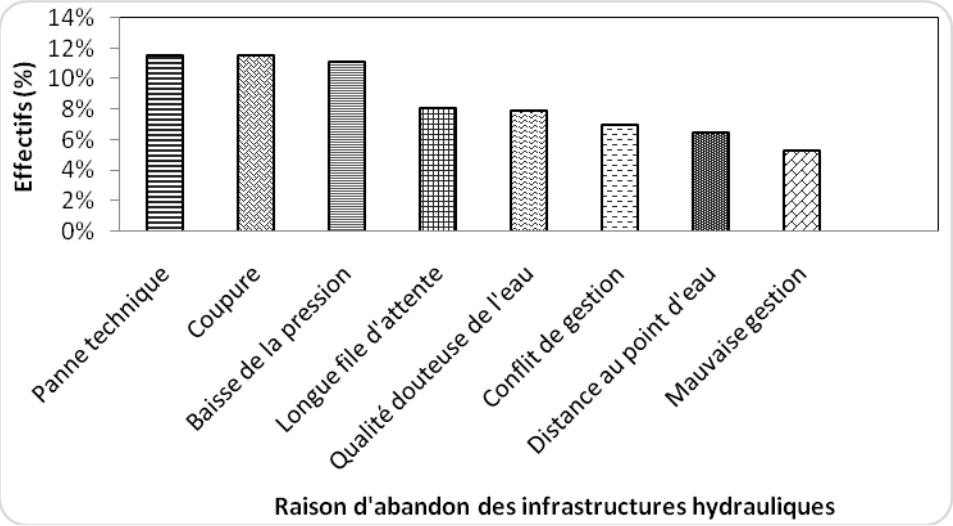


Figure 18 : Raisons de l'abandon des infrastructures hydrauliques

***Source** : Travaux de terrain, mars 2014*

A la lecture de la figure 18, il ressort que les principales raisons qui font que les populations abandonnent les ouvrages hydrauliques pour recourir aux sources d'eau peu recommandées sont les pannes techniques (11,5 %), et les coupures d'eau (11,50 %) qui durent dès fois deux ou trois jours et la baisse de la pression (11,10 %). Les raisons mineures sont entre autres, les longues files d'attente au niveau des points d'eau, les conflits de gestion, le prix de vente élevé de l'eau au niveau de certains forages et les longues distances parcourues avant de pouvoir accéder à un point d'eau etc. Mais, durant les jours de coupure, les populations pour leurs besoins d'eau n'ont le choix que de recourir aux sources d'eau qui ne sont pas recommandées pour la boisson. Le même constat est fait au Burkina dans l'étude réalisée par Dos Santos (2006) sur l'accès à l'eau, il aboutit à la conclusion que les coupures régulièrement imposées par l'ONEA comme mesure de régulation de la pénurie peuvent obliger les ménages pourtant équipés de l'eau courante à domicile à se mettre en quête de l'eau. Ces ménages s'approvisionnent auprès des vendeurs ambulants ou aux bornes-fontaines situées dans les quartiers qui n'ont pas de coupures.

4.4. Mode de gestion des infrastructures hydrauliques

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

potable en milieu rural (2005-2015). Cette stratégie précise les différents modes de gestion des ouvrages hydrauliques en milieu rural.

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

Tableau X : Modes de gestion des infrastructures hydrauliques

Mode de gestion	**Fréquence (%)**
Affermage	30,70
Gestion communautaire	37,72
Gestion déléguée	18,86
Gestion individuelle	12,72

***Source** : Travaux de terrain, mars 2014*

Il ressort du tableau X que les deux principaux modes de gestion des infrastructures sont la gestion communautaire et l'affermage. Ainsi, 37,72 % des ouvrages sont gérés suivant le principe de la gestion communautaire, 30,70 % des ouvrages sont confiés à un fermier. En dehors de ces modes, 18,86 % des infrastructures hydrauliques sont gérées par un délégataire et 12,72 % sont gérés par les individus qui les possèdent.

En effet, la gestion communautaire s'applique aux types d'ouvrages hydrauliques répertoriés dans la Commune de Lalo que sont les Puits Modernes (PM), les Forages équipés de Pompes à Motricité humaine (FPM) et des forages artésiens. Dans cette gestion, seule la communauté avec l'aide des autorités communales est chargée de la gestion effective des ouvrages implantés sur son territoire. La gestion communautaire est basée sur le principe appelé approche par la demande. L'initiative des projets d'eau potable incombe toujours aux communautés qui en expriment le besoin sous forme de demandes de points d'eau adressées aux Communes. Quant à la gestion effective de l'ouvrage ainsi construit, la communauté se constitue en Association des Usagers de l'Eau régie par Décret n° 96-317 du 02 août 1996 et

dont le rôle est de promouvoir les systèmes communautaires d'alimentation en eau potable des populations et de gérer les équipements d'approvisionnement en eau de boisson.

Par contre, dans la gestion par affermage, certaines Associations d'Usagers d'Eau Potable (AUEP) sont mises en affermage et ont signé un contrat avec les conseils communaux de leur territoire à qui elles versent une redevance. En effet, il est à espérer une amélioration dans la gestion des ouvrages complexes tels que les AEV, inscrites dans un processus d'affermage dans le cadre de la mise en œuvre de la nouvelle stratégie d'AEP. Le fermier propose tout en négociant avec les usagers, un prix de l'eau qui couvre son coût (charges de fonctionnement et renouvellement des équipements) et qui lui assure une marge bénéficiaire. La commune doit donc être en mesure d'apprécier les prestations de l'exploitant sur le plan de la gestion technique (qualité et continuité du service) et de la gestion financière (recouvrement des charges d'exploitation).

Ces résultats sont les mêmes que ceux trouvés par plusieurs auteurs comme Baron et Tidjani Alou, 2011 ; Sardan et Dagobi, 2001). Ils écrivent que dans les campagnes, la délégation de la gestion des infrastructures à un privé, sous la forme de contrats, dans le cas des mini-adductions d'eau, prend progressivement le pas sur la gestion communautaire. Les arguments ayant légitimé ce passage sont multiples. L'une des conditions de réussite de la gestion communautaire reposerait sur la reconnaissance des positions différenciées dans les instances communautaires et des motivations individuelles au sein d'un collectif. Lorsque la participation signifie l'égalité et que l'effort de chacun n'est pas reconnu, la gestion communautaire échoue. Ils analysent les limites, mais aussi les avantages, de ce mode de gouvernance, trop rapidement décrié à une certaine époque (Bakker, 2008). Paradoxalement, l'existence d'arrangements locaux, de nature informelle, qui reposent sur des règles issues du modèle communautaire, permet au processus de marchandisation de fonctionner à l'échelle locale. En effet, ces arrangements constituent des solutions ponctuelles à l'exclusion de certaines catégories de la population.

4.5. Source d'eau et usage ordinaire dans les ménages

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

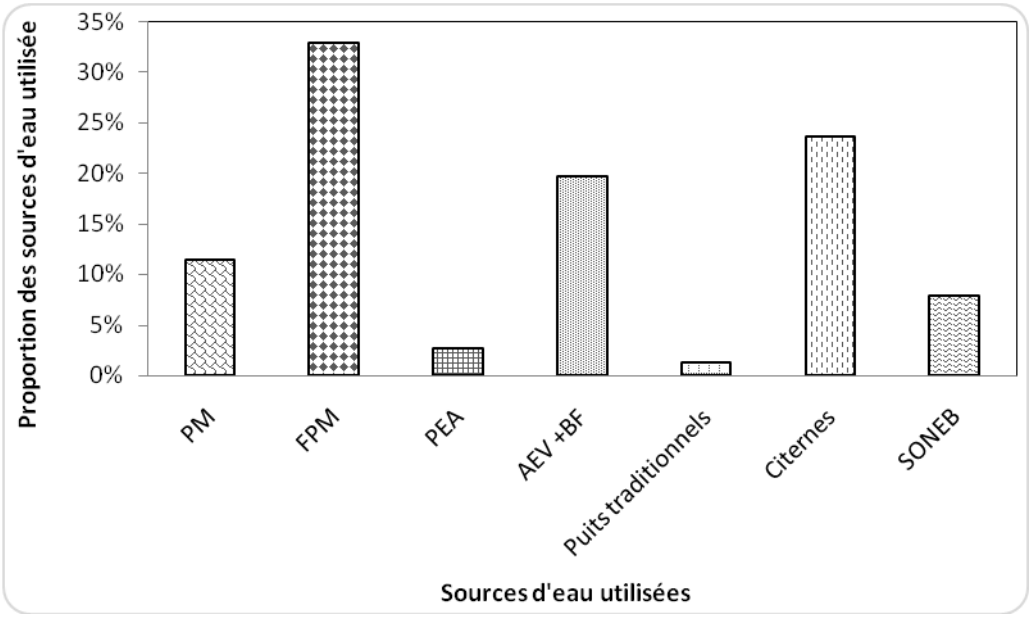


Figure 19 : Sources d'eau utilisées pour l'usage domestique

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

Il ressort de l'analyse de la figure 19 que les FPM, les BF et les citernes. Ainsi, dans la Commune de Lalo, pour les activités domestiques, la population utilise l'eau issue des forages (FPM, PEA, PM et AEV) à 66,65 %, suivi de l'eau des citernes en association avec celle des puits traditionnels et de l'eau des sources artésiennes à 25,42 %, L'eau de la SONEB n'est utilisée qu'à 7,89 % et principalement pour la boisson. La lessive, la vaisselle, l'hygiène corporelle sont faites avec l'eau de pluie associée à l'eau des citernes. Quelques-unes de ces activités sont présentées sur la planche 6.



Planche 6 : Activités domestiques et utilisation de l'eau de citerne pour la lessive à Hlassamè

***Prise de vue**: MIALO, mars 2014*

Les populations font leurs activités autour de ces ouvrages d'eau pour éviter les corvées d'eau. Mais ces pratiques rendent sales les alentours de ces ouvrages constituant peut être un facteur de risque pour la qualité de l'eau. Mais la principale interrogation qui demeure est de

savoir si l'eau issue des ces types d'infrastructures non recommandées subit toujours un procédé de potabilité particulier la rendant propre à la consommation ?.

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

De nombreux moyens sont adoptés par les populations de la Commune de Lalo pour assainir l'eau de consommation. Les modes de traitement les plus souvent adoptés pour rendre l'eau issue des sources d'eau non recommandées propre à la consommation sont représentés sur la figure 20.

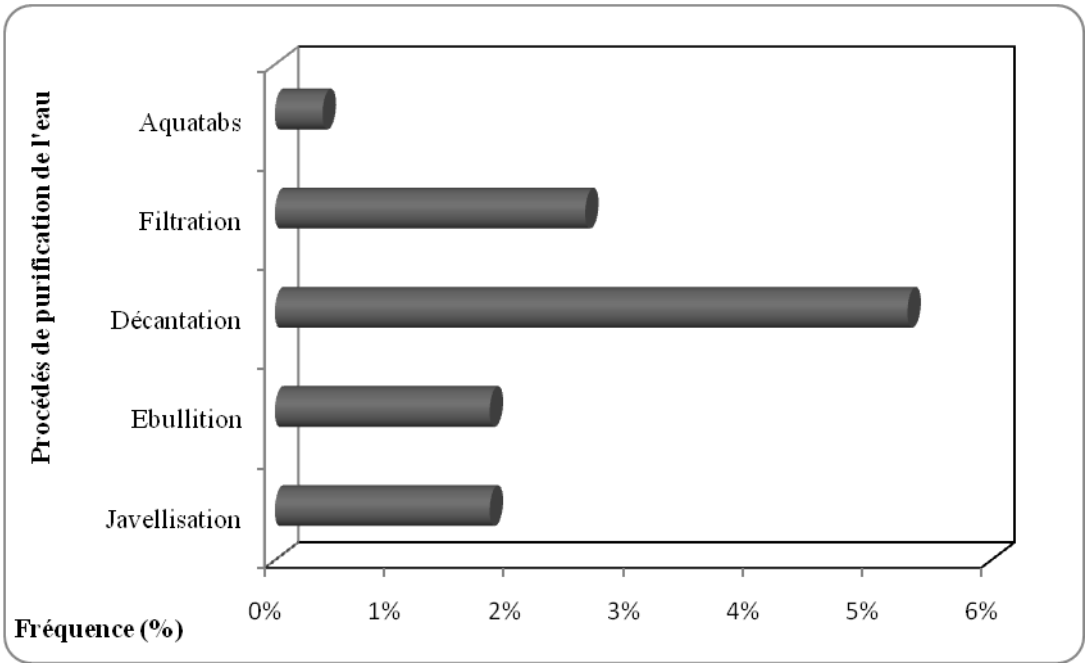


Figure 20 : Procédés de purification de l'eau avant consommation

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

Sur la figure 20 seulement 13,10 % de la population de la Commune de Lalo s'adonnent au traitement (tous procédés confondus) de l'eau avant consommation même si cette eau ne provient pas toujours d'une source propre à la boisson. Ainsi, le procédé le plus utilisé pour rendre l'eau de boisson potable est la décantation (5,3 %) suivie de la filtration (2,60 %). L'eau subit de traitement si elle est trouble à vue si non, elle est consommée sans aucun traitement. Alors qu'une eau qui est claire n'est certainement pas exempte de pollution. Mais, toutefois, ces manières d'épurer l'eau comportent toujours des risques pour la santé humaine.

4.7. Accès à l'eau

L'accès à une eau de boisson saine est incontestablement bénéfique pour la santé. Cette ressource rare, essentielle pour la vie, doit être considérée comme un trésor naturel faisant

partie de l'héritage commun de l'humanité (OMS, 2005) et par conséquent, pour certains, un bien public qui doit demeurer sous contrôle public.

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

4.7.1. Répartition géographique des infrastructures hydrauliques

L'accessibilité est une mesure de proximité et peut être perçue comme la relation entre la localisation des infrastructures et la situation géographique des populations. Ainsi, la répartition géographique des infrastructures représente un facteur déterminant dans l'accès à une source d'eau potable. La localisation géographique des infrastructures dans la Commune de Lalo est représentée sur la figure 21.

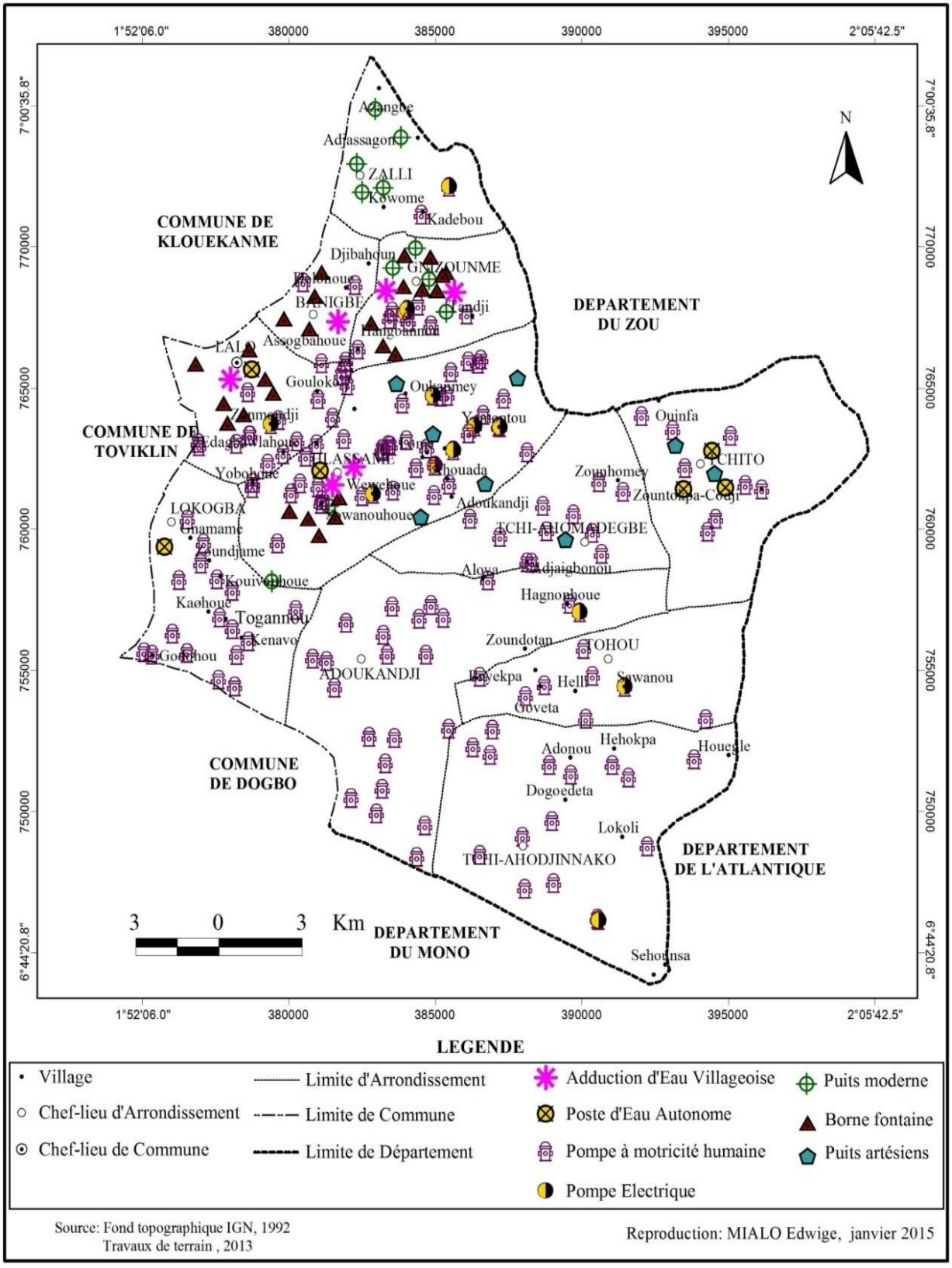


Figure 21 : Localisation géographique des points d'eau dans la Commune de Lalo

***Source** : Fond topographique IGN, 1992*

La figure 21 montre que tous les arrondissements disposent d'infrastructures hydrauliques pour les besoins en eau des populations. Il se dégage deux zones bien différenciées dans la répartition des ouvrages d'eau. Les arrondissements Lalo, Gnizounmè, Zalli, Hlassamè et Lokogba sont les arrondissements qui disposent plus d'infrastructures hydrauliques et les arrondissements Ahomadégbé, Tchitto, Ahodjinnako, Tohou et Adoukandji sont les moins pourvus en Points d'Eau. Cette situation s'explique du fait que d'abord Lalo Gnizounmè, Zalli, Hlassamè et Lokogba peuvent être qualifiés de centre urbain tandis que Ahomadégbé Tchitto, Ahodjinnako, Tohou et Adoukandji de zone rurale.

Les arrondissements Lalo, Banigbé, Gnizounmè, Hlassamè et Zalli sont situés sur le plateau d'Aplahoué et la structure géologique en place est le sédimentaire du continental terminal avec du sable. Les sols de ces arrondissements ont de bonnes propriétés physiques et hydrauliques, néanmoins leur réserve en eau est assez faible. Leur épaisseur varie de 60 m à plus de 140 m. Et, les forages réalisés dans cet aquifère offrent des débits variant de 20 à plus de 1000 m^3/h en général (Godoui, 2012). Par contre, la structure géologique en place dans les arrondissements Ahomadégbé, Tchitto, Ahodjinnako, Tohou et Adoukandji est principalement constituée des roches de l'éocène à dominance d'argile de marne et calcaire. Les sols en place sur cette structure ont une perméabilité moyenne en surface et faible en profondeur. Leur réserve hydrique est faible 75 à 100 mm environ (Amoussou, 2010). Avec une profondeur limitée à 1 m, ces sols sont médiocres du point de vue de perméabilité et quantité d'eau réellement disponible. Ils conditionnent la disponibilité de l'eau surtout en période sèche où l'eau devient rare. Ainsi, pour savoir si les populations ont réellement les quantités d'eau dont ils ont besoin sur toute l'année, les indices de répartition des demandes sectorielles en eau et d'accès à l'eau potable ont été calculés.

4.7.1.1. Indice de répartition des demandes (IR) et d'accès à l'eau potable (IAEP)

Les indices de répartition des demandes et d'accès à l'eau potable sont des indicateurs qui servent à mesurer le nombre de litres réellement demandés par les populations et la proportion des ménages qui ont accès à l'eau potable. Ces indices sont révélateurs de la situation de l'accès à l'eau potable dans la Commune de Lalo.

4.7.1.1.1. Indice de Répartition des demandes sectorielles (IR)

L'indice de répartition sectorielle des demandes est instructif, pour mesurer grossièrement la variété des demandes dans toute la Commune et particulièrement dans chacun des arrondissements ; pour rendre les demandes de chaque arrondissement mieux comparables en

faisant ressortir les incidences des autres facteurs de demande surtout la population. Les demandes en eau exprimées dans les arrondissements de la Commune sont présentées sur la figure 22.

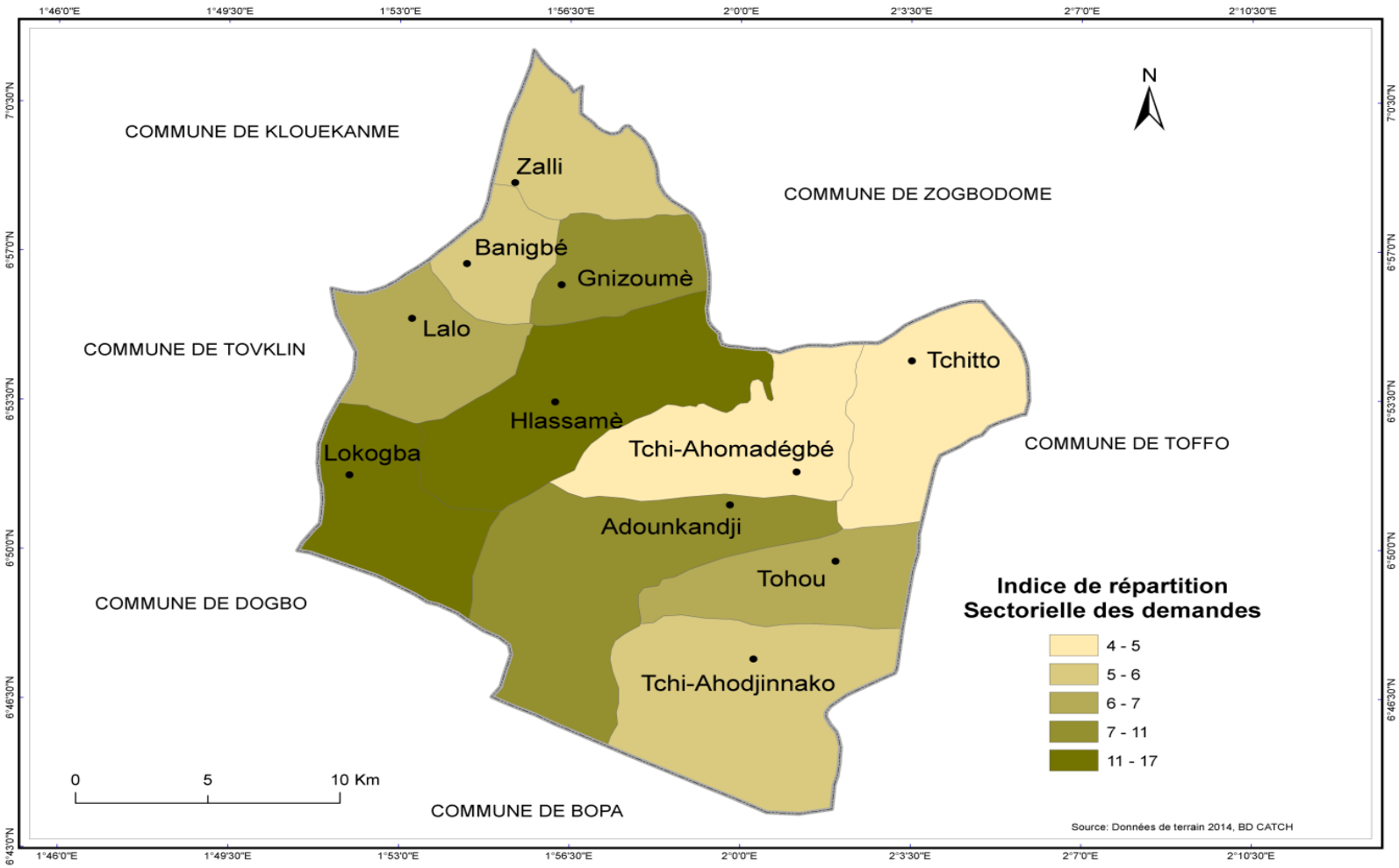


Figure 22 : Indice de répartition sectorielle des demandes en eau dans les arrondissements de la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain, octobre 2015*

Dans tous les arrondissements, la demande en eau est en dessous de la norme nationale qui est de 25l/jour/personne. Tous les arrondissements de la Commune de Lalo ont une demande sectorielle très faible. Elle varie de 4 à 17 % de la norme qui est de 25l/jour. Ainsi, les ménages n'arrivent pas à couvrir leurs besoins journaliers en eau potable.

En traduisant les différents pourcentages en litre, il est remarqué que la demande en eau varie de 1 litre à 4,25 litres dans la Commune. Les arrondissements Tchitto, et Ahomadégbé ont une demande sectorielle très faible qui varie de 1litre à 1,5 litres. Par contre les arrondissements Lokogba et Hlassamè ont la demande sectorielle la plus élevée de la Commune qui varie entre 2,75 litres à 4,25 litres. La demande sectorielle prise par zone montre que dans la dépression la demande est très faible mais sur le plateau elle est moyenne faible. Les demandes en eau par habitant calculées varient dans une gamme très étendue. L'accroissement démographique est naturellement le facteur principal de croissance des utilisations d'eau par les demandes en eau potable qu'elle entraîne, surtout dans les agglomérations à forte expansion. Les demandes en eau ne sont satisfaites qu'à 28,81 % dans la commune. C'est les populations des villages de Lalo centre et de Lokogba-Centre qui bénéficient des prestations de la SBEE pour l'approvisionnement en eau courante. Encore que là la couverture n'est pas totale dans ces deux localités ; chef lieu des arrondissements de Lalo et de Lokogba.

Quant aux autres arrondissements la fourniture d'eau potable est assurée par le service de l'hydraulique villageoise ou par des ONG avec ou sans la participation financière des populations rurales de la Commune de Lalo. Malgré ces efforts, certains arrondissements n'ont presque pas accès à l'eau potable. C'est la situation dans les arrondissements de Zalli, de Tohou, de Tchi-Ahomadégbé, de Ahodjinnako dont les populations continuent de s'approvisionner en eau provenant des puits traditionnels, des bas-fonds ou du Couffo avec tous les risques que ces eaux comportent.

Les quelques pompes à motricité humaine réalisées pour la plupart des cas dans les chefs lieux de ces arrondissements ne parviennent pas à approvisionner toutes ces populations ou au pire des cas ne sont pas en bon état de fonctionnement. Néanmoins, une classification a été faite au sein des arrondissements. Cet indice permet de mesurer l'accès à l'eau potable dans la Commune de Lalo.

4.7.1.1.2. Indicateur d'Accès à l'Eau Potable (IAEP)

L'indicateur réalisé permet de classifier les arrondissements suivant le niveau d'accès à l'eau potable au sein de la Commune de Lalo. Les résultats de l'indicateur sont présentés dans le tableau XI.

Tableau XI : Indicateur d'accès à l'eau potable

	Valeurs propres initiales				Valeurs propres initiales		
Composante	**Total**	**% de la variance**	**% cumulés**	**Composante**	**Total**	**% de la variance**	**% cumulés**
1	4,602	19,174	19,174	13	,479	1,997	88,998
2	3,386	14,108	33,282	14	,413	1,722	90,720
3	2,857	11,905	45,187	15	,398	1,658	92,379
4	2,563	10,680	55,867	16	,361	1,505	93,884
5	1,437	5,989	61,856	17	,285	1,189	95,073
6	1,261	5,255	67,112	18	,250	1,042	96,115
7	1,011	4,211	71,323	19	,223	,931	97,046
8	,943	3,928	75,251	20	,197	,821	97,867
9	,858	3,575	78,826	21	,175	,729	98,596
10	,744	3,098	81,924	22	,142	,593	99,189
11	,667	2,780	84,704	23	,103	,430	99,619
12	,551	2,297	87,001	24	,092	,381	100,000

***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2013*

L'Indicateur d'Accès à l'Eau potable permet d'évaluer le niveau d'accès à l'eau des différents ménages de la Commune de Lalo. Ainsi, le tableau XI présente les valeurs propres de l'Indicateur d'Accès à l'Eau potable (IAEP). Le tableau est le baromètre pour mesurer la stabilité des résultats de l'ACP. Il présente un décrochement des valeurs suivi d'une décroissance des valeurs propres suivant les composantes. Le principe consiste à rechercher s'il existe un "Coude (k)" (changement de signe dans la suite des différences d'ordre 2) dans le tableau et de ne conserver que les valeurs propres jusqu'à ce coude. Pour cet indicateur, le coude est observé au niveau de la cinquième composante (k = 5). Donc, les deux premières composantes n'offrent plus la stabilité nécessaire pour assurer la qualité des indicateurs

calculés à partir de ces dernières. En appliquant les résultats de l'IAEP aux ménages de la Commune de Lalo, il ressort les résultats consignés dans le tableau XII.

Tableau XII : Application de l'Indicateur d'Accès à l'Eau Potable (IAEP) aux ménages de la Commune de lalo

Niveau de l'accès	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Accès facile	33,5	33,5	33,5
Accès moyen	33,5	33,5	67,0
Accès difficile	33,0	33,0	100,0
Total	100,0	100,0	

***Source** : Travaux de terrain, octobre 2013*

Il ressort de l'analyse du tableau XII que 33,5 % de la population de la Commune de Lalo ont un accès moyen à l'eau potable. Ceci est plutôt contraire au taux de desserte élevé observé. Dans la théorie (taux de desserte), l'accès à l'eau potable dans la Commune de Lalo est élevé mais, contraire à l'accès réel (IAEP) qui est moyen.

La proportion de la population ayant un accès difficile à l'eau potable (33 %) évolue au même rythme que l'accès facile et moyen. Il n'est cependant pas négligeable. L'accès facile est surtout noté dans Lalo centre qui est le centre urbain de la commune. Les trois (03) niveaux de l'IAEP évoluent au même rythme car ceci s'explique par le fait que plusieurs variables sont agrégées pour le déterminer. Par exemple, le fait de disposer de l'eau de la SONEB à domicile, ce qui bonifie les paramètres de distances parcourues et de qualité de l'eau à la source, peut être compromis par l'usage des récipients souillés, de procédés de potabilisation de l'eau, de la capacité financière des ménages à faire face aux coûts de l'eau, etc.

4.7.1.1.3. Indicateur d'Accès à l'Eau Potable (IAEP) et maladie diarrhéique

Pour appréhender la réalité de l'accès à l'eau potable, il a été procédé à la comparaison de l'indice composite appelé indicateur d'accès à l'eau potable (IAEP) à la survenue d'un cas de diarrhée dans la Commune de Lalo. Les résultats de cette corrélation sont présentés dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Corrélation entre l'IAEP et la survenue des cas de diarrhée

Niveau de l'accès	Survenue d'un cas de diarrhée		
	Non	**Oui**	**Total**
Accès facile	33,6 %	30,3 %	32 %
Accès moyen	34,4 %	30,1 %	32,2 %
Accès difficile	32,0 %	39,6 %	35,8 %
Total	100 %	100 %	100 %

***Source** : Travaux de terrain, octobre 2014*

Les résultats du tableau XIII révèlent que la survenue des cas de diarrhée est faible (30,1 %) au sein des ménages qui ont un accès moyen à l'eau potable comparativement à ceux qui ont un accès difficile à l'eau potable (39,6 %) et ceux ayant un accès facile (30,3 %). Ces résultats montrent bien que le recours à une eau potable ne contribue pas réellement à baisser la survenue des cas de diarrhée au sein des ménages. Que l'IAEP soit facile, moyen ou difficile, la survenue des cas de diarrhée demeure assez importante. Ceci signifie que la survenue d'un cas de diarrhée n'est pas forcément liée à l'accès potable dans le ménage. Mais, elle est certainement liée aux comportements des membres des ménages envers l'eau de boisson.

Mais, le test de Khi-deux met en évidence une corrélation significative entre les maladies diarrhéiques et l'IAEP ($p = 0,009$). Par conséquent, le taux de desserte ne peut donc être considéré comme un indicateur fiable de l'évaluation de l'accès de la population à l'eau potable qu'il n'intègre pas les paramètres géographiques et socio-économique intimement liés à la problématique de l'eau en général, à celle de l'accès à l'eau en particulier.

4.7.2. Distances parcourues des arrondissements aux points d'eau

En ville, l'OMS (2003) considère qu'un individu a accès à l'eau, s'il est desservi par un réseau à moins de 200 m de son habitation. En milieu rural, c'est plutôt le temps passé par les membres de la famille pour s'approvisionner en eau qui constitue un indicateur. La norme retenue par l'OMS (2003) est de 15 minutes de marche en terme de temps que mettent les ménages pour aller aux points d'eau potable. Pourtant, le pourcentage de la population ayant accès à l'eau potable est considéré comme un indicateur d'efficacité de l'offre de l'eau. La distance au point d'eau est une donnée de premier ordre puisqu'elle détermine en partie les quantités disponibles aux usages domestiques, et aux usages hygiéniques notamment ainsi que

la qualité de l'eau. Dans la Commune de Lalo, 53,9 % des ménages parcourent moins de 1km pour s'approvisionner en eau. Seulement 13,3 % des ménages enquêtés disposent d'une source d'eau à domicile, ce qui réduit les distances parcourues. Les proportions des distances parcourues sont représentées sur la figure 23.

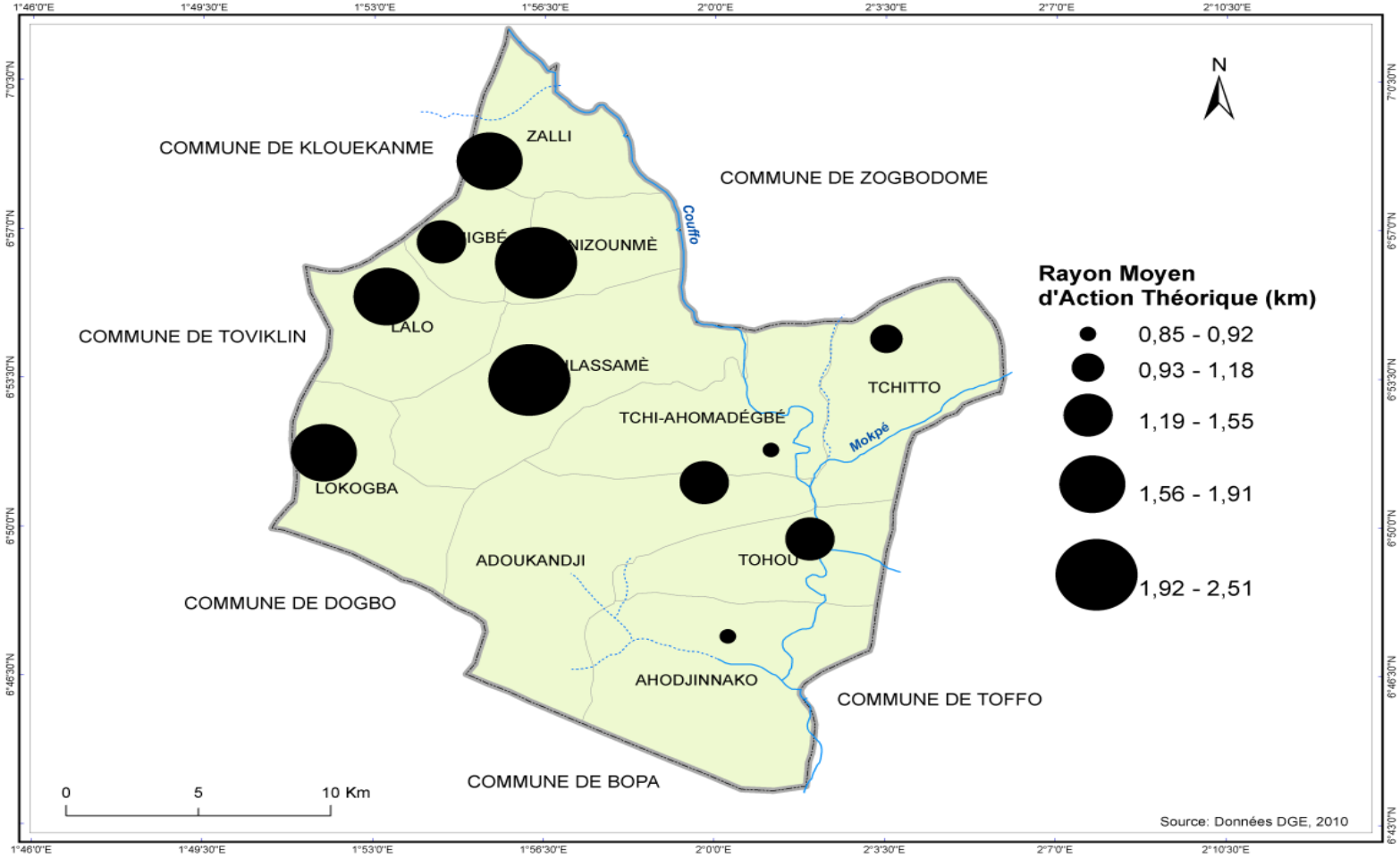


Figure 23 : Distance moyenne parcourue dans les arrondissements pour s'approvisionner en eau dans la Commune de Lalo

Source *: Fond topographique IGN, 1992*

A travers la figure 23, il ressort que dans tous les arrondissements la distance moyenne parcourue par les femmes pour s'approvisionner en eau de boisson oscille entre 850 m et 2510 m. Seulement les femmes des arrondissements Ahodjinako et Tchi Ahomadégbé parcourent moins d'un (01) km avant de s'approvisionner en eau. Par contre, dans les arrondissements de Hlassamè et de Gnizounmè, les femmes parcourent plus de deux (02) km avant de s'approvisionner en eau. Pour l'OMS l'accessibilité s'apprécie en termes de distance qui soit inférieure à 200 mètres de la concession (OMS, 2003) et de temps de collecte estimé à 15 minutes de marche. Alors que parcourir de longues distances altère sans aucun doute la qualité de l'eau et diminue également la quantité d'eau prélevée également. En saison pluvieuse, les ménages ne font pas la corvée d'eau car les eaux de pluie sont recueillies suffisamment pour couvrir la période. La distance, ou le temps de collecte, et le coût ont des effets indirects sur la qualité et les quantités d'eau disponibles au sein des ménages. Par exemple, la distance et le coût influencent les quantités d'eau disponibles au sein des ménages pour les besoins de consommation et d'hygiène de base notamment.

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

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

qualité de l'eau dépend également pour une part de la distance parcourue entre la source et le lieu de stockage au sein du ménage, les risques de contamination étant importants entre ces deux points, compte tenu des manipulations successives. La notion de distance fait également appel au temps perdu pour aller s'approvisionner en eau de boisson.

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

4.7.3. Distance parcourues des habitations aux points d'eau

Pour mieux apprécier la distance parcourue dans chaque arrondissement par les femmes avant de s'approvisionner en eau potable, les ménages ont été répartis en rayon en fonction de la norme de 200 m exigée par l'OMS. Ainsi, l'algorithme de calcul appelé " buffering " a été utilisé afin de déterminer les relations de proximité entre les points d'eau et les ménages représentés par l'objet maison. L'intégration de données au travers des différentes couches d'information (point d'eau, Bâti) permet d'effectuer une analyse spatiale rigoureuse. Les résultats de la figure 24 présente les proportions des différentes distances parcourues.

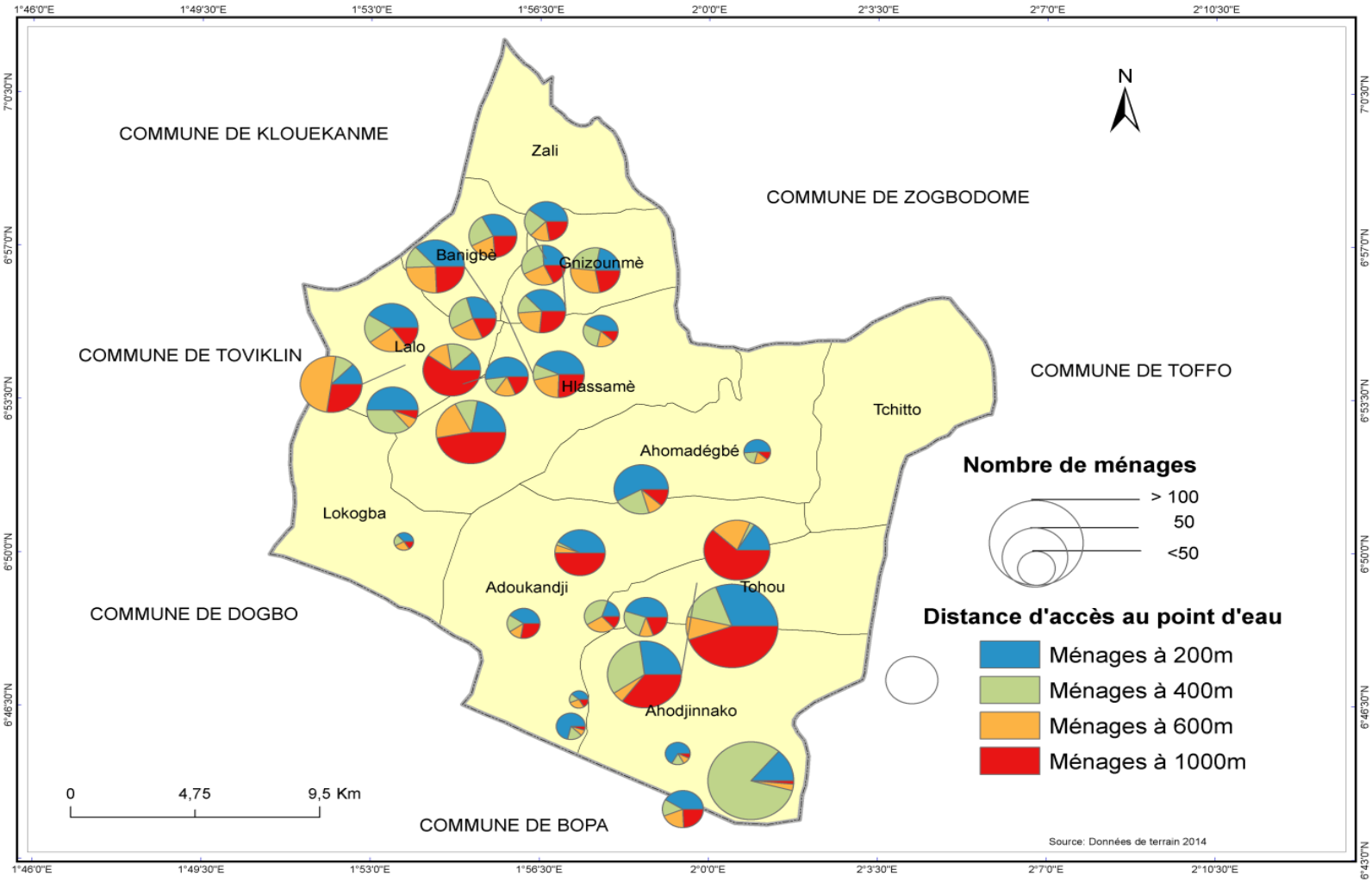


Figure 24 : Distance entre certaines concessions et les points d'eau

Source *: Fond topographique IGN, 1992*

La figure 24 montre les distances parcourues par les femmes dans chaque arrondissement avant de s'approvisionner en eau potable. En se mettant à l'échelle de la Commune, 31 %, 25 %, 16 % et 28 % des ménagent se situent respectivement dans un rayon de 200, 400, 600 et 1000 m d'un point d'eau. Mais, ces proportions deviennent faibles à l'échelle d'arrondissement. En effet, certains ménages ont été considérés dans les arrondissements que sont : Adoukandji, Ahodjinnako, Ahomadégbé, Banigbé, Gnizounmè, Hlassamè, Lalo-Centre, Lokogba et Tohou. Ainsi les proportions des ménages qui se situent dans un rayon de 200 m des points d'eau dans ces arrondissements sont respectivement sont 15 %, 8 %, 15 %, 18 %, 8 %, 9 %, 13 %, 9 % et 4 %. Dans un rayon de 400 m ces proportions ont diminué dans certains arrondissements et sont respectivement 9 %, 7 %, 13 %, 10 %, 6 %, 33 %, 8 %, 9 % et 5 %. L'arrondissement qui a le pourcentage le plus élevé de ménages situés dans un rayon de 1000 m est Adoukandji (30 %) et celui qui a le plus faible pourcentage est Tohou (2 %). L'arrondissement de Tohou présente les plus faibles proportions de ménages ayant accès à l'eau selon les différents rayons. La distance parcourue fait appel automatiquement à la notion d'heure perdue qui est aussi un indicateur d'accès à l'eau potable.

4.7.4. Temps perdu pour l'approvisionnement en eau potable

Une autre difficulté est le Nombre d'Heure Perdue (NHP) pour s'approvisionner en eau potable. L'accessibilité géographique raisonnable ou acceptable à l'eau potable en milieu rural se définit par le fait de marcher au plus quinze (15) minutes du domicile à un point d'eau pour s'approvisionner (OMS, 2008). Le nombre d'heures perdues par les femmes pour s'approvisionner en eau dans la Commune de Lalo est représenté sur la figure 25.

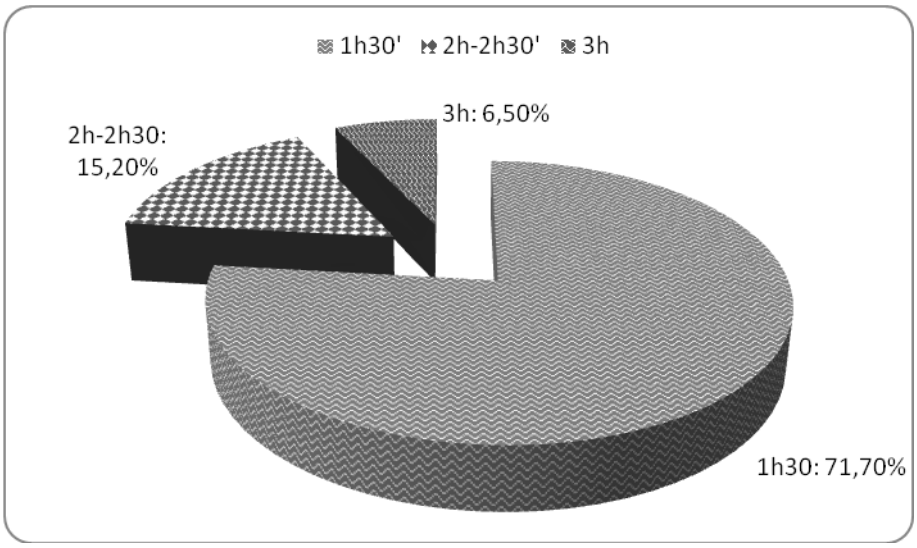


Figure 25 : Nombre d'heures perdues pour s'approvisionner en eau dans la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

La figure 25 montre que 71,70 % des femmes à qui incombe cette corvée d'eau perdent en moyenne par jour 1heure 30 minutes pour s'approvisionner en eau, 15,20 % déclarent perdre entre deux (02) heures à deux (02) heurs 30 minutes et une frange de 6,5 % estiment avoir perdu jusqu'à trois (03) heures de temps par jour pour s'approvisionner en eau potable. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par Sèbo (2014) où il affirme 61 % des enquêtés du bassin du Mono déclarent perdre deux (02) heures de temps tandis que 07 % estiment en mettre quatre (04). Cette dernière tranche de la population correspond vraisemblablement à celle qui parcourt les plus longues distances pour s'approvisionner en eau potable. Le temps et l'énergie perdus à puiser de l'eau sur de longues distances, tâche incombant surtout aux femmes et aux fillettes, privent ces dernières de temps pour se livrer à des activités génératrices de revenus et aller à l'école (OMS/UNICEF, 2010).

4.7.5. Capacité financière

Encore appelée accessibilité financière, la capacité financière ici est l'aptitude des populations à faire face aux prix des prestations c'est-à-dire aux prix d'achat des bassines ou bidon d'eau. Le coût de l'eau varie en fonction du mode de fourniture et de l'énergie nécessaire pour obtenir l'eau (coût marginal, coût moyen), qui sert de base à la fixation des prix. Les systèmes de tarification dépendent ensuite des objectifs poursuivis par les agences de gestion de l'eau. Selon le cas, il peut s'agir d'une tarification progressive, dégressive ou d'une tarification fixe. La fixation d'un prix pour l'eau conduit à retenir des prix arbitraires à des niveaux faibles. Il s'agit de prix administrés qui apparaissent lorsqu'une agence a la responsabilité de gérer les

ressources du domaine du public. Cette pratique qui ne permet pas de récupérer les coûts de production peut mettre en danger la rentabilité financière des projets d'alimentation en eau potable. Il peut néanmoins être plus important et moins coûteux de faciliter l'accès à une ressource en eau de bonne qualité (au risque d'un investissement difficile à rentabiliser) plutôt que de permettre et de favoriser l'apparition de maladies hydriques (CAE, 2010). Ce type de considérations amène souvent les pouvoirs publics à tarifer l'eau selon le principe dit de la capacité à payer, qui est appliqué pour l'approvisionnement en eau des villages de plusieurs pays en développement et il s'appuie essentiellement sur le principe de l'équité. Ce principe est vivement remis en cause, car les critiques mettent en avant l'absence d'un test de marché qui servirait à découvrir si les usagers sont disposés à payer le coût total de la fourniture de l'eau potable (Cairncross, 2003).

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

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

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

Dans les zones rurales et petites villes en particulier, la consommation en eau est rarement homogène tout au long de l'année. En saison sèche, les ressources alternatives (rivières, marigots, puits traditionnels) s'appauvrissent et les usagers recourent plus massivement au service d'eau potable. En saison des pluies, les nappes superficielles se rechargent, et certains usagers abandonnent le service d'eau pour retourner, soit par commodité (proximité) ou pour raisons économiques (eau gratuite) vers les points d'eau traditionnels non protégés. Ainsi, le prix de cession de l'eau varie également en fonction de la saison (PS-Eau, 2012).

Dans la Commune de Lalo, le prix de l'eau varie en fonction du type de branchement. Pour les adductions qui fonctionnent grâce à l'énergie électrique, le prix de l'eau est de 10 francs CFA la bassine de 25 litres dans toute la commune. Pour les AEV (adductions d'eau villageoise) qui sont dans les arrondissements où il n'y a pas d'énergie électrique et qui consomment donc du gasoil (qui coûte cher), le prix de la bassine est de 20 à 25 francs sur toute la commune. Au niveau du service public de l'eau, en saison sèche comme en saison pluvieuse, le bidon de 25 litres et la bassine de 30 litres se vendent à 10 francs donc 400 FCFA le mètre cube. Mais, chez les abonnés privés, le bidon de 25 litres est vendu à 25 FCFA et la bassine de 30 litres est vendue à 35 F CFA donc le prix du mètre cube varie entre 1000 et 1167 FCFA. Quarante trois pour cent (43 %) de la population s'approvisionnent auprès des abonnés privés à cause de la disponibilité de l'eau en toute saison de l'année. Donc, pour les mêmes quantités d'eau l'écart varie entre 600 à plus de 700 FCFA. Les prix de cession du m^3 sont tous plus élevés que le prix pratiqué par la SONEB qui est de 198 FCFA pour la première tranche (plafonnée à 5 m^3) considérée généralement comme une tranche sociale accessible à tous les ménages. Il existe de fortes différences dans le prix du mètre cube selon le type d'approvisionnement, à consommation égale. Pour les adductions qui fonctionnent grâce à l'énergie électrique, le prix de l'eau est de 10 francs CFA la bassine de 25 litres sur toute la Commune. Pour le service public de l'eau en toute saison l'eau est vendue très moins cher. Mais, elle n'est pas disponible en tout temps. Par contre, au niveau des AEV (adductions d'eau villageoise) qui fonctionnent à partir du gasoil (qui coûte cher), le prix de la bassine est plus cher comme chez les abonnés privés. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par Sèbo (2014), Dos Santos (2005), pS-Eau (2009) dans les Communes de Toffo, Bohicon et de Ouidah. Les prix pour accéder à l'eau sont généralement distordus.

4.8. Taille des ménages et volumes d'eau consommée

Il existe une corrélation entre la taille du ménage et le volume d'eau consommée. Plus la taille du ménage est grande plus le besoin en eau est élevé. Mais, le paiement au volume a pour effet de réduire la quantité d'eau puisée, n'atteignant pas toujours le niveau nécessaire pour un bon impact sanitaire (PS-EAU, 2012). La quantité d'eau utilisée est donc tributaire de la survenue des maladies infectieuses. Les volumes d'eau consommés par les ménages sont représentés sur la figure 26.

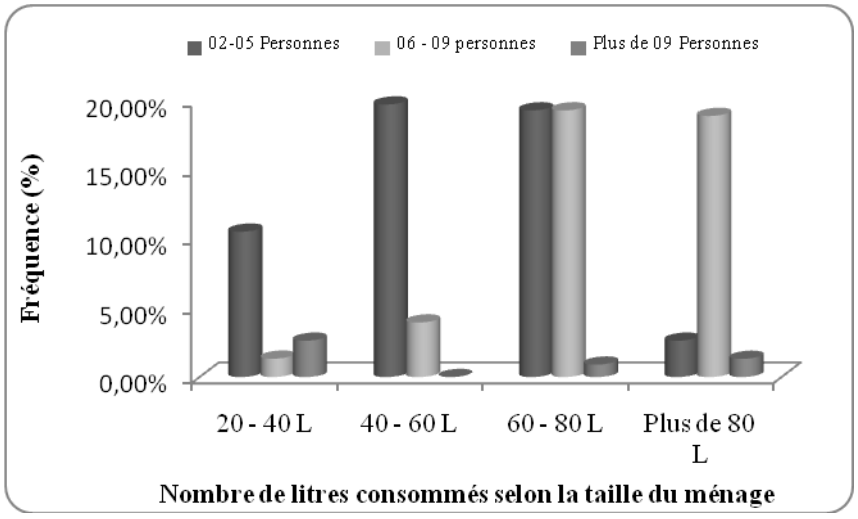


Figure 26 : Volume d'eau consommée par jour en fonction de la taille des ménages

***Source** : Travaux de terrain mars 2015*

Les quantités d'eau consommée par les ménages varient en fonction de leur taille. Dans la Commune de Lalo, la taille des ménages parcourus varie entre deux (02) et plus de neuf (09) membres. Ces ménages sont répartis en classe de 02 à 05 membres, de 06 à 09 membres et de plus de 09 membres. Mais pour un ménage de 05 membres la quantité d'eau à consommer en considérant un ratio de 25 Litres d'eau par personne et par jour est de 125 litres. Dans la Commune de Lalo, 44,30 % déclarent ne pas pouvoir satisfaire leurs besoins en eau potable et seulement 45,60 % arrivent à satisfaire leurs besoins en eau potable. Les principales raisons qui ne favorisent pas la satisfaction des besoins en eau dans la Commune sont représentées sur la figure 27.

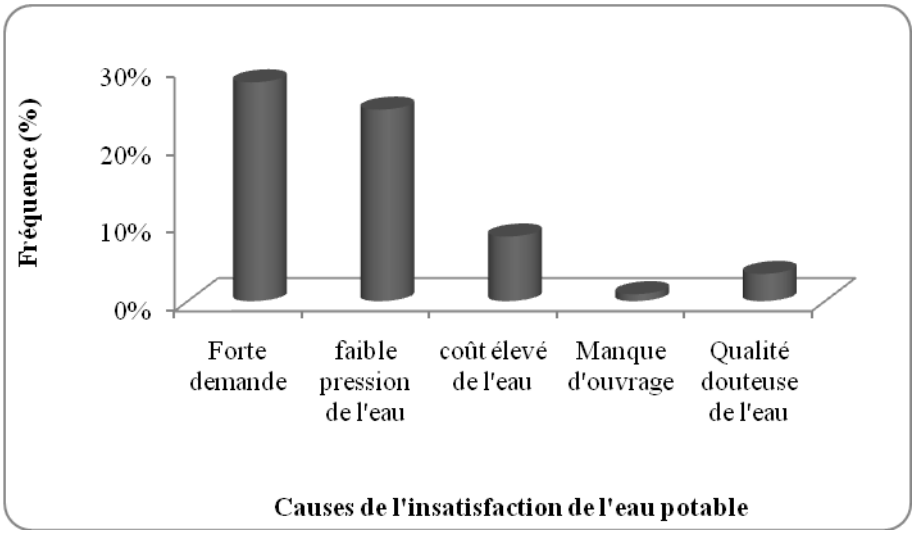


Figure 27 : Raisons de l'insatisfaction de l'eau potable dans la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain mars 2015*

La demande en eau en considérant la taille des ménages dans la Commune est forte. En effet, la demande en eau est de 28,10 %. Cette situation induit une forte pression exercée par les populations sur les PE fonctionnels. La faible pression (24,60 %) observée est surtout notée en période sèche où le niveau de l'eau baisse dans les ouvrages principalement dans les arrondissements situés dans la dépression. Dans l'étude réalisée par le Conseil d'Analyse Economique (2010), sur les problèmes et les perspectives de l'approvisionnement en eau potable au Bénin, il a été révélé que la quantité moyenne mensuelle d'eau consommée par les ménages est de 5,57 mètres cubes. Cette moyenne représente environ 31 litres par personne et par jour. Il faut remarquer cependant que ces moyennes cachent des disparités selon le niveau de revenu et la catégorie socioprofessionnelle.

Dans les pays tropicaux, Howard et Bartram (2003) estiment qu'un minimum de 4,5 litres d'eau par jour et par personne sont nécessaires à l'adulte pour maintenir une bonne hydratation et jusqu'à 5,5 litres, si une femme allaite. En ajoutant l'eau nécessaire à la préparation des repas, un minimum de 7,5 litres d'eau par personne et par jour peut constituer la norme de survie. Des quantités supplémentaires sont nécessaires à l'hygiène personnelle et au lavage des aliments. Finalement, la norme minimale des 20 litres d'eau par jour et par personne est celle retenue par l'OMS pour satisfaire les consommations domestiques de base, malgré de fortes controverses. Dans une étude récente réalisée par Aubry (2012), ces données ont largement évolué. Ainsi, pour les besoins quantitatifs minimums en eau de boisson, l'eau nécessaire pour l'hygiène corporelle et l'eau de cuisson des aliments pour assurer la survie sont en zone tropicale de 6 à 10 litres/ jour/ personne. Le chiffre de 20 litres/ jour/ personne est souvent cité comme la quantité minimale en intégrant en plus les besoins liés à l'hygiène.

Dans une étude réalisée sur la sensibilité des eaux souterraines du bassin sédimentaire côtier du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation : stratégies de gestion durable Totin (2010) est arrivé à caractériser la disponibilité en eau d'après les études réalisées par les auteurs dont Falkermark (1989) ; Falkenmark & Widstrand (1992), Diop et Rekacewicz (2003). Ces auteurs sont arrivés à définir par unité géographique trois seuils que sont la pénurie, le stress hydrique et la vulnérabilité hydrique. Pour eux, la vulnérabilité hydrique est associée à une quantité d'eau de 1700 à 2500 m^3 par personne et par an, le stress hydrique à un volume d'eau de 1000 à 1700 m^3 par personne et par an et la pénurie d'eau à un volume d'eau de moins de 1000 m^3 par personne et par an. Cette catégorisation tient plus compte de l'aspect quantité de l'eau que de celui qualité. Or, une eau de boisson est appréciée plus par sa

qualité que par son volume. Mais le prix de l'eau varie en fonction de la source d'eau et du volume consommé d'où l'intérêt de connaitre les dépenses théoriques faites pour l'eau dans les ménages.

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

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

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

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

***Source** : Travaux de terrain mars 2015*

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

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

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

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

(5) : taille moyenne des ménages de la Commune de Lalo

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

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

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

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

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

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

Conclusion partielle

Dans cette deuxième partie, il a été question de présenter les paramètres physiques (climat, sol, végétation, géologie) qui participent à la recharge en eau de la nappe souterraine rendant ainsi l'eau disponible pour les besoins des populations de la Commune de Lalo. Toutefois, les propriétés mécaniques et hydrauliques des sols ne facilitent pas toujours la réalisation des ouvrages hydrauliques dans ladite Commune. Cependant, Il existe une pluralité de sources d'approvisionnement en eau potable dans tous les arrondissements de la Commune de Lalo. Mais, les propriétés physiques, la profondeur et le débit des différents types de roches d'une part ; les longues distances parcourues, le nombre d'heures perdues par certaines femmes, et l'inégale répartition des ouvrages hydrauliques sont autant de facteurs qui rendent l'accès

difficile à l'eau potable dans la Commune Lalo. L'autre facteur très important est la disponibilité de l'eau en saison sèche. Toutes ces contraintes ne favorisent pas un accès efficace et durable à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo. Du coup, les ménages font recours aux sources d'eau non recommandées pour la boisson. Situation qui entraine une prévalence élevée des cas de diarrhées dans la commune. Mais, l'accès à l'eau potable se mesure également selon sa qualité.

TROISIEME PARTIE : FACTEURS ASSOCIES A LA QUALITE DE L'EAU DE BOISSON ET PREVALENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES DANS LA COMMUNE DE LALO

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

CHAPITRE V : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DE BOISSON ET PREVALENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES DANS LA COMMUNE DE LALO

L'approvisionnement en eau à partir des sources d'eau recommandées est souhaitable. Mais, il arrive que ces points d'eau tombent en panne, ce qui fait que leur fréquentation est difficile voire impossible. Les ménages ayant besoin d'eau pour les activités recourent dans ce cas aux sources d'eau non recommandées. Cette situation entraîne plusieurs maladies dont les maladies diarrhéiques qui représentent une part importante dans le profil épidémiologique de la Commune de Lalo. Ainsi, les paramètres physico-chimique et bactériologique de ces sources d'eau utilisées par les populations ont été analysés pour s'assurer de leur qualité. Et les résultats obtenus sont comparés aux normes de l'OMS (2008) et celles de l'ABéNor (2003).

5.1. Caractéristiques d'une eau potable

Une eau potable est une eau propre à l'alimentation, donc dépourvue de tous les éléments nocifs. Elle doit être :

- Limpide, incolore, inodore, fraîche (7-12°). Ces qualités sont facilement décelées par les différents sens du corps humain. L'organisme rejette d'instinct une eau trouble (matières ou microbes en suspension), colorée, mal odorante (fermentation) ;
- Aérée ; elle doit contenir 30 cm^3 de gaz par litre ;
- Pourvue d'une faible proportion de sels minéraux (carbonates, sulfates, chlorures) qui lui donnent une saveur faible mais agréable et une certaine valeur nutritive. L'eau ne doit pas contenir plus de 0,50g/l de sels minéraux. Une eau trop salée est purgative. Trop riche en calcaire (eau dure) ou en sulfate de chaux (eau séléniteuse), cuit mal les légumes, dissous mal le savon ;
- Dépourvue de matières organiques, dont la présence est un indice de souillure. Il est toléré 5mg/l au maximum. Ces matières décolorent le permanganate de potassium à l'ébullition. Favorables au développement des microbes, ces matières en se putréfiant, donnent une odeur désagréable et des produits toxiques ;
- Dépourvue de germes, de vers, de parasites et de microbes pathogènes. L'eau potable n'est pas stérile. Le seuil de tolérance est de 100 à 1000 bactéries non pathogènes par cm^3. Par contre elle ne doit contenir ni germes parasitaires (kystes d'amibes, œufs d'ascaris, d'oxyures), ni microbes pathogènes (bacilles typhiques, vibrion cholérique, bacille

dysentérique, virus de la poliomyélite). La présence de colibacilles, hôte habituel du gros intestin ou colon (d'ou son nom) indique une souillure par des excréments. Toute eau renfermant des colibacilles est rejetée. Toutefois, il est toléré jusqu'à 50 colibacilles par litre, soit 0,05/cm^3 (OMS, 2002).

En effet, en comparant les résultats des analyses régulièrement effectuées, la brusque augmentation du nombre de colibacilles indique une contamination dangereuse (puits ou conduit d'eau potable mis en communication avec un conduit d'eau d'égout fissurée par exemple, origine fréquente des épidémies de typhoïde (Maïga, 2005).

Une eau de boisson ne doit pas contenir de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne peut avoir aucun goût ou odeur désagréable. En outre l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique selon les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives à la qualité de l'eau de boisson. Ainsi, pour cette étude les références en matière de normes sont celles de l'ABeNor (2003) consignées dans le décret N° 2001-94 du 20 Février 2001 portant en République du Bénin. Ces normes sont consignées dans les tableaux XV et XVI.

Tableau XV : Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (ABeNor 2003)

Eléments	**Valeur indicative en mg/L**
Nitrates	45 mg/L
Nitrites	3,2 mg/L
Ammoniac	0,5 mg/L
Couleur	15 UCV (Unité de Couleur Vraie)
Turbidité	5 UTN (Unité de Turbidité Néphélométrie
Conductivité	2100 µS/cm
Chlorure	250 mg/L
pH	6,5-8,5
Température	25 °C
Total des Sels dissouts (TDS)	-
Zinc	3 mg/L

***Source** : ABeNor, 2003*

Tableau XVI : Qualité bactériologique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS 2008)

Organismes	Valeurs indicatives	Remarques
A-/ Toutes les eaux destinées à la consommation :		Non détectables dans un échantillon de 100 ml
E. Coli ou bactéries coliformes Thermotolérantes	0	
B-/ Eaux traitées à l'entrée du réseau de distribution :		Non détectables dans un échantillon de 100 ml
E.Coli ou bactéries coliformes	0	
Thermotolérantes		Non détectables dans un échantillon de 100 ml
Coliformes totaux	10	
C-/ Eaux traitées dans le réseau de distribution :		Non détectables dans un échantillon de 100 ml
E. Coli ou bactéries coliformes Thermotolérantes	0	Non détectables dans un échantillon de 100 ml Dans les installations importantes lorsqu'un nombre suffisant d'échantillons sont examinés, on ne doit pas trouver de coliformes dans 95 % des échantillons prélevés sur une période de 12 mois
Coliformes totaux	10	

***Source** : OMS, 2008*

Au Bénin, c'est le décret N° 2001-94 du 20 Février 2001 qui fixe les normes de qualité de l´eau potable. Les limites de qualité de l´eau potable portent sur les paramètres suivants :

- paramètres organoleptiques (couleur, odeur, saveur, turbidité) ;
- paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux (température, chlorures, sulfates, magnésium, sodium, aluminium, résidus secs) ;
- paramètres concernant les substances indésirables (nitrates, azote de Kjeldahl, oxydabilité au permanganate de potassium, phosphore, zinc, argent, fluor, etc..) ;
- paramètres concernant les substances toxiques (arsenic, cadmium, plomb, antimoine, sélénium, hydrocarbures polycycliques aromatiques) ;
- paramètres microbiologiques (salmonelles, staphylocoques pathogènes, bactériophages fécaux, entérovirus, coliformes, spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, pseudomonas) ; pesticides et produits apparentés ;
- paramètres concernant les eaux adoucies (dureté, alcalinité).

5.2. Qualité de l'eau de boisson

Cette étape est l'une des plus importantes de cette étude car, elle a permis d'analyser la qualité de l'eau de boisson des populations de la Commune de Lalo. La qualité de l'eau bue

au sein du ménage doit être contrôlée à au moins trois niveaux : à la sortie d'usine, au niveau du point de distribution collective ou privée et au moment de la boisson à domicile. Une fois l'eau distribuée, la qualité de l'eau peut évoluer avec les manipulations et le stockage. C'est d'ailleurs pourquoi, les analyses sont faites en trois temps. Ainsi, les analyses physico-chimique et bactériologique ont été faites pour tous les échantillons d'eau prélevés.

5.2.1. Analyse bactériologique

Les germes recherchés sont systématiquement des germes indicateurs de pollution. Il s'agit des organismes coliformes (coliformes totaux), des coliformes fécaux (thermo tolérants) et des streptocoques fécaux. Les résultats de l'analyse microbiologique des échantillons d'eau prélevés pendant la saison des pluies sont présentés par type d'ouvrage.

5.2.1.1. Qualité bactériologique des eaux des puits artésiens

D'accès libre et gratuit, l'eau des puits artésiens est utilisée par les ménages de la population de la Commune de Lalo pour diverses activités mais également pour la boisson. Les résultats de la qualité bactériologique de l'eau des puits artésiens sont présentés dans le tableau XVII.

Tableau XVII : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des puits artésiens

	Puits artésiens			
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Transport**	**Stockage**
E. coli	0/100 ml	0/100 ml	2/100 ml	2000/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml	7/100 ml	2190/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	0/100 ml	2327/100 ml	14904/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	0/100 ml	1/100 ml	33900/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire HECOTES, 2015*

Le tableau XVII montre qu'en saison pluvieuse, l'eau des puits artésiens prélevée à la source ne renferme aucun des germes indicateurs de pollution. Mais, durant le transport, il a été dénombré 02 UFC/100 ml à 2000 UFC/100 ml de *E. Coli* au stockage. Les coliformes fécaux sont passés de 07 UFC/100 ml durant le transport à 2190 UFC/100 ml au moment du stockage à domicile. La même tendance est observée pour les coliformes totaux où leur nombre a

évolué de 2327 UFC/100 ml lors du transport à 14 904 UFC/100 ml au stockage. Quant aux streptocoques fécaux, ils ont augmenté de manière spectaculaire de 01 UFC/100 ml pendant le transport à 33 900 UFC/100 ml au stockage à domicile. Il ressort donc que la qualité de l'eau des puits artésiens a été altérée au moment du transport ainsi qu'au moment de la conservation à domicile. Ceci se comprend sans doute car l'eau se transporte par les femmes et les enfants dans des plastiques ou des bassines ouverts soumis aux intempéries de l'air, de la poussière etc. Par contre, à domicile la progression des germes dans l'eau laisse sans doute penser à l'état des récipients de prise de l'eau pour la boisson. Pour Cainrcross (2003), la pollution de l'eau intervient lors du prélèvement et ensuite durant son transport et sa conservation. Le tableau XVIII montre les résultats microbiologiques de l'eau des AEV.

5.2.1.2. Qualité bactériologique de l'eau des AEV

Les Adductions d'Eau Villageoises sont des ouvrages implantés dans les chefs lieux d'arrondissements de la Commune de Lalo pour faciliter le ravitaillement d'un plus grand nombre de personnes. Elles sont considérées comme source d'eau propice à la boisson. Toutefois, les prélèvements y sont faits pour apprécier leur niveau de potabilité Les résultats des analyses bactériologiques sont présentés dans le tableau XVIII.

Tableau XVIII : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des AEV

	AEV			
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Transport**	**Stockage**
E. coli	0/100 ml	0/100 ml	95/100 ml	2280/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml	110/100 ml	3300/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	3/100 ml	1700/100 ml	4375/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	0/100 ml	151/100 ml	32025/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire HECOTES, 2015*

En saison pluvieuse à la source, l'eau des AEV renferme déjà de 03 UFC/100 ml coliformes totaux. Ce nombre est passé de 1700 UFC/100 ml au moment du transport à 4375 UFC/100 ml à domicile. Les coliformes fécaux absents à la source ont été dénombrés à 110 UFC/100 ml lors du transport à 3300 UFC/100 ml au moment du stockage. L'*E. coli* de 95 UFC/100 ml lors du transport est passé à 2280 UFC/100 ml au stockage. Quant aux streptocoques fécaux,

ils ont évolué de 151 UFC/100 ml à 32 025 UFC/100 ml à domicile. En effet, la présence des germes bactériologiques détectée dans les eaux des forages serait probablement liée aux activités menées aux abords immédiats des ouvrages. La pollution de l'eau dès la sortie du réseau peut être expliquée par l'infiltration des eaux souillées liées aux activités menées autour des points d'eau par les populations. Mais pendant le transport et lors du stockage à domicile, l'eau devenue impropre à la consommation serait due aux manipulations qui sont faites sur cette dernière.

5.2.1.3. Qualité bactériologique de l'eau des Forages (FPM)

Existants dans toutes les localités de la Commune de Lalo, les forages équipés de pompe à motricité humaine sont utilisés à plus de 37 % dans la Commune de Lalo. Les résultats de la qualité bactériologique de l'eau des forages sont présentés dans le tableau XIX.

Tableau XIX : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des forages (FPM)

	FPM			
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Transport**	**Stockage**
E. coli	0/100 ml	0/100 ml	80/100 ml	2800/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	27/100 ml	320/100 ml	2120/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	737/100 ml	9825/100 ml	10650/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	0/100 ml	401/100 ml	625/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire HECOTES, 2015*

L'eau de forages équipés de pompe à motricité humaine (FPM) pendant la saison pluvieuse regorge à la source de 27 UFC/100 ml et de 737 UFC/100 ml respectivement de coliformes fécaux et totaux. Les coliformes fécaux ont évolué de 320 UFC/100 ml lors du transport à 2120 UFC/100 ml à domicile et jusqu'à 9825 UFC/100 ml lors du transport à 10650 UFC/100 ml à domicile. Les streptocoques fécaux ont été dénombrés mais en nombre réduit par rapport aux coliformes. La présence de ces bactéries d'origine fécale dans l'eau de consommation indique une contamination de l'eau par des germes pathogènes comme *Vibrio cholerae* ou Salmonella Typhi (Impétus, 2009). L'infiltration du lixiviat au niveau de la nappe phréatique expose l'eau à diverses pollutions notamment celles bactériologiques. Selon Totin, cité par

Atchadé (2014), le nombre de germes bactériens varie surtout au niveau des forages pédestres dont le système de tête de pompe serait un facteur important d'infiltration des eaux souillées et contaminées donc d'accroissement de la charge polluante. En effet, cette partie de l'ouvrage est en contact permanent avec les pieds (parfois chargés de bactéries) des usagers de ces forages. Pour Sackou *et al.* (2010), La présence en particulier d'*Escherichia coli* indique qu'il y a une insuffisance de protection de l'eau contre la pollution fécale dans les ménages. Cette contamination peut être corrélée au défaut d'hygiène des mains et du matériel de puisage. Plus les réservoirs sont de grands volumes, plus longtemps dure l'eau en stockage et plus grand est le nombre de contacts avec l'eau, impliquant plusieurs personnes. Dans ces circonstances, les réservoirs sont moins lavés avec un détergent et un désinfectant ; tous facteurs pouvant entraîner une sur-contamination de l'eau.

5.2.1.4. Qualité bactériologique de l'eau prélevée dans le fleuve Couffo

Certains ménages continuent d'utiliser l'eau du Couffo pour leurs besoins en boisson. C'est pourquoi ses paramètres bactériologiques ont été analysés pour les comparer aux normes admises. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau XX.

Tableau XX : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau prélevée dans le fleuve Couffo

	Fleuve Couffo			
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Transport**	**Stockage**
E. coli	0/100 ml	220/100 ml	860/100 ml	7320/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	520/100 ml	1530/100 ml	11780/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	5325/100 ml	11700/100 ml	44600/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	175/100 ml	600/100 ml	875/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire HECOTES, 2015*

L'eau du fleuve Couffo regorge de tous les germes indicateurs de pollution pendant la saison pluvieuse. Les coliformes fécaux et totaux sont les plus dénombrés et évoluant tout le long du circuit source-transport-stockage. La présence des bactéries *Escherichia coli* en nombre important donne la preuve de la pollution fécale de l'eau du fleuve Couffo. Selon Maiga

(2005), les eaux de surface sont rarement potables car elles sont sans aucun traitement. De plus, elles présentent les pollutions d'origine urbaine dues aux eaux usées provenant des latrines et des fosses septiques et également d'origine agricole due aux engrais et produits pesticides ou herbicides entraînés par les eaux de pluies et le ruissellement. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par Sèbo (2014) dans son étude réalisée dans le bassin du Mono. En effet, il conclut que la contamination des eaux est due, pendant la saison des pluies et la période d'inondation, aux ruissellements qui charrient de nombreux agents pathogènes vers les cours d'eau. Babadjidé *et al.* (2010), renchérissent dans son étude réalisée sur les eaux de consommation à Kétou, que les eaux de ruissellement enrichissent les eaux superficielles des excréments, des déchets ou tout autre élément polluant qu'elles collectent au sol. Pour Edorh *et al.* (2007), la présence de germes pathogènes est due à une pollution organique probablement issue des déchets d'origine animale, humaine ou par les effluents chargés de fertilisants et de pesticides surtout organochlorés utilisés en agriculture qui sont souvent drainés vers les plans d'eau au cours de la saison pluvieuse. Aussi faut il noter que durant la récession pluviométrique, se développent les pratiques malsaines où les populations utilisent l'eau des marigots, des cours d'eau où sont déversés les déchets pendant la saison des pluies (Codjo, 2011).

5.2.1.5. Qualité bactériologique de l'eau des puits traditionnels

Souvent utilisée en saison pluvieuse, l'eau de pluie permet d'éviter les corvées d'eau dans tous les ménages de la Commune de Lalo. Les résultats de sa qualité bactériologique sont présentés dans le tableau XXI.

Tableau XXI : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau de puits

Puits traditionnels			
Paramètres	**Normes OMS**	**Source**	**Stockage**
E. coli	0/100 ml	127/100 ml	220/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	320/100 ml	470/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	1600/100 ml	1950/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	127/100 ml	275/100 ml

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire HECOTES, 2015*

L'analyse des échantillons d'eau des puits traditionnels, montre que l'eau dès son prélèvement est déjà polluée. Dans l'eau des puits, il a été dénombré dès le prélèvement 127 UFC/100 ml, 320 UFC/100 ml, 1600 UFC/100 ml et 127 UFC/100 ml respectivement de *E. coli*, de coliformes fécaux et totaux et de streptocoques. Mais au moment où l'eau est stockée le nombre des germes a beaucoup évolué pour toutes les bactéries. Toutefois, l'eau de puits est moins polluée que l'eau du fleuve Couffo. Dans la Commune de Lalo, tous les échantillons d'eau de puits prélevés présentent des germes pathogènes signes de pollutions bactériologiques. Pour Edorh (2007), Codjo (2011) et Sèbo (2014), la contamination bactériologique est signe d'une pollution organique probablement issue des déchets d'origine animale, humaine ou par les effluents chargés de fertilisants et de pesticides surtout organochlorés utilisés en agriculture qui sont souvent drainés vers les plans d'eau au cours de la saison pluvieuse. Cette affirmation est corroborée par Kélomè *et al.* (2012) dans leur étude réalisée sur les puits des Communes de Parakou et de Tchaourou. Ainsi, ils affirment que la forte présence dans les puits de germes aérobies revivifiables pourrait s'expliquer par une contamination d'origine humaine et animale par l'absence d'application des règles élémentaires d'hygiène que sont : la protection correcte des puits après puisage, les activités agricoles et d'élevage, l'éloignement des fosses septiques et des latrines des puits (disposés diamétralement opposés). De pareils résultats sont trouvés par Makoutodé *et al.(*1999) à Grand-Popo ; Hediblé, 2007 dans l'Atlantique ; Dègbey *et al.(*2008) dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin ; Dégbey *et al.(*2009) ; à Godomey, Babadjidé 2010 à Kétou ; Gomez (2010) en milieu Itcha-Ifè et Lagnika, 2015 dans les arrondissements de Pobè, Lokossa et de Parakou. Pour tous ces auteurs, l'homme par ses activités contribue à la pollution de l'eau avec les rejets et dépôts de déchets. Et de plus, l'eau est un déterminant des maladies diarrhéiques surtout dans les espaces où sa pénurie se manifeste. La pénurie de l'eau associée à l'insalubrité de l'environnement joue un rôle notoire dans l'endémisme des maladies diarrhéiques.

5.2.2. Analyse des paramètres physico-chimiques

L'analyse chimique d'une eau révèle la présence de certains éléments en solution ou en suspension. Ce sont la qualité et la quantité de ces éléments qui, d'une part définissent une eau, et d'autre part précisent et limitent son emploi aux divers usages (Coulibaly, 2005).

Les paramètres chimiques pris en compte dans cette recherche sont le pH, la conductivité, les TDS, la couleur, la turbidité, les nitrates, les nitrites et l'ammonium.

5.2.2.1. Qualité physico-chimique de l'eau des ouvrages à la source

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau des ouvrages prélevée à la source sont présentés dans le tableau XXII.

Tableau XXII : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à la source

Paramètres	Normes ABeNor	Puits artésiens	AEV	FPM	Puits traditionnels	Fleuve Couffo
pH	6.5 <ph>8.5	6,67	6,56	6,54	6,8	6,97
Conductivité (µS/cm)	2100	446,5	208	315	53,85	499
TDS (mg/l)	-	223	104	157	26,85	250
Couleur (PtCo)	15	0,68	0,08	1,94	5,10	113
Turbidité(NTU)	5	3,13	1,58	3,85	1,59	33,4
Nitrates (mg/l)	45	6,8	5,9	6,8	8,85	6,9
Nitrites (mg/l)	3,2	0,013	0,018	0,012	0,059	0,010
Ammonium (mg/l)	0,5	0,02	0,01	0,01	0,24	0,70

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire LCQEA, 2015*

Pour tous les éléments chimiques considérés, les valeurs obtenues pour les ouvrages sauf pour le fleuve Couffo sont toutes en dessous des normes de l'ABeNor (2003) et de l'OMS (2008). Les valeurs du pH des eaux de tous les ouvrages varient entre 6,5 et 6,9. Les résultats indiquent que la valeur du TDS varie dans l'ensemble des ouvrages de 26,85 mg/l pour les puits traditionnels à 250 mg/l pour le fleuve Couffo en passant par des valeurs assez importantes de 104 mg/l pour les AEV, 157 mg/l pour les FPM et 223 mg/l pour les puits artésiens. Quant à la variabilité de la conductivité, elle montre des valeurs comprises entre 53,85 µs/cm (puits traditionnels) et 436 µs/cm (fleuve Couffo).

Cette observation révèle une conformité à 100 % des eaux analysées; car les critères normalisés béninois pour comparaison, limitent ce paramètre à 2100 µs/cm. Le fleuve Couffo présente les valeurs les plus élevées pour tous les paramètres dosés. Sa couleur n'est pas claire car elle est 113 Pt Co pour une norme de 15 Pt Co, trouble car elle est de 33, 4 NTU pour une

norme de 5 PTU, et chargée en ammonium car sa valeur est de 0,70 mg/l pour une norme de 0,5 mg/l. Donc l'eau de la rivière est impropre à la boisson.

5.2.2.2. Qualité physico-chimique de l'eau des ouvrages lors du transport

Les résultats des paramètres physico-chimiques mesurés dans l'eau au cours du transport sont présentés dans le tableau XXIII.

Tableau XXIII : Résultats des paramètres physico-chimiques prélevés durant le transport

Paramètres	Normes OMS	Puits artésiens	AEV	FPM	Fleuve Couffo
pH	6.5 <ph>8.5	6,60	6,61	6,64	7,38
Conductivité (µS/cm)	2100	299	212	324	457
TDS (mg/l)	-	148	105	162	228
Couleur (PtCo)	15	2,66	2,66	1,87	198
Turbidité (NTU)	5	2,30	2,33	4,43	113
Nitrates (mg/l)	45	7,6	6,6	7,8	6,4
Nitrites (mg/l)	3,2	0,018	0,018	0,013	0,066
Ammonium (mg/l)	0,5	0,03	0,03	0,01	1,23

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire LCQEA, 2015*

Lors du transport de l'eau prélevée, les valeurs du pH ont évolué pour l'AEV, les FPM et la rivière. Elles varient de 6,6 à 7,38. Le pH des puits artésiens a par contre baissé sensiblement lors du transport, il est passé de 6,67 à 6,60 même si la variation n'est pas considérable. Les résultats des TDS et de la conductivité montrent une variation. Les variations sont notées pour tous les ouvrages sauf pour l'AEV et le fleuve Couffo où ces valeurs ont plutôt baissé. L'eau des forages présente une valeur de turbidité assez élevée même si elle demeure en dessous de la norme ABeNor. Par contre, l'eau du fleuve Couffo est assez trouble car durant le transport sa valeur initiale de 33,4 NTU à évolué jusqu'à 113 NTU. Pour conclure, durant le transport, les valeurs des paramètres considérés ont vraiment augmentées pour certains. Mais, il faut noter que l'eau de la rivière présente les fortes valeurs de tous les paramètres dosés.

5.2.2.3. Qualité physico-chimique de l'eau des ouvrages au stockage

La qualité physico-chimique des échantillons d'eau prélevés au moment du stockage est présentée dans le tableau XXIV.

Tableau XXIV : Qualité physico-chimique des échantillons d'eau lors du stockage

Paramètres	Normes OMS	Puits artésiens	AEV	FPM	Puits traditionnels	Fleuve Couffo
pH	6.5 <ph>8.5	6,66	6,83	6,84	6,60	7,35
Conductivité (µS/cm)	2100	249,5	218	298	50,2	446
TDS (mg/l)	-	123,5	109	149	25,3	223
Couleur (PtCo)	15	2,14	5,37	0,01	10,5	166
Turbidité (NTU)	5	2,26	3,71	1,11	1,26	56,70
Nitrates (mg/l)	45	8,85	7,10	8,70	6,20	7,30
Nitrites (mg/l)	3,2	0,016	0,015	0,024	0,018	0,010
Ammonium (mg/l)	0,5	0,01	0,03	0,01	0,02	1,44

***Source** : Résultats des analyses du laboratoire LCQEA, 2015*

Le pH de tous les échantillons ont évolué du transport au stockage d'eau à domicile. La conductivité par contre, a baissé dans tous les échantillons même si elle est toujours assez considérable. Pour l'ensemble des paramètres chimiques, évalués, les valeurs obtenues sont assez faibles et restent inférieures à celles préconisées par l'OMS (2008) et l'ABeNOr (2003), sauf pour l'élément ammonium au niveau du fleuve Couffo, où sa teneur est 1,44 mg/l. Cette faible teneur en ammonium (NH_4^+) au niveau du fleuve Couffo montre que ces particules proviennent principalement du métabolisme cellulaire (Rejsek, 2002 ; Agassounon *et al.*, 2010). Aussi, l'ammonium est un indicateur de la contamination des sources d'eau par la matière organique (Figala et Hanak, 1986). En effet, en présence des microorganismes, l'azote organique contenu dans les matières organiques est oxydé en NH_4^+. Les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurées bien qu'elles soient aussi variées du transport au moment du stockage à domicile sont toutes en dessous des normes préconisées par l'ABénoR (2003) et l'OMS (2008). Les faibles teneurs en NH_4^+ obtenues montrent que ces particules proviennent principalement du métabolisme cellulaire (Rejsek, 2002 ; Agassounon, Tchibozo

et al., 2010). Les nitrites ne sont retrouvés que rarement en concentrations importantes dans les eaux naturelles (Debieche, 2004), ce qui confirme les résultats de la présente étude. Seul l'ammonium dosé dans l'eau de la rivière présente une valeur au-dessus de la concentration maximale admise suivant les critères de comparaison. Ceci s'explique car, l'ammonium est un indicateur de la contamination des sources d'eau par la matière organique (Figala et Hanak, 1986). La nitrification convertit le NH_4^+ en NO_3^- en passant par le NO_2. Cette biotransformation s'effectue en présence de *Nitrosomas* et de *Nitrobacter* (Chausse et *al.*, 2003). Plusieurs auteurs Kirmeyer *et al.*, 1995, 2004; Odell *et al.*,1996; Wilczak *et al.*,1996 ; Bremer *et al.*, 2001; U.S. EPA, 2002; Lytle *et al.*, 2007; Muylwyk, 2009; Zhang *et al.*, 2009, Edwards et Dudi, 2004; Douglas *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2008, 2010 ont aussi révélé un lien entre les problèmes de corrosion et la nitrification.

Les nitrites ne sont retrouvés que rarement en concentrations importantes dans les eaux naturelles (Debieche, 2004), ce qui confirme les résultats de la présente étude. En considérant les caractéristiques par rapport à la conductivité selon UE/OMS (2007), qui permet de noter comment l'eau conduit le courant électrique et l'évaluation approximative des minéraux dans les eaux ; les ouvrages peuvent être classés en deux grandes catégories. Les résultats ainsi trouvés sont consignés dans le tableau XXV.

Tableau XXV : Classification des échantillons d'eau prélevés en fonction des critères de conductivité

Ouvrages	**Conductivité (C)**	**Appréciation**
Puits traditionnels	C < 150 µS/cm	Peu minéralisée
Puits artésiens, AEV Forage, Fleuve Couffo	150 < C < 800 µS/cm	Moyennement minéralisée
Aucun	C > 800 µS/cm	Aucun

***Source** : UE/OMS (2007), travaux de terrain 2015*

Il ressort du tableau XXV l'existence de deux catégories d'eaux analysées (eaux peu minéralisées ; eaux moyennement minéralisées). En se référant à la concentration maximale admise par l'OMS qui est de moins 300 mg/l, il ressort que toutes les eaux échantillonnées présentent un excellent goût. La faible minéralisation des eaux échantillonnées est liée à la nature lithologique des roches réservoirs de nature granitique (Kelomè *et al.*, 2012). Tous ces paramètres sont mesurés en laboratoire, mais les populations elles mêmes arrivent à apprécier la qualité de l'eau de boisson par des normes qui leurs sont propres.

5.3. Appréciation de la qualité de l'eau de boisson par les populations

Les populations arrivent à apprécier la qualité de l'eau par la présence de certains paramètres qui leur sont propres. Ainsi, les résultats obtenus auprès des ménages sur la qualité de l'eau de boisson qui leur est servie sont représentés sur la figure 28.

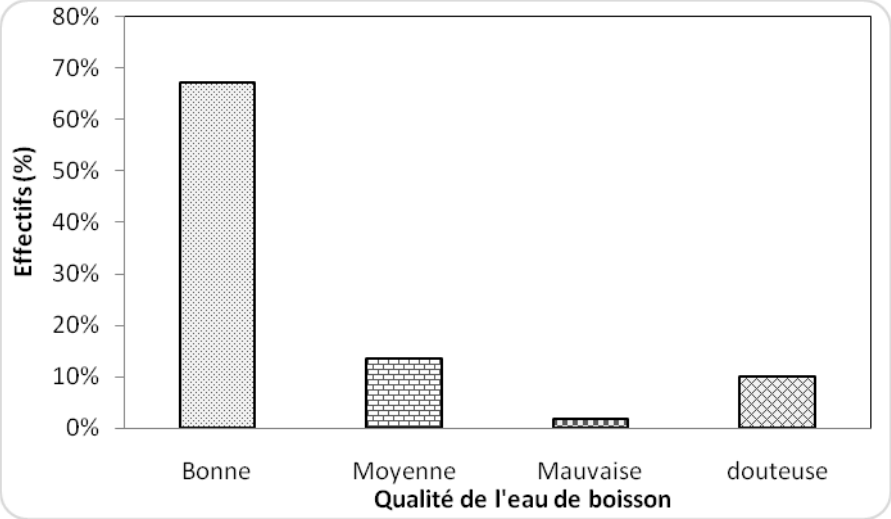


Figure 28 : Appréciation de la qualité de l'eau de boisson par les populations

***Source** : Travaux de terrain, mars2014*

Bien que les populations ne soient pas des techniciens en matière d'analyse d'eau, elles arrivent quand même à apprécier la qualité de l'eau, à elles servie par sa couleur et son odeur. Ainsi, pour toutes les sources d'approvisionnement en eau, 67,10 % des populations certifient que l'eau est de bonne qualité, 13,60 % trouvent que l'eau est d'une qualité moyenne, 10,10 % et 1,80 % attestent respectivement que l'eau est de qualité douteuse et mauvaise. Et une frange de 8,40 % de la population ne savent pas comment qualifier l'eau qu'elles boivent La qualité de l'eau est souvent appréciée par les populations selon sa couleur (turbidité) et son goût (qualité organoleptique).

La potabilité de l'eau apparaît souvent sous deux aspects. Le concept potabilité est analysé du point de vue traditionnel et du point de vue scientifique. Au sens scientifique, le concept « Potabilité » est inséparable de l'état sanitaire. Elle se mesure selon des analyses commises à cet effet en laboratoire. Ainsi, l'eau potable n'est pas nuisible à la santé. Pour la conception traditionnelle, la maladie résulte de l'une des causes suivantes, des raisons physiques externes, la jalousie des autres (à travers le jet de sorts maléfiques, l'empoisonnement), et des causes surnaturelles (châtiment des ancêtres ou des esprits). La destinée est considérée comme inexorable ; si une personne est prédestinée à mourir, aucun médicament ne pourra la guérir. D'après la croyance, la vie est bien portée par les bénédictions ancestrales. Les ancêtres

veillent sur les vivants de la collectivité, s'ils poursuivent les coutumes et les traditions et s'ils respectent les « tabous ». En conséquence, les populations des milieux ruraux font confiance aux ancêtres. Les eaux données par les ancêtres par l'intermédiaire des points d'eau drainent les bénédictions de survie. Par le concept qu'elles « viennent de l'ancêtre », les eaux de source, de rivière, du fleuve et de quelques points d'eau naturelle sont considérées et approuvées comme propres. Alors, on les boit directement sans traitement sanitaire préalable. Selon une croyance aussi des populations, l'eau de couleur jaunâtre dans le fleuve, dans le puits ou étang est non potable. Leurs connaissances et jugements sur l'eau sont très limités. Ils jugent en apparence extérieure la potabilité de l'eau. Pour eux, les eaux claires vivantes sont potables, mais l'eau stagnante est non potable. Mais les tests de Khi-deux de Pearson réalisés suivant les sources d'eau montrent des résultats très diversifiés. En effet, la qualité de l'eau des sources d'approvisionnement est statistiquement liée à la perception des populations ($p = 0,0013$ pour la bonne qualité de l'eau des puits modernes ; $p = 0,005$ pour la qualité moyenne de l'eau des FPM ; $p = 0,016$ pour la qualité douteuse de l'eau des bornes fontaines ; $p = 0,000$ pour la qualité douteuse de l'eau des citernes). Tous ces paramètres mesurés dans l'eau de boisson tant en laboratoire que par les populations ont des effets directs ou indirects sur la santé de l'homme. Ainsi, ces risques sanitaires sont présentés dans le tableau XXVI.

5.4. Risques sanitaires liés aux paramètres physico-chimiques et bactériologiques

Les risques sanitaires des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont présentés dans le tableau XXVI.

Tableau XXVI : Rappel des risques liés aux différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques

Paramètres	**Signification et impacts**
	Paramètres bactériologiques
Escherichia coli	Bactérie spécifiquement d'origine fécale (abondantes dans les fèces des hommes et des animaux à sang chaud) - C'est un indice fiable de contamination fécale récente de l'eau. - La présence de *E. coli* doit conduire à prendre des mesures pour protéger le consommateur. Si E. *coli* est présente dans plus d'un échantillon ou si des problèmes significatifs (traitement) ont été identifiés, la solution consiste à conseiller à la population de faire bouillir l'eau de boisson et de cuisine. **Impact:** - Certaines souches d'*E. coli* sont pathogènes pour l'homme et peuvent provoquer des troubles intestinaux ressemblant au choléra, à la dysenterie ou à une gastro-

	entérite qui peuvent être très graves pour certaines personnes sensibles (enfants, personnes âgées).
Bactéries coliformes	Les bactéries coliformes sont présentes dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (sols, végétation, eaux naturelles) - E. coli fait partie des coliformes mais a une origine exclusivement fécale - La découverte de bactéries coliformes doit entraîner la recherche de présence d'*E. coli* - Ils sont utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement **Impact:** - Certaines espèces de coliformes sont pathogènes, mais excepté *E. coli*, les espèces pathogènes véhiculées par l'eau sont sans réel impact sanitaire.
Bactéries streptocoques	- Les bactéries streptocoques sont purement d'origine fécale et proviennent des fèces d'animaux à sang chaud (homme notamment) - Les streptocoques fécaux sont plus résistants au stress et à la chloration que *E. coli* et Les autres coliformes. - Les bactéries streptocoques sont résistantes à la sécheresse - Indicateur d'efficacité du traitement car plus résistants au chlore que *E. coli* - Indicateur d'une contamination fécale plus ancienne que *E. coli*. - Indicateur de contrôle après la pose ou la réparation de conduites ou pour détecter une pollution des eaux souterraines ou de surface par des écoulements **Impact:** - Certaines formes de bactéries streptocoques peuvent être pathogènes chez l'homme et provoquer des infections localisées.
Paramètres physico-chimiques	
Turbidité	La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matière en suspension (argile, limons, plancton, organismes microscopiques) qui donnent un aspect trouble à l'eau. - Elle peut être favorisée par la pluviométrie - La plupart des eaux superficielles ont une turbidité importante et leur consommation directe est impossible. Il faut les clarifier soit par décantation soit par addition d'un coagulant, soit par filtration. - Dans certains cas, elle peut avoir pour origine des anomalies dans le traitement, la corrosion des canalisations ou des dépôts sur les parois - Une turbidité supérieure à 5 NTU gène fortement les traitements de désinfection
Couleur	Une Unité de Couleur (UC) = 1 mg de platine en présence de cobalt (Pt/CO). - A partir de 15 UC, le consommateur peut percevoir la coloration de l'eau dans un verre d'eau. - La couleur apparente n'est généralement pas un indicateur pertinent. Il est préférable de mesurer la turbidité, les matières en suspension et le COT.
pH	Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains

ou	traversés
concentration en ions hydrogène	- La maîtrise du pH a pour principal objectif de diminuer la corrosion, la dissolution des métaux et des incrustations dans les canalisations qui résultent des relations entre pH et d'autres paramètres (dioxyde de carbone, dureté, alcalinité, température) - Des pH < à 7 augmentent la corrosion des tuyauteries métalliques conduisant à une augmentation de certaines substances métalliques (plomb, cadmium) - Des pH > à 8 entraînent une diminution de l'efficacité de la désinfection au chlore, et augmentent les dépôts incrustants dans les canalisations - La chloration par le chlore gazeux abaisse le pH
Conductivité	Reflète la concentration de l'ensemble des minéraux dissous dans l'eau - La minéralisation de l'eau peut entraîner un goût salé, une accélération de la corrosion, des dépôts dans les tuyauteries. **Impact :** - La conductivité en tant que telle n'a pas d'effet sur la santé
TDS	Le TDS a seulement des effets esthétiques et techniques. - Une forte concentration de TDS indique que des polluants nuisibles comme le fer, le manganèse, le sulfate, le bromure et l'arsenic peuvent être présent dans l'eau. - Les TDS Produisent de l'eau calcareuse - Les savons et les détergents produisent moins de mousse avec de l'eau calcareuse qu'avec de l'eau douce. - Les fortes quantités de solides dissous peuvent avoir un goût métallique **Impact :** Les TDS seuls n'ont pas d'effet sur la santé
Nitrates (NO_3^-),	L'azote est présent en abondance dans la nature sous forme gazeuse, organique ou minérale - Les doses importantes ont pour principale origine les engrais et les rejets d'eaux usées mais l'augmentation des teneurs peut aussi venir d'effluents industriels, agricoles, urbains, les déjections humaines ou animales **Impact:** - Les nitrates ne sont pas en eux-mêmes dangereux pour la santé, mais c'est leur transformation en nitrites dans l'organisme qui présente un risque toxique particulièrement grave chez les nourrissons. - Les nitrates en excès contribuent à l'eutrophisation des eaux superficielles et donc à la dégradation de la qualité des ressources en eaux superficielles
Nitrites (NO_2^-),	Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique. **Impact:** - Les nitrites, issus de la transformation des nitrates dans l'estomac, oxydent l'hémoglobine en méthémoglobine, inapte au transport de l'oxygène des poumons aux tissus, se traduit par une cyanose ou maladie bleue du nourrisson

Ammonium (NH_4^+),	Provient de la décomposition des matières organiques, de l'usage des engrais (minéraux et organiques) et des rejets d'eaux résiduaires (urbains et industriels) **Impact :** - Peut provoquer la corrosion des conduites - Diminue d'efficacité de la désinfection - L'azote ammoniacal peut servir de nutriment pour les micro-organismes responsable de saveurs et odeurs désagréables

***Source** : DASS-NC, 2014*

Les risques liés aux différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont de plusieurs ordres. Les impacts de ces paramètres dans la survenue de certaines affections sont clairement présentés dans ce tableau. Toutefois, ces paramètres agissent différemment sur la santé selon les doses administrées. Les paramètres tels que l'*Escherichia coli*, les nitrites et nitrates méritent une surveillance particulière car les affections qu'ils entrainent peuvent être bénigne comme virulentes et très graves. Les autres paramètres non moins importants dans le cycle de survenue des maladies liées à l'eau sont responsables de saveurs et odeurs désagréables ressenties dans l'eau de boisson.

5.5. Situation sanitaire de la Commune de Lalo

La situation sanitaire de la Commune de Lalo s'appuie essentiellement sur les données officielles de la surveillance épidémiologique. Ainsi, les données de 2004 à 2013 ont été exploitées. Le dépouillement des statistiques des différentes maladies a conduit à retenir une liste des dix premières maladies qui font motifs de consultations dans les centres de santé de la Commune. Il est cependant nécessaire de notifier que ces affections varient d'une année à une autre au sein de la Commune. Ainsi, la figure 29 présente les différentes affections qui enregistrent les plus grands nombre de cas entre 2004 et 3013.

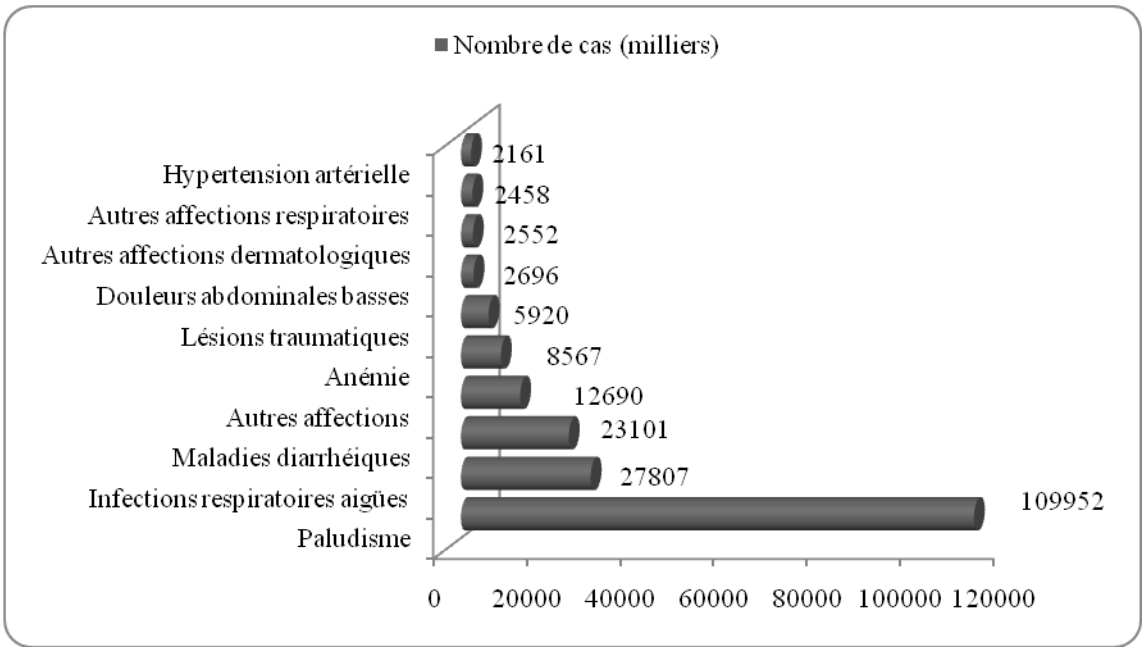


Figure 29: Motifs de consultation dans la commune de Lalo de 2004 à 2013

***Source** : SNIGS : 2004-2013*

Il ressort de l'analyse de la figure 29 que le profil épidémiologique des maladies à Lalo est dominé par les pathologies infectieuses avec en tête de ligne le tryptique « paludisme-infections respiratoires aigues-maladies diarrhéiques » auquel s'ajoute une tendance à l'augmentation des pathologies non infectieuses telles que l'hypertension artérielle, les autres affections respiratoires et les autres affections dermatologiques. Le paludisme est la toute 1ère affection avec 109 952 cas, les affections respiratoires avec 27 807 cas et les maladies diarrhéiques avec 23 101 cas sur les dix ans (2004-2013). Les autres affections rencontrées lors des consultations sont mineures. Dans la Commune de Lalo, les maladies diarrhéiques représentent la troisième affection, cause de décès surtout chez les enfants de moins de cinq (05) ans. Les données générales sur la morbidité révèlent pour toutes les régions, un profil dominant des maladies infectieuses et parasitaires avec le paludisme en tête de liste, suivi des pneumonies et des diarrhées. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés dans une étude réalisée au Cameroun par EDC (2011), où le profil sanitaire montre que la situation sanitaire courante est dominée par les infections parasitaires, le paludisme en premier, suivi des vers intestinaux, des diarrhées infantiles et d'autres infections parmi lesquelles les IST et le VIH/SIDA qui tendent à se développer.

5.5.1. Saisonnalité des affections dans la Commune de Lalo

Le temps est un facteur déterminant dans l'évolution de nombreuses affections. Afin donc de caractériser la situation épidémiologique pendant les saisons (pluvieuse et sèche), l'évolution

des principales affections qui sévissent dans la Commune de lalo est présentée sur la figure 30.

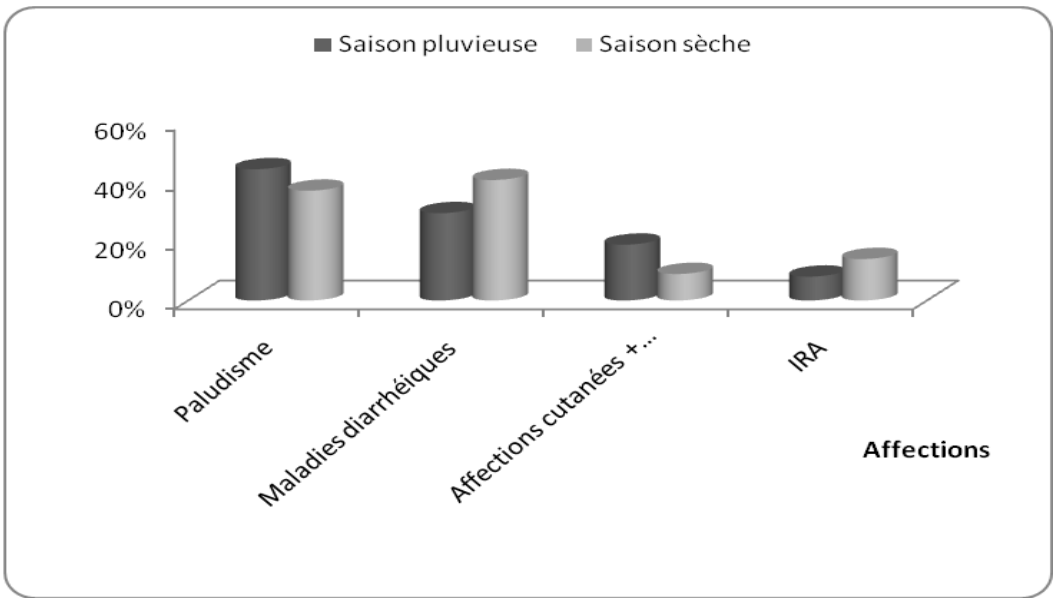


Figure 30: Fréquence des affections par saison dans la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain 2014*

De la lecture de la figure 30, il apparait clairement que, pendant la saison des pluies toutes les affections connaissent une recrudescence. Les affections les plus recensées pendant la saison pluvieuse sont le paludisme (44,10 %), suivi des maladies diarrhéiques (29,28 %), de l'association des affections cutanées et l'ulcère de Buruli (18,72 %), et des IRA (8 %). Par contre pendant la saison sèche, les affections qui sévissent le plus sont également le paludisme (36,80 %), suivi des maladies diarrhéiques (40,40 %), des IRA (13,90 %) et des affections cutanées et de l'ulcère de Buruli (8,90 %). Il ressort donc que les maladies infectieuses sont les maladies qui sévissent pendant les deux saisons de l'année.

5.5.2. Profil diarrhéique de la Commune de Lalo

Le Système National Intégré et de Gestion Sanitaire (SNIGS) classe sous le vocable de maladies diarrhéiques le choléra, les diarrhées fébriles, les diarrhées avec déshydratation et les autres affections gastro-intestinales. Tous ces types de diarrhées ont été considérés dans ce document. L'aperçu sur l'état diarrhéique de la Commune de Lalo s'est fait à partir des données du SNIGS et des données compilées au niveau des formations sanitaires publiques comme privées installées dans la Commune de Lalo. Ces données ont été collectées sur une période de dix (10) ans de 2004 à 2013. L'évolution des cas de maladies diarrhéiques est représentée sur la figure 31.

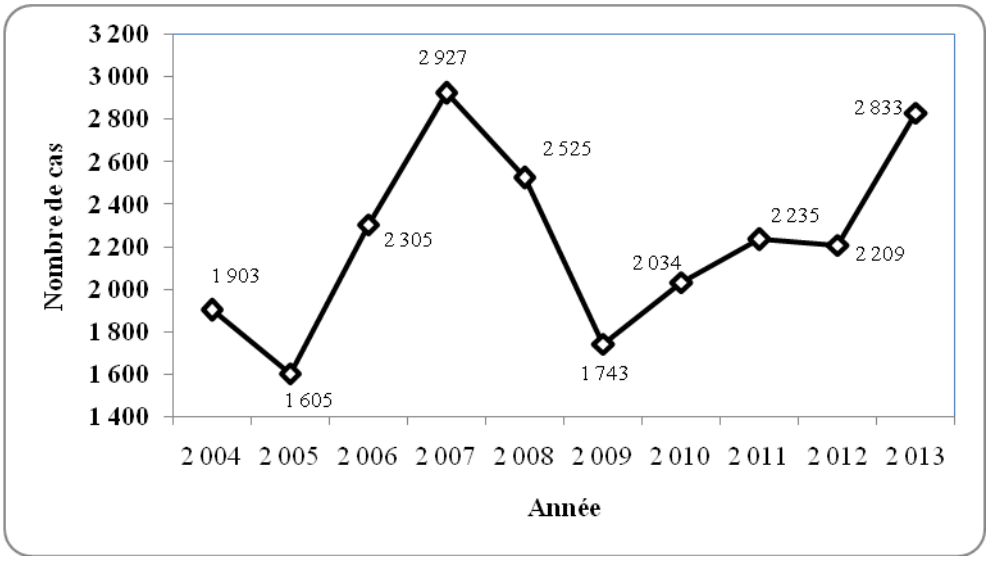


Figure 31 : Evolution des cas de maladies diarrhéiques de 2004 à 2013 dans la Commune de Lalo

***Source** : SNIGS 2004-2013*

La courbe des cas de diarrhées évolue en dent de scie. Le nombre de diarrhée est passé de 1 605 cas en 2005 à 2927 cas en 2007 où le premier pic est observé. Le deuxième pic a été signalé en 2013 avec 2 833 cas de diarrhée. Ces deux années correspondent aux périodes de grandes sécheresses qu'a connues la Commune de Lalo. Au cours de ces années le niveau d'eau des forages ainsi que de certains ouvrages hydrauliques a baissé. Ce phénomène a accentué la concentration des germes pathogènes dans l'eau de boisson. Et pour compenser aussi l'insuffisance d'eau au sein des ménages, les populations font recours à l'eau du fleuve Couffo dont l'analyse bactériologique a révélé une forte présence de germes indicateurs de pollution. Par contre, les points d'inflexion des cas de diarrhée en 2005 et en 2009 sont dus aux périodes d'inondations qu'a connues la Commune de lalo. Pendant ces périodes, les apports en eau diminuent les concentrations de germes dans l'eau de boisson. Ce qui pourrait expliquer la baisse des cas de diarrhée observée en ces années. Toutefois, en partant du postulat que les cas de diarrhées diminueraient si le taux de desserte en eau est élevé,

Mais en considérant séparément, les groupes d'arrondissements situés sur le plateau et dans la dépression, la prévalence varie considérablement. Selon la topographie, les résultats sont présentés sur la figure 32.

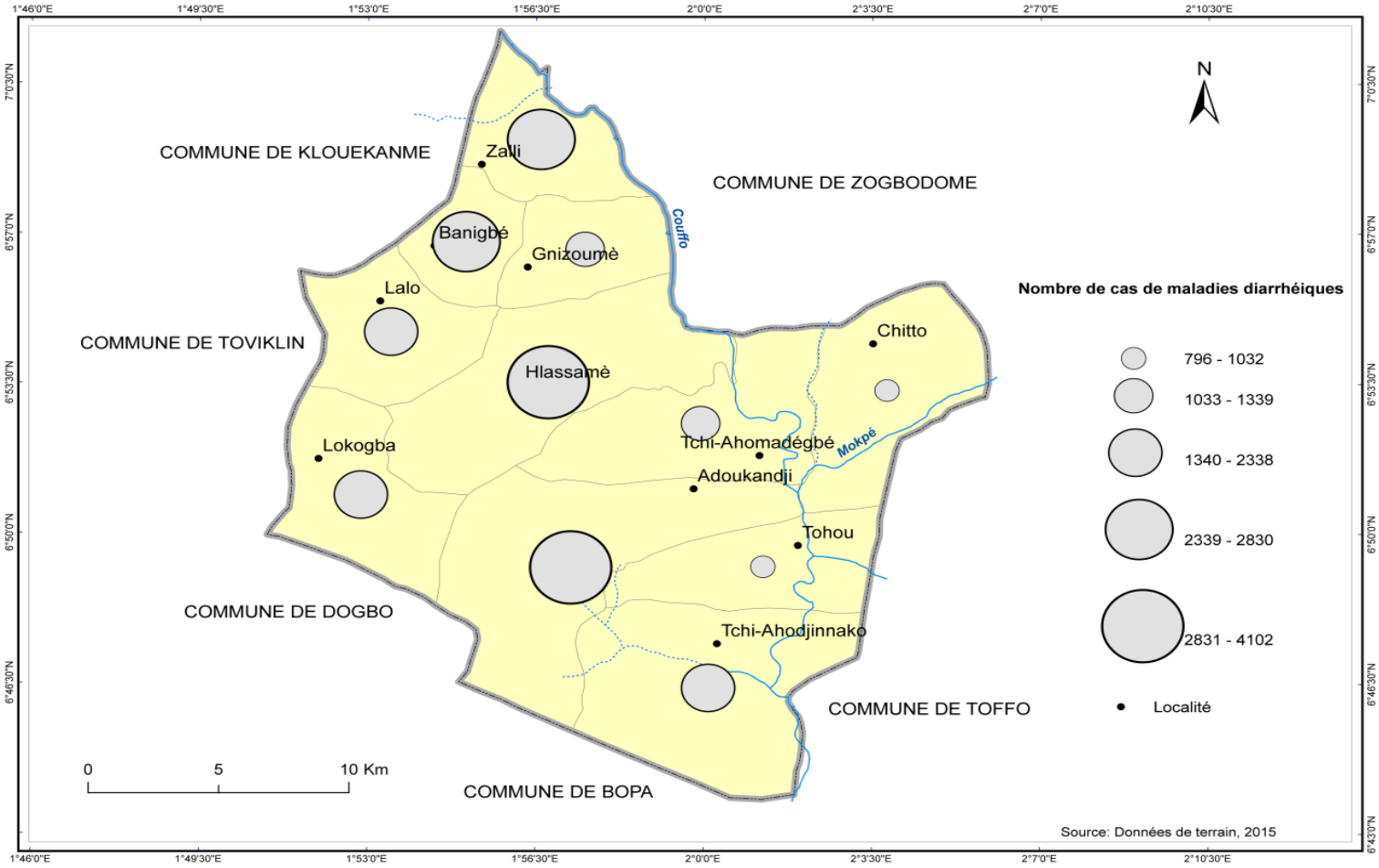


Figure 32 : Evolution des cas de diarrhée par arrondissement de 2004 à 2013

***Source** : SNIGS 2004-2013*

Il ressort de la figure 32 que les populations résidant dans les arrondissements situés sur le plateau sont plus affectées que celles résidant dans les arrondissements de la dépression. Les arrondissements Banigbé, Gnizounmè, Hlassamè, Lalo-centre, Lokogba et Zalli situés sur le plateau totalisent 18 596 cas de maladies diarrhéiques par contre, Adoukandji, Ahodjinnako, Tchi Ahomadégbé, Tchitto et Tohou situés dans la dépression totalisent 8 971 cas de diarrhées sur les dix ans.

En considérant l'aspect effectif de la population, sur le plateau, il est dénombré 64 292 habitants soit 64, 84 % de la population totale de la Commune de Lalo et les arrondissements situés dans la dépression regroupent 34 829 habitants soit 35,16 % de la population totale de la Commune (INSAE, 2013).

Sur le plateau, la prévalence pour 1000 habitants est de 289,24 cas et dans la dépression, elle est de 257,42 cas. Ces résultats confirment effectivement qu'il y a plus de cas de maladies diarrhéiques sur le plateau que dans la dépression.

5.5.3. Profil diarrhéique par zone topographique

Le profil diarrhéique par zone topographique permet de comparer l'évolution des maladies diarrhéiques entre les différents arrondissements dans le but d'y apprécier l'impact de la topographie. Ainsi, la figure 33 a présenté l'évolution des maladies diarrhéiques par zone topographique.

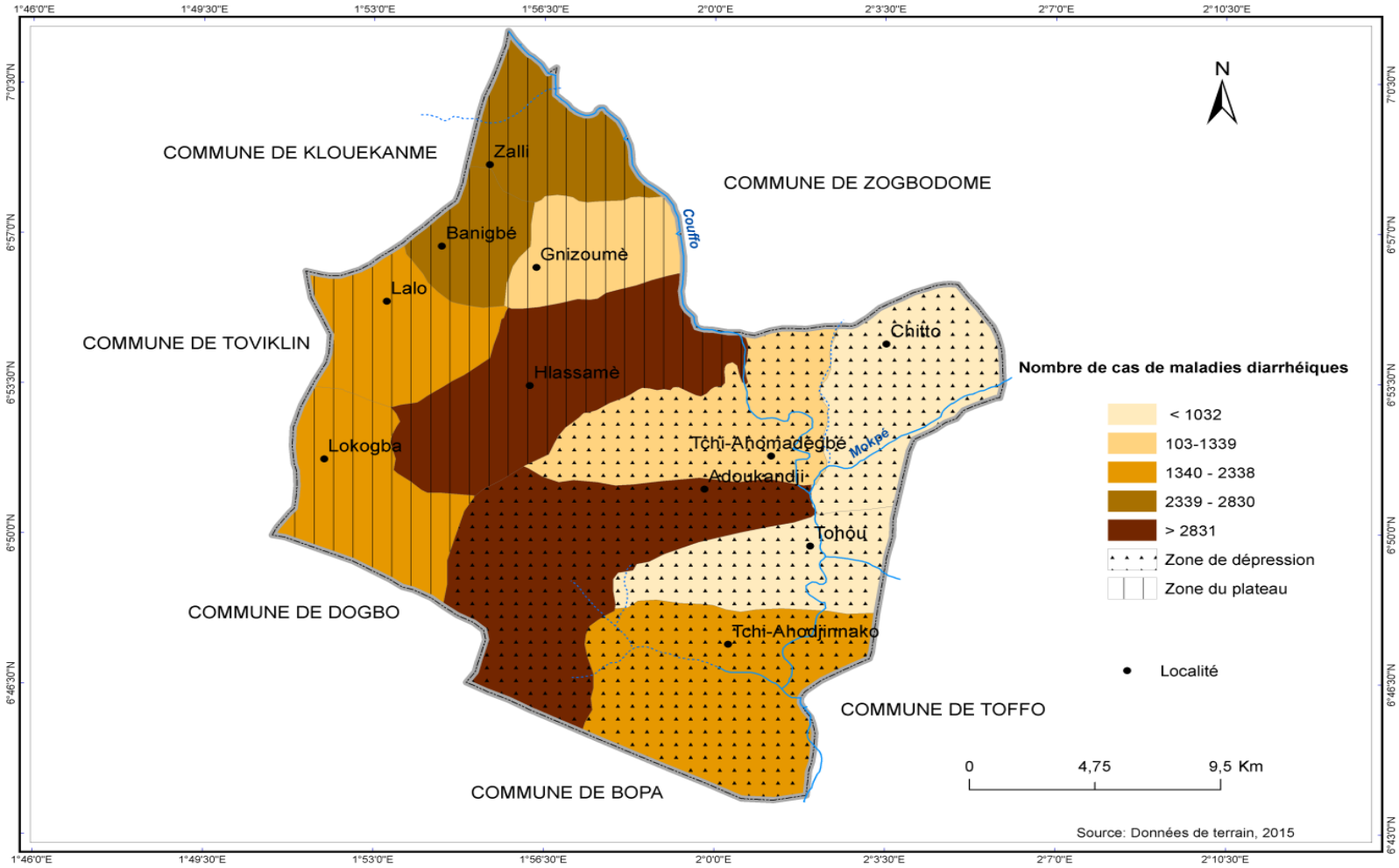


Figure 33: Affections diarrhéiques par zone topographique de 2004 à 2013

***Source** : SNIGS 2004-2013*

La figure 33 révèle que dans la dépression, Adoukandji est le premier arrondissement qui présente le plus de cas que tous les autres. Il vient en tête avec 4096 cas, suivi de Ahodjinnako, Ahomadégbé et Tohou avec respectivement 1799 cas, 1249 cas et 1032 cas. Adoukandji représente à lui seul 45,65 % des affections diarrhéiques de la dépression. Sur le plateau, Hlassamè est l'arrondissement qui présente le plus de cas que tous les autres arrondissements. Il y est dénombré à Hlassamè 4102 cas suivi de Banigbé, Zalli et Lalo avec respectivement 2830 cas, 2574 cas et 2338 cas. Hlassamè représente 26,73 % des cas de diarrhée sur le plateau. Adoukandji et Hlassamè sont deux arrondissements mitoyens. Adoukandji est situé dans la dépression et Hlassamè sur le plateau. Il est enregistré 4096 cas de diarrhée à Adoukandji et 4102 cas à Hlassamè. En considérant le taux de panne des infrastructures hydrauliques, et la taille de la population de ces deux arrondissements, il est remarqué que Adoukandji a le taux de panne le plus élevé de la dépression qui est de 31,94 % pour une population estimée à 11302 habitants et Hlassamè sur le plateau a un taux de panne de 22,41 % pour une population de 17334 habitants. Une telle situation fait que les populations recourent aux sources d'eau non protégées pour la boisson, ce qui augmente les risques de maladies diarrhéiques.

Les bas-fonds correspondent aux surfaces basses et déprimées selon (Belosevic *et al.* (2001) qui constituent des sites à risques et un environnement favorable à l'accumulation des eaux polluées et des détritus. Cette accumulation tient à la fois de la configuration même du site et de la texture des sols en présence. Ces eaux chargées d'immondices rejoignent les cours d'eau à écoulement lent qui stagnent par endroit. À la moindre averse, l'inondation devient inéluctable. Ces Résultats sont contraires à ceux trouvés par Nguendo (2014) qui a trouvé qu'à Yaoundé les dépressions allongées sont des bas-fonds dont les risques de maladie sont élevés s'ils sont jugés à travers le taux de 17,1% de diarrhées contrairement aux plateaux et aux versants.

5.5.4. Saisonnalité des maladies diarrhéiques

Le temps et le climat ont de profondes répercussions sur la santé humaine. Les conditions météorologiques extrêmes font chaque année plusieurs dizaines de milliers de victimes et minent la santé physique et mentale de millions de personnes. La variabilité du climat a de vastes conséquences sur la santé. Elle influence l'évolution des maladies diarrhéiques, du paludisme et d'autres affections qui tuent des millions de personnes chaque année et entraîne la souffrance et la maladie chez des centaines de millions d'autres.

L'évolution du climat à longue échéance risque d'exacerber les problèmes actuels et de mettre à mal les systèmes et l'infrastructure de santé publique, les régimes de protection sociale et l'approvisionnement en eau, en nourriture et autres produits et services des écosystèmes dont dépend la survie de l'être humain (OMS, 2012) La variation des maladies diarrhéiques selon les saisons est représentée sur la figure 34.

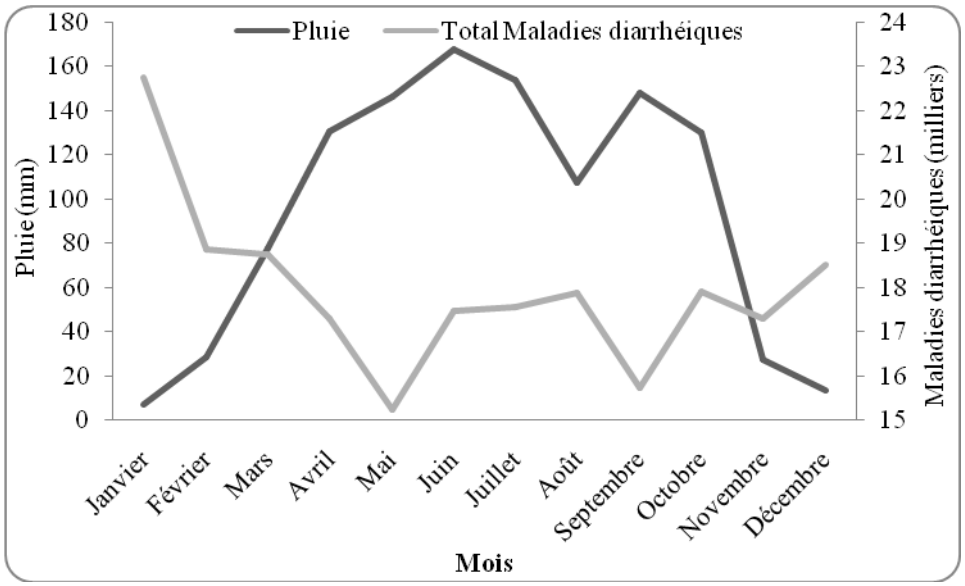


Figure 34 : Rythme intermensuel des affections diarrhéiques dans la Commune de Lalo

***Source** : SNIGS, ASECNA 2004-2013*

Il ressort de la figure 34 qu'il existe deux grandes périodes au cours desquelles il y a recrudescence des cas de diarrhée. Il s'agit de la grande saison sèche et de la grande saison de pluies. Au cours de la grande saison sèche, les puits s'assèchent et deviennent chargées en bactéries car la baisse du niveau d'eau accentue la concentration des agents pathogènes. De plus, l'eau se raréfie et les ménages sont obligés de rationner l'eau afin de passer la saison. Cette situation entraine des longues queues au niveau des forages. Ainsi, les populations se rabattent sur l'eau des marigots, du fleuve dont la boisson n'est guère recommandée. Cette attitude a pour corollaire la montée des cas de maladies diarrhéiques.

Par contre, pendant la saison pluvieuse, l'infiltration des eaux d'inondations augmente également la concentration des agents pathogènes d'origine animale et humaine. Cette situation entraîne aussi la recrudescence des cas de maladies diarrhéiques.

Il est remarqué que pendant les saisons de pluie les affections diarrhéiques ont deux pics descendants avec les plus faibles prévalences observées en mai et en septembre. Mais par contre, pendant les saisons sèches, les affections diarrhéiques ont une progression ascendante avec de fortes prévalences enregistrées de décembre jusqu'en mars où la prévalence la plus

élevée est en janvier. Le mois de Janvier correspond à la grande saison sèche. Pendant les saisons sèches en l'occurrence la grande saison sèche, il est observé la baisse de niveau des eaux dans les puits, dans les citernes et dans les cours d'eau qui conduit à une concentration des bactéries dans les eaux. Cette concentration de bactérie est probablement la cause de la forte prévalence diarrhéique observée pendant ces mois de la grande saison sèche.

Aussi faut-il noter que durant la récession pluviométrique, se développent les pratiques malsaines où les populations utilisent l'eau des marigots, des cours d'eau où sont déversés les déchets pendant la saison des pluies (Codjo, 2011). Ces résultats confirment ceux de Riou (1990 ; 2008) en milieu tropical, de Hèdiblé (2007) dans l'Atlantique, de Azonhè (2009) dans la dépression des Tchi, de Babadjidé (2010) à Kétou et de Sèbo (2014) dans le bassin de l'Ouémé.

La pluie est un paramètre qui favorise la multiplication des sites de reproduction des moustiques et autres vecteurs de maladies infectieuses. Selon l'Atlas de la santé et du climat (2012), les maladies infectieuses font beaucoup de victimes dans le monde. Certaines formes particulièrement virulentes sont très sensibles aux conditions climatiques. Toutefois, l'influence de l'environnement peut être appréhendée à travers les composantes que sont le climat, l'eau et l'environnement immédiat. Le climat, notamment dans les régions tropicales, intervient considérablement dans la chaîne causale de la morbidité; en offrant des conditions propices à la survie ou à la multiplication des agents pathogènes. La prolifération d'un agent pathogène est fonction du milieu. La plupart des maladies infectieuses et parasitaires ont un profil saisonnier. Lorsque les températures sont élevées, les bactéries se multiplient très rapidement notamment dans les aliments non protégés et dans les eaux stagnantes. De fortes intempéries facilitent ensuite leur dispersion et leur diffusion rapide. Ainsi dans les pays tropicaux, la morbidité par diarrhée est maximale durant la saison chaude et humide. Les cycles saisonniers des maladies infectieuses ont été attribués à différentes causes telles les modifications des conditions atmosphériques, la prévalence ou la virulence du pathogène, ou le mode de réaction de l'organisme de l'hôte.

Au Bénin donc, le secteur de l'eau est le plus vulnérable. Les paramètres climatiques se font ressentir sur le cycle de l'eau, limitant sa disponibilité, son accessibilité et son approvisionnement. D'où, la prévalence élevée des affections hydriques observées ces dernières années dans le secteur d'étude.

5.6. Croisement du taux de desserte et de la prévalence diarrhéique

Afin d'apprécier l'impact du taux de desserte sur l'évolution de la diarrhée dans la Commune de Lalo, la figure 35 a été réalisée sur ces deux variables de 2004 à 2013.

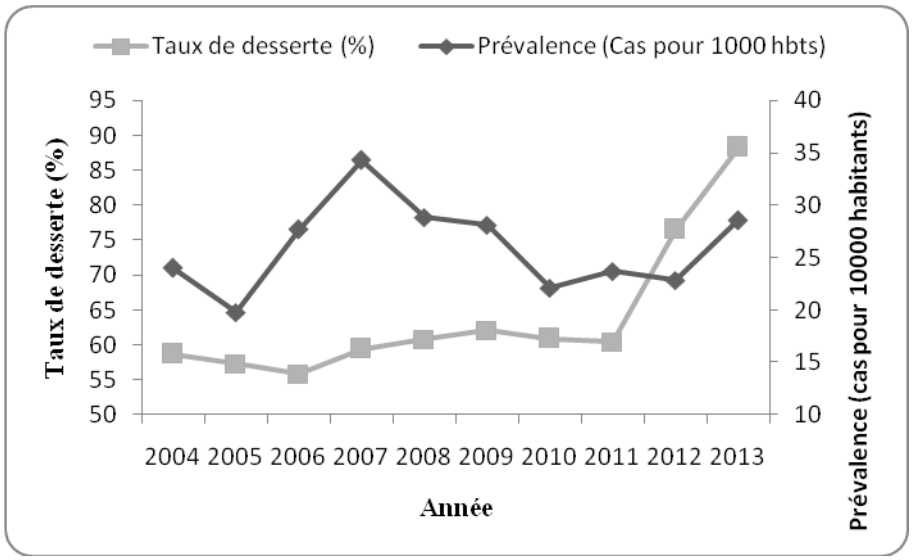


Figure 35: Taux de prévalence des maladies diarrhéiques et taux de desserte dans la Commune de Lalo

***Source** : SNIGS (2004-2013 et ASECNA, 2013)*

La figure 35 montre le taux de desserte en rapport avec les cas de maladies diarrhéiques. De 2004 à 2011 le taux de desserte a varié de 58,7 % à plus de 60 % où il a eu une inflexion en 2006 (55,8 %). Mais de 2011 à 2013 il est passé de 60 % à 88,3 %. Par contre, les nombres de cas de maladies diarrhéiques ont plutôt évolué en dents de scie, ainsi, de 2005 à 2007 elle est passée de 19,77 cas pour 1000 habitants à 34,2 cas pour 1000 habitants. Cette période correspond aux années où le taux de panne est assez important plus de 32 %. De 2007 à 2012 elle a baissé de 34,2 cas à 22,84 cas pour 1000 habitants. Il faut toutefois noter que la Commune de Lalo connaît le phénomène cyclique des inondations annuelles qui a pour corollaire une infiltration des eaux d'inondation dans les eaux des infrastructures hydrauliques et le ruissellement des ordures et déjections animales. Dans ce contexte, la réduction des cas de diarrhées ne dépend plus seulement du taux de desserte mais plutôt d'autres paramètres qu'il est utile de considérer.

L'impact de l'amélioration de l'approvisionnement en eau et de celui de l'assainissement sur la mortalité et la morbidité de différentes affections est très important. Selon Howard (2003), en ce qui concerne la diarrhée, la diminution de la morbidité (incidence et prévalence) est de 25 % si l'accès à l'eau est amélioré de 22 % et l'évacuation des excréments de 16 %. Mais,

ces effets ne sont pas cumulatifs puisque l'amélioration n'est que de 37 % si l'accessibilité et la qualité de l'eau sont améliorées (au lieu théoriquement de 41 %). Ainsi, il est plus qu'évident que les seules variables d'accès à l'eau potable n'expliquent pas la morbidité diarrhéique observée dans la Commune de Lalo. Nombreuses sont les publications scientifiques qui tentent d'approfondir les relations entre la pathologie et la météorologie (Besancenot, 1992, Besancenot, 1989). Certaines soulignent les rapports étroits entre le niveau de la morbidité et les changements climatiques (Laaidi *et al*., 2004); d'autres lient l'augmentation ou la diminution de la virulence de certains pathogènes, leur développement aux conditions météorologiques (Nguendo, 2014). Il serait intéressant de comprendre les causes des variations saisonnières des agents pathogènes, de façon à mieux cibler les périodes de l'année nécessitant des actions préventives. Toutes ces maladies posent de graves problèmes de santé publique.

5.7. Causes et symptômes des maladies diarrhéiques

L'interruption de la chaîne d'évolution des maladies diarrhéiques passent par la maîtrise des différentes causes d'une part mais aussi par la connaissance de leurs symptômes. Ces habitudes permettent d'anticiper sur la survenue des différents épisodes diarrhéiques. Les causes et les symptômes telles que perçues par les populations de la Commune de Lalo sont présentées sur les figures 36 et 37.

5.7.1. Perception des causes des maladies diarrhéiques

Une diarrhée se déclare quand les selles se déplacent si rapidement que les intestins n'ont pas le temps d'absorber l'eau nécessaire à « l'affermissement » des selles. Plusieurs types de bactéries, ingérées avec la nourriture ou de l'eau contaminée, peuvent entraîner des épisodes diarrhéiques. Les bactéries les plus fréquentes en cause sont *Campylobacter, Salmonella, Shigella* et *Escherichia coli*. Les causes telles perçues par les ménages lors des enquêtes de terrain sont données sur la figure 36.

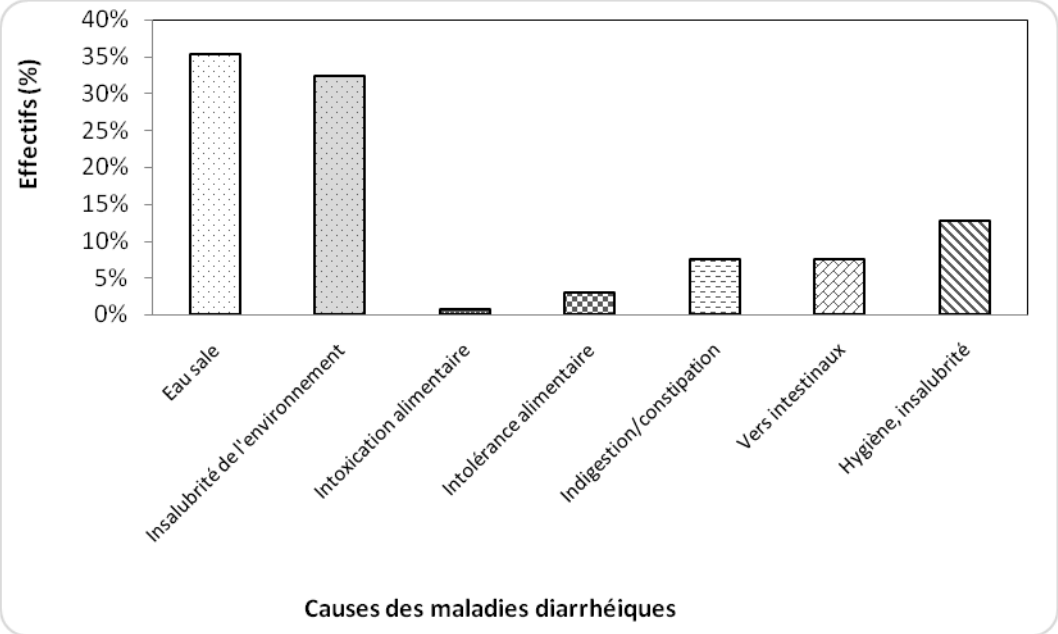


Figure 36 : Perception des causes des maladies diarrhéiques selon les populations

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

De l'analyse de la figure 36, il ressort que 35,30 % des enquêtés allient la survenue des maladies diarrhéiques à la consommation d'eau sale. L'insalubrité de l'environnement et le manque d'hygiène de l'habitation (32,30 %) représente la deuxième cause évoquée suivie de l'intolérance alimentaire. Or des études réalisées par Huber-Gieske *et al.*, 2013 sur les diarrhées aigües, ont montré que les étiologies sont essentiellement infectieuses. Ainsi, l'intoxication alimentaire, les agents viraux, bactériens et/ ou parasitaires sont les principales causes de risque d'épisodes diarrhéiques. Plusieurs types de bactéries, ingérées avec la nourriture ou de l'eau contaminée, peuvent entraîner des épisodes diarrhéiques. Selon Aubry (2013), plusieurs facteurs concourent à la fréquence et à la gravité des diarrhées en milieu tropical. Ainsi, il a cité les difficultés d'accessibilité à l'eau potable, la prévalence élevée des agents pathogènes dans l'environnement, la co-infection avec la rougeole, l'infection au VIH/Sida, l'intrication avec la malnutrition protéino-énergétique et les avitaminoses, l'association avec la drépanocytose et les schistosomiases. Une fois que les épisodes diarrhéiques surviennent, les populations arrivent à les reconnaître à travers plusieurs signes.

5.7.2. Perception des symptômes des maladies diarrhéiques

Syndromes cliniques d'expression digestive, mais aussi générale, d'origine bactérienne, parasitaire ou virale, liées au péril fécal, les diarrhées infectieuses sont un problème majeur de santé publique dans les pays en voie de développement. Selon les ménages parcourus, les

maladies diarrhéiques se diagnostiquent généralement suivant les signes présentés sur la figure 37.

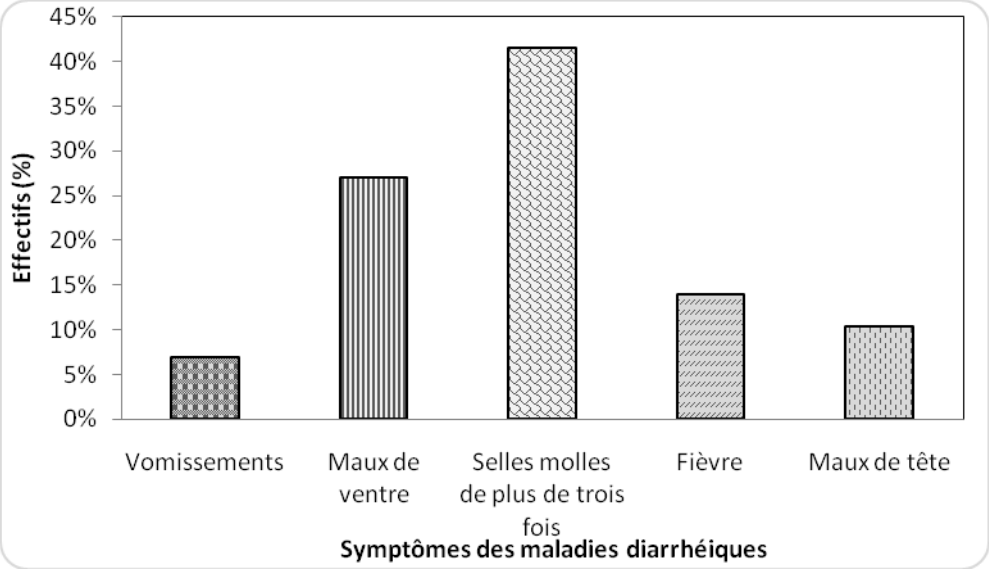


Figure 37 : Perception des symptômes des maladies diarrhéiques selon les populations

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

En pratique clinique et selon l'OMS, on parle de diarrhée lorsqu'il y a au moins trois selles très molles à liquides par jour. Ainsi, il ressort des résultats obtenus lors des enquêtes de terrain que les selles molles de plus de trois fois par jour (41,56 %) sont identifiées comme étant le tout premier signe clinique des maladies diarrhéiques. Outre, les selles fréquemment émises, suivent après les maux de ventre (27,09 %), de la fièvre (14 %). Mais par contre, selon Cairncross *et al.* (2003a), la plupart des diarrhées endémiques ne sont pas liées à la transmission par l'eau d'agents pathogènes mais elles sont transmises de personne à personne par manque d'hygiène. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par SÈBO (2014) dans le bassin Mono où les selles molles ont été le symptôme identifié par un peu plus de 68 % des enquêtés.

La gravité de la diarrhée se mesure par rapport à l'état et à la fréquence des selles émises par le patient. Il existe l'échelle de Bristol qui permet de classifier et de décrire chaque type de selles. Cette échelle est présentée sur la figure 38.



Figure 38 : Echelle de Bristol sur les types de selles

***Source** : Lewis et Heaton, 1997*

La forme des selles dépend du temps qu'elles ont passé dans le côlon. Ainsi, il existe sept types de selles qui renseignent sur l'état de santé d'un individu. En effet, les types 1 et 2 indiquent une constipation. Les types 3 et 4 sont les selles idéales (en particulier le type 4, car ce sont les plus agréables à évacuer). Les types 5 à 7 tendent de plus en plus vers la diarrhée, (risque de déshydratation infantile). Afin donc de limiter la fréquence élevée des diarrhées certaines mesures préventives doivent être prise. Quelques unes de ces mesures sont présentées sur la figure 38.

5.7.3. Mesures de prévention des maladies diarrhéiques

Pour le commun des mortels, les moyens de préventions de toutes maladies et en particulier les affections diarrhéiques résident dans l'observation des règles et mesures simples d'hygiène et d'assainissement du cadre de vie. Ainsi, les mesures prises par les ménages pour prévenir les diarrhées sont présentées sur la figure 39.

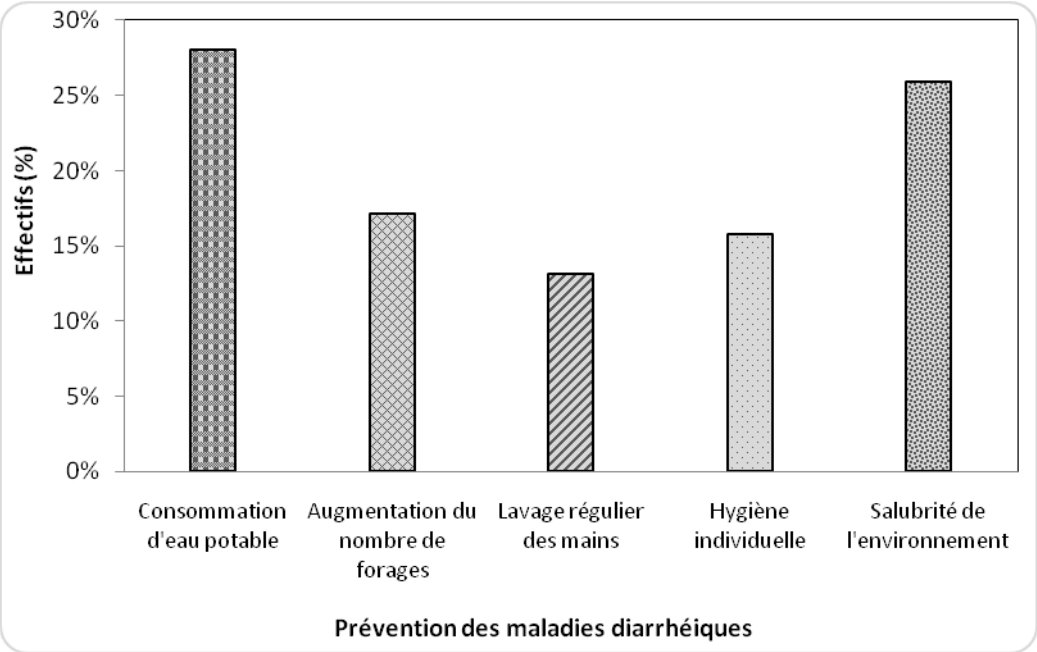


Figure 39: Mesure de prévention des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain, mai 2014*

Sur la figure 39, il paraît une évidence pour 25,88 % que le meilleur moyen de prévenir les maladies diarrhéiques est l'assainissement de leur environnement immédiat. Mais, 28,07 % pensent plutôt qu'il faut boire de l'eau propre pour éviter la survenue des épisodes diarrhéiques. Par contre, 17,10 % des populations pensent qu'il faut accroitre la construction du nombre de forages et pour une minorité de 13,5 % se laver les mains suffit pour éviter les maladies diarrhéiques. Ces mesures sont identiques à ceux préconisés par l'OMS (2009), qui montre que la prévention des maladies diarrhéiques dépend de l'approvisionnement et de la consommation d'une eau propre et sûre, du bon état du réseau d'assainissement et de l'éducation à la santé, et avec des systèmes sûrs d'évacuation des matières fécales et d'approvisionnement en eau salubre, le lavage des mains est l'un des moyens les plus efficaces, de prévenir les maladies diarrhéiques.

Pour améliorer la santé publique, l'accès à l'eau doit s'accompagner de travaux d'assainissement et de sensibilisation des populations à l'hygiène. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par Pruss (2006) qui estime que 94 % des cas de diarrhée sont évitables moyennant une modification de l'environnement, et notamment des interventions visant à accroître l'approvisionnement en eau salubre, et à améliorer l'hygiène et l'assainissement. En outre, une étude systématique réalisée en 2005 a conclu que les épisodes diarrhéiques sont réduits de 25 % lorsque l'approvisionnement en eau est amélioré, de 32 %

lorsque l'assainissement est amélioré, de 45 % lorsque les gens se lavent les mains, de 39 % par le traitement et la bonne conservation de l'eau à domicile (Fewtrell *et al*., 2005).

5.8. Circuit thérapeutique des maladies diarrhéiques

Les populations une fois confrontées aux épisodes diarrhéiques trouvent les modes de traitement qui leur convient selon les moyens dont ils disposent. Les différents modes de traitement des maladies diarrhéiques sont présentés sur la figure 40.

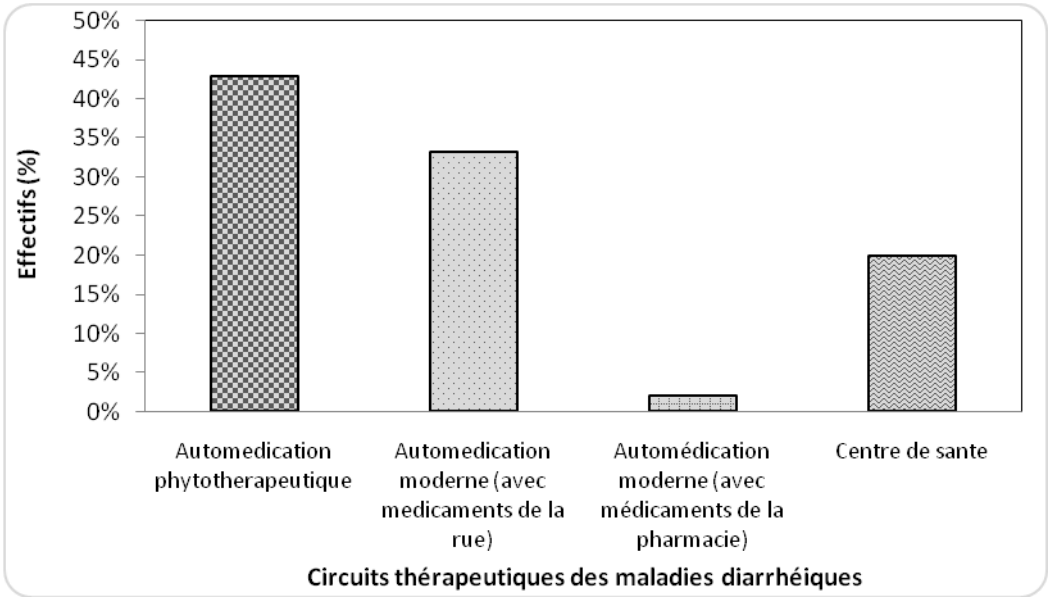


Figure 40 : Circuit thérapeutique des affections diarrhéiques dans la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

La figure 40 révèle les différents modes de traitements adoptés par les ménages pour soigner les cas de diarrhées quand les épisodes diarrhéiques subviennent. Près de 43 % des ménages font recours aux phytothérapeutes, 33,30 % se soignent avec les médicaments de la rue et 20 % seulement vont vers un centre hospitalier pour une prise en charge adéquate. Ce faible taux de fréquentation des formations sanitaires est lié au niveau d'instruction bas (38, 20 %) dans la Commune. La relation entre le niveau d'instruction de la mère et la diarrhée est linéaire. Selon Caldwell, cité par Atokare (2008) le niveau d'instruction joue un rôle de catalyseur assurant un emploi optimal des services de santé. Alors, pour lui, les parents instruits font usage des services de santé plus que les illettrés et protègent ainsi mieux leurs enfants. Mais, quand un cas de diarrhée survient au sein de la famille, les ressources sont mobilisées pour parer au plus pressé.

5.9. Mobilisation des ressources pour le traitement des maladies diarrhéiques

Dans la Commune de Lalo les revenus de la population proviennent principalement des activités agro-pastorales et des petits commerces. La question du financement de la santé se pose à tous les ménages quand un cas de maladies survient. La figure 41 présente les principales sources de financement des dépenses de santé dans la Commune de Lalo.

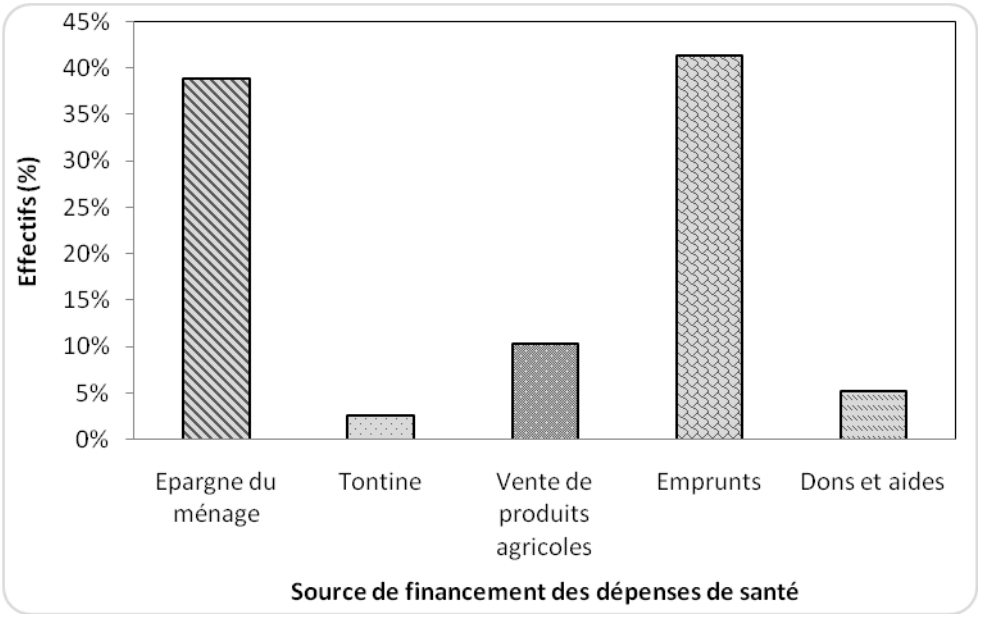


Figure 41 : Sources de financement des dépenses de santé

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

L'analyse de la figure 41 permet d'identifier les emprunts comme la principale source de financement des dépenses de santé dans la Commune de Lalo notamment pour les soins de diarrhées. Les emprunts interviennent dans 41,40 % après que l'épargne de la famille (38,80 %) disponible soit épuisée. La vente des produits agricoles est faite dans 10,30 % des cas de prise en charge des maladies diarrhéiques. La vente des produits agricoles s'opère par un système de troc suivant le cours du produit à vendre sur le marché local, parfois même quelquefois légèrement en dessous de ce cours. Mais, la vente devient difficile quand le produit à vendre n'est pas encore disponible. Mais à défaut de la disponibilité des produits à vendre, les populations ont recours aux dons (5,20 %) et à l'épargne sous forme de tontine (2,60 %) auprès des particuliers et des ONG de micro finance. Ne pas avoir à recourir assez souvent à ces différentes sources de financement pour la santé, suppose une bonne prévention des maladies diarrhéiques.

Au terme de ce chapitre, il est à retenir que l'accès limité à l'eau ou l'accès à une eau de qualité douteuse signifie faire face à une forte incidence de maladies liées à l'eau. La qualité

et la disponibilité partielle de l'eau ont un impact sur les maladies diarrhéiques par le biais de la consommation, la préparation des aliments, l'hygiène personnelle et l'hygiène dans les ménages de la Commune de Lalo. Il convient donc de savoir les facteurs qui polluent l'eau. Ces divers facteurs ont été analysés dans le chapitre VI.

CHAPITRE VI : FACTEURS DE POLLUTION DE L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO

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

6.1. Facteurs environnementaux de la pollution de l'eau de boisson

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

6.1.1. Gestion de l'environnement et risques sanitaires

Il est admis dans de nombreuses études que la diarrhée se développe plus dans des espaces où les conditions d'hygiène sont mauvaises ou désastreuses (Feachem *et al.*(1987), WHO, 1993 ; Curtis *et al.*(2003) ; Tanner *et al.*(2001) ; Gagneux *et al.*(1999)). Ces dernières peuvent en effet être appréhendées à partir des méthodes d'élimination des déchets que les populations produisent au quotidien. Les modes d'évacuation apparaissent comme des facteurs de risque discriminants pour la contamination des enfants de moins de 5 ans par les diarrhées (Mirza *et al.*, 1997). L'assainissement du milieu de vie est fonction de la gestion des excrétas (selles et urines).

En plus de la gestion des ordures, l'évacuation pose un problème majeur de santé. En effet, les ordures constituent un gîte pour les microbes et les vecteurs ou agents pathogènes comme les mouches, les cafards. Le paludisme et les infections intestinales parasitaires sont les affections les plus courantes rencontrées dans les ménages dont les abords des habitations sont malsains.

6.1.2. Modes de Gestion des ordures

La production de déchets s'inscrit dans un processus irréversible proportionnel au rythme de croissance de la population et de ses activités alors que les capacités en matière de gestion des pouvoirs publics s'amenuisent de manière drastique.

Cette urbanisation non planifiée, et les modes de consommation en évolution, suscitent des besoins en assainissement à la fois liquide et solide. Mais les infrastructures de collecte des ordures ménagères étant insuffisantes, les conditions de vie et l'environnement se détériorent rapidement (IWWA, 2012). C'est pourquoi, ce n'est pas la quantité de déchets qui pose problème, mais plutôt l'incapacité durable des acteurs institutionnels à s'en débarrasser (Onibokun *et al.*, 2002). Dans les milieux ruraux, la collecte des ordures n'est pas encore très bien encrée dans les habitudes des populations. Ce constat est fait dans nombre de campagnes du Bénin. Les constituants de ces ordures sont montrés sur la photo 13.



Photo 13 : Constituants des ordures ménagères à Gnanmamè dans l'arrondissement de Lokogba

***Prise de vue** : MIALO, mai 2014*

Ces déchets sont constitués pour la plupart des boîtes de conserve, des restes d'aliments en décomposition, des tissus, des casquettes, des sachets, des bouts de bois, des épluchures d'épis de maïs.

Dans une étude réalisée dans quatre pays ouest africains, il a été noté que les déchets solides sont composés à la fois de matières recyclables comme les matières organiques, plastique, le papier, le carton, les métaux, le verre, les textiles etc. mais aussi de matériaux toxiques tels que des batteries de voiture, des piles et accumulateurs issus des équipements électriques et électroniques (EEE), des produits pharmaceutiques et des pesticides (IWWA, 2012). Les déchets solides contiennent de plus en plus de produits de synthèse comme les métaux qui ont la propreté de s'accumuler et qui ne se dégradent pas facilement (produits cosmétiques, matières plastiques et ses dérivés), les textiles usagés, les cannettes de boissons, les chaussures usagées), les fruits en putréfaction sont déposés sur ces décharges sauvages. Ainsi, les modes d'élimination de ces déchets sont représentés sur le tableau XXVII.

Tableau XXVII : Mode d'élimination des ordures ménagères dans la Commune de Lalo

Mode de gestion des ordures ménagères	**Fréquence (%)**
Poubelle	8,71
Incinération	4,60
Dépotoirs	22,60
Nature	53,55
Enfouissement	6,70
Champs	3,84

***Source** : Tavaux de terrain, mars 2014*

A la lecture du tableau XXVII, le mode de gestion le plus facile qui consiste à jeter les ordures issues des différentes activités domestiques dans la nature est le mode d'élimination le plus adopté (56,10 %) par les populations dans la Commune de Lalo.

L'accumulation des déchets en un seul lieu donne naissance aux tas d'ordures voire des dépotoirs selon le volume de déchets. Ces dépotoirs difficiles à gérer par les autorités communales représentent le 2ème mode de gestion des ordures (23,70 %). Ces ordures sont également éliminées dans les champs pour servir de fertilisants (3,84 %).

Certes, il n'y a pas de service de tri dans la Commune de Lalo, mais les populations sont bien informées sur les risques liés aux déchets plastiques. Donc c'est seulement les ordures biodégradables qui sont utilisées par les populations pour servir d'engrais aux champs. Outre, les ordures déposées en vrac, il existe également l'incinération des ordures qui est pratiquée (4,80 %). Les différents modes d'élimination de ces ordures sont montrés sur la planche 7.



Planche 7 : Incinération et élimination d'ordures dans l'eau à Adoukandji-centre et Ahomadégbé

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

Il est remarqué qu'en saison des pluies, les trous d'incinération se remplissent, débordent et coulent vers les eaux de surface qui sont bu dans la Commune. Par contre, les ordures sont drainées toujours vers les eaux de surface. Ces divers modes constituent des facteurs de pollution certains des points d'eau. Au Bénin, le Code de l'hygiène publique prévoit en son article 9 les conditions dans lesquelles, l'incinération des ordures ménagères peut être faite.

Ainsi, en zone rurale il peut être procédé à l'enfouissement ou à l'incinération des ordures dans un endroit aménagé à cet effet situé à plus de 200 m des dernières habitations et à plus de 50 m d'un point d'eau. Il peut être aussi procédé au creusement d'une fosse éloignée de 200 m au moins des dernières habitations. Cette fosse aura 3 à 4 m de profondeur et sera placée en contre-haut d'un talus et drainée à sa partie inférieure de façon à éviter qu'elle ne soit remplie par les eaux de pluie. Aucune de ces dispositions n'est réellement respectée dans les communautés rurales.

Ainsi, les microbes transportés par le vent et autres agents polluent l'eau des sources non protégées ou l'eau transportée dans des récipients sans couvercle. Alors, les populations se trouvent exposées aux maladies hydriques et diarrhéiques générées par l'utilisation de ces eaux polluées.

Il est important de noter qu'il existe un lien significatif entre le mode d'évacuation des ordures ménagères et la qualité de l'eau de boisson qui conditionne la santé ($p = 0,000$ pour l'élimination des ordures dans la nature et $p = 0,003$ pour les dépotoirs sauvages).

Dans les comportements des populations, les ordures sont jetées dans leur environnement immédiat. Le plus souvent, ces ordures sont déposées non loin des concessions. Le véritable problème qui se pose quant à l'élimination des ordures dans les milieux ruraux est l'incapacité

des autorités à faire face à l'accroissement rapide de leurs administrés, mais également la quasi inexistence des ONG de pré-collecte des ordures ménagères. Une grande part de cette insalubrité est impartie aussi à la population qui pense que la nature a un rôle d'auto épurateur, donc tous les déchets peuvent être éliminés dans la nature sans aucun risque.

6.1.3. Elimination des eaux usées

Un facteur très important dans l'appréciation de la salubrité du cadre de vie est la gestion des eaux usées. Les eaux usées observées lors des phases de terrain sont les eaux de lessive, de vaisselle et de douche. Dans la Commune de Lalo, l'inexistence des ouvrages d'assainissement est un véritable casse-tête quant à l'évacuation des eaux usées. Cette situation amène les populations à déverser les eaux usées dans la nature, seul réceptacle de tous les rejets des populations.

La plupart du temps, les ménages parcourus déversent les eaux usées provenenant des diverses activités domestiques dans la cour de la concession, dans les rues ou encore derrières les concessions. La planche 8 illustre l'aspect de l'environnement avili par les eaux usées.



Planche 8 : Trou d'eau situé en plein sentier à Djimahoun (Gnizounmè) et eau de douche évacuée à l'extérieur de la concession à Kaïhoué (Lokogba)

***Prise de vue**: MIALO, mars 2014*

Ces eaux ainsi éliminées stagnent le long des concessions ou coulent dans les rues. Elles représentent tout d'abord une pollution esthétique du fait qu'elles ont une coloration souvent verdâtre, grisâtre ou noirâtre. Ensuite, elles dégagent régulièrement des odeurs nauséabondes et représentent de ce fait des sites favorables à la prolifération des moustiques, mouches et autres vecteurs de maladies infectieuses.

Dans la Commune de Lalo, les eaux usées sont évacuées dans les puisards, dans les caniveaux, (seulement 5 % des personnes enquêtées disposent d'infrastructure d'évacuation des eaux usées) ou voire directement dans la rue. De plus les populations vident les contenus

des puisards directement dans les rues. L'infiltration de toutes ces eaux à travers le sol jusqu'à la nappe d'eau souterraine peu profonde, surtout dans les arrondissements situés sur le plateau ne peut que contribuer à la pollution des puits avoisinants. Il y a aussi l'effet du ruissellement ou du charriage des eaux usées vers les eaux de surface qui augmente la charge des vecteurs responsables des maladies infectieuses et diarrhéiques.

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

L'insalubrité est appréciée par le mode de gestion des excrétas. Dans les communautés rurales, la gestion des excrétas est un problème épineux auquel demeurent confrontées les populations. Dans la Commune de Lalo, divers modes de gestion des excrétas sont adoptés. Les différents modes d'élimination des excrétas sont indiqués dans le tableau XXVIII.

Tableau XXVIII : Lieux de défécation des populations dans la Commune de Lalo

Lieux d'aisance	**Fréquence (%)**
Nature	68,90
Fosses septiques	19, 30
Nature et fosses septiques	11, 8

***Source** : Travaux de terrain, mai 2014*

Dans la Commune de Lalo, 19,30 % des personnes enquêtées disposent de latrines privées ou communautaires réalisées souvent dans les écoles, et 69,70 % n'en possèdent pas. Mais dans la proportion de ceux qui n'en possèdent pas, 68,9 % font leurs besoins dans la nature qui représente une fois encore le réceptacle destiné à recevoir tout ce dont les habitants se débarrassent. L'utilisation alternée des fosses septiques et la nature se fait par 11, 80 % de la population. Les enquêtés qui disposent de fosses septiques à domicile, dès lors qu'ils sortent pour aller vaquer à leurs occupations surtout dans les champs se voient confrontés à se mettre à l'aise dans la nature. Les fosses septiques privées existent mais, elles ne sont pas très bien entretenues et deviennent le siège des ordures (planche 9).



Planche 9: Fosse septique à Lalo centre et intérieur d'une fosse septique à Aboli (Tchitto)

***Prise de vue** : MIALO, mai 2014*

Les photos de la planche 9 montrent une latrine communautaire au sein d'une école et l'intérieur des fosses septiques dans une concession. L'environnement de ces infrastructures représente des sites favorables pour le développement des germes pathogènes. Le manque d'infrastructure d'assainissement contraint fortement les populations à utiliser la nature pour se mettre à l'aise.

6.1.5. Cohabitation des animaux dans la concession

L'élevage d'animaux domestiques est une activité menée par les populations de la Commune de Lalo. Lors des enquêtes de terrain, 56,60 % des ménages parcourus élèvent des animaux domestiques contre 43,40 % qui n'en élèvent pas. L'élevage domestique est composé des volailles, des moutons et cabris et des porcs. Dans les arrondissements parcourus, 93,9 % des animaux élevés dorment dans la cour de la concession ou dans la nature et seulement 6,10 % ont un enclos prévu à cet effet. Ces animaux déambulent dans la cuisine qui est souvent un appâtâmes de fortune construit dans la plupart du temps sur la cour de la concession. La photo 14 montre les cabris qui errent dans une cuisine.



Jarre contenant de l'eau de boisson non couverte

Photo 14 : Cabris errant dans une cuisine àAhouaga (Adoukandji)

***Prise de vue** : MIALO, mai 2014*

D'après toutes ces illustrations, les animaux domestiques élevés dans tous les arrondissements de la Commune de Lalo n'ont pas d'enclos prévus pour eux. Ils errent dans la nature, même dans les cuisines où parfois les récipients de conservation de l'eau ne sont pas couverts. Ce qui est le cas sur cette photo. Or, les normes internationales prévoient une distance de 10 à 15 m entre les abreuvoirs des animaux et les points d'eau ainsi que des retenues d'eau (MS, 1987). Il faut noter que ces animaux pendant leur promenade en brousse et dans la nature ramassent sur leurs sabots les excréments humains contaminés qu'ils propagent ensuite dans les cuisines et partout où ils passent.

6.1.6. Hygiène autour des points d'eau

Les facteurs environnementaux concernent également l'hygiène autour des points d'eau à domicile, comme partout ailleurs où il existe un PE desservant la population pour ses besoins en eau. La planche 10 montre l'aspect des alentours de certains points d'eau dans la Commune de Lalo.



Planche 10 : Alentours humidifiés d'une pompe à domicile à Lalo-centre et environnement verdâtre d'un FPM et d'un PEA à Adoukandji (Ahouada et Sèwahoué)

***Prise de vue** : MIALO, mai 2014*

La planche 10 montre les conditions hygiéniques autour d'une pompe de la SONEB, d'une FPM et d'un PEA. Sur la photo (a), la bassine de recueil de l'eau sur un sol rouge et humidifié. Sur la photo (b) l'aire d'implantation du forage est verdâtre à cause de l'eau qui coule à plein temps et sur la photo (c), le PEA demeure dans un environnement humidifié et boueux. Cet environnement verdâtre, humidifié des alentours des points d'eau peut contribuer à la pollution des ouvrages d'eau. Cette hypothèse a été également avancée dans l'étude menée par Assouma (2004) sur la contribution à l'évaluation des risques liés aux usages domestiques de l'eau dans la Commune de Kandi. Il conclut que les eaux souterraines de la Commune de Kandi, sont généralement exemptes de germes pathogènes. Mais que, le manque d'hygiène autour des puits d'eau et la mauvaise gestion des ordures ménagères pourraient être les sources probables de contamination voire de pollution bactériologique de ces eaux qui, malheureusement, sont consommées par les populations.

6.2. Caractéristiques sociodémographiques et contexte culturel de l'accès à l'eau de boisson

La bonne santé des populations constitue un axe stratégique majeur de la politique nationale de développement. Les performances du secteur de la santé restent encore tributaires de la

croissance démographique, des conditions de vie et d'hygiène et des ressources financières mobilisées. Les caractéristiques démographiques étudiées dans ce volet concernent le sexe du chef de ménage et le niveau d'instruction. Tous ces paramètres sont associés à l'utilisation des centres de santé, à la bonne observance des prescriptions thérapeutiques, aux pratiques de prévention de maladies.

6.2.1. Caractéristiques sociodémographiques

- **Sexe du chef de ménage**

En Afrique, le système familial fonctionne sur le modèle du noyau central sur lequel se greffent les autres membres de la famille. En général, le chef du ménage est un homme. Dans la Commune de Lalo, 85,5 % des ménages sont dirigés par un homme contre 14,5 % des ménages dirigés par une femme. Les ménages dirigés exclusivement par les femmes sont les ménages dans lesquels les époux sont déjà décédés. Mais, les autres ménages dirigés par les femmes ne le sont que momentanément parce que ces époux sont souvent en migrations saisonnières vers le Nigéria. Ils y vont pour des activités agricoles ou commerciales souvent dans la période de mars à octobre. Mais en fin d'année, ces hommes reviennent dans la Commune le temps de passer les moments de fêtes en famille.

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

- **Situation matrimoniale**

D'un point de vue démographique, la nuptialité constitue, avec la fécondité, deux composantes essentielles de la dynamique des populations. Le mariage ou, plus généralement, l'union constitue le cadre privilégié de l'activité sexuelle et de la procréation. Bien que l'âge à la première union ne constitue pas toujours une indication du début d'exposition au risque de grossesse, l'âge aux premiers rapports sexuels ne coïncidant pas forcément avec l'âge à la première union, il n'en demeure pas moins un indicateur démographique important et tous les changements qui affectent les comportements matrimoniaux peuvent avoir une répercussion sur l'évolution du niveau de la fécondité (EDS, 2013). La situation matrimoniale du chef des ménages parcourus est représentée sur la figure 42.

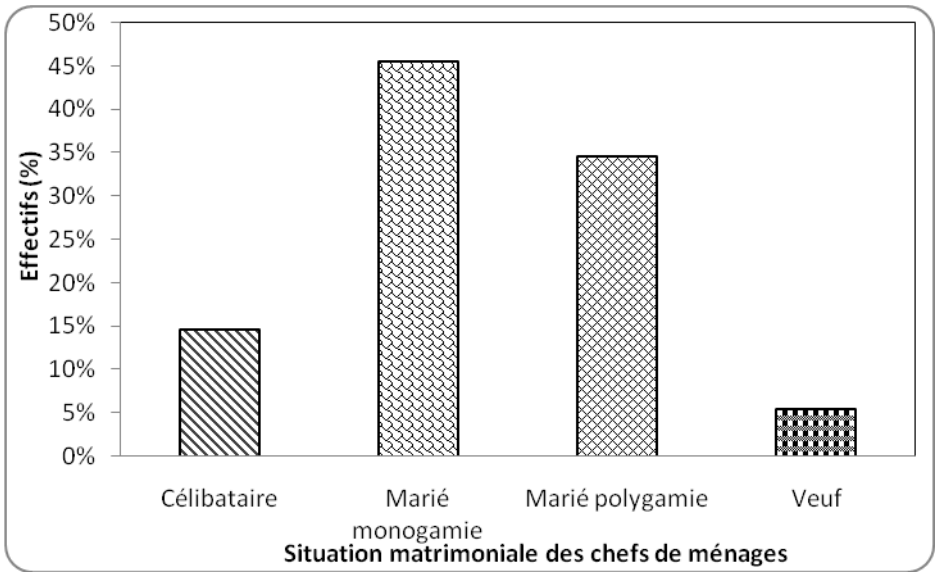


Figure 42 : Situation matrimoniale des chefs de ménages de la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain, mai 2014*

Les résultats recueillis lors des enquêtes de terrain montrent que 54,50 % des chefs de ménages sont monogames contre 38, 20 % de polygames. Les hommes qui vivent en célibat ne représentent que 1, 80 % et ceux qui vivent en veuvage 5, 50 %. Dans la Commune de Lalo, en dépit de la prédominance des unions monogamiques, la polygamie est une pratique qui concerne plus d'une femme sur cinq (21 %). Parmi les femmes en union polygamique, 17 % ont une co-épouse et 4 % en ont au moins deux. En effet, le statut polygamique de certains chefs de ménage polygame reflète le fait qu'il possède une famille nombreuse à charge. Les opérations statistiques précédentes ont déjà montré qu'au Bénin la polygamie est un phénomène ancien qui touche une importante frange de la population (EDS, 2013).

La taille des ménages est le reflet du niveau de fécondité de la population. Cette situation appelle à la notion de promiscuité qui est souvent abordée à deux niveaux : au sein des ménages et entre les ménages. Ainsi, la promiscuité, situation de voisinage est un facteur déterminant dans la propagation des maladies infectieuses contagieuses. La transmission des diarrhées peut aussi être facilitée par les facteurs de promiscuité. En effet, la forte concentration de personnes dans une même habitation augmente les risques de contamination et par là même les risques de mortalité par la diarrhée (Barbieri, 1989 cité par Atokare 2008). La promiscuité augmente le risque de contact avec les germes contenus dans les vomissements, les excrétas, l'eau et les aliments contaminés. Elle facilite la transmission de la maladie, généralement introduite dans un foyer par un frère ou une sœur plus âgé ou un parent.

Cependant, il existe une relation statistique significative entre la promiscuité et la survenue d'un cas de diarrhée dans la Commune de Lalo (p = 0,002).

Au sein des ménages de la Commune de Lalo, les familles nombreuses représentant une source importante de main d'œuvre pour les travaux agricoles, mais certes, une pression est exercée sur les infrastructures hydrauliques quant à la satisfaction de leurs besoins en eau. La taille des ménages est représentée sur la figure 43.

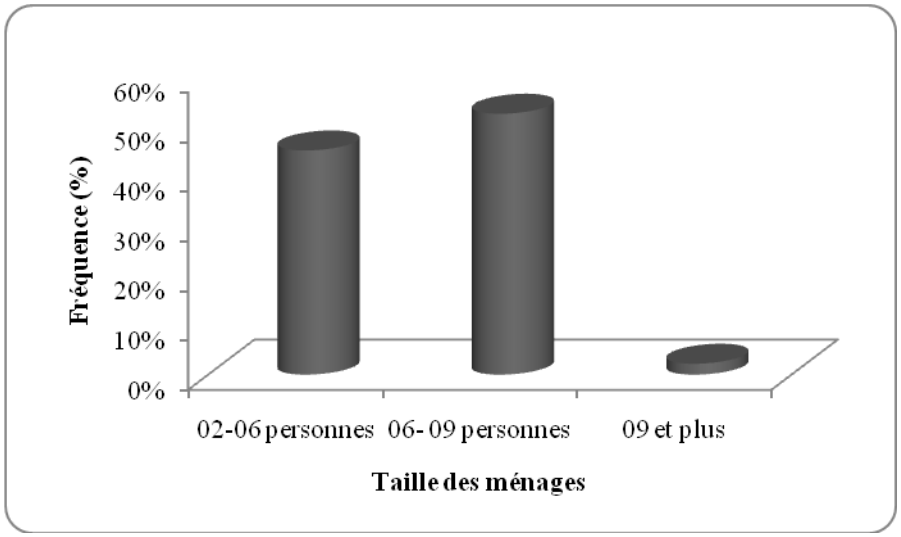


Figure 43: Taille des ménages parcourus

***Source** : Travaux de terrain 2015*

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

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

Dans le même sens, au Cameroun, dans l'ensemble du pays, un ménage compte en moyenne 5,0 personnes. Cette taille moyenne varie de 4,6 personnes en milieu urbain à 5,4 personnes

en milieu rural. C'est à Yaoundé au Douala qu'elle est la plus faible (4,3 personnes). Toujours au Cameroun, près de la moitié des ménages (47 %) comptent entre 2 et 5 personnes. Près de 15 % de ménages sont composés d'une seule personne. À l'opposé, 13 % des ménages comptent au moins 9 personnes et c'est en milieu rural qu'ils sont proportionnellement les plus nombreux (15 %), EDS-MICS (2011). Hormis, la taille du ménage, il y a aussi la promiscuité dans les concessions qui est un facteur de développement des maladies infectieuses (Atokare, 2008) En outre, dans la Commune de Lalo, toutes les concessions parcourues disposent en moyenne de 5,5 ménages.

6.2.2. Contexte culturel de l'accès à l'eau de boisson

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

Le niveau d'instruction d'une population témoigne des progrès accomplis par celle-ci en matière de scolarisation et même de développement. Il contribue à l'amélioration des conditions de vie des membres des ménages et de la société en général. Le niveau d'instruction des chefs de ménages dans la Commune de Lalo est représenté sur la figure 44.

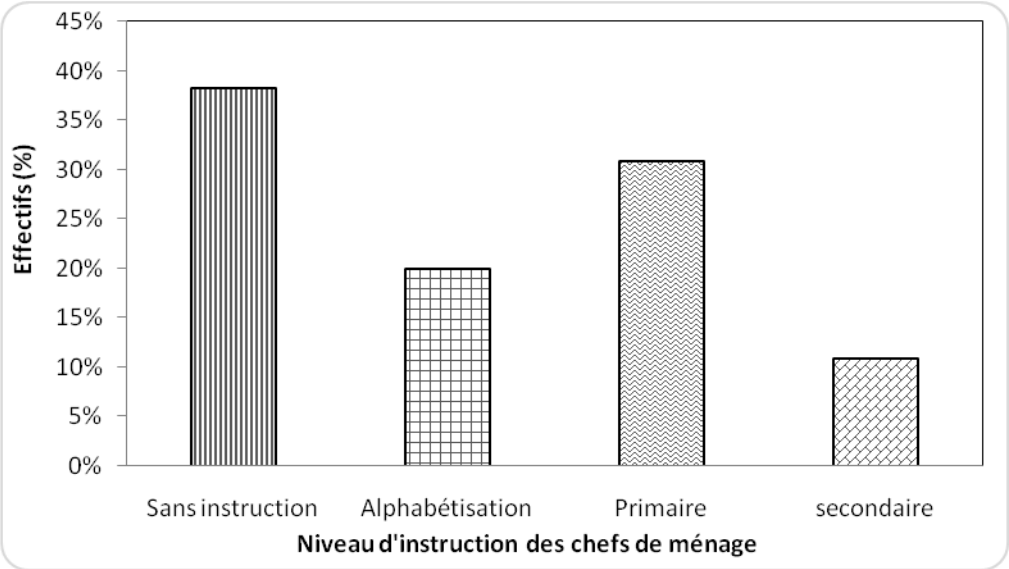


Figure 44 : Niveau d'instruction des chefs de ménages dans la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain mars 2015*

La figure 44 montre que dans la Commune de Lalo, 38, 20 % des chefs de ménage n'ont aucune instruction de base, 20 % ont fait l'alphabétisation en langue française, 30, 90 % des chefs de ménages ont franchi le seuil des cours primaires. Mais de ces 30, 90 % chefs de ménage qui ont fait le cours primaire seulement 10, 90 % sont arrivés au cours secondaires. Ces résultats ont révélé que 26,43 % des femmes chef des ménages n'ont aucune instruction contre 47,14 % des hommes chef de ménage. Les résultats ainsi présentés dénotent du faible niveau d'instruction des enquêtés dans la Commune de Lalo. L'instruction du père et de la mère est apparue comme un bon prédicteur de la morbidité diarrhéique.

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

Ces données sont conformes aux résultats d'une étude réalisée à Kirkos en Éthiopie où, il paraît que dans les familles où les parents ont un bon niveau d'instruction, les enfants ont moins de diarrhées que dans celles où les parents ne sont pas instruits (Guinneken et Teunissen, 1989). Les enfants dont les mères ont achevé le cycle primaire selon Echarri et Canovas (1994), souffraient plus fréquemment de diarrhée selon Miery (1991) cité par Randianasolo (2002).

6.3. Facteurs comportementaux

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

6.3.1. Prélèvement d'eau et risques sanitaires

S'approvisionner en eau d'un point d'eau à domicile suit en général un cycle de trois étapes. Il y a d'abord le prélèvement de l'eau, son transport et ensuite sa conservation en attendant sa consommation. L'eau est soit prélevée à l'aide d'une pompe ou d'une puisette de fortune. Les moyens de puisette de l'eau constitue en eux-mêmes la première source potentielle de pollution de l'eau avant le transport qui constitue la deuxième étape et enfin le mode de stockage, la troisième étape. Dans la Commune de Lalo, la situation est la même. La figure 45 illustre les moyens de prélèvement de l'eau par les populations.

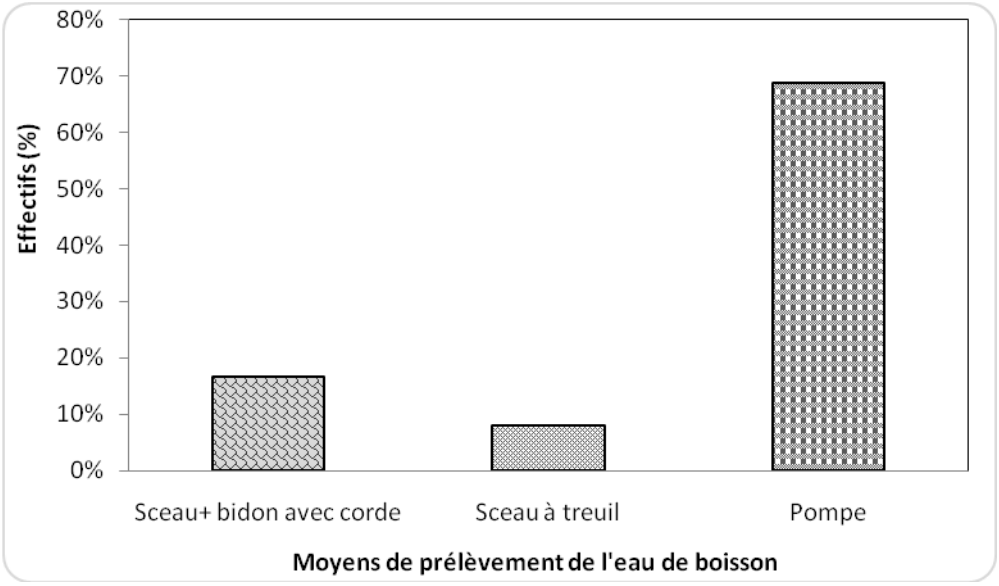


Figure 45 : Moyens de prélèvement de l'eau de boisson dans la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain mars 2015*

A la lecture de la figure 45, il ressort que la pompe est utilisée à hauteur de 75,6 % quand il s'agit des ouvrages modernes pour puiser l'eau. Mais, lorsque ce sont les citernes qui sont utilisées, c'est la combinaison de sceau et de bidon avec corde qui est utilisée à 24,40 %. La photo 15 présente un puits muni d'un dispositif qui sert à puiser l'eau.



Photo 15 : Sceau posé à même le sol pour le prélèvement de l'eau à Tandji (Gnizounmè)

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

La photo 15 montre un puits traditionnel muni d'un treuil auquel est rattaché un bidon qui sert de puisette. La puisette est posée dans un environnement malsain et humidifié. Cette pratique comporte sans doute d'énormes risques pour le consommateur de l'eau prélevée avec cette puisette. Le puits est couramment utilisé, cependant, les normes de protection sont loin d'être respectées. Presque toujours ouverts ou mi-fermés par une plaque de tôle et des planches de bois ils ne sont pas à l'abri des eaux de ruissellement. L'eau des puits ouverts ne possédant pas de margelle ou de couvercle peut facilement être contaminée par des bactéries ou des virus drainés par infiltration des eaux de ruissellement, ou lors d'inondations ou encore par l'introduction de « puisettes » stockées dans de mauvaises conditions d'hygiène et utilisées pour puiser l'eau (Impétus, 2009). Cainrcross (2003) situe l'origine de la pollution la plus fréquente de l'eau à deux niveaux essentiels. Il s'agit d'abord du mode de prélèvement de l'eau qui lui-même polluant et ensuite le transport et la conservation de l'eau. Les résultats de l'étude réalisée sur la qualité chimique des eaux de pluie par Coulibaly (2005) montrent que les seaux de puisage sont généralement laissés à terre tout près du puits, donc une grande partie de la pollution de l'eau peut être attribuée à la mauvaise protection des puits sans toutefois minimiser la technique de puisage. Le même constat est fait par Gomez (2010) en milieu Itcha-Ifè. Il conclut que la souillure des eaux (cas des puits) est aussi causée par les instruments de puisage qui sont souvent jetés par terre et qui entraînent des débris et tout objet qui s'y accrochent dans le fond des puits. L'auteur met aussi l'accent sur les caractéristiques topographiques, géomorphologiques et lithologiques des roches en place qui facilitent le transfert par les eaux pluviales déjà contaminées vers les ouvrages hydrauliques qui sont généralement de faibles profondeurs. Les puits sans margelle ni revêtement et les marigots

sont les plus exposés à la pollution bactériologique. En outre, les nappes superficielles, accessibles par les puits, apparaissent fortement contaminées par des matières organiques d'origine humaines et animales. Les eaux superficielles chargées en microorganismes s'infiltrant dans le sol sablonneux, parviennent à la nappe sans avoir bénéficié d'une filtration efficace, et occasionnent une multitude de pollutions ponctuelles. Les sources locales de contamination sont multiples. Il s'agit de l'aménagement même des puits (manque d'étanchéité du couvercle ou du scellement), du sol environnant (absence d'un monticule autour du puits pour éloigner le ruissellement de surface) de l'installation septique défectueuse ou encore de l'insalubrité des lieux. La qualité bactériologique des eaux des puits met en évidence la contamination de la nappe phréatique par les latrines, les ordures ménagères et les eaux usées. De nombreux puits ont des assises de margelles sapées par l'ablation du sol et ont de surcroît leurs revêtements fortement détériorés. Ce qui accroît les risques de transfert d'eau pluviale contaminée et d'altération des eaux de puits et, par conséquent, favorisant la pollution hydro fécale. La gastro-entérite est la maladie la plus fréquente associée à l'ingestion d'eau contaminée par des matières fécales et entraine des conséquences très graves sur la santé. Ce risque concerne non seulement les membres d'une famille qui consomment l'eau d'un puits, mais aussi tous leurs visiteurs.

6.3.2. Transport de l'eau et risques sanitaires

Transporter l'eau du lieu d'approvisionnement au lieu d'utilisation notamment dans les habitations ou les centres de production est une charge de travail énorme qui revient généralement aux femmes et aux enfants. Ces derniers ne transportent que la quantité d'eau jugée indispensable (Sèbo, 2014). Dans la Commune, l'eau est transportée le plus souvent à pieds bien que les distances parcourues soient relativement longues. Par ailleurs, le vélo et la moto sont utilisés par les hommes et les enfants qui s'adonnent à l'activité de la corvée d'eau. Cette situation est représentée sur la planche 11.



Planche 11 : Enfants transportant deux bidons d'eau à Adoukandji-centre et une femme avec une bassine d'eau sur la tête à Hazoun (Adoukandji)

***Prise de vue**: MIALO, mars 2015*

En général, l'approvisionnement en eau est une activité qui se déroule très tôt le matin avant toutes autres activités. Dans la Commune de Lalo, les moyens de transport de l'eau les plus utilisés sont représentés sur la figure 46.

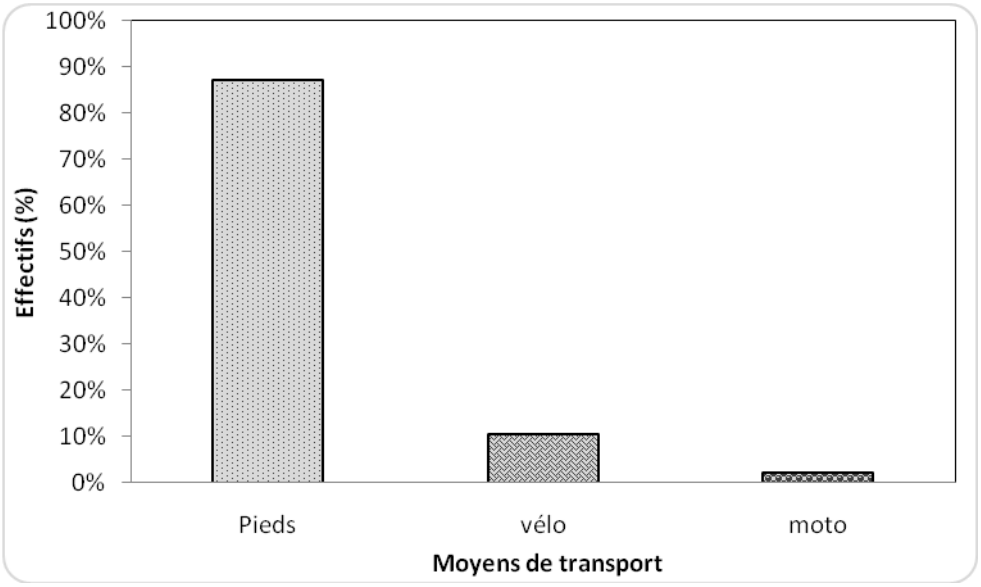


Figure 46 : Moyen de transport de l'eau de consommation

***Source** : Travaux de terrain, mars 2014*

L'eau est transportée peu importe la distance à 87,28 % à pieds. Le vélo (10,52 %) est le plus utilisé par les enfants et la moto (2,20 %) par les hommes qui font la corvée d'eau. Mais, lors du transport, l'eau destinée aussi bien à la boisson qu'aux activités domestiques n'est pas couverte pour en préserver sa qualité. Ces résultats sont conforment à ceux de Ngnikam *et al.*,(2007) au Cameroun où ils écrivent que les mauvaises conditions de transport et de stockage de l'eau contribuent à l'altération de la qualité de l'eau de boisson qui implique une forte prévalence des cas de diarrhées. En effet, les divers modes de transport de l'eau de

boisson font appel à la distance parcourue surtout par les femmes et les enfants lors de l'approvisionnement en eau.

6.3.3. Conservation de l'eau et hygiène des récipients

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

Tableau XXIX : Mode de conservation de l'eau de boisson à domicile

Récipients de conserve d'eau	Fréquence (%)
Jarre	49,66
Tonneau	1,75
Bassine	24,56
Sceau	4,38
Bidon	7,45
Plastique	12,28

***Source** : Travaux de terrain, mars 2014*

De l'analyse du tableau XXIX, il ressort que l'utilisation des jarres pour la conservation de l'eau est très pratiquée dans les ménages car, la jarre est reconnue pour ses propriétés rafraichissantes de l'eau. Faite en argile cuite et parfois recouvertes de ciment, la jarre permet de conserver l'eau à une température plutôt basse. Elle représente 49,66 % des modes de conservation, suivie de la bassine (24,56 %) dans tous les ménages parcourus. Trente trois pourcent (33 %) des récipients de stockage d'eau ne sont pas couverts. La conservation de l'eau dans les ménages est faite sans connaissance des règles d'hygiène élémentaires. Ce qui représente sans doute une source de contamination possible des réserves d'eau. De pareils résultats ont été trouvés en Côte d'Ivoire par Claon *et al.,* 2005, Lekadou *et al.,* 2003 qui ont écrit que les modes stockage de l'eau était fait par les ménages en ignorant les règles d'hygiène comme l'ont relevé également d'autres auteurs. Cette situation est illustrée sur la planche 12.



Planche 12 : Conservation de l'eau de boisson à Kpassahoué dans l'arrondissement de Hlassamè

***Prise de vue** : MIALO, mars 2014*

La planche 12 montre une jarre ouverte contenant de l'eau destinée à la boisson posée dans un environnement humidifié sous une paillote dont la toiture est en paille. Le bol pour prendre l'eau est le même qu'utilisent tous les membres de la famille pour étancher leur soif mais également pour autre activité. Toutes ces manipulations favorisent la pollution de l'eau même si à la source et durant le transport elle était potable.

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

Il en est de même pour les auteurs Kouakou *et al.,* 2000, Lekadou *et al.,* 2003, Claon *et al.,* 2005, qui trouvent que les opérations de collecte, transport, conservation et prélèvements d'eau se multiplient dans les villes où le service de l'eau est défaillant. Ces conditions seraient à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau par contamination manu portée ou aérienne. Ainsi, ces pratiques contribuent certainement à entretenir les affections liées à l'eau. La photo 16 montre le principal mode de conservation de l'eau à domicile.



Photo 16 : Conservation de l'eau dans l'arrondissement de Lalo centre

***Prise de vue** : MIALO, mai 2014*

La conservation de l'eau de boisson dans les jarres est très pratiquée dans tous les arrondissements parcourus dans la Commune de Lalo. Sur la photo 16, la jarre est recouverte d'un plastique déjà cassée. Dans cette condition l'eau n'est que partiellement protégée, car à travers l'ouverture, les microbes peuvent pénétrer dans l'eau.

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

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

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

***Source** : Travaux de terrain, mars 2014*

Il ressort du tableau XXX que les ménages parcourus ont affirmé renouveler l'eau des récipients le premier, deuxième et troisième jour après qu'elle soit conservée dans les récipients. Ces proportions représentent respectivement 45 % les deux premiers jours, 26,70 % pour le 3ème et le 4ème jour et 13,89 % pour les plus de cinq jours. Des ménages parcourus,

13,60 % ont déclaré renouveler l'eau dès qu'elle est terminée des récipients de stockage. Cette catégorie de ménages n'a pas pu dire le nombre exact de jours où l'eau est conservée avant d'être renouvelée. Selon Ngnikam *et al.(*2007), la conservation de l'eau de boisson au-delà de trois (03) jours représente un risque pour la santé.

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

L'autre aspect très important qui conditionne la qualité de l'eau de boisson est l'entretien des récipients de conservation d'eau. Les ménages adoptent plusieurs modes de lavage des récipients pour maintenir et préserver la qualité de l'eau qui y est conservée. La manière dont les ménages entretiennent les récipients de conserve de l'eau est représentée sur la figure 47.

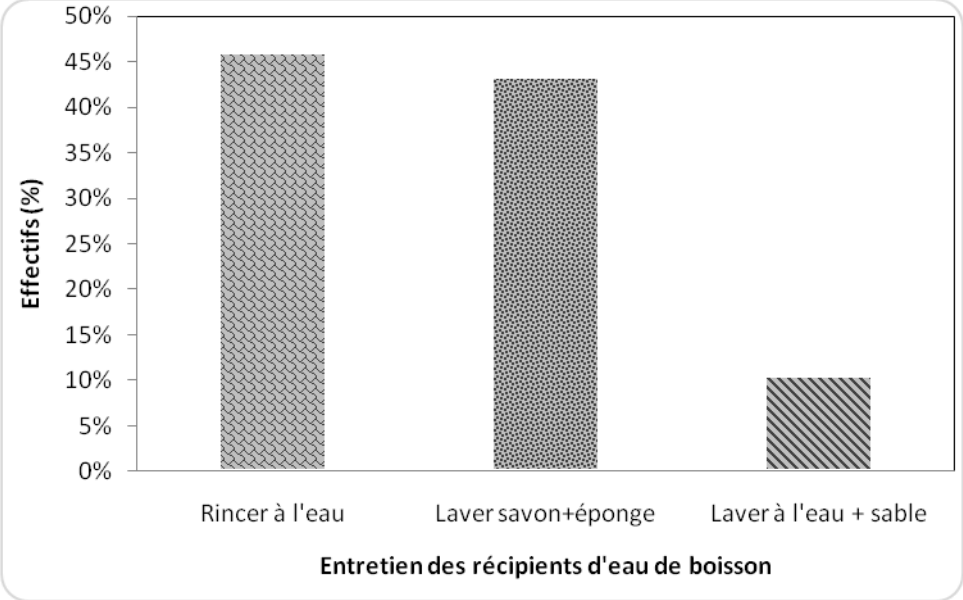


Figure 47 : Entretien des récipients de Stockage d'eau de boisson

***Source** : Travaux de terrain, Mialo 2014*

Dans la Commune de Lalo, l'entretien des récipients de conserve de l'eau de boisson est fait de plusieurs manières. Il ressort donc de la figure 47 que, 43,40 % des ménages assurent l'entretien des récipients d'eau avec l'association du savon et de l'éponge, 46,10 % rincent seulement les récipients après plusieurs jours de conservation de l'eau et 10,3 % des ménages lavent simplement à l'eau avec du sable. Dans ces trois modes d'entretien des récipients de stockage d'eau, il n'est noté l'utilisation de désinfectant pour éliminer les bactéries présentes dans ces récipients.

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

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

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

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

6.4.1. Distance entre les habitations et les décharges d'ordures ménagères

La figure 48 montre les distances qui séparent les habitations des ordures ménagères dans la Commune de Lalo.

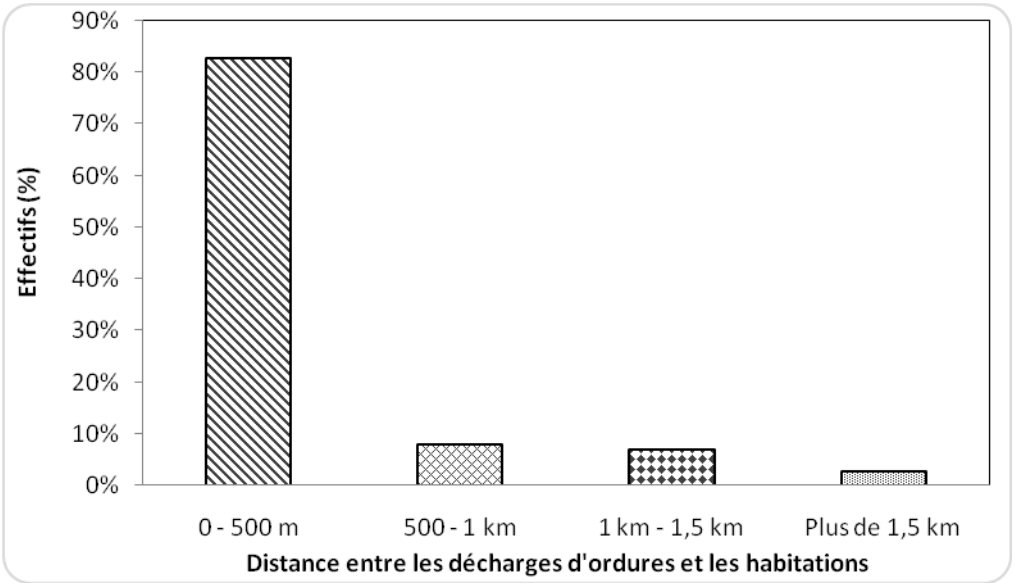


Figure 48: Distance entre les habitations et les lieux de dépôt des ordures ménagères dans la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

A la lecture de la figure 48, il ressort que 6,95 % des enquêtés ont déclaré jeter les ordures produites loin des habitations (distance comprise entre 1 et 1,5 km) et 2,60 à une distance de plus de 1,5 km. Aussi, 82,63 % et 7,82 % des ménages éliminent respectivement leurs ordures à une distance de moins de 500 m à une distance comprise entre 500 m et 1 km. La distance admise par les normes nationales entre les ordures et les concessions sont de 5 km au moins

des dernières habitations (MS, 1987). Ainsi, dans la Commune de Lalo seulement 17,37 % des concessions respectent la norme admise. Par contre 82,63 % des concessions ne respectent pas la norme admise en la matière. C'est à juste titre que tant qu'il n'y a pas de site de collecte dûment géré par les autorités communales, le problème majeur demeure. Un ménage qui rejette loin ses ordures ménagères sans sortir du lot d'habitation le fait aux dépens d'un autre qui les reçoit dans son environnement immédiat. La relation importante qui convient d'établir est aussi l'impact que les ordures ont sur la qualité de l'eau de boisson dans la Commune de Lalo. A ce titre, il convient d'apprécier la distance qui sépare ces ordures des points d'eau de la commune (figure 48).

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

L'eau ne constitue pas seulement le principal vecteur de migration des polluants stockés dans une décharge, mais aussi la principale cible potentielle de ces polluants (eaux souterraines et superficielles). Ainsi, une distance de sécurité qui varie généralement de 5 à 30 m selon la structure du sol doit être respectée afin de limiter ce transfert de polluants. Les distances moyennes entre les décharges et les points d'eau sont présentées sur la figure 49.

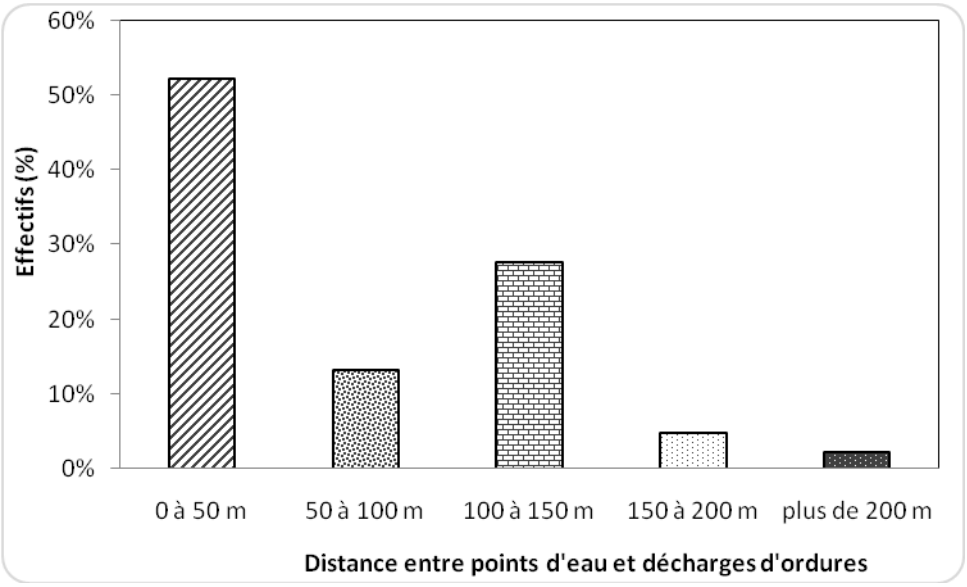


Figure 49: Distance entre les points d'eau et les lieux de dépôt des ordures dans la Commune de Lalo

***Source** : Travaux de terrain, 2014*

Dans la Commune de Lalo, il ressort de la figure 49 que 52,20 % des points d'eau sont situés à moins de 50 m des décharges d'ordures mais par contre 47,8 % de PE sont séparés des décharges d'ordures d'une distance comprise entre 50 m à plus de 200 m. Or, la loi n° 87-015 du 21 septembre 1987 portant code de l'hygiène publique en République du Bénin en son

article 8 stipule que « Tout emplacement de décharge contrôlée doit se situer à 5 km au moins des dernières habitations et à 50 m au moins d'un point d'eau. Dans la Commune de Lalo, aucune décharge d'ordures n'est située au-delà de 5 km des habitations. Le non respect de la distance admise entre une infrastructure hydraulique et une décharge d'ordure peut favoriser l'infiltration des polluants dans le sol qui peuvent se retrouver dans les nappes et contaminer ainsi l'eau des ouvrages.

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

En effet, le lien entre la distance qui sépare un point d'eau de la décharge d'ordures et la qualité de l'eau est significatif (p = 0,007).

6.4.3. Distance entre les puits traditionnels et les latrines

La pollution bactériologique observée dans les échantillons d'eau de puits prélevés confirme effectivement une contamination due aux déjections humaine. Ceci s'explique par le non respect des normes de sécurité admises. La principale observation faite dans la Commune de Lalo est le très rapprochement entre les puits et les fosses septiques. Cette situation est illustrée sur la photo 17.



Photo 17 : Distance entre un puits nouvellement construit et une fosse septique dans l'arrondissement de Adjassagon (Zalli)

***Prise de vue** : MIALO, mai 2014*

Dans 65,30 % des ménages parcourus, la distance mesurée entre les puits et les latrines d'une part et entre les puits et les douches externes d'autre part varie entre 3,5 m à 05 mètres. Or la

distance qui est la norme entre ces infrastructures d'assainissement est de vingt (20 m), (Agassounon *et al.*, 2012). Cela pose déjà un réel problème quant à la pollution des puits dont l'eau est également consommée par la population de la Commune de Lalo.

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

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

Les résultats trouvés dans cette étude sont en conformité avec ceux de Dégbey *et al.* (2009) sur la qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey. Dans son étude, il conclut que les puits de l'arrondissement connaissent de fortes pollutions en indicateurs de contamination fécale. De pareils résultats sont en accord avec ceux trouvés par Boutin et Dias (1987), pour la nappe de Marrakech au Maroc, Babadjidé *et al.* (2010) dans la Commune de Kétou et Lagnika (2015) pour les puits de Lokossa, Parakou et Pobè au Bénin. Les mêmes résultats sont notés au niveau des eaux de puits de la nappe phréatique de Yembeul au Sénégal par Tandia *et al*. (1997), Nola *et al.* (1998) au niveau de la nappe phréatique de Yaoundé au Cameroun.

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

Les infections liées donc aux excréta sont des maladies transmissibles dont les agents causals (virus, bactéries, protozoaires ou helminthes pathogènes) sont libérés par l'organisme des personnes infectées (ou des animaux infectés dans certains cas) dans les excréta (fèces et urines). Ces agents causals finissent par atteindre d'autres personnes et pénètrent dans

l'organisme soit par la bouche (lors de la consommation de cultures contaminées, par exemple), soit à travers la peau (infestation par des ankylostomes ou des schistosomes, par exemple), OMS (2013). Les excréta et les eaux usées renfermant en conséquence de fortes concentrations d'agents pathogènes. L'incapacité à traiter et à gérer correctement les eaux usées et les excréta par les communautés est directement responsable d'effets préjudiciables pour la santé et l'environnement.

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

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

Dagdeviren (2009) a trouvé en Côte d'Ivoire et à Dar es Salaam (République-Unie de Tanzanie), que l'eau souterraine contaminée par les infrastructures d'assainissement inappropriées a causé l'apparition de choléra et d'autres maladies véhiculées par l'eau, dans les colonies informelles autour de ces zones. Curtis *et al.,* (2000) dans son étude réalisée dans les pays en voie de développement et Atokare (2008) au Tchad ont montré que l'environnement intervient pour une part importante dans l'explication des différences régionales de morbidité et de mortalité.

Elle entraîne entre autres effets, la prolifération microbienne et bactérienne, celle des vecteurs de germes pathogènes, la pollution de l'eau (puits et cours d'eau). Selon l'OMS (1997), la mauvaise qualité de l'environnement contribue pour 25 % à l'occurrence de toutes les maladies évitables dans le monde.

Dans son document sur l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, Coulibaly (2005) a montré que les puits sont généralement pollués par la pénétration d'impuretés par les ouvertures, la contamination par la présence de fosses septiques, les fuites des conduits d'égouts, l'infiltration des dépotoirs ou les terrains d'enfouissement et les activités menées autour du puits.

Plusieurs autres études ont mis en évidence la pollution bactériologique et azotée des nappes superficielles et des cours d'eau (Mokofio *et al.(*1991) à Bangui ; Baba-Moussa *et al.(*1995) à

Ouagadougou ; Lhadi *et al.(*1996) ; UNESCO, 1997 ; Makoutode *et al.(*1999) à Cotonou ; Evens et Per Lindskog, 2000 en Haïti ; Tazi Ouadia *et al.(*2001) ; Nairain, 2002 ; Chippaux *et al.(*2002) à Niamey ; Yameogo 2002 ; Deme, 2003, Diallo, 2004 au Sénégal ; Ben Kabour et Zouhri (2005), Hassoune *et al.(*2006) ; Asslouj *et al*., 2007 au Maroc. Ces auteurs concluent que ces pollutions proviendraient d'un mauvais assainissement des excréta.

6.5. Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) et maladies diarrhéiques

L'indicateur de salubrité permet d'apprécier la qualité de l'environnement de chaque ménage dans la Commune de Lalo. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau XXXI.

Tableau XXXI : Indicateur de Salubrité de l'Environnement des ménages (ISE)

Composante	Valeurs propres initiales			Valeurs propres initiales			
	Total	% de la variance	% cumulés	Composante	Total	% de la variance	% cumulés
1	3,195	22,821	22,821	8	,621	4,433	86,324
2	2,428	17,340	40,161	9	,491	3,506	89,830
3	1,779	12,705	52,866	10	,450	3,211	93,042
4	1,220	8,717	61,583	11	,403	2,882	95,923
5	1,080	7,716	69,299	12	,315	2,249	98,172
6	,938	6,702	76,001	13	,207	1,479	99,651
7	,825	5,891	81,892	14	,049	,349	100,000

***Source** : Traitement statistiques SPSS 20, octobre 2013*

Le tableau XXXI présente les valeurs propres de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE). Ces valeurs permettent de mesurer la stabilité des résultats de sortie de l'ACP dans la construction de l'indicateur. Le tableau présente la décroissance des valeurs propres suivant les composantes. Pour l'ISE, le coude qui est le changement de signe dans la suite des différences d'ordre 2 est observé au niveau de la quatrième composante (k = 4). Ainsi les trois premières composantes n'offrent plus la stabilité nécessaire pour assurer la qualité des indicateurs calculés à partir de ces dernières. L'indicateur appliqué aux ménages de la Commune de Lalo présente les résultats du tableau XXXII.

Tableau XXXII : Application de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) aux ménages de la Commune de Lalo

Etat de l'environnement	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Très Insalubres	35,0	35,0	35,0
Insalubres	31,0	31,0	66,0
Salubres	34,0	34,0	100,0
Total	100,0	100,0	

***Source** : Travaux de terrain, octobre 2014*

Il ressort de l'analyse du tableau XXXII que 35 % des ménages vivent dans un environnement très insalubres et 31 % dans un environnement insalubres. Ainsi, 66 % des ménages ont un environnement favorable à l'éclosion et à la survie des bactéries vecteurs de maladies. Et 31 % des ménages vivent dans un environnement salubre donc arrivent à assurer la propreté de leur cadre de vie. Il n'y a pas cependant une grande différence entre les trois (03) états de l'environnement de la Commune. Ainsi, il est donc difficile de pouvoir identifier distinctement un environnement salubre d'un environnement très insalubre.

Il convient de voir si l'état de l'environnement favorise la survenue des cas de maladies diarrhéiques au sein des ménages. Ainsi, l'indicateur de salubrité de l'environnement a été corrélé avec la survenue de cas de diarrhée dans chaque ménage. Les résultats de ce croisement sont présentés dans le tableau XXXIII.

Tableau XXXIII : Corrélation entre l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement et la survenue d'un cas de diarrhée

Indicateur de Salubrité des ménages	**Survenus d'un cas de diarrhée**		
	Non	**Oui**	**Total**
Très insalubres	39,3 %	28,4 %	35,0 %
Insalubres	28,7 %	34,6 %	31,0 %
Salubres	32,0 %	37,0 %	34,0 %
Total	100 %	100 %	100 %

***Source** : Travaux de terrain, octobre 2014*

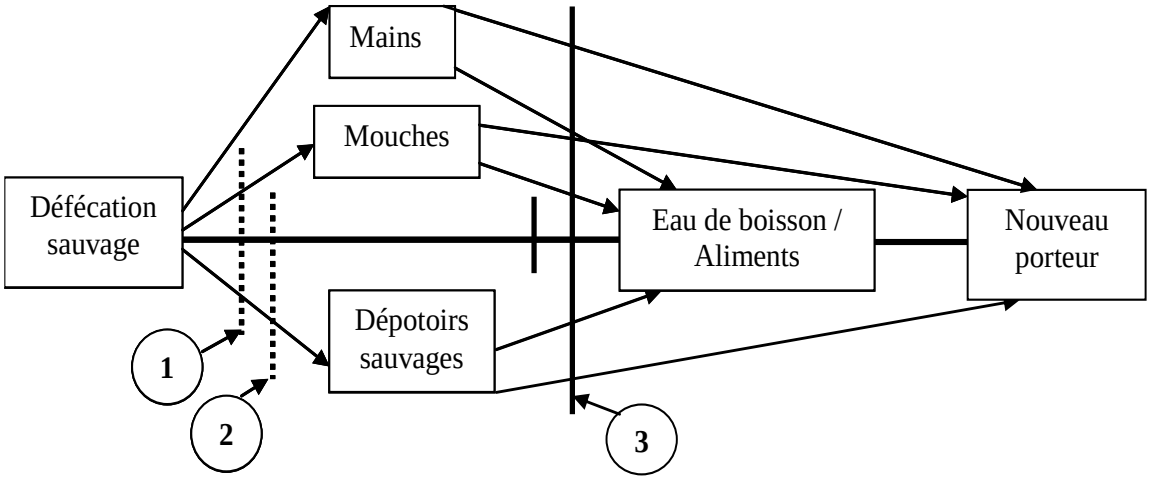
Il ressort de l'analyse du tableau XXXIII que les ménages qui se localisent dans un environnement salubre présentent une prévalence diarrhéique très élevée (37 %) par rapport à aux ménages qui se localisent dans un environnement insalubre (34 %) et ceux dans un environnement très insalubre (28 %) dans toute la Commune de lalo. Les écarts entre la prévalence des différents niveaux sont généralement faibles dans l'ensemble de la Commune. Mais en partant du postulat que le nombre de cas de diarrhée va diminuer si l'environnement est propre, les résultats ici présentés montrent toute à fait le contraire. Partant de la supposition que les mauvaises pratiques et la non observation des règles d'hygiène et d'assainissement seraient les responsables des maladies diarrhéiques et hydro-fécales, il est observé des résultats tout à fait contraires à ce postulat. Les corrélations faites montrent qu'il n'y a pas de liens significatifs entre l'ISE et la survenue des cas de diarrhée au sein des ménages ($p = 0,27$). Ceci s'explique par le fait que l'état de l'environnement n'influence pas forcément la qualité de l'eau de boisson qui est l'élément fondamental mis en cause dans cette recherche.

Par ailleurs, Lalo étant endémique à l'ulcère de Buruli, de vastes campagnes de sensibilisation sur l'hygiène et l'assainissement ont été périodiquement initiées par les ONG locales et internationales pour contribuer à la réduction de ces maladies d'origine hydro-fécale. Ces sensibilisations sur l'hygiène sont données dans les écoles et les agents d'hygiène du Centre Communal de Santé de Lalo sensibilisent les populations en vulgarisant les articles clés du

Code d'Hygiène Public en vigueur en République du Bénin. Ces différentes campagnes de sensibilisations ont permis aux populations d'améliorer leurs pratiques en matières et d'assainissement afin d'éviter au mieux les maladies hydro-fécales.

6.6. Transmission et contrôle des maladies infectieuses

Les études démographiques portant sur la morbidité et la mortalité et les études épidémiologiques ou celles de la géographie de la santé permettent de mettre en évidence l'incidence de l'assainissement dans la transmission des maladies infectieuses (Ngwe, 2007). Avec la pluie les eaux sont entraînées par ruissellements et en partie s'infiltrent contribuant à la recharge de la nappe, mais aussi sa pollution par l'entraînement des matières organiques et minérales de la surface. C'est ainsi que le schéma de transmission et de contrôle de la maladie a été proposé par Wagner et Lanois, 1956 (figure 50).



⟶ Voie de transmission de la maladie

..... Barrière empêchant la maladie

1 : latrine simple, 2 : protection des points d'eau, 3 : protection de la chaîne de l'eau

Figure 50 : Schéma de la transmission et du contrôle de la maladie

***Source** : Adapté de Wagner et Lanoix, 1956*

Il ressort de la figure 50 que dans la Commune de Lalo, le cycle oro-fécal est le premier responsable de la transmission des maladies infectieuses.

Ce cycle est alimenté par l'eau potable contaminée lors des prélèvements et des manipulations qui y sont faits à domicile, les sols (la pollution de l'eau et du sol par les matières fécales humaines), les mains (les mains non lavées qui prélèvent l'eau pour la boisson), et les

mouches (transmission des maladies des matières fécales à l'eau ou directement aux personnes, facteur particulièrement problématique lorsque la défécation en plein air constitue la norme). Ainsi, bloquer ces voies de transmission (existence de latrines et protection des sources d'eau) est la clé pour la prévention des maladies diarrhéiques. L'interruption du cycle oro-fécal, reposant principalement sur le lavage des mains et l'utilisation des toilettes ou des latrines qui confinent et assainissent les matières fécales, permettrait de réduire la prévalence des maladies infectieuses. Donc, il ne s'agit plus simplement de mettre en avant un accès optimal à l'eau potable pour la réduction des maladies diarrhéiques mais également de pouvoir doter les communautés surtout rurales en infrastructures d'assainissement. Car, l'épineux et réel problème reste et demeure l'évacuation des excréments humains.

Une corrélation très étroite est notée entre les flambées de maladie et les insuffisances en matière d'accès aux sources d'eau potable. Il arrive que des phénomènes extrêmes liés au temps, telles les fortes pluies ou les inondations, entraînent une contamination des sources d'approvisionnement en eau; cela favorise une transmission fécale-orale difficile à maîtriser, qui se traduit par une hausse du nombre de cas et de décès. En effet les ménages disposant de l'eau de bonne qualité (traitée) et d'une source interne d'approvisionnement avaient la prévalence diarrhéique la plus faible par rapport aux autres (Atokare 2008).

Tout ceci, influence l'évolution observée pour les maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo. C'est ainsi que les études menées par Makoutodé *et al.*, 1999 ; Orékan, 2000 ; Curtis et Cairncross, 2003 ; Schwartz *et al.*, 2006 ; Azonhe, 2009 ; Babadjidé, 2010), l'OMS (2013), Sèbo (2014), ont mis l'accent sur la pluralité des modes d'approvisionnement en eau potable qui a été identifiée comme étant un facteur de risque important dans la prévalence des maladies diarrhéiques. Ainsi, les différents paramètres qui ont un impact dans la survenue des maladies diarrhéiques ont été appréciés par les populations.

6.7. Opérationnalisation de la matrice d'appréciation

La matrice de sensibilité a permis de mesurer le degré d'impact des différentes sources de maladies considérées dans la survenue des maladies diarrhéiques par ordre d'importance en terme de prévalence.

Les résultats issus des travaux de terrain sont présentés dans le tableau XXXIV.

Tableau XXXIV : Matrice d'appréciation de l'assainissement dans la survenue des maladies diarrhéiques

Cause de maladies	**Maladies diarrhéiques**	**Grille d'appréciation**	**Rang d'importance**
	Indice d'exposition		
Défécation sauvage	3	Fort	1er
Existence d'eaux usées dans la concession	2	Moyen	3ème
Existence d'ordures ménagères dans la concession	2	Moyen	3ex
Consommation d'eau sale	3	Fort	1ex

***Source** : Fall et al. (2011) adapté de MIALO 2015*

A la lecture du tableau XXXIV, il ressort que la consommation d'eau sale et la défécation sauvage impactent fortement la survenue des cas de maladies diarrhéiques. Par contre, l'existence des eaux usées et des ordures ménagères dans la concession impactent moyennement la survenue de cas de maladies. Les latrines, l'élimination des déchets, l'évacuation des eaux usées, le drainage des eaux de pluie sont essentiels à la sauvegarde de la qualité environnementale d'une manière plus générale, notamment en ce qui concerne la qualité des ressources en eau. Le rôle de l'assainissement et de l'hygiène dans le cycle d'évolution des maladies infectieuses n'est plus à démontrer. Plusieurs auteurs (Cainrcross, 2003, Pruss et Corvalan, 2006, OMS, 2007, ONU-Eau, 2009) dans leurs études sur le rôle de l'assainissement, l'hygiène ainsi que la couverture ont supposé que 94 % des cas de diarrhée sont évitables moyennant une modification de l'environnement, et notamment des interventions visant à accroître l'approvisionnement en eau salubre, et à améliorer l'hygiène et l'assainissement. Les maladies contagieuses causées par les bactéries pathogènes, les virus et les parasites sont très souvent liées à la consommation d'eau ne répondant pas à des critères minimaux de potabilité. Elles constituent pour la santé le risque le plus commun et le plus répandu. Chaque jour, 5.000 enfants décèdent à cause de diarrhées infectieuses, causées principalement par un système d'assainissement inadéquat (ONU-Eau, 2009). Ainsi tous les ménages n'ont pas la possibilité et la capacité de toujours consommer l'eau potable.

Cependant, avec de simples mesures d'hygiène, la plupart de ces morts pourrait déjà être évitée.

Il ressort de ce chapitre que la mauvaise gestion des ordures, des eaux usées, des excrétas, l'environnement insalubre autour de certains PE ainsi que le mode de transport de l'eau et les conditions de stockage de l'eau à domicile sont les facteurs qui altèrent la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson dans la Commune de Lalo.

Conclusion partielle

La qualité de l'eau est altérée par les divers comportements des populations sur les sources d'eau. Ces manipulations dans l'eau de boisson entrainent une prévalence élevée des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo. En effet, les maladies diarrhéiques représentent 11,67 % des maladies enregistrées en consultations dans les centres de santé. Elles évoluent au même rythme que le taux de desserte dans la Commune et sont fortement influencées par les hauteurs de pluie. Ainsi, les variables météorologiques interviennent dans la transmission des affections d'origine hydrique et alimentaire, tels que le choléra et d'autres maladies diarrhéiques. Lorsqu'un cas de diarrhée subvient dans une famille, les populations adoptent des mesures de prévention qui relèvent de l'observation du respect des règles d'hygiène que sont se laver les mains, assainir son environnement et également boire de l'eau potable. Le recours aux soins médicaux n'est pas immédiat. En effet, le traitement des cas de diarrhée dans la famille passe d'abord l'automédication pytothérapeutique, ensuite par l'automédication avec les médicaments de la rue et le recours aux centres de santé est la dernière option.

DISCUSSION GENERALE DES RESULTATS

- **Validité et qualité des résultats**

Des déterminants physiques et socioéconomiques limitant l'accès à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo

Dans les villes du Sud, et particulièrement dans les villes africaines, au-delà de la disponibilité de la ressource et des équipements nécessaires à son traitement, un meilleur accès à l'eau se traduit par la distance au point d'eau, et/ou le temps consacré à la collecte de l'eau, et par le coût inhérent à l'achat de l'eau. Ainsi, les problèmes d'accès à l'eau potable sont attribués soit à la mauvaise qualité de l'eau, soit à l'éloignement des points d'eau par rapport au village (Baron et Tidjani, 2011).

La distance parcourue du domicile aux points d'eau représente une contrainte pour les ménages. Car, rappelons que la distance représente un indicateur de premier ordre puisqu'elle détermine en partie les quantités disponibles aux usages domestiques et aux usages hygiéniques. Ainsi, ce sont les ménages situés à la périphérie des centres ruraux qui ont l'eau facilement et en quantité suffisante. Ces mêmes résultats sont trouvés par Cainrcross (2003) où il écrit que plus la distance est longue, plus la quantité de l'eau diminue. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par le PNUD (2006) dans plusieurs pays de l'Afrique où il apparaît que le temps et l'énergie perdus à puiser de l'eau sur de longues distances, tâche incombant surtout aux femmes et aux fillettes, privent ces dernières de temps pour se livrer à des activités génératrices de revenus et aller à l'école.

En Afrique, des millions de femmes et d'enfants parcourent chaque jour de longues distances pour aller chercher de l'eau. En moyenne, un membre du ménage (généralement une femme ou un enfant fille) a besoin d'une demi-heure environ pour se rendre au point d'eau, puiser de l'eau et revenir, ce qui n'est pas sans inconvénients pour la scolarité des enfants et l'égalité entre garçons et filles**.** Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Dos Santos (2005) à Ouagadougou, Lewis *et al.* (2007), en Afrique, OMS (2007), Collignon et Vézina (2000) dans dix (10) pays d'Afrique.

Il existe de fortes différences dans le prix du mètre cube selon le type d'approvisionnement, à consommation égale. Pour les adductions qui fonctionnent grâce à l'énergie électrique, le prix de l'eau est de 10 francs CFA la bassine de 25 litres sur toute la commune. Pour le service

public de l'eau en toute saison l'eau est vendue très moins cher. Mais, elle n'est pas disponible en tout temps. Par contre, au niveau des AEV (adductions d'eau villageoise) qui fonctionnent à partir du gasoil (qui coûte cher), le prix de la bassine est plus cher comme chez les abonnés privés. Ces résultats sont identiques à ceux trouvés par Sèbo (2014) dans le bassin du Mono, Dos Santos (2005) au Burkina-Faso, pS-Eau (2009) dans les communes de Toffo, Bohicon et de Ouidah.

Il existe peu de documentation abordant l'ensemble des aspects définissant l'accessibilité à l'eau, incluant surtout les facteurs physiques, qui se traduisent en termes de quantités disponibles et utilisées, et de qualité des eaux consommées. Ainsi, la toute première hypothèse sur les paramètres qui limitent l'accès à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo émise dans cette recherche est vérifiée.

De la qualité de l'eau de boisson et prévalence des maladies diarrhéiques à Lalo

L'accès limité à l'eau ou l'accès à une eau de qualité douteuse signifie faire face à une incidence élevée de maladies liées à l'eau. Les ruraux contribuent largement à la pollution de leur environnement hydrographique. En ce qui concerne les eaux de surface et souterraines, les risques de pollution des eaux par les hommes et de contamination des populations par la consommation d'eau non potable sont variables d'une zone à l'autre (Baechler, 2012).

La qualité de l'eau à usage domestique est menacée par des contaminants microbiologiques et physico-chimiques. Ces derniers tels que les nitrites et les nitrates, etc. entraînent des effets sanitaires insidieux mais ne sont pas systématiquement recherchés dans les pays en développement (Papa *et al.,* 2010). Dans cette étude, l'évaluation de la potabilité de l'eau a porté sur les paramètres bactériologiques et physico-chimiques. La mauvaise qualité des eaux stockées est à rapprocher de l'absence de désinfectant, caractérisée par de faibles valeurs de chlore résiduel, et des conditions de stockage de l'eau dans les ménages (Kouadio *et al.,* 1998). En effet, les températures élevées à l'intérieur des domiciles favorisent l'évaporation du chlore et la prolifération bactérienne. La présence en particulier d'*Escherichia coli* indique qu'il y a une insuffisance de protection de l'eau contre la pollution fécale dans les ménages. Cette contamination peut être corrélée au défaut d'hygiène des mains et du matériel de puisage.

Les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés bien qu'elles ont aussi varié du transport au moment du stockage à domicile sont toutes en dessous des normes préconisées par l'ABénoR (2003) et l'OMS (2008). Les faibles teneurs en NH_4^+ obtenues montrent que

ces particules proviennent principalement du métabolisme cellulaire (Rejsek, 2002 ; Agassounon, Tchibozo *et al.,* 2010). Les nitrites ne sont retrouvés que rarement en concentrations importantes dans les eaux naturelles (Debieche, 2004), ce qui confirme les résultats de la présente étude. Seul l'ammonium dosé dans l'eau de la rivière présente une valeur au-dessus de la concentration maximale admise suivant les critères de comparaison. Ceci s'explique car, l'ammonium est un indicateur de la contamination des sources d'eau par la matière organique (Figala et Hanak, 1986).

Plus les réservoirs sont de grandes capacités, plus longtemps dure l'eau en stockage et plus grand est le nombre de contacts avec l'eau, impliquant plusieurs personnes. Dans ces circonstances, les réservoirs sont moins lavés avec un détergent et un désinfectant ; tous facteurs pouvant entraîner une sur-contamination (Sackou *et al.,* 2010). Il est donc établi que l'ensemble de ces pratiques a une influence sur la prévalence des maladies diarrhéiques. En effet, la diarrhée, symptôme majeur des maladies hydriques est fréquente dans les ménages n'ayant pas d'accès à une source d'eau améliorée (Nanan *et al.,* 2003). Dans ce travail, la présence de germes a été significativement associée au grand volume des récipients utilisés et l'absence de couvercle.

En émettant comme hypothèse qu'il y aura diminution de la prévalence des cas de maladies diarrhéiques si le taux de desserte en eau est au-dessus de la norme en milieu rural dans tous les arrondissements de la Commune de Lalo, les résultats de la présente recherche sont contraires à ce postulat. Il s'avère donc que dans la présente étude la prévalence des maladies diarrhéiques évolue pratiquement au même rythme que le taux de desserte. Tout ceci, influence la fréquence positive observée pour les maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo. Ces mêmes résultats sont trouvés par Makoutodé *et al.*, 1999 ; Orékan, 2000 ; Curtis et Cairncross, 2003 ; Schwartz *et al.*, 2006 ; Azonhè, 2009 ; Babadjidé, 2010), l'OMS (2013), Sèbo (2014). Ils ont mis l'accent sur la pluralité des modes d'approvisionnement en eau potable qui a été identifiée comme étant un facteur de risque important dans la prévalence des maladies diarrhéiques. Ainsi, la deuxième hypothèse de cette étude est vérifiée.

Des pratiques et comportements des populations affectant la qualité de l'eau de boisson dans la commune de Lalo

La chaîne de contamination de l'eau est désormais établie. Les pratiques humaines sont les principaux facteurs responsables de l'insalubrité de l'eau. En effet, le mode d'élimination des ordures, des eaux usées, des excréta, les conditions de prélèvement, de transport, et de

stockage de l'eau, les fréquences de renouvellement de l'eau des récipients de stockage, les divers modes de lavage des récipients d'eau sont les principaux facteurs qui polluent l'eau de boisson. Ces résultats sont corroborés par Ngnikam *et al.,* (2007) qui ont identifié plusieurs facteurs pouvant influencer la qualité de l'eau. Ces principaux facteurs sont la nature et l'origine du récipient, l'environnement du récipient, le standing de l'habitation, la durée de stockage, la caractérisation de la prise d'eau et les conditions de transport (récipient et distance parcourue).

Les analyses d'eau ont été faites en saison pluvieuse seulement. Ceci se justifie par le fait que la pollution même si elle varie d'une saison à l'autre n'est pas le plus important mais c'est la présence des germes pathogènes et la variation des paramètres physico-chimiques qui attirent plus l'attention. Si, la pollution, surtout bactériologique est détectée dans l'eau au cours de n'importe quelle saison, l'eau devient automatiquement impropre à la boisson pour toutes les saisons. Dans la Commune de Lalo, 35 échantillons d'eau prélevés ont été analysés à trois niveaux que sont à la source, pendant le transport et au stockage à domicile. Il ressort donc des résultats que tous les échantillons d'eau prélevés présentent des germes pathogènes signes de pollutions bactériologiques durant le transport et au stockage de l'eau à domicile. Même si à la source certains échantillons d'eau sont exemptes de pollution, leur qualité devient dégradée pendant le transport et au stockage à domicile.

L'eau fournie par les forages est relativement bonne, mais sa qualité se dégrade au cours du transport et surtout pendant le stockage au niveau des ménages. En effet, la phase de transport n'est pas la plus problématique. La présence de germes est due à l'utilisation de bidons de transport à entrée étroite, donc difficile à nettoyer efficacement et montrant le développement d'un biofilm et d'algues sur les parois. Mais par contre, la phase de stockage est la plus problématique. L'accessibilité de l'eau stockée aux animaux et aux enfants est un facteur de contamination certain. Le mode de puisage par le biais d'un gobelet entraîne aussi une mise en contact de micro-organismes du milieu avec l'eau. Enfin, la propreté du récipient ainsi que l'hygiène du ménage ont un impact réel sur la qualité de l'eau (Lalanne, 2011).

Pour Edorh (2007), Codjo (2011) et Sèbo (2014), la contamination bactériologique est signe d'une pollution organique probablement issue des déchets d'origine animale, humaine ou par les effluents chargés de fertilisants et de pesticides surtout organochlorés utilisés en agriculture qui sont souvent drainés vers les plans d'eau au cours de la saison pluvieuse. Cette affirmation est confirmée par Kélomè *et al.,* (2012) dans leur étude réalisée sur les puits des

Communes de Parakou et de Tchaourou. Ainsi, ils affirment que la forte présence dans les puits de germes aérobies revivifiables pourrait s'expliquer par une contamination d'origine humaine et animale par l'absence d'application des règles élémentaires d'hygiène que sont : la protection correcte des puits après puisage, les activités agricoles et d'élevage, l'éloignement des fausses septiques et des latrines des puits (disposés diamétralement opposés). De pareils résultats sont trouvés par Makoutodé *et al* (1999) à Grand-Popo, Hediblé (2007) dans l'Atlantique, Dégbey *et al.,* (2008) dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin Dégbey *et al.,* (2009), à Godomey, Babadjidé (2011) à Kétou et Lagnika (2015) dans les arrondissements de Pobè, Lokossa et de Parakou. Pour tous ses auteurs, l'homme par ces activités contribue à la pollution de l'eau avec les rejets et dépôts de déchets. Cependant, les fortes concentrations enregistrées lors du transport et à domicile au moment du stockage de l'eau s'explique tout simplement par les diverses manipulations faites dans l'eau. Le récipient de prise de l'eau, les mains chargées de bactéries lors de la prise de l'eau et l'hygiène peu assurée des récipients de conserve de l'eau sont autant d'éléments qui peuvent altérer la qualité de l'eau de boisson surtout à domicile. Ce résultat est confirmé par Cairncross (2003) qui situe la pollution de l'eau à trois niveaux fondamentaux. Que sont les puisettes de l'eau, le transport de l'eau et les conditions de stockage de l'eau à domicile. Ainsi, la variation de la qualité de l'eau au moment du transport et à domicile rend compte des comportements et des pratiques en matières d'activités et d'hygiène des populations dans la Commune de Lalo. Donc l'hypothèse 3 de la présente étude est vérifiée également.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Elément vital, chargé de symboles, de culture et de spiritualité, l'eau n'a jamais, par le passé, été traitée comme une marchandise banale. Cette ressource est indispensable à la vie et non substituable. C'est donc dans ce contexte que la présente recherche basée sur l'accès à l'eau de boisson et maladies diarrhéiques a permis d'établir les relations probables qui existent entre les différents accès à l'eau de boisson (accès géographique, financier et culturel) et les maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo. Mais, avant de parvenir à cette ultime étape, deux séries de données ont été utilisées. La première concerne les données déjà synthétisées des SNIGS, de la BDI/DG-Eau et la deuxième les données socio-économiques recueillies auprès des ménages et des personnes ressources. A l'issu donc de ces étapes, les résultats obtenus ont permis de caractériser l'eau à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo, d'apprécier la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau et également d'établir les corrélations entre la prévalence diarrhéiques et les modes d'accès à l'eau.

En effet, l'Accès à l'eau de boisson dans la Commune est assuré par deux types de sources. Les sources approuvées (ouvrages hydrauliques) et celles non approuvées (eaux de surface, puits traditionnels, eaux de pluie). Dans la Commune de Lalo, le taux de desserte en eau potable est de 88,3 % en 2013. Mais des disparités existent entre les arrondissements considérés séparément. Les arrondissements Banigbé, Lokogba et Tchitto ont les taux de desserte les plus bas de la Commune. Ce qui contraint les populations de ces arrondissements à s'approvisionner à partir des sources d'eau non approuvées pour satisfaire leurs besoins en eau. Il existe 350 points d'eau dans la Commune pour un besoin de 397 points d'eau. Mais ces points d'eau existants n'arrivent pas toujours à fournir de l'eau pour satisfaire les besoins des populations sans cesse croissante. De plus, les longues distances parcourues, le coût inhérent à l'eau, les coupures d'eau observées qui durent parfois deux (02) à trois (03) jours et la géologie en place limitent l'accès à l'eau pour certains ménages qui sont donc obligés de consommer l'eau des sources non approuvées (puits traditionnels, citerne et rivière). C'est ainsi que les sources d'eau qui desservent les populations en eau dans la Commune ont été soumises à des analyses physico-chimiques et bactériologique afin d'apprécier leur qualité.

Les mesures in situ montrent que les eaux échantillonnées sont fortement minéralisées ce qui est lié à la nature des roches géologiques en place ainsi qu'à la nature des sols qui facilitent l'infiltration des particules en suspension.

L’analyse microbiologique des échantillons d’eaux de puits, de forages et du fleuve Couffo a montré une forte présence de germes banals, de coliformes totaux et de germes pathogènes tels que les *Escherichia coli*, les *Salmonella* et *Shigella*, les streptocoques fécaux et les *Clostridium*. Les échantillons du fleuve Couffo et des puits contiennent les plus fortes concentrations de ces micro-organismes au-delà des valeurs maximales admissibles. Mais les échantillons de forage à la sortie du réseau ne sont pas pollués par les germes pathogènes. Lors du transport et durant la conservation à domicile, ces eaux deviennent polluées par la présence des germes dont les valeurs sont au-dessus de celles admises par L’OMS. De ce point de vue, les eaux du secteur d’étude deviennent dans leur majorité polluées durant le transport et au stockage à domicile.

Cette altération de la qualité de l’eau est due aux facteurs comportements des populations de la Commune. L’étude a montré que l’assainissement et l’hygiène constituent un véritable problème tant pour les ménages que les autorités. En effet, la Commune de Lalo présente une gestion hasardeuse des eaux usées, des ordures ménagères et également de l’élimination des fèces. Les abords immédiats des points d’eau sont insalubres et mal entretenus. Certains végètent dans la boue, les tas d’immondices et les mauvaises herbes. Les fèces humaines et les déjections animales sont mal gérées ou simplement déposées dans la nature (l’air libre) qui devient le lieu de défécation par excellence des populations. A ces facteurs s’ajoutent les eaux vannes et celles de douches non canalisées qui constituent de véritables gites larvaires pour l’éclosion des germes et bactéries dont le contact avec les sources d’eau est facilité par les eaux de ruissellement. Outre ces facteurs, il existe également les conditions de transport et de stockage de l’eau, les différentes manipulations faites sur l’eau, les récipients de prises de l’eau et la propreté des mains trempées dans l’eau par les membres du ménage au moment de son prélèvement ainsi que l’hygiène du contenant de l’eau. La pollution des eaux est appréciée par les populations à travers les éléments visuels et organoleptiques dont la couleur, l’odeur, la saveur et aussi la charge en débris et en particules de roches qu’elles contiennent. Et la qualité de l’eau est un concept particulier qui signifie dénuée de toute impureté visuelle c'est-à-dire une eau claire et limpide. Ces divers pratiques et comportements influencent la prévalence des maladies diarrhéiques.

L’étude a aussi montré une forte prévalence des maladies diarrhéiques qui varie d’un arrondissement à un autre. Ces maladies sont les diarrhées (diarrhées fébriles, diarrhées avec déshydratation et autres diarrhées), les affections gastro-intestinales, et parfois des épidémies

de choléra. Les statistiques épidémiologiques de la Zone Sanitaire Toviklin-Klouekanmè-Lalo montrent que les maladies diarrhéiques occupent le 3ème rang des affections avec un pourcentage estimé à 11,67 %. Le croisement entre l'évolution des cas de diarrhée et le taux de desserte en eau montre que les maladies diarrhéiques évoluent au même titre que le taux de desserte alors que dans la Commune 63,64 % des arrondissements ont un taux de desserte supérieur à celle de la moyenne nationale qui est 69,3 %.

L'impact des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo est aussi bien économique que social. Il se manifeste d'abord par les dépenses engagées par le patient ou sa famille pour les soins et les pertes de ressources dues au nombre de jours sans activité. Ensuite, les gardes malades finissent par abandonner les malades pour vaquer à leurs occupations créant ainsi des tensions entre les membres de la famille. Pour combattre les impacts des maladies diarrhéiques, les populations de Lalo adoptent ainsi des méthodes endogènes de prévention et de traitement curatives. Les méthodes préventives passent par les techniques de purification de l'eau telles que la décantation, l'utilisation de l'alun, la filtration et l'ébullition. Ces méthodes sont certes efficaces à rendre l'eau pure et limpide, mais toutefois, elles ne garantissent pas l'élimination des germes pathogènes contenus dans l'eau ni ne régulent la concentration des ions excédentaires nocifs à la santé.

Les facteurs explicatifs de la variabilité de la prévalence au sein de la Commune ne sont plus uniquement les différents modes d'accès à l'eau mais l'aspect environnemental aussi a un poids important dans cette balance de la prévalence. Lorsque les sources d'approvisionnement en eau potable améliorées sont accessibles, il faut encore déployer des efforts très importants pour améliorer l'accès aux services de soins. Le branchement à un réseau de distribution public permet de consacrer une plus grande part de la consommation à l'hygiène, et il est avéré que cette formule qui présente le coût par habitant le plus élevé, donne les meilleurs résultats sur le plan sanitaire. Les résultats ainsi obtenus, rendent compte des réalités en matière d'accès à l'eau et en matière de prévalence des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo. Les relations entre l'environnement et la santé sont très développées. C'est donc à juste titre que de vastes opérations de sensibilisation doivent être régulièrement initiées autour de grandes thématiques pour éduquer les populations sur les effets de l'environnement sur la santé. L'éducation à l'environnement et à la santé se trouve aujourd'hui être un outil très efficace dans la lutte contre les maladies liées à l'environnement. Il s'avère donc important, surtout pour les autorités locales avec l'avènement de la

décentralisation qui leur transfère des compétences afin d'assurer un meilleur équilibre surtout sur le plan assainissement et hygiène de base pour réduire la prévalence des maladies diarrhéiques. D'énormes efforts sont déjà faits par des ONG comme SNV, PROTOS, JAE intervenants dans les domaines de l'assainissement, l'hygiène et l'accès à l'eau potable dans la commune. Mais néanmoins, les actions de ces ONG doivent porter sur les volets que sont l'éducation de base relative à l'environnement, à la santé et l'assainissement et la gestion des ordures ménagères. Ainsi, des actions essentielles d'appoint doivent être menées dans une approche intégrée alliant des solutions techniques (promotion du branchement au réseau d'adduction ou de réservoirs adaptés) et une éducation appropriée dans le but de réduire les risques de maladies hydriques dans la communauté. C'est ainsi que des recommandations ont été faites afin de maintenir la qualité de l'eau de boisson de la source jusqu'à la consommation dans le but de réduire la forte prévalence des maladies diarrhéiques observée dans la Commune.

RECOMMANDATIONS

Les recommandations sont formulées à l'endroit des communautés, des autorités communales et des ONG installées dans la Commune afin d'accompagner les populations à réduire les cas de diarrhées. Il s'agit de :

- ✓ sensibiliser les populations sur le respect de la ceinture de sécurité autour des points d'eau afin d'empêcher la pollution de l'eau à la source ;
- ✓ sensibiliser les femmes surtout sur la nécessité de couvrir les récipients remplis d'eau lors du transport et de garder le gobelet de prise de l'eau à domicile dans l'eau stockée ;
- ✓ éduquer les femmes pour un changement de comportement afin de maintenir la qualité de l'eau depuis la source jusqu'à la consommation ;
- ✓ pratiquer l'éducation à l'hygiène et la promotion des réservoirs pour un stockage hygiénique de l'eau à domicile ;
- ✓ prévoir la distribution des maladies diarrhéiques dans le temps et dans l'espace afin de cibler les interventions, d'anticiper les épidémies et de prévenir la propagation ;

- ✓ responsabiliser les autorités locales pour leur implication effective et efficace dans la fourniture de l'eau potable et dans la gestion efficiente des points d'eau en relation avec les populations ;
- ✓ informer les populations sur l'importance de s'abonner aux ONG de pré-collecte des ordures ménagères pour faciliter l'élimination correcte des ordures afin de limiter la pollution fécale de l'eau.

Certes des initiatives du genre existent déjà mais elles sont limitées en majorité à l'arrondissement de Lalo-centre. Il est donc impérieux et urgent que des stratégies soient mises en place par les autorités dans tous les arrondissements de commun accord avec les populations pour régler effectivement et durablement le problème de gestion des ordures ménagères.

Cette étude ne saurait donc se limiter à cette infirme partie du problème de l'accès à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo. Bien que dans les documents de référence en matière de taux de desserte montrent que la Commune de Lalo fait partie des Communes du Bénin dont l'accès à l'eau est bon, des études supplémentaires doivent être en réalité faites. Ainsi certaines pistes de recherches méritent d'être explorées afin de mieux appréhender les causes de la détérioration de la qualité de l'eau surtout à domicile où il est remarqué une multiplication excessive des bactéries. Ces études sont entre autres :

- ✓ l'analyse chimique de la jarre de stockage de l'eau à domicile afin de voir si la pollution de l'eau observée à domicile est seulement liée aux comportements des communautés et/ou à la nature des récipients;
- ✓ la mise en place de l'approche éco systémique de la santé humaine afin de déterminer une stratégie itérative de recherche pour améliorer la santé des communautés.

BIBLIOGRAPHIE

La liste des ouvrages lus pour cette thèse est présentée suivant le modèle Vancouver.

Aboubakar A. (1995) : Connaissances et pratiques face au paludisme. Enquête médicale en pays Songhay–Zarma. *Cahiers Santé* ; *5 :* 307-313.

Aboubakar C. (2007) : Approvisionnement en eau potable des quartiers périphériques de Parakou. Mémoire de maîtrise de Géographie, FLASH / UAC, 98 p.

Adam K S. et Boko M. (1993): Le Bénin. Paris, Edicef, 2ème édition, 93 pages.

AFD (2012): L'AFD, l'eau et l'assainissement Un service pour tous, une ressource pour demain Edition Planète, France 8 p.

Afrique Conseil (2006): Monographies des six Communes d'Aplahoué, Djakotomé, Dogbo, Klouékanmè, Lalo et Toviklin dans le cadre de l'élaboration de leurs Plans Communaux de développement (PDC, mars-avril 2006). Rapports définitifs (Aplahoué, 21 pages ; Djakotomé, 33 pages ; Dogbo, 42 pages; Klouékanmè, 21 pages ; Lalo, 68 pages; Toviklin, 41 pages).

Agassounon Djikpo Tchibozo M., Toukourou F., Ahanhanzo C., Agbangla C., Soncy M. et de Souza C. (2007): Evaluation des risques infectieux liés à l'utilisation des flaques d'eau. *Climat et Développement 4 :* 114-120.

Agassounon Djikpo Tchibozo. M., Alassane A., Mama D., Ahanhanzo C., Toukourou F., et Agbangla C. (2010): Contrôle des paramètres physicochimiques des eaux en bouteille vendues à Cotonou. *SOACHIM ; 7 :* 131-138.

Agassounon Djikpo Tchibozo M.., Ayi-Fanou L., Lozes L., Fadonougbo R.et Anago G. (2012) : Impacts sanitaires liés à l'usage des eaux de puits, à l'assainissement et à l'aménagement à Gbôdjê dans l'arrondissement de Godomey au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci ; 6(2):* 592-602.

Agbangla C., Ahanhanzo C., Aghazadeh N. et Mogadam A. A. (2004): Evaluation effect of geological formation on groundwater quality in the Harzandat plain aquifer. *Symposium of Geosciences of Iran; 22*: 392-395.

AICD (2009): Africa's Infrastructure: A Time for Transformation - Water resources are underutilized in Africa across the board, yet conflicts between water uses are common. Africa Infrastructure Country Diagnostic, (Consulté le 10/03/2013).

Amegee K. P. (1992) : Analyse du secteur eau et assainissement au Bénin. - Cotonou : Ministère de la Santé, - 93 p.

Amoussou E. (2005) : *Variabilité hydro-climatique et dynamique des états de surface dans le bassin versant du Couffo.* Mémoire de DEA, Université d'Abomey-Calavi, Bénin 105 p.

Amoussou E. (2010) : *Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest).*Thèse de doctorat, EDP/GENV/FLASH/UAC, 315 p.

Ancelle T. (2011) : Statistique Epidémiologique, 2ème édition, Coll. Sciences Fondamentales, Maloine, Paris, 9 p.

Anonyme, (2003) : Larousse encyclopédique, 100 ème édition.

Assougla I. (2000) : *Qualité de l'eau de puits dans la circonscription de Kandi. Mémoire de maîtrise en Géographie. Abomey-Calavi,* FLASH, 105 p.

Atchadé G. (2014) : *Impacts de la dynamique du climat et de l'occupation des terres sur les ressources en eau du bassin versant de la rivière zou dans le Bénin méridional.* Thèse de Doctorat Unique. EDP/GENV/FLASH/UAC, 235 p.

Atokaré A. (2008) : *Facteurs explicatifs de la morbidité diarrhéique chez les enfants de moins de cinq ans au Tchad.* DESSD, IFORD, Université de Yaoundé II, 92 p.

Aubry P. et Gaüzere B.A. (2012) : Les maladies liées à l'eau, in Médecine Tropicale 7 p.

AWWA (2006): Water chlorination/chloramination practices and principles: manual of water supply practices. 2ème edition. American Water Works Association, Denver, Colorado, 54 p.

Azami Hassani T. (1996): *Contribution à l'étude de la pollution des eaux continentales au Maroc : « Evolution de l'impact des effluents d'une raffinerie (S.C.P) sur un oued en zone semi continentale (R-dom) »* thèse de troisième cycle. Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences –Semlalia, Marrakech.

Azonhè T. (2005) : *Impacts sanitaires et socio-économiques de l'exploitation agricole des espaces inondables de la dépression des Tchi à Lalo au sud-du Bénin*. Mémoire de DEA, EDP/GENV/FLASH/UAC, 90 p. + annexe.

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.

Azontondé H.A. (1991) : Propriétés physiques et hydrauliques des sols du Bénin. Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian Zone. *IAHS;* 199: 249-258.

Babadjidé C.L. (2011) : *Influences de la pollution hydrique sur la santé humaine dans le bassin du Mono au Bénin,* Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, EDP, FLASH, UAC, 314 p.

Baba–Moussa A., Maystre L. Y., Schertenleib R. (1995) : Étude de la pollution bactériologique de la nappe phréatique à partir d'une latrine en Afrique subtropicale. *La Tribune de l'Eau [Trib. Eau] ;* 48 (578) *:* 43-58.

Baechler L. (2012) : « La bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable ». *L'Europe en Formation* ; 3 (365) : 3-21.

Bahir M., Ménani M., Oliveira (da) Silva Blavoux B., (2003) : Impact de la sécheresse sur la ressource en eau en zone semi aride : cas de l'aquifère Barrémien –Aptien de la zone côtière d'Essaouira (Maroc). Ecologia de la intrusion de agua de mar en acuiferos costeros : paises mediterraneos. *IGME. ISBN* ; 84 : 740-748.

Bakker K. (2008): The ambiguity of Community: Debating Alternatives to Private Sector Provision of Urban Water Supply. *Water Alternatives*; 1 (2): 236-252.

Baltazar. J.C., Solon. F.S. (1988): Disposal of faeces of children under two years old and diarrhoea. A case control study. *In International Journal Epidemiology, Supply;* 18 (2-4): 16-19.

Bandura R. **(2005):** Measuring Country Performance and State Behavior: A Survey of Composite Indices. New York, United Nations Development Programme 65 p.

Banque Mondiale (1994) : Rapport sur le développement dans le monde: des infrastructures dans le développement, Banque Mondiale, Washington DC, 245 pages.

Barbieri M. (1991) : Les déterminants de la mortalité des enfants dans le Tiers monde, Les dossiers du CEPED, CEPED, Paris, 40 p.

Barthel R., Sonneveld B. G. J. S., Götzinger J., Keyzer M. A., Pande S., Printz A.et Gaiser T. (2009): Integrated assessment of groundwater resources in the Ouémé basin, Benin, West Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 34 (4-5): 236-250.

Baron C., Tidjani A. M., (2011) : « L'accès à l'eau en Afrique subsaharienne : au-delà des modèles, une pluralité d'innovations locales », *Mondes en développement*, 3/2011 ; (155) : 7-22.

Bélosevic M., Craik S.A., Stafford J.-L., Neumann N.-F., Kruithof J., Smith DW. (2001): Studies on the resistance/reactivation of Giardia muris cysts and Cryptospor-

idiumparvum locusts exposed to medium-pressure ultraviolet radiation. *FEMS Microbiol. Lett*; 204 (1): 197-203.

Bénin, études nationales de perspectives à long terme (2000) : Bénin, 2025 Alafia, Stratégies de développement du Bénin, 112-113.

Berton Y. O. (2010) : L'approvisionnement en eau des populations rurales au Congo-Brazzaville**.** *Dynamique des campagnes tropicales* ; 249 : 7-30

Besancenot J.P. (1989) : Le géographe face à l'étude des relations climat-santé : premiers résultats et pistes de recherches. *Climat et santé ;* 1 : 1-28

Besancenot J.P. (1992) : Risques pathologiques : Rythmes et paroxysmes climatiques. Paris-Londres-Rome, John Libbey Eurotext, 414 p.

Besancenot J.**P**., **Handschumacher P., Ndione J.A., Mbaye I. Laidi K. (2004)** : Climat eau et santé au Sahel ouest-africain. *Sécheresse*; 15: 33-41

Bessan M. (2011) : *Dynamique de la population et approvisionnement en eau de boisson dans la commune d'Adjohoun,* mémoire de DEA, FLASH / UAC, 98 p.

Boadi et Kuitunen (2005): Environment, wealth, inequality and the burden of disease in the Accra metropolitan area, Ghana. *Int J Environ Health Resources*; 15: 193-206

Boutin C. et Dias N. (1987) : Impact de l'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech sur la nappe phréatique. *Bull. Fac. Sci. Marrakech (Sect. Sci. Vie) ;* 3: 5-25

Boukari M. (2002) : Réactualisation des connaissances hydrogéologiques relatives au bassin sédimentaire côtier du Bénin. Rap. DH. Appui à la Gestion des Ressources en Eau (AGRE). Cotonou Bénin. 134 pages + annexes.

Buisson Y. (2001) : Les diarrhées, un problème de santé publique. *Médecine Tropicale* ; 61 : 205- 209.

Bourgeois C. M., et Leveau J. Y. (1991): Technique d'analyse et contrôle dans les industries agroalimentaires. *Contrôle microbiologique* ; 3 : 327-334.

Bradley *et al*. (1992): A Review of Environment Health in Developing Country Cities, urban Management Program, 58 p.

Brasseur G. (2009) : Incidences du changement climatique sur la qualité de l'air. *Bulletin de l'OMM ;* 58 (1) : 10-15.

Bremer P.J., Webster B.J. et Wells D.B. (2001): Bio corrosion of copper in potable water. *J. Am. Water Works Assoc;* 93(8): 82–91.

Brooks D.B., Rached E. et Saade M. (1997): Management of water demand in Africa and the Middle East. Current Practices and Future Needs. IDRC, 162 p.

CAE(2010) : Approvisionnement en eau potable au Bénin: problèmes et perspectives, Rapport ; 68 p.

Cairncross S. (2003): Measuring the health impact of water and sanitation: 1-4.

Cairncross S., O`Neill D., Mccoy A. Sethi D. (2003c): Health, environment and the burden of Disease. *A guidance note. DFID* : 1-53.

CEBENOR (2001): Eaux minérales et eaux de source : spécifications et critères de qualité, 17 p.

CEBENOR (2003): Eaux minérales naturelles et eaux de source : (Norme Béninoise), spécifications et critères de qualité. 1ère édition, Bénin, 17 p.

CEDEAO (2008) : Les maladies transmissibles. Atlas de l'Intégration Régionale en Afrique de l'Ouest : Série population, 20 p.

CEAEQ (2000): Recherche et dénombrement des coliformes totaux ; méthode par filtration sur membrane. Québec: Gouvernement du Québec, 27 p.

CEAEQ (2004): Recherche et dénombrement des entérocoques ; méthode par filtration sur membrane. Québec: Gouvernement du Québec, 20 p.

Chausse K., Phaneuf D., et Levallois P. (2003): Nitrates/Nitrites dans fiche de synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Institut National de santé publique. Québec. Contamination of the Gangetic river system right at. its source. Ecological Indicators 49 p.

Charrière G., Mossel D. A. A., Beaudeau P. et Leclerc H. (1994): Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of enterobacteriaceae and of selection of *Enterococcus spp*. For the official monitoring of drinking water supplies. *Journal of Applied bacteriology*; 76: 336-244.

Charlet F., Bamory D. **(1985):** Expérimentation de solution en vue d'améliorer la qualité de l'eau à domicile en milieu rural. In : VILLOUD M. C. *Eau et Santé. - Abidjan : INSP – SNES ;* 85-88.

Cheik F. (2008) : Etude de la qualité de l'eau de robinet et celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédia waye. Mémoire de maîtrise de géographie, Université Cheikh Anta Diop Dakar, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, 124 p.

Chippaux J.-P., Houssier S., Gross P., Bouvier C., Brissaud F. (2002) : Étude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. *Bull Soc Pathol Exot*, **94**(2), 119-123.

Claon J.S., Sackou K.J., Attia A.R., *et al.,* (2005) : Accessibilité, hygiène et qualité de l'eau à usage domestique dans la commune de Koumassi. Abidjan. *Cahier de Santé Publique* ; 4 (2) : 5-12.

Clégbaza G. (2000): Qualité de l'eau et technique de désinfection. Cotonou, 27 p.

Curtis V.A., Cairncross, S. (2003): Effect of washing hands with soap on diarrhea risk in the community: a systematic review. London School of Hygiene and Tropical Médecine, 98 p.

Coing H., Conan H., Etienne J., Jaglin S., Morel à l'huissier A. et Tamiatto M. (1998 : Pour une gestion durable des systèmes d'approvisionnement en eau potable dans les petits centres et villes d'Afrique, communication à la conférence internationale eau et développement durable, UNESCO Paris, 19, 20 et 21 mars 1998.

Curtis C. *et al.* (2009): Fecal contamination of drinking water in a Brazilian shanty town: importance of household storage and new human fecal marker testing. *Journal Water Health;* 7: 324-331.

Curtis V.A., et al., (2000): Domestic hygiene and diarrhea, pinpointing the problem. *Trop Med Int Health*; 5: 22-32.

Curtis, V.A., Cairncross, S. (2003): Effect of washing hands with soap on diarrhea risk in the community: a systematic review. London School of Hygiene and Tropical Médecine 47 p.

Cocheton, J.-J., Guerre, J., Pequignot, H. (1987): Histoire illustrée de l'hépato gastro-entérologie de l'antiquité à nos jours. Paris: Roger Da costa.

Code de l'Hygiène Publique (1987) : loi n°87-015 du 21 septembre 1987 portant code de l'hygiène publique, 19 p.

Cohen, Y., Smith, S. et Baribeau, H. (2001). Nitrification: causes, prevention and control. *Op flow*; 27(12): 6-12.

Collignon B. et Vézina M. (2000) : Les opérateurs indépendants des services de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement en milieu urbain africain. Banque internationale pour la reconstruction et le développement/ Banque mondiale. 1818 H Street N.W. Washington, DC 20433, 97 p.

Comite Directeur Inter-Institutions de Coopération pour la Décennie (1990) : Impact de l'eau et de l'assainissement sur les maladies diarrhéiques - Genève - 178 p.

Coulibaly K. (2005): *Etude sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako* : Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto- Stomatologie, 69 p.

Copeland C.C, Beers B.B et Thompson M.R (2009): Fecal contamination of drinking water in a Brazilian shanty town: importance of household storage and new human fecal marker testing. *Journal Water Health*; 7: 324-31.

Dagdeviren H. et Robertson S. (2009): Access to water in the slums of the developing world. Policy Centre for Inclusive Growth Working Paper 57. UNDP. http://www.ipc-undp.org/pub/IPCWorkingPaper57.pdf, consulté le 20/05/2015 à 13 h.

Debieche T.H. (2004): *Evolution de la qualité des eaux sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle: La basse plaine Seybousse*. Thèse de doctorat. Université Franche-Comté des sciences et techniques, 199 p.

Dégbey C., Makoutodé M., Ouendo E.M., Fayomi B., de Brouwer C. (2008): La qualité de l'eau de puits dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin. *Environnement Risque Santé 2008* ; 7 : 279-283. doi: 10.1684/ ers.0158.

Dégbey C., Makoutodé M., Ouendo E.M., Fayomi B., de Brouwer C. (2010): La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey en 2009 au Bénin Afrique de l'Ouest. *Journal Int Santé Trav*; 1:15-22

Deme I. (2003) : *Contribution à l'étude de la qualité des eaux et de la vulnérabilité de la nappe phréatique de la Commune de Bakel et environs (Sénégal),* Mémoire de D.E.A. de Géologie Appliquée, Mention hydrogéologie, U.C.A.D, 88 p + annexes.

Désille D. (2012) : guide pratique : Conservation et traitement de l'eau à domicile, pS-Eau 36 p.

Diallo M.S., (2004): *Contribution à l'étude de la qualité des ressources en eau dans la zone de Dinde fello (région de Tambacounda-Département de Kédougou) Sénégal*. Départ. Géol., Fac. Sci. Et Tech., Univ. Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal 9 p.

Dinar A. (2000): The Political Economy of Water Pricing Reforms, *World Bank – Oxford Univ. Press,* edition 2000.

Diop S., Rekacewicz P. (2003) : Atlas Mondial de l'eau, une pénurie annoncée. Ed. Autrement. 60 p

Djafarou A. (2004): *La contribution à l'évaluation des risques liés aux usages domestiques de l'eau dans la Commune de Kandi*. Mémoire de DESS, IMSP, 69 p **Document de**

programme du Burkina Faso (2006) : Programme d'Approvisionnement National en Eau Potable et d'Assainissement à l'horizon 2015 (PN-AEPA) 55 p.

Dos Santos S. (2005b) : La quête de l'eau en milieu urbain sahélien : l'accès et la perte de l'eau courante à Ouagadougou, Étude de la population africaine, 19, *supplément B* ; 275-303.

Dos Santos S., Legrand T.K. (2005): Effect of Water Supply on Child Survival. A Study of Qualitative and Quantitative Data from Ouagadougou (Burkina Faso), Population Association of America 2005 Annual Meeting, Philadelphia, 31 march-2April 2005, http://paa2005.princeton.edu/download.aspx?submissionId=51559, 19 p.

Dos Santos S. (2006) : Accès à l'eau et enjeux socio-sanitaires à Ouagadougou – Burkina Faso. *In Espace populations sociétés* ; Document disponible en ligne sur le site http://eps.revues.org/index1519.html, consulté le 13/2013 à 20 h 10'

Douglas I., Guthmann J., Muylwyk Q. et Snoeyink V. (2004): Corrosion control in the City of Ottawa -- Comparison of alternatives and case study for lead reduction in drinking water. Dans: Robertson, W. et Brooks, T. (éditeurs). 11ème Conférence canadienne nationale et le 2ème Forum des politiques sur l'eau potable. Calgary, Alberta, Canada. 3-6 avril.

Dupond A. (2007): Autour de la phénoménologie de la perception. Note de cours 84 p.

Dussart C. (1983) : Comportement du Consommateur et Stratégie de Marketing, Mc Graw Hill, 77 p.

Echari C. (1994) : *Impact du statut de la femme sur la santé des enfants au Mexique*, thèse de doctorat, Louvain-la-Neuve, 290 p.

EDC (2011) : Projet hydroélectrique de Lom Pangar évaluation environnementale et sociale volume 1. Evaluation des impacts environnementaux et sociaux (EIES), annexe 5. Analyse complémentaire du volet santé, 146 p.

Edorh A.P., Gnandi K., Elégbédé M. B., Enonhedo S.F., Boko M., (2007): Qualité de l'eau des nappes et son impact sur la santé des populations à Kérou. *Climat et développement* ; n° 4, UAC, 27-37.

EDS (2001) : Enquête Démographique et de Santé du Bénin, rapport de synthèse, 20 p.

EDS (2011) : Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs multiples au Cameroun (EDS-MICS), 576 p.

EDS (2012) : Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs multiples au Bénin (EDS-MICS IV. Rapport préliminaire, 40 p.

EDSB-IV (2013) : Enquête Démographique et de Santé au Bénin (EDSB-IV). Rapport final 2011-2012, 573 p.

EDS-RDC (2011) : Enquête Démographique et de Santé et à indicateurs multiples en République Démocratique du Congo, rapport final, 576 p.

Edwards M. et DudiA. (2004): Role of chlorine and chloramine in corrosion of lead-bearing plumbing materials. *Journal. Am. Water Works Assoc* ; 96(10): 69-81.

El Asslouj J., Kholtei S., El Amrani-Paaza N. et Hilali A., (2007) : Étude de la qualité physicochimique des eaux souterraines de la communauté Mzamza, au voisinage des eaux usées. *Afrique Science ;* 03 (1) : 109-122.

El Haissoufi, H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., etEl Ouali-Lalami A. (2011): Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fes, Maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn ;* 5 (1): 37-68.

Empereur-Bissonet P. *et al.*, (1992) : Application d'un nouveau matériel de transport de stockage pour l'amélioration de la qualité de l'eau de boisson en milieu rural africain. *Bulletin de la société de pathologie exotique ;* 85 : 390-394.

Epur (2007) : Eau de pluie - Edition 2 (01), 18 p.

Esrey S.A. (1996): Water, waste, and well-being: a multi country study. *Am.J.Epidemiol*; 143: 608-623.

Falkenmark M. (1989): The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed. *Ambio*; 18(2): 112-118.

Falkenmark M., Widstrand C. (1992): Population and Water Resources, A Delicate Balance. *Population Bulletin*; 47(3): 1-36.

FAO (2006): Food and Agriculture Organization, Global forest resources assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO Forest y Paper 147 p.

FAO (2006a): World agriculture: towards 2030/2050. Intérim report. FAO, Rome, Italy consulté le 03/01/2014 à 21h 02'.

FAO (2006b)**:** Water desalination for agricultural applications. Prepared by J. Martinez Beltrán and S. Koo-Oshima. *FAO* Land and Water Discussion Paper, no. 5, consulté le 30/03/3012 à 9h 48'.

FAO (2013) : 38e Rapport sur l'eau : Faire face à la pénurie d'eau, un cadre d'action pour l'agriculture et la sécurité alimentaire, 180 p.

Fall B., J.P. Correa S. Sarr (2011) : Guide Méthodologique Pour L'Evaluation de la Vulnérabilité au Changement Climatique au Niveau Communautaire (Zones Côtières), consultant report by Environnement-Développement du Tiers Monde (ENDA), Dakar, Sénégal, for USAID/COMFISH Project, 48 p.

Farah, F. (2003) : Population, traditions and development in western Côte-d'Ivoire. in une science pour l'humanité. Centre de recherche pour le développement international, ID 39209, Ottawa (Canada), 260 p.

Feachem. R, Rahaman. M, Briscoe. *et al.*, (1983): Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management. World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3. Chichester, John Wiley.

Feachem. R. G, Briscoe. J etRahaman. M (1987) : Evaluation de l'effet sur la santé : approvisionnement en eau, assainissement et hygiène. UNICEF, ICDDR_B, CRDI (Centre de Recherche pour le Développement International), Ottawa, Canada.

Feachem R. G, Cousens S.N., Kirkwood B., Mertens T.E. (1988): Case control studies of childhood diarrhea. Minimizing bias. WHO, CDD/EDP/88.2 Geneva.

Fewtrell L, Kaufmann RB, Kay D, Enanoria W, Haller L, Colford JM.JR. (2005): Water, Sanitation, and hygiene interventions tore duce diarrhea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis* 5:42-52.

Figala J., etHanak P. (1986): Nauka o zivotnim prostredi Praha: Vysoka skola zemedelska Praha. *Video press MON*; 63-79.

FMI (2012) : Côte d'Ivoire Rapport de mise en œuvre de la stratégie de réduction de la pauvreté, rapport d'avancement annuel, 144 p.

Frenken K. (2005): Irrigation in Africa in figures - AQUASTAT Survey – 2005. FAO

Freudenberg M. (2003): Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, OECD Publishing.

Gadrey J et Jany-Catrice F. (2005) : Les nouveaux indicateurs de richesse. La Découverte.

Gagneux S., Schneider, C. (1997): Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux usées et polluées en agriculture urbaine : cas du maraîchage à Nouakchott (Mauritanie). Travail de Diplôme en Santé publique et épidémiologie, Institut Tropical Suisse, Bâle, 274 p.

Gagneux S., Schneider C., Odermatt P. *et al.* (1999) : La diarrhée chez les agriculteurs urbains de Nouakchott en Mauritanie. *Méd. Trop.* n° 59 : 253-259.

Galien (1854) : Œuvres anatomiques, physiologiques et médicales. Tome 1. Traduit par Charles Daremberg. Paris : Baillière, 1854 : 129-201.

Godoui (2012) : *Contribution à la gestion intégrée des ressources en eau dans le département du Couffo.* Thèse de doctorat, EDP/GENV/FLASH/UAC, 364 p.

Gomez C.A., (2010) **:** *Qualité des eaux de consommation et l'état de santé des populations en milieu Itcha-Ifè dans le département des Collines au Bénin*. Thèse de Doctorat Unique de géographie, EDP/FLASH/UAC, 265 p.

Grey D. (2000)**:** The Challenge of Water in Africa - A Perspective, 23 February 2000 Overseas Development Institute (ODI) Public event, London. http://www.odi. org.uk/events/details.aspid=2354&title=challenge-water-africa-perspectiv (Last accessed on September 13, 2013).

Groupement CACG (2004) : Étude de la Stratégie de Gestion des Ressources en Eau du Bassin de l'Oum Er Rbia. Rapport d'étude définitif sous-mission II.1b «Synthèse des études réalisées » (Hydrogéologie), / Maroc Développement, juin 2004.

Guinneken et Teunissen (1989) : La morbidité et la mortalité par diarrhée' in mortalité et société en Afrique au Sud du Sahara, éd par PISON, G., VANDE WALL, E., SALADAKANDA, Paris, INED, PUF : 169-193

Guler C. et Thyne G. D. (2004): Hydrologic and geologic factors controlling surface and groundwater chemistry in Indian Wells-Owens Valley area, southeastern California, USA". *Journal of Hydrology;* 285: 177-198

Gumbo B. (2004): The status of water demand management in selected cities of southern Africa. *Physics and Chemistry of the Earth* 29 (15-18): 1225-1231.

Gundry S *et al*., (2004): A systematic review of the health outcomes related to household water quality in developing countries. *Journal Water Health*; 2: 1-13.

Hakmi A. (2006): Traitement des eaux « traitement de l'eau de source Bousfer. Mémoire de licence. Université des Sciences et de la technologie, Algérie 55 p.

Hansen K. (2008): NASA Data Show African Droughts Linked To Warmer Indian Ocean. Terra Daily: News About Planet Earth. http://www.terradaily.com/reports/

Hartemann P. (2001): Approvisionnement en eau et assainissement en milieu tropical. *Médecine Tropicale* ; 61 : 210-213.

Has (2010) : Analyse critique du développement d'indicateurs composites : le cas de l'infarctus du myocarde à la sortie de l'établissement de santé 65 p.

Hassoune El M., BouzidiA., Koulali Y. et Hadarbach D. (2006) : Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Setta (Maroc). *Bull. de l'Inst. Sci., Rabat Sect. Sci. De la vie ;* 28 : 61-71.

Hèdiblé S.C. (2007) : *Perceptions et stratégies d'adaptation des communautés rurales du département de l'Atlantique face à la dégradation de la qualité de l'eau de consommation.* Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 215 p.

Hem J.D. (1970): Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, US Geological Survey Water-Supply Paper,

Holsen T.M., Park J.K., Jenkins D. et Selleck R.E. (1991): Contamination of potable water by permeation of plastic pipe. *JAWWA;* 83(8): 53-56.

Hounmènou B. (2003) : Nouveaux modes de coordination des acteurs dans le développement local – Cas des zones rurales au Bénin », *Développement Durable et Territoires*, Dossier 2, http://developpementdurable.revues.org, 25 pages.

Hounmènou B.G. (2006) : Gouvernance de l'eau potable et dynamiques locales en zone rurale au Bénin », Développement durable et territoires [En ligne], Dossier 6 | 2006, mis en ligne le 12 mai 2006, consulté le 20/11/2013. URL : http://developpementdurable.revues.org/17; DOI : 10. 4000/développement durable.1763

Howard G et Bartram J. (2003): Domestic Water Quantity, Service Level and health, Geneva, WHO, 33 p.

Hossien M. T. (2004): Hydrochemical evaluation of groundwater in the Blue Nile Basin, eastern Sudan, using conventional and multivariate techniques". *Hydrogeology Journal;* 12: 144-158.

Houeha Y.C.L.H. (2007): L'amélioration des conditions d'accès à une eau potable pour l'eau de boisson dans les milieux ruraux du bénin: étude des pratiques locales, mémoire de maîtrise en science de l'environnement, Université du Québec à Montréal service des bibliothèques, 117 p.

Huber-Gieske T.et Bichard P. (2013) : Diarrhées aigües, HUG, 12 p.

Impétus (2009) : Atlas du Bénin: Résultats de recherche 2007-2009, troisième édition ; 144 p.

INSAE/MISD/CIDL (2001) : Atlas monographiques des Communes du Bénin. Cotonou.

INSAE (2004): Cahier des villages et quartiers de ville du département du Couffo. Cotonou, 26 p.

INSAE (2002): Troisième recensement général de la population et de l'habitation. Cotonou, 250 p.

INSAE (2006): Troisième Enquête Démographique et de Santé/Bénin (EDSB III). Rapport définitif, UE/USAID/UNICEF/UNFPA, Bénin, 512 p.

INSAE (2011) : Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages (EMICoV). Enquête de suivi 2010, principaux indicateurs, MCA-Bénin/PNUD/UNICEF, 124 p.

INSAE(2011): Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages (EMICoV). 2ème édition, Rapport préliminaire, PNUD/UNICEF/DANIDA/GIZ, 124 p.

INSAE (2016) : Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH-4, 2013), 85 p.

IWMI (2006): Recycling Realities: Managing health risks to make wastewater an asset. IWMI Policy Briefi ng Issue 17. International Water Management Institute. Http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Water_Policy_Briefs/PDF/wpb17.pdf.(Last accessed on April 29, 2010), consulté le 23/05/ 2014 à 13h 10'

IWMI (2008): Research Theme 4 : Water and Society. International Water Management Institute, Sri Lanka. http://www.iwmi.cgiar.org/Research_Impacts/ Research Themes/ (Last accessed on April 29, 2010), consulté le 23 /05/ 2014 à 14h 03'

IWWA (2011): Deliverable 2.1.: Regional Evaluation of the SWM Situation in Target Countries. Integrated Waste Management in Western Africa 7 p.

Kaoruko S., Takehito T., Nguyen K., Quang L., Masafumi W., Tomoko I., Keiko N. (2008): Bacterial quality of drinking water stored in containers by boat households in Hue City, Vietnam. *Environ Health Prev Med*; 13:198-206.

Kèlomè N.C., Agassounon Djikpo Tchibozo M., Ayi Fanou L.,VihotogbéJ., Mama D (2012) : Etude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de quelques puits à grand diamètre : Communes de Parakou et Tchaourou au Bénin**.** *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* 6 (2)*:* 210-226.

Kirmeyer, G., Odell, L., Jacangelo, J., Wilczak, A. etWolfe, R (1995): Nitrification occurrence and control in chloraminated water systems. American Water Works

Association Research Foundation et American Water Works Association, Denver, Colorado.

Kirmeyer G.J., Lechevallier M., Baribeau H., Martel K., Thompson G., Radder L., Klement W. et Flores A. (2004): Optimizing chloramines treatment. 2ème édition. American water works research foundation et American water works association, Denver, Colorado (rapport no 90993de l'awwa rf).

Kosek M., Bern C., Guerrant R.L (2001): The global burden of diarrheal disease, as estimated from studies published between 1992 and 2000. *Bulletin of the World Health Organization*; 83 (3): 197-204.

Krira A., Chakour B. et Fouta H. **(2001) :** Intensification de l'agriculture et son impact sur l'environnement. Cas des nitrates dans la nappe phréatique de M'nasra du Ghab. Actes 1er colloque sur le développement agricole et la recherche agronomique au niveau de la région du Ghab.

Laaidi K., Minier D., Osseby G.V., Couvreur G. Besancenot J.-P., Moreau T., Giroud M. (2004) : Variation saisonnière des accidents vasculaires cérébraux et influence des conditions météorologiques. *Revue Neurologique*; (160) 3 : 321-330.

Lekadou K.S., Oga A.S., Claon J.S. *et al.*, (2003) : Impact d'un récipient dénommé « vessel » sur la qualité hygiénique de l'eau stockée dans les ménages en milieu défavorisé à Abidjan. *Journal des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques* ; 4 (1): 5-12.

Lagnika M. (2015) : *Diversité faunistique et qualité de l'eau des puits dans les Communes de Lokossa, Parakou et Pobè au Bénin*. Thèse de doctorat, ED/FAST/UAC 244 p.

Lalande A (1985): Vocabulaire technique et critique de la philosophie. Paris, PUF, 15è édition, NP.

Lanois J. N. et Roym C. (**1976):** Manuel du Technicien Sanitaire Genève, 193 p.

Ladwein R. (1999) : Le comportement du consommateur et de l'acheteur. Edition Economica, Paris ; Collection Gestion, 402 p.

Larousse (2003) : Dictionnaire encyclopédique, édition Larousse, Paris CEDEX 06,1815 p.

Le Barbé L., et *al*. (1993) : Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin. Edition ORSTOM, 540 p.

Lewis S., Norman R., Nannan N., Thomas E., Bradshaw D. (2007): and the South African Comparative Risk Assessment Collaborating Group Estimating the burden of disease

attributable to unsafe water and lack of sanitation and hygiene in South Africa in 2000. *South African Medical Journal*; 97:755-762.

Lewis S.J. et Heaton K.W. (1997): « Stool form scale as a useful guide to intestinal transit time » *Scand J Gastroenterol* ; 32(9): 920-940.

Lhadi E.K., Mountadar M. et Tounsi A. (1996): Pollution par les nitrates des eaux souterraines de la zone littorale de la province d'el Jadida (Maroc). *Hydrogéologie ;* 3 : 21-23.

LIFAD/ABPEE (2006): Etude initiale des impacts environnementaux du premier DSRP dans le cadre d'une Evaluation Environnementale Stratégique (EES) au Bénin, MEHU/ABE, PNUD, GIZ, 121 p.

Lytle D., Sorg T., Wang L., Muhlen C., Rahrig M. et French, K. (2007): Biological nitrification in a full scale and pilot scale iron removal drinking water treatment plant. *Journal Water SRT – Aqua*; 56 (2): 125-136.

MAEP (2007): Document de préparation du Programme d'urgence d'installation de 3000 jeunes dans la vallée de l'Ouémé ; MAEP 2007 ; ++ p.

Maier, S.H. (1999). *Modeling water quality for water distribution systems*, thèse de doctorat, Brunel University, Uxbridge, GB.

Maiga A. S. (2005) : *Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière*. Thèse de la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, 77 p.

Maire R. *et al.,* (1994) : Enregistreurs et indicateurs de l'environnement en zone tropicale, Presses Universitaires de Bordeaux, 492 p.

Makoutodé M. *et al.,* (1999) : Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de Grand-Popo. *In Médecine d'Afrique Noire* ; volume 46 (11) : 528-534.

Malnutrition Wash infections (2007): Dynamiques des interactions: Malnutritions, Eau Assainissement Hygiène, Infections, version 2005, révisée en 2007, éditée (support CD), 47 p.

Marie-line G, Patrick L.et Manuel R. (2005) : Utilisation du service Info-Santé CLSC pour la surveillance syndromique des gastro-entérites d'origine hydrique. Institut national de santé publique du Québec.

Marino M. et Boland (1999): An integrated approach to waste water management: Deciding where, when and how much to invest. Washington, DC: World Bank, Directions in development

Massonat (1987) : Méthode de recherche publiée en 2000 sous la direction de Robert Mayer et de Francine Ouellet, NP.

Mayrand K. Morin J. F. et Paquin M. (2002) : L'exportation d'eau en vrac : Survol des enjeux juridiques, socioéconomiques et environnementaux; http://unisfera.org/ Unisfera -Exp. Eau. [Consulté le 14/11/2013].

Mbacke C., et Van de Walle (1989) : les facteurs socioéconomiques et influence de la fréquentation des services de santé, in PISON, G., VAN DE WALLE et SALADIAKANDA, Mortalité et société en Afrique au Sud du Sahara. *INED, PUF, Paris :* 67-83.

Mehta L. (2000): Water for the Twenty-First Century: Challenges and Misconceptions, Institute of Development Studies Working Paper, n°111

MGE Conseils/CREPA. (2009): Livre Bleu Bénin-Rapport pays, l'eau, l'assainissement, la vie et le développement humain durable 103 p.

MISD (2001) : Atlas monographique des Communes du Bénin. Projet tripartite bénino-franco-allemand d'appui à la décentralisation/déconcentration, Cotonou, 258 p.

Ministère de la Santé (1977): Surveillance de la qualité de l'eau de boisson. Genève, 143 p.

Ministère de la Santé (1985): Directives de qualité pour l'eau de boisson (Additif au volume ² Recommandations). 2ème édition. Genève, 129 p.

Ministère de la santé (1986): Directive de qualité pour l'eau de boisson (volume II Critères d'hygiène et documentation à l'appui). 2ème édition. Genève, 341 p.

Ministère de la Santé (1986): Directive de qualité pour l'eau de boisson (volume II Critères d'hygiène et documentation à l'appui). 2ème édition. Genève, 1050 p.

Ministère de la Santé(1986): Directives de qualité pour l'eau de boisson (volume III Contrôle de la qualité pour l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités). 2ème édition. Genève, 120 p.

Ministère de la Santé(1987): Code d'Hygiène Publique. Loi n°87-015 du 21 septembre 1987. Cotonou, 26 p.

Ministère de la Santé(1992) : Programme de lutte contre les maladies diarrhéiques incluant le Choléra. Direction Nationale de Protection Sanitaire, 31 p.

Ministère de la Santé(1992) : Rapport de la commission/Santé et Environnement

Ministère de la Santé (1993): Improving water and sanitation hygiene behaviors for the reduction of diarrheal disease. The report of an informal consultation. CWS/CDD/WH, Genève, 229 p.

Ministère de la Santé (1993): Improving water and sanitation hygiene behaviors for the reduction of diarrheal disease. The report of an informal consultation. CWS/CDD/WHO, Genève, p

Ministère de la Santé(1996): L'Initiative PHAST Participation à la transformation de l'hygiène et de l'assainissement: une nouvelle méthode de travail avec les communautés Genève, 41 p.

Ministère de la Santé(1998): Directives de qualité pour l'eau de boisson (Additif au volume II Recommandations). 2ème édition. Genève, 40 p.

Ministère de la Santé (2003): Programme National d'Hygiène et d'Assainissement de Base (PNHAB). Cotonou, 86 p.

Ministère de la Santé (2006) : Direction de la programmation et de la prospective. Service des statistiques et de la documentation. Annuaire des statistiques sanitaires. Cotonou, 184 p + annexes.

Mirza N.M.*et al.*, (1997): Risk factors for diarrheal duration. *American Journal of Epidemiology;* 146: 776- 785.

- **Missang Ndong J. M. (2001) :** *Facteurs explicatifs de la morbidité des enfants au Cameroun : Cas des maladies diarrhéiques,* mémoire de DESS en Démographie, IFORD, 93 p.

Mokofio F., Renaudet J., Opandy C., Bastard G., Abéyé J., Yétè M.L., Touabé J.,Gondao L. Vohito J.A., (1991): Qualité bactériologique des eaux des puits, des sources et des forages dans la ville de Bangui : Premiers résultats et perspectives. *Médecine d'Afrique Noire ; 38 (11) : 3 p.*

Monjour L. (**2000)** : Désinfection et chloration de l'eau dans les pays du tiers monde. Paris : EAST

Monjour L. (1997) : Les pathologies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau, Faculté de Médecine Pitié-Salpêtrière – Paris. *Les Cahiers du MURS*; n°33 - 2ème trimester.

Moriarty P.M., Butterworth J. A., Batchelor C.H. (2004): Integrated Water Resources Management and the domestic water and sanitation sub-sector. IRC Thematic Overview Paper. Available at http://www.irc.nl/page/1043.

Muylwyk Q. (2009): Chloramine 101: Introduction to planning, design, implementation, and operation with chloramine. A little bit of chloramines chemistry. *American Water Works Association Annual Conference and Exposition*; San Diego, California: 14-18.

Nairain S. (2002): Le WC avec chasse est écologiquement « mal pensé ». *Down to Earth*, (10): 19 p. (www.tu harburg de/susan/downloads/theflushtoilet-fr.pdf.

Nardo M. Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., Hoffman A., et Giovannini E. (2005): Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

Nardo M. *et al*. (2008): Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. Ispra, Italy, Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Commission Européenne (JRC).

Ngnikam E., Mougoue B. et Tiétché F. (2007) : Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 13 p.

Nguendo Yongsi. H. B. (2014) : Morphologie des terrains et maladies diarrhéiques à Yaoundé (Cameroun) : un essai de géomorphologie médicale en milieu urbain tropical». *Revue canadienne de géographie tropicale* [En ligne], (1) 2 : 24-36. mis en ligne le 05 décembre URL: http://laurentienne.ca/rcgt.

NGWE E. (2007) : Population et environnement, notes de cours, DESSD, IFORD.

Nola M., Njine T., Monkiédjè A., Sikati F.V.et Djuikom E. (1998) : Qualité bactériologique des eaux des sources et des puits de Yaoundé (Cameroun). *Cahiers santé* ; 8 (5) : 330-336

OCDE (2004): Améliorer la gestion de l'eau : L'expérience récente de l'OCDE, OECD Publications, Paris, France.

Odell L., Kirmeyer G., Wilczak A., Jacangelo J., Marchinko J. et WolfeR. (1996): Controlling nitrification in chloraminated systems. *Journal. Am. Water Works Assoc*; 88(7): 86-98.

OMS (1946) : Préambule à la Constitution de l'Organisation Mondiale de la Santé, tel qu'adopté par la Conférence Internationale sur la Santé, New York, 19-22 juin 1946, signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 Etats. Actes officiels de l'Organisation Mondiale de la Santé, n° 02, 100 p et entré en vigueur le 7 avril 1948, Document disponible en ligne sur le site http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_fr.pdf

OMS (1993) : *Cours sur la diarrhée*. Manuel de l'étudiant, Genève, 147 p.

OMS (1997): La santé et l'environnement dans le cadre du développement durable. Résumé d'orientation, Genève, Suisse, 23 p.

OMS (2002): Child Health and Development. Department of Child and Adolescent Health and Development, Child Health Epidemiology Reference Group Meeting Report, la Mainaz Gex, France.

OMS (2003) : Année internationale de l'eau douce, faits et chiffres, les maladies liées à l'eau. Document disponible en ligne sur le site www.who.int.

OMS (2003): Situation du réseau EPA au 31 décembre 2002. 135 p.

OMS (2004): Guidelines for drinking-water quality. Vol.1.Recommandations, 3rd Ed. World.

OMS (2004) : Liens entre l'eau, l'assainissement, l'hygiène et la santé faits et chiffres - mise à jour de novembre 2004. Genève.

OMS (2006) : Prévenir la maladie grâce à un environnement sain. Une estimation de la charge de morbidité imputable à l'environnement. Document disponible en ligne sur le site www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdisease.pdf

OMS (2007) : Combattre les maladies véhiculées par l'eau a la maison / Réseau international pour le traitement et la bonne conservation de l'eau a domicile, Organisation mondiale de la Sante 36 p.

OMS (2008): safer water, better health. Norme CCE de l'eau.

- **OMS (2010) :** Rapport sur le progrès en matière d'assainissement et d'alimentation en eau. Paris, France, 58 p.

- **OMS/UNICEF (2000):** Water Supply and Sanitation. Rapport sur l'évaluation de la situation mondiale de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement.

OMS/UNICEF (2004) : Prise en charge de la diarrhée aigüe. 13 p.

OMS/UNICEF (2005): Water for life, making it happen. Rapport d'étude 44 p.

OMS (2005b) : Célébration de la Décennie Internationale d'action l'Eau Source de Vie : 2005-2015 ; Journée Mondiale de l'eau. Guide de sensibilisation. Genève, 34 p.

OMS/UNICEF (2008): Progress on drinking water and sanitation: special focus on sanitation WHO, Geneva and UNICEF, New-York, World Health Organization and United Nations Children's Fund Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP); urban, Niamey (Niger). Rapport ORSTOM Niamey.

OMS/UNICEF (2010): Progress on Sanitation and Drinking Water- 2010 Update. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and

Sanitation.http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241563956_eng_full_text.pdf

OMS/UNICEF (2014): Progression Drinking Water and Sanitation. Rapport-OMS, 80 p.

OMS/UNICEF (2015): Progress on sanitation and Drinking Water. Rapport-OMS, 90 p.

ONU-Eau (2008) : L'assainissement est essentiel à la santé · Fiche factuelle n. 1, 2 p.

ONU-Eau (2009): The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. World Water Assessment Programme (WWAP). UNESCO, Paris, France, and Earth scan, London, UK.

ONU-Eau (2012): The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under uncertainty and risk. World Water Assessment Programme (WWAP). UNESCO, Paris, France.

Onibokun A. (2002): La gestion des déchets urbains. Des solutions pour l'Afrique. Karthala, Paris, 256 p.

Orékan 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

PNUD (2006): Getting Africa on Track to Meet the MDGs on Water Supply and Sanitation. Oxford University Press, 166 p. Development Programme. http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2006_Presskit_en pdf.

PNUD (2006) : Résumé du rapport mondial sur le développement humain, 59 p.

PNUD (2012) : Contribution à l'élaboration du DSRP II au Togo. Rapport du Comité sectoriel "Eau, assainissement, environnement et cadre de vie" Volume 1 : Eau et assainissement Version finale, 129 p.

Pras B. et Tarondeau J. (1981): Comportement de l'Acheteur, édition Sirey 66 p.

Pruss A. et Corvalan C. (2006): Preventing Disease Through Healthy Environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease. Genève, Organization Mondale de la Santé.

Ps-Eau (2009): Gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain, 192 p.

Ps-Eau (2012): Guide pratique sur l'accès à l'eau dans les pays en voie de développement, 18 questions pour des services durables, 52 p.

Réjsèk F. (2002): Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Aquitaine, Bordeaux, France, 358 p.

Randrianasolo Z. (2002) : *Les déterminants de la diarrhée chez les enfants de moins de cinq ans à Yaoundé*, mémoire de DESS en Démographie, IFORD, 103 p.

Sackou K.J., Attia A.R., Claon J.S. *et al.*, (2010) : Analyse qualitative de l'accès à l'eau dans les quartiers précaires du district d'Abidjan. *Cahier de Santé Publique* ; 9 (1): 7-15.

Sadiq R., Kleiner Y. et Rajani B.B. (2004): Aggregative risk analysis for water quality failure in distribution networks, AQUA. *Journal of Water Supply, Research & Technology ;* 53(4): 241-261

Saisana M. et Tarantola S. (2002): State-of-the-art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development. Ispra, Italy, European Commission.

Santé Canada (1995) : Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique les chloramines. Bureau des dangers des produits chimiques, Direction générale de la protection de la santé publique. Ottawa, Ontario. Disponible à : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/chloramines/index-fra.php.

Santé Canada (2002) : Résumé des recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada (résumé préparé par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du comité fédéral-provincial-territorial de l'hygiène du milieu et du travail), Accessible à: www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/sommaire.pdf.

Santé Canada (2008a) : Communication personnelle de K. Taracha, ingénieure, Direction générale de la santé des Premières nations et des Inuits, Ottawa, Ontario, juillet.

Santé Canada. (2008b) : Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique Le chlorite et le chlorate. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). Disponible à : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/chlorite-chlorate/chlorite-chlorate-fra.pdf

Santé Canada (2011) : Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique -N-Nitrosodimethylamine. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). Disponible à : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/ndma/ndma-fra.pdf

Santé Canada (2012) : Communication personnelle d'A.M. Tugulea, Direction des sciences de la santé environnementale et de la radioprotection, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario).

Saunders A.M, Kristiansen A, Lund M. B, Revsbech N. P, Schramm A. (2009): Detection and persistence of fecal Bacteroidales as water quality indicators in unchlorinated drinking water. *Syst Appl Microbiol ;* 32 : 362-70.

Sèbo E. (2014) : *Analyse des facteurs de différenciation de la morbidité diarrhéique dans le bassin géographique sud-Béninois du fleuve mono (Afrique de l'ouest)*. Thèse de doctorat, EDP/GENV/FLASH/UAC, 339 p.

Seck E. (2004) : L'eau en Afrique. Publié dans la revue Média terre-Afrique du 26 p.

SERHAU (2006) : Schéma directeur d'aménagement de la Commune de Lalo, horizon 2021 version finale 170 p.

Schwartz D., (2002) : Méthodes statistiques à l'usage des médecins et biologistes. Collection statistique en biologie et en médecine, 4e édition, Flammarion Médecine Sciences, Paris, 314 p.

Schwartz D., (1995) : Méthodes statistiques à l'usage des médecins et biologistes. Collection statistique en biologie et en médecine, 4ème édition, Flammarion, Médecine et Sciences, Paris, 314 p.

Schwartz B.S., HarrisJ.B., Khan A.I. (2006): Diarrhoeal epidemics in Dhaka, Bangladesh, during three consecutive floods: 1988, 1998 and 2004. *In Jour Trop Med Hyg ;* 74 (6) : 1067-1073.

Sinan M. (2000) : *Méthodologie d'identification, d'évaluation et de protection des ressources en eau des aquifères régionaux par la combinaison des SIG, de la géophysique et de la géostatistique. Application à l'aquifère du Haouz de Marrakech (Maroc)*, thèse d'état. Université Mohamed V de Rabat, Maroc.

Skadsen J. (1993): Nitrification in distribution system. *Journal. Am. Water Works Assoc ;* 85(7): 95-103.

Slansky M. (1959) : *Contribution à l'étude géologique du Bassin sédimentaire côtier du Dahomey et du Togo*. Thèse. Univ. Nancy, série 59, n° 165 et 1962, Mém. BRGM n° 11, 170 p.

Snel M. (2003): School Sanitation and Hygiene Education. Thematic overview paper *IRC International water and sanitation Centre*; 1-50.

Soglo Y. Y., Kibi N. et Thiombiano T. (2001) : Détermination de la demande d'eau potable par la création d'un marché fictif base sur le consentement à payer : cas de la ville de Cotonou au Bénin, 22 p.

Sy I. (2006) : *La gestion de la salubrité à Rufisque (Sénégal) ; enjeux sanitaires et pratiques urbaines* ; Thèse d'Etat de l'Université Louis Pasteur-Strasbourg ; 528 p.

Sy Z.A. et Wade S. (2007): Assainissement, salubrité et santé infanto-juvénile en milieu urbain : analyse de l'impact de l'assainissement sur le développement de la pathologie urbaine. Colloque Santé et environnement : risques et enjeux, Université Senghor, Alexandrie, Egypte 17-18 février, 11 p.

Tandia A. A., Gaye C. B. et Faye A. **(1997)** : Origine des teneurs élevées en nitrates dans la nappe phréatique des sables quaternaires (région de Dakar, Sénégal). Sécheresse; 8 (4) : 291-400

Tanner M.*et al.* (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 : 114-115.

Tazi O., Fahdé A., El Younoussi S. (2001) : Impact de la pollution sur l'unique réseau hydrographique de Casablanca, Maroc. *[Sécheresse : (Montrouge)],12(2) :129-134.*

Thompson J., Porras I. T., Tumwine J. K., Mujwahuzi M. R., Katui-Katua M., Johnstone N. etWood L. (2001): Drawers of Water II: 30 years of change in domestic water use and environmental health in East Africa, London, IIED.

Thompson J. et Cairncross. **(2002):** Drawers of water: assessing domestic use of water *in Africa Bull World Health Organ;* 80: 61-62.

Tizambo C.W. (2010) : Normes en eau potable et assainissement. Licence Professionnelle, option eau et assainissement. Note de Cours.

Togbe M. (2003) : *Dynamique de l'environnement : cas de TCHETTI-DOUME*. Mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, 75 p + annexes.

- Tollo S.C. (1996) *: Etude comparée des bilans d'eau des sols dans le Bas-Bénin*. Mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UNB, 129 p.

Tom G., Barnett T., Lew W., Selmants J. (1987): Curing the Consumer: The Role of Salient Cues in Consumer Perception. *The Journal of Consumer Marketing*, 4 : 23-27.

Tony C. et Maude B. (2005) : L'or bleu - L'eau, nouvel enjeu stratégique et commercial

Totin V.S.H. (2010) : *Sensibilité des eaux souterraines du bassin sédimentaire côtier du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation : Stratégies de gestion durable*. Thèse de Doctorat, de l'université d'Abomey-Calavi, 283 p.

UE/OMS (2007): Normes de l'eau applicable destinée a la consommation humaine. 19p websiaep.faye.free/qualité_de_leau/normes_de_leau/arrete_11-012007_qualite_eau.

UNDP (2006a): Human Development Report 2006. United Nations Development Programme. http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2006. en pdf

UNDP (2006b): Human Development Report 2006 Press kit. United Nations.

UNECA (2006): African Water Development Report. United Nations Economic Commission for Africa. http://www.uneca.org/awich/AWDR_ 2006 htm, consulté le 12/06/2014 à 17h 08'.

UNEP (2002): Atlas of International Freshwater Agreements. United Nations Environment Programme.

UNPD (2004): Human Development Report New York, United Nations Development Program, 285 p.

UNFPA (2009): State of world population, facing a changing world: women population and climate. United Nations Population Fund. New York: UNFPA.

UNICEF (2000): Enfants et femmes avenir du Bénin. Cotonou, 62 p.

UNICEF (2004): Connaissances, attitudes et pratiques en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène dans les provinces d'Antananarivo et de Toliary. Rapport d'analyse, 137 p.

United States Geological Survey (2005): A guide to the proper selection and use of federally approved sediment and water-quality samplers. Open-file report 2005-1087**.** U.S. Department of the Interior et U.S. Geological Survey.

U.S. EPA (2002): Nitrification. Prepared for Standards and Risk Management Division, Office of Groundwater and Drinking Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

UNESCO (2003) : Programme Mondial pour l'Evaluation des Ressources en Eau : L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie. Rapport mondial sur la mise en valeur de l'eau dans le monde, UNESCO, 580 p.

Vazquez E. Sunne X. Sanchez V et CArréra J. **(2005):** Introductory review of specific factors influencing urban groundwater, an emerging branch of hydrogeology, with reference to Barcelona, Spain. *Hydrogeology Journal*; 13: 522-533.

Villand M., Montiel A., Duchemin J., Laruviere M., Zarrabi P. (2001) : Eau et santé : guide pratique pour les intervenants en milieu rural africain, PS-EAU : Edition du Gret, 109 p.

Wari A.S. (2012): Problématique de la gestion des déchets ménagers urbains de la ville de N'djamena: cas du 8eme arrondissement. Mémoire de master en ingénierie de l'eau et de l'environnement. Fondation 2IE 55 p.

Weast R.C., Astle M.J. et Beyer W.H. (EDS.) (1988): CRC handbook of chemistry and physics. 69e édition. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Wibowo, D. and Tisdell, C. (1993) : Health, safe water and sanitation: a cross-sectional health production function for central Java, Indonesia. *Bull. World Health Organ; 71:* 237-245.

Wilczak A. (2006a): Chapitre 2: Nitrification in water and wastewater treatment. Dans: Fundamentals and control of nitrification in chloraminated drinking water distribution systems. Manual of Water Supply Practices M56. 1ère édition. *American Water Works Association*, Denver, Colorado.

Wilczak A. (2006b): Chapitre 4: Overview of causes and control of nitrification in water distribution systems. Dans: Fundamentals and control of nitrification in chloraminated drinking water distribution systems. Manual of Water Supply Practices M56. 1ère édition. *American Water Works Association*, Denver, Colorado.

Wilczak, A., Jacangelo, J., Marcinko, J., Odell, L., Kirmeyer, G. et Wolf, R. (1996): Occurrence of nitrification in chloraminated distribution systems. *Journal. Am. Water Works Assoc;* 88(7): 74-85.

Woldemicael, G. (2004): Diarrheal morbidity among young children in Eritrea: environmental and socio-economic determinants. Journal of Health, Population and Nutrition, 2: 83-90. Water Reports no.29. FAO, Rome. ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/wr29_eng.pdf. (Last accessed on February 2, 2010).

- **Wyss K., Ndiaye M., Yémadji N.D. et Jacolin P. (2000)**: Villes en sursis au Sahel. Expériences au Tchad et au Sénégal. ITS/ENDA-GRAF, Edition L'Harmattan, Paris, 276 p.

Wright J, Gundry S, Conroy R. (2004): Household drinking water in developing countries: a systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. *Trop Med Int Health*; 9:106-17.

Wyss K., Yémadji N.D., Cissé 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

Yaméogo S. et Savadogo Nindaoua A. (2002) : Les ouvrages de captage de la ville de Ouagadougou et leur vulnérabilité à la pollution. Labo Hydrogéologie, Univ .de Ouagadougou, UFR/SVT, 9 p.

Zhang Y., Groiffin A. et Edwards M. (2008): Nitrification in premise plumbing: role of phosphate, pH, and pipe corrosion. *Environ. Sci. Technol ;* 42 (12) : 4280-4284.

Zhang Y., Edwards M., Pinto A. Love N., Camper A., Rahman M. et Baribeau, H. (2010): Effect of nitrification on corrosion in the distribution system. American Water Works Association Research Foundation Denver, Colorado.

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.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma conceptuel de l'eau de boisson et maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo 32

Figure 2 : Lieu de prélèvement des échantillons d'eau 39

Figure 3 : Situation géographique de la Commune de Lalo 60

Figure 4: Evolution de la pluie moyenne mensuelle dans la commune de Bohicon de 1971à 2010 61

Figure 5 : Evolution des moyennes mensuelles des précipitations et d'ETP de 1971à 2010 à Bohicon 62

Figure 6 : Evolution des moyennes mensuelles thermiques à Bohicon entre 1971 et 2010 ... 63

Figure 7 : Evolution du record des moyennes mensuelles des extrêmes d'humidité 63

Figure 8 : Evolution annuelle de l'évapotranspiration de Bohicon entre 1971 et 2010 64

Figure 9 : Contexte géologique de la Commune de Lalo 66

Figure 10 : Substratum pédologique de la Commune de Lalo 68

Figure 11 : Réseau hydrographique dans la Commune de Lalo 73

Figure 12 : Contexte hydrogéologique de la Commune de Lalo 75

Figure 13: Religion d'appartenance des ménages enquêtés 77

Figure 14 : Evolution démographique de la population dans la Commune de Lalo (2002-2025) 78

Figure 15 : Evolution des points d'eau dans la Commune de Lalo de 2004 à 2013 80

Figure 16 : Evolution des taux de desserte et de panne dans la commune de Lalo 2003-2013 82

Figure 17 : Evolution des points d'eau réalisés et ceux fonctionnels dans la Commune de Lalo en 2013 83

Figure 18 : Raisons de l'abandon des infrastructures hydrauliques 101

Figure 19 : Sources d'eau utilisées pour l'usage domestique 104

Figure 20 : Procédés de purification de l'eau avant consommation 105

Figure 21 : Localisation géographique des points d'eau dans la Commune de Lalo 107

Figure 22 : Indice de répartition sectorielle des demandes en eau dans les arrondissements de la Commune de Lalo 110

Figure 23 : Distance moyenne parcourue dans les arrondissements pour s'approvisionner en eau dans la Commune de Lalo 116

Figure 24 : Distance entre certaines concessions et les points d'eau 119

Figure 25 : Nombre d'heures perdues pour s'approvisionner en eau dans la Commune de Lalo 121

Figure 26 : Volume d'eau consommée par jour en fonction de la taille des ménages 124

Figure 27 : Raisons de l'insatisfaction de l'eau potable dans la Commune de Lalo 124
Figure 28 : Appréciation de la qualité de l'eau de boisson par les populations 143
Figure 29: Motifs de consultation dans la commune de Lalo de 2004 à 2013 148
Figure 30: Fréquence des affections par saison dans la Commune de Lalo 149
Figure 31 : Evolution des cas de maladies diarrhéiques de 2004 à 2013 dans la Commune de Lalo 150
Figure 32 : Evolution des cas de diarrhée par arrondissement de 2004 à 2013 151
Figure 33: Affections diarrhéiques par zone topographique de 2004 à 2013 153
Figure 34 : Rythme intermensuel des affections diarrhéiques dans la Commune de Lalo ... 155
Figure 35: Taux de prévalence des maladies diarrhéiques et taux de desserte dans la Commune de Lalo 157
Figure 36 : Perception des causes des maladies diarrhéiques selon les populations 159
Figure 37 : Perception des symptômes des maladies diarrhéiques selon les populations 160
Figure 38 : Echelle de Bristol sur les types de selles 161
Figure 39: Mesure de prévention des maladies diarrhéiques dans la Commune de Lalo 162
Figure 40 : Circuit thérapeutique des affections diarrhéiques dans la Commune de Lalo ... 163
Figure 41 : Sources de financement des dépenses de santé 164
Figure 42 : Situation matrimoniale des chefs de ménages de la Commune de Lalo 176
Figure 43: Taille des ménages parcourus 177
Figure 44 : Niveau d'instruction des chefs de ménages dans la Commune de Lalo 179
Figure 45 : Moyens de prélèvement de l'eau de boisson dans la Commune de Lalo 180
Figure 46 : Moyen de transport de l'eau de consommation 183
Figure 47 : Entretien des récipients de Stockage d'eau de boisson 187
Figure 48: Distance entre les concessions et les lieux de dépôt des ordures 188
Figure 49: Distance entre les points d'eau et les lieux de dépôt des ordures 189
Figure 51 : Axes factoriels de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) 262
Figure 52 : Axes factoriels de l'Indicateur d'Accès à l'Eau Potable (IAEP) 262

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Répartition des ménages par arrondissements 79
Tableau II : Détail de l'échantillon 37
Tableau III : Répartition des personnes ressources 37
Tableau IV : variables de l'indicateur d'Accès à l'eau potable (IAEP) 47
Tableau V: Protocole d'analyse bactériologique des eaux de puits, de forages et de sources prélevées dans la Commune de Lalo 54
Tableau VI : variables de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) 55
Tableau VII : Matrice d'appréciation de l'assainissement dans la survenue des maladies diarrhéiques 56
Tableau VIII : Présentation de la grille d'exposition, d'impact et d'évaluation 57
Tableau IX : Situation des ouvrages de desserte de l'eau réalisés dans la Commune de Lalo 94
Tableau X : Modes de gestion des infrastructures hydrauliques 102
Tableau XI : Indicateur d'accès à l'eau potable 112
Tableau XII : Application de l'Indicateur d'Accès à l'Eau Potable (IAEP) 113
Tableau XIII : Corrélation entre l'IAEP et la survenue des cas de diarrhée 114
Tableau XIV : Dépense mensuelle théorique de consommation d'eau par ménage 126
Tableau XV : Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (ABeNor 2003) 131
Tableau XVI : Qualité bactériologique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS 2008) 132
Tableau XVII : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des puits artésiens 133
Tableau XVIII : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des AEV 134
Tableau XIX : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des forages (FPM) 135
Tableau XX : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau prélevée dans le fleuve Couffo 136
Tableau XXI : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau de puits 137
Tableau XXII : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée à la source 139
Tableau XXIII : Résultats des paramètres physico-chimiques prélevés durant le transport 140
Tableau XXIV : Qualité physico-chimique des échantillons d'eau lors du stockage 141
Tableau XXV : Classification des échantillons d'eau prélevés en fonction des critères de conductivité 142
Tableau XXVI : Rappel des risques liés aux différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques 144
Tableau XXVII : Mode d'élimination des ordures ménagères dans la Commune de Lalo 168
Tableau XXVIII : Lieux de défécation des populations dans la Commune de Lalo 171

Tableau XXIX : Mode de conservation de l'eau de boisson à domicile 184
Tableau XXX : Périodicité de renouvellement de l'eau des récipients de stockage..... 186
Tableau XXXI : Indicateur de Salubrité de l'Environnement des ménages (ISE) 193
Tableau XXXII : Application de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) aux ménages de la Commune de Lalo..... 194
Tableau XXXIII : Corrélation entre l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement et la survenue d'un cas de diarrhée..... 195
Tableau XXXIV : Matrice d'appréciation de l'assainissement dans la survenue des maladies diarrhéiques 198

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Bassine remplie d'eau en attente à Lomè (Adoukandji) 81
Photo 2 : Aspect d'une route quittant Lalo centre à l'arrondissement de Tohou 84
Photo 3 : Forage équipé d'une station de pompage à Adjaglimey (Hlassamè) 87
Photo 4 : Château d'eau à Adjaglimey dans l'arrondissement de Hlassamè..... 88
Photo 5: Présence d'une borne fontaine nouvellement construite à Tandji dans l'arrondissement de Gnizounmè 89
Photo 6 : Forage équipé de pompe à motricité humaine utilisant une pédale à Helli dans l'arrondissement de Ahodjinako 90
Photo 7: Robinets servant le PEA à Ahouada dans l'arrondissement de Adoukandji..... 91
Photo 8 : Puits traditionnel à treuil à Adjassagon (Zalli)..... 92
Photo 9 : Forage artésien à Hangnonhoué (Tchi Ahomadégbé)..... 95
Photo 10 : Intérieur d'une citerne toujours en usage à Gbéfandji (Lalo-centre) 98
Photo 11 : Sceau posé à même le sol à Golouhoué (Banigbé) 99
Photo 12 : Eau de surface à Lonmè servant dans les activités domestiques dans 100
Photo 13 : Constituants des ordures ménagères à Gnanmamè dans l'arrondissement de Lokogba 167
Photo 14 : Cabris errant dans une cuisine àAhouaga (Adoukandji)..... 173
Photo 15 : Sceau posé à même le sol pour le prélèvement de l'eau à Tandji (Gnizounmè)..... 181
Photo 16 : Conservation de l'eau dans l'arrondissement de Lalo centre..... 186
Photo17 : Distance entre un puits nouvellement construit et une fosse septique dans l'arrondissement de Adjassagon (Zalli) 190

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Argile noire gonflante à Adomè (Ahodjinako) et fente de dessiccation à Adjaïgbonou (Tchi Ahomadégbé)..... **Erreur ! Signet non défini.**
Planche 2: Quelques essences arborées rencontrées dans la Commune de Lalo**Erreur ! Signet non défini.**
Planche 3 : Dispositif composant la station de pompage à Kinvouhoué**Erreur ! Signet non défini.**
Planche 4 : Puits moderne et intérieur déjà cabossé d'un puits moderne à Kindji dans l'arrondissement de Zalli..... **Erreur ! Signet non défini.**
Planche 5 : Recueil d'eau pluviale à l'aide de citerne à Kpassahoué (a), d'un bidon à Hèli (b) et des jarres implantées dans le sol à Lalo-centre ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Planche 6 : Activités domestiques et utilisation de l'eau de citerne pour la lessive à Hlassamè ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Planche 7 : Incinération et élimination d'ordures dans l'eau à Adoukandji-centre et Ahomadégbé ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Planche 8 : Trou d'eau situé en plein sentier à Djimahoun (Gnizounmè) et eau de douche évacuée à l'extérieur de la concession à Kaïhoué (Lokogba) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Planche 9: Fosse septique à Lalo centre et intérieur d'une fosse septique à Aboli (Tchitto)**Erreur ! Signet non défini.**
Planche 10 : Alentours humidifiés d'une pompe à domicile à Lalo-centre et environnement verdâtre d'un FPM et d'un PEA à Adoukandji (Ahouada et Sèwahoué)**Erreur ! Signet non défini.**
Planche 11 : Enfants transportant deux bidons d'eau à Adoukandji-centre et une femme avec une bassine d'eau sur la tête à Hazoun (Adoukandji) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Planche 12 : Conservation de l'eau de boisson à Kpassahoué dans l'arrondissement de Hlassamè ..... **Erreur ! Signet non défini.**

ANNEXES

ANNEXE 1 : MODES OPERATOIRE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES MESURES

o pH mode opératoire

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension ;
- rincer l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable ;
- plonger l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres ;
- attendre que la valeur soit stable avant la lecture ;
- rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre pour réaliser la mesure suivante.

o Fonctionnement du turbidimètre

- Appuyer sur le bouton d'alimentation électrique situé à l'arrière de l'appareil ;
- remplir une cuvette propre jusqu'au trait (30 ml) avec de l'eau à analyser en évitant la formation de bulle d'air ;
- tenir la cuvette par le bouchon et l'essuyer avec mouchoir doux sans peluches pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts ;
- placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot ;
- presser la touche SIGNAL.AVG pour choisir le mode d'intégration du signal (actif ou non)
- presser la touche UNITS pour sélectionner l'unité de mesure N.T.U ;
- lire et noter le résultat affiché ;
- ouvrir le capot et retirer la cuvette du puits de mesure ;
- vider la cuvette et la rincer avant la mesure suivante.

o Fonctionnement de l'appareil de mesure de la conductivité électrique

- Retirer l'électrode de son étui de protection ;
- rincer l'électrode à l'eau distillée ;
- plonger la cellule dans l'échantillon à analyser ;
- appuyer sur + ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension
- vérifier que ARNG soit affiché si non appuyer sur _
- vérifier que n FL soit affiché sinon appuyer sur TC jusqu'à apparition

- vérifier que la température et l'unité Sal soient affichées sinon sur la touche _ jusqu'à leur apparition.
- appuyer sur la touche_ jusqu'à ce que s'affiche TDS sur l'écran
- attendre que la valeur soit stable avant de prendre la mesure des solides totaux dissous (TDS)
- appuyer sur la touche_ jusqu'à ce que s'affiche Lin, ARNG et le lire la valeur de la conductivité en 115/cm
- retirer l'électrode de la solution à mesurer et mettre dans son étui de protection.

o Couleur mode opératoire

- Mettre l'appareil sous tension ;
- entrer le numéro 120 du programme mémorisé pour la couleur ;
- ajuster la longueur d'onde à 450 nm ;
- placer le blanc (25 ml d'eau distillée) ;
- ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche ZERO ;
- retirer le blanc et placer 25 ml de l'échantillon filtré (couleur vraie) ou 25 ml de l'échantillon non filtré (couleur apparente) ;
- appuyer READ et le résultat en unités pt-co APHA s'affiche.

o Nitrites mode opératoire

- Allumer le spectrophotomètre DR/4000, presser la touche de fonction PROGRAM. HACH. Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour les nitrites 2610 et presser ENTER. La longueur d'onde (_) 507 nm automatiquement sélectionnée ;
- remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon ;
- ajouter le contenu d'une gélule de nitriver 3 à la cuvette (l'échantillon préparé) ;
- boucher et agiter pour dissoudre ;
- NB : En présence de nitrite, une coloration rose se développe.
- Presser la touche de fonction DEMAR MINUT. Une période de réaction de 20 minutes commence ;
- lorsque le minuteur sonne, remplir une autre cuvette (le blanc) avec 10 ml d'échantillon ;
- placer le blanc dans le compartiment de mesure ;
- presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : 0,000mg / l N-N02-
- retirer le bouchon ;

- placer l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure. Fermer le capot et lire la valeur affichée en mg/l de N-N0.

o **Nitrates mode opératoire**

- Allumer le spectrophotomètre DR/4000. Presser la touche de fonction PROGRAM. HACH.
- Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour le nitrate, méthode Test' N tube en entrant 2511 au clavier numérique et Presser ENTER ;
- **NB** : Si les échantillons ne peuvent pas être analysés immédiatement, voir prélèvement, conservation et stockage à la suite de cette technique ; avant l'analyse, ajuster le pH des échantillons conservés.
- L'affichage indique : PROGRAM HACH : 2511 N, Nitrate GH T.N.T. La longueur d'onde 410 nm est automatiquement sélectionnée ;
- placer et aligner l'adaptateur de tube à essai dans le compartiment d'échantillon de l'appareil. Le fixer avec le bouton moleté ;
- retirer le bouchon d'un tube Test N tube de Nitraver x Réactif A et ajouter1,00 ml d'échantillon. (ceci sera le blanc) ;
- boucher hermétiquement le tube et le retourner 10 fois pour mélanger ;
- **NB** : Si ces instructions ne sont pas suivies, des résultats trop faibles seront obtenus.
- Tenir le tube vertical avec le bouchon vers le haut. Retourner le tube et attendre que la solution s'écoule vers le bouchon ;
- Remettre le tube à l'endroit et attendre que toute la solution s'écoule vers le fond du tube. Ceci est un retournement. Répéter 10 fois ;
- essuyer l'extérieur du tube avec un tissu propre ;
- **NB** : Essuyer avec un tissu mouillé puis avec un tissu sec pour éliminer les traces de doigts et autres marques.
- Placer le blanc dans le compartiment de mesure. Fermer le capot ;
- presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : 0,0mg /l N-N0 3-
- retirer le tube de l'appareil. Retirer le bouchon du tube en utilisant un entonnoir ;
- ajouter le contenu d'une gélule de réactif Nitraver x Réactif B au tube ;
- boucher hermétiquement le tube et retourner 10 fois pour mélanger. (Ceci sera l'échantillon préparé). Une petite quantité de poudre ne se dissout pas ;

- presser la touche de fonction DEMAR MINUT. Une période de réaction de 5 minutes commence. Ne pas retourner le tube de nouveau ;
- **NB** : En présence de nitrate, une coloration jaune se développe.
- Lorsque le minuteur sonne, essuyer l'extérieur du tube avec un tissu propre ;
- placer l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure.
- fermer le capot. La concentration de nitrate en mg /l d'azote (N) (ou l'unité choisie) s'affiche.
- **NB** : Lire l'échantillon moins de 5 minutes après la sonnerie du minuteur.

o **Ammoniac libre mode opératoire**

- Allumer le spectrophotomètre DR/6000 ;
- presser la touche de fonction PROGRAM HACH.
- sélectionner le numéro de programme mémorisé pour la monochloramine et l'ammoniac libre en choisissant le numéro correspondant et presser ENTER. L'affichage indique : PROGRAM. HACH : 2470 N, monochloramine, la longueur d'onde 655 nm, est automatiquement sélectionnée ;
- remplir trois cuvettes rondes de 10 ml jusqu'au trait 10 ml avec l'échantillon.
- étiqueter une cuvette « blanc », une cuvette « ammoniac libre » et une cuvette « monochloramine » ;
- boucher la cuvette marquée blanc. Aucun réactif n'est ajouté ;
- pour la mesure de l'ammoniac libre ajouter une goutte de solution d'hypochlorite à la cuvette marquée ammoniac. Boucher la cuvette et mélanger ;
- ajouter rapidement le contenu d'une gélule de réactif monochloramine à la cuvette marquée ammoniac libre et celle marquée monochloramine ;
- boucher et agiter pour dissoudre ;
- presser la touche de fonction DEMAR MINUT. Une période de 15 minutes commence ;
- essuyer les marques de doigts et traces de liquide sur les cuvettes ;
- lorsque le minuteur sonne, placer le blanc dans le compartiment de mesure et fermer le capot.
- presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : 0,01 mg /l N -NH_2 Cl ;
- placer la cuvette marquée monochloramine dans le compartiment de mesure ;

- Fermer le capot. La concentration de monochloramine en mg/l d'azote $N\text{-}NH_2$ Cl (ou l'unité choisie) s'affiche.
- **NB** : Ne pas retirer la cuvette du compartiment de mesure.
- Presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : n. mg /l $N\text{-}NH_2$ Cl.
- **NB** : Une valeur négative est affichée lors du réglage du zéro pour corriger le blanc de réactif.
- Placer la cuvette marquée ammoniac libre dans le compartiment de mesure ;
- fermer le capot. La concentration d'ammoniac en mg/l d'azote $N\text{-}NH_3$ s'affiche.

ANNEXE 2 : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

N° /___/___/___/ (A ne pas remplir)

Section 1 : IDENTIFICATION

N°	Variables	Modalités	Codes	Saut
Q10	Nom et prénoms de l'enquêté	_____		
Q11	Arrondissement	_____	/____/	
Q12	Village	_____		
Q13	Contact	_____		
Q14	Date de l'enquête	/___/___/ /___/___/ /___/___/___/___/		
Q15	Nom et prénoms de l'Enquêteur		/___/___/	

SECTION II : CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES

N°	Questions	Réponses	Code	saut
Q16	Êtes-vous le chef de ménages ?	Oui Non	1 0	Si 0 >>203
Q17	Quel est votre lien avec le chef de ménage ?	Fils ou fille Mari ou femme Père ou mère Autre parent (préciser) _____	1 2 3 4	
Q18	Quelle est votre niveau d'étude ? (Une seule réponse possible)	Aucun Primaire Secondaire Supérieur Alphabétisé (e) Préciser la langue _____	0 1 2 3 4 5	
Q19	Quelle est votre ethnie ?	Fon et apparentes Yoruba et apparentes Adja et apparentes Peulh et apparentes Pays limitrophes _____	1 2 3 4 5	
Q20	Quelle est votre religion ?	Aucune religion Religions traditionnelles Islam Catholique Protestants Autres (Précisez) _____	1 2 3 4 5 6 7	

Q21	Quelle est votre situation matrimoniale ?	Célibataire Marié/e (monogame) Marié/e (polygame) Divorcée, séparée Veuve/Veuf	1 2 3 4 5	
Q22	Combien êtes-vous dans le ménage ?	02-05 personnes 05-09 personnes 09 et plus	1 2 3	
Q23	Combien de chambres (ménages) il y a-t-il dans la concession ?	/___/___/		

SECTION III : ACCESSIBILITE AUX INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES

Q24	Quels sont les types de forages qui existent chez vous ?	Puits traditionnels Puits modernes FPM PEA Privés AEV + Bornes fontaines Citerne PEA Communautaires Branchements Privés Pompe SONEB	Non Oui 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	
Q25	Précisez l'année de réalisation de chaque type d'infrastructure	Puits traditionnels Puits modernes FPM PEA Privés AEV + Bornes fontaines Citerne PEA Communautaires Branchements Privés Pompe SONEB	/___/___//___/__/ /___/___//___/__/ /___/___//___/__/ /___/___//___/__/ /___/___//___/__/ /___/___//___/__/ /___/___//___/__/ /___/___//___/__/ /___/___//___/__/	
Q26	Quels sont les types d'infrastructures dont vous disposez dans votre village ?	Puits traditionnels Puits modernes	Non Oui	

		FPM PEA Privés AEV + Bornes fontaines Citerne PEA Communautaires Branchements Privés Pompe SONEB	0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	
Q27	Quelle est l'infrastructure que vous utilisez pour vous approvisionner en eau ?	Puits traditionnels Puits modernes FPM PEA Privés AEV + Bornes fontaines Citerne Pompe SONEB Branchements privés	1 2 3 4 5 6 7 8	
Q28	Pourquoi utilisez-vous ces infrastructures pour vous approvisionner en eau potable ?	Distance réduite de la maison Qualité appréciable de l'eau Prix bas de l'eau Autres (Précisez) _____ _____	1 2 3 4	
Q29	Avez-vous recours aux eaux de surface ?	Oui Non	1 0	
Q30	Si oui précisez les noms des eaux de surface que vous utilisez ?	_____ _____		
Q31	Si oui, Pourquoi?	Disponibilité Gratuité Proche de la maison Bonne qualité de l'eau Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3 4 5	
Q32	Arrive t-il que ces infrastructures soient abandonnées ?	Oui Non	1 0	
Q32a	Si oui, pourquoi ?	Panne technique Conflit de gestion Longue file d'attente Baisse de la pression Qualité douteuse de l'eau Mauvaise gestion Distance longue au point d'eau Coupure Prix élevé de l'eau Autre (Précisez) _____ _____		
Q33	A quelle distance se trouve le point d'eau de votre domicile ?	Moins de 200 m Entre 200 et 500 m Entre 1 et 2 Km	1 2 3	

		Entre 2 et 3 Km Plus de 3 Km Autre (Précisez) _____ _____	4 5 6	
Q34	Quel est le moyen de déplacement que vous utilisez pour aller chercher l'eau?	Pieds Vélo Moto Charrette Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3 4 5	Si 1 >> Q309
Q35	Combien de minutes faites-vous pour aller au point d'eau ?	/___/___/___/ minutes		
Q36	Combien de minutes attendez-vous au point d'eau avant de vous approvisionner ?	/___/___/___/ minutes		
Q37	Combien de minutes faites-vous pour revenir du point d'eau à votre maison ?	/___/___/___/ minutes		
Q38	Combien de fois allez-vous vous approvisionner en eau par jour ?			
Q39	Quels sont les us et interdits liés à l'eau dans votre communauté ?	_____ _____ _____ _____ _____ _____		
Q40	Que représente l'eau dans votre ethnie ?	_____ _____ _____ _____ _____		
Q41	Que représente l'eau dans votre religion ?	_____ _____ _____ _____ _____		
Q42	Existent-ils des divinités liées à l'eau dans votre communauté ?	_____ _____ _____ _____ _____		
Q43	Quelle est l'importance de l'eau dans votre ménage ?	_____ _____ _____ _____ _____		
Q44	Quelle quantité d'eau utilisez-vous par jour dans le ménage ?	20 L - 40 L 40 L – 60 L 60 L – 80 L Plus de 80 L	1 2 3 4	
Q45	Avez-vous la quantité d'eau dont vous avez besoin ?	Oui Non	1 0	
Q45a	Si non pourquoi ?	Forte demande Coût élevé de l'eau Faible pression de l'eau Autre (Précisez)	1 2 3 4	
Q 46	L'eau est-elle vendue dans votre village ?	Oui Non	1 2	
Q46a	A combien est vendu la bassine de 20 L ?	/___/____/ F		
Q46b	A combien est vendu le bidon de 25 L ?	/___/____/ F		

Q46c	A combien est vendu la bassine de 30 L ?	/___/____/ F		
Q46d	A combien est vendu la bassine de 50 L ?	/___/____/ F		
Q46e	A combien est vendu la bassine de 60 L ?	/___/____/ F		
Q46f	Combien dépensez-vous pour l'eau par jour	/___/____/___/____/ F		
Q46g	Combien dépensez-vous pour l'eau par semaine	/___/____/___/____F		
Q46h	Combien dépensez-vous pour l'eau par mois	___/____/___/____F		
Q47	Comment appréciez-vous la qualité de l'eau provenant de ces infrastructures hydrauliques ?	Bonne Moyenne Mauvaise Douteuse Autre (précisez) _____ _____	1 2 3 4 5	
Q48	Avec quoi prenez-vous l'eau au point d'eau ?	Sceau+bidon avec corde Sceau à treuil Pompe Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3 4	
Q49	Avec quoi stabilisez-vous l'eau lors du transport ?	des feuilles de branchage de la toile cirée un plateau Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3 4	
Q50	Dans quoi stockez-vous à domicile ?	Jarre Bassine Tonneau Sceau Bidon Autres _____	1 2 3 4 5 6	
Q51	Comment entretenez-vous le récipient d'eau ?	Rincer à l'eau Laver savon + éponge Laver à l'eau + sable Autre (Précisez) _____	1 2 3 4	
Q52	Comment traitez-vous l'eau avant consommation ?	Javellisation Filtration Ebullition Décantation Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3 4 5	
Q53	A quelle périodicité renouvelez-vous des récipients ?	Tous les jours Tous les deux jours Tous les trois jours Tous les quatre jours Tous les cinq jours Tous les six jours Tous les sept jours Autre (Précisez)	1 2 3 4 5 6 7 8	
Q54	Comment sont réparties les infrastructures hydrauliques dans votre localité ?	En fonction du nombre d'habitants En fonction des besoins des populations Sur demande de la population	1 2	

		Autre (Précisez) _____ 4	3	
Q55	Quels sont les modes de gestion des ouvrages dans votre localité ?	Gestion communautaire Gestion déléguée Affermage Autre (Précisez)	1 2 3 4	
Q56	Les modes de gestion des infrastructures satisfont-ils vos besoins en eau ?	Oui Non	1 0	
Q56a	Si non, pourquoi ?	Mauvaise gestion Inégale répartition Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3	
Q57	Participez-vous à la gestion de votre point d'eau ?	Oui Non	1 0	
Q57a	Si oui, comment?	Participation financière Participation matérielle Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3	
Q57b	Si non, pourquoi ?	_____ _____		

SECTION IV : GESTION DE L'ENVIRONNEMENT ET SANTE

Q58	Comment gérez-vous les ordures ?	Incinération Enfouissement Dépotoirs Nature Autre (Précisez) _____ _____	
Q59	Existe-t-il une décharge d'ordures dans votre village ?	Oui Non	
Q60	A quelle distance se situe la décharge d'ordure de la source d'eau que vous consommez ?	100 à 500 m 500 m à 1Km 1 à 3 Km Plus de 3 Km Autres (à préciser) _____ _____	
Q61	A quelle distance se situe la décharge d'ordure de votre concession ?	A côté de l'habitation 100 m de l'habitation Plus de 100 m de l'habitation Autres (préciser) _____ _____	
Q62	Le rejet des ordures dans la nature peut elle rendre malade ?	Oui Non	1 0
Q63	Quelle maladie cette pratique peut –elle entrainer ?	Diarrhée Maux de ventre Vers intestinaux	1 2 3

		Autre (Précisez) _____	4
Q64	Avez-vous des fosses septiques ?	Oui Non	1 0
Q65	Quel est votre lieu d'aisance habituel ?	Fosse septique Nature Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3
Q66	A combien de mètre de votre habitation les enfants vont-ils leurs selles ?	Sur le dépotoir à côté Dans la végétation à côté de l'habitation Derrière la concession Pas de lieu fixe Dans la végétation, loin de l'habitation Dans les fosses septiques dans la concession Autre (Précisez) _____ _____	1 2 3 4 5 6 7
Q67	Le rejet des excrétas dans la nature peut être rendre malade ?	Oui Non	1 0
Q68	Quelles sont les affections qui peuvent provenir de la défécation sauvage ?	Choléra Diarrhée Maux de ventre Vers intestinaux Autres _____ _____	1 2 3 4 5
Q69	Envisagez-vous construire une infrastructure d'évacuation des excrétas ?	Oui Non	1 0
Q70	Elevez-vous des animaux	Oui Non	1 0
Q71	Où vivent-ils ?	Dans la nature Dans un enclos Dans la cour Autre (Précisez)	1 2 3 4
Q72	Où mangent-ils ?	Dans la nature Dans l'enclos Dans la cour Autre (Précisez)	1 2 3 4

SECTION V : CARACTERISTIQUES EPIDEMIOLOGIQUES DES MENAGES

Q73	De quelles maladies souffrez-vous souvent dans le ménage ?	Paludisme Diarrhée IRA Maladies de la peau Constipation Malnutrition Infections respiratoires Troubles cardiaques Traumatismes Dermatoses Problèmes d'yeux Autre (Précisez) _____	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
Q74	De quels maux avez-vous souffert ces 15 derniers jours ?	Paludisme Diarrhée IRA Maladies de la peau Constipation Malnutrition Infections respiratoires Troubles cardiaques Traumatismes Dermatoses Problèmes d'yeux Autre (Précisez)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
Q75	De quels maux avez-vous souffert ces 30 derniers jours ?	Paludisme Diarrhée IRA Maladies de la peau Constipation Malnutrition Infections respiratoires Troubles cardiaques Traumatismes Dermatoses Problèmes d'yeux Autre (Précisez)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
Q76	Quelles sont les maladies dont vous souffrez pendant les saisons sèches ?	Paludisme Diarrhée IRA Maladies de la peau Constipation Malnutrition Infections respiratoires Troubles cardiaques Traumatismes Dermatoses Problèmes d'yeux Autre (Précisez)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
Q77	Quelles sont les maladies dont vous souffrez pendant les saisons pluvieuses?	Paludisme Diarrhée IRA Maladies de la peau Constipation Malnutrition Infections respiratoires Troubles cardiaques		

		Traumatismes Dermatoses Problèmes d'yeux Autre (Précisez)		
Q78	Les membres de votre ménage ont-t-ils souffert des diarrhées ces trente derniers jours ?	Oui Non	1 2	
Q79	Quelles sont les causes de ces affections (diarrhée) ?	Eau souillée Intoxication alimentaire Intolérance alimentaire Indigestion/constipation Vers intestinaux Hygiène, insalubrité Causes divines (sociales)	1 2 3 4 5 6 7	
Q80	Quelles sont les symptômes des ces affections (diarrhée) ?	Fièvre Céphalée Vomissement Selles molles plus de trois fois par jour Douleurs abdominales Courbature Autre (Précisez)	1 2 3 4 5 6 7 8	
Q81	Comment peut-on prévenir les diarrhées ?	Boire de l'eau propre Manger des aliments sains (non contaminés) Se laver les mains après les selles Se laver les mains avant chaque repas Assainir son cadre de vie Préserver la nature et les cours d'eau des déchets et des excréta de toutes sortes Autres (à préciser)	1 2 3 4 5 6 7	
Q82	Comment traitez-vous les cas de maladies diarrhéiques dans votre ménage ?	Injections Comprimés Infusion/décoction Autre (Précisez)	1 2 3 4	
Q83	Lorsque vous êtes malade, quel est votre premier recours thérapeutique ?	Automédication phytothérapeutique Automédication moderne (avec médicaments de la rue) Automédication moderne (avec médicaments de la pharmacie) Recours au service d'un phytothérapeute Solution spirituelle Centre de santé Autres (précisez)	1 2 3 4 5 6 7	
Q84	D'où proviennent les ressources financières que vous utilisez pour soigner les cas de maladie (diarrhée) ?	Epargne du ménage Tontine Associations ou Mutuelles Vente de produits agricoles Emprunts Usure et gage Dons et aides Autres (à préciser)	1 2 3 4 5 6 7 8	

Q85	Avez-vous participé ces cinq dernières années à des campagnes de sensibilisation sur les relations Hommes-Environnement ?	Oui Non	1 0	
Q86	Quels sont les principaux thèmes sur lesquels ont porté les campagnes de sensibilisation auxquelles vous avez assisté ces cinq dernières années ?	Hygiène individuelle Gestion des ordures Evacuation salubre des excréta (dans le cadre de la lutte contre les maladies infectieuses et parasitaires) Hygiène de l'eau Hygiène de l'enfant Hygiène de l'environnement Autres (à préciser)	1 2 3 4 5 6	

ANNEXE 3 : COORDONNEES DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

n°			Degrés métriques		Degré décimaux		Degrés géographiques	
1	**Type d'ouvrage hydraulique**	**Noms des localités**	**Est(X)**	**Nord(Y)**	**Longitude**	**Latitude**	**°longitude**	**°latitude**
2	Pompe SONEB	Zongo	377460	766143	1,89078146	6,929902762	1° 53' 26,8133"	6° 55' 47,6499"
3	BF (abandonnée)	Kialigbo	377409	766135	1,89032005	6,92982933	1° 53' 25,1522"	6° 55' 47,3856"
4	Pompe SONEB	Kialigbo	377396	766127	1,89020256	6,929756701	1° 53' 24,7292"	6° 55' 47,1241"
5	Pompe SONEB	Kialigbo	377375	766121	1,89001262	6,929701992	1° 53' 24,0454"	6° 55' 46,9272"
6	BF	Agatan 1	377299	766042	1,88932643	6,928985886	1° 53' 21,5752"	6° 55' 44,3492"
7	Pompe SONEB	Agatan 2	377274	766067	1,88909964	6,929211464	1° 53' 20,7587"	6° 55' 45,1613"
8	Citerne	Agatan 3	377255	766078	1,88892744	6,929310549	1° 53' 20,1388"	6° 55' 45,5180"
9	Citerne	Adahohoué	377278	766113	1,88913487	6,929627586	1° 53' 20,8855"	6° 55' 46,6593"
10	Pompe SONEB	Agatan 3	377270	766090	1,88906295	6,929419398	1° 53' 20,6266"	6° 55' 45,9098"
11	BF (abandonnée)	Agatan 3	377226	766149	1,88866347	6,929952079	1° 53' 19,1885"	6° 55' 47,8275"
12	Château SONEB	Zoudomè	377134	766374	1,88782603	6,931985093	1° 53' 16,1737"	6° 55' 55,1463"
13	Puits modernes	Zoudomè	377245	766331	1,88883157	6,93159854	1° 53' 19,7937"	6° 55' 53,7547"
14	Forage AEV	Banigbé centre	379233	769085	1,90676704	6,956548368	1° 54' 24,3613"	6° 57' 23,5741"
15	BF	Banigbé centre	379540	768973	1,90954812	6,955541812	1° 54' 34,3732"	6° 57' 19,9505"
16	Citerne	Banigbé centre	379524	768958	1,90940361	6,955405813	1° 54' 33,8530"	6° 57' 19,4609"
17	Château (abandonnée)	Banigbé centre	379569	768983	1,9098104	6,95563286	1° 54' 35,3174"	6° 57' 20,2783"

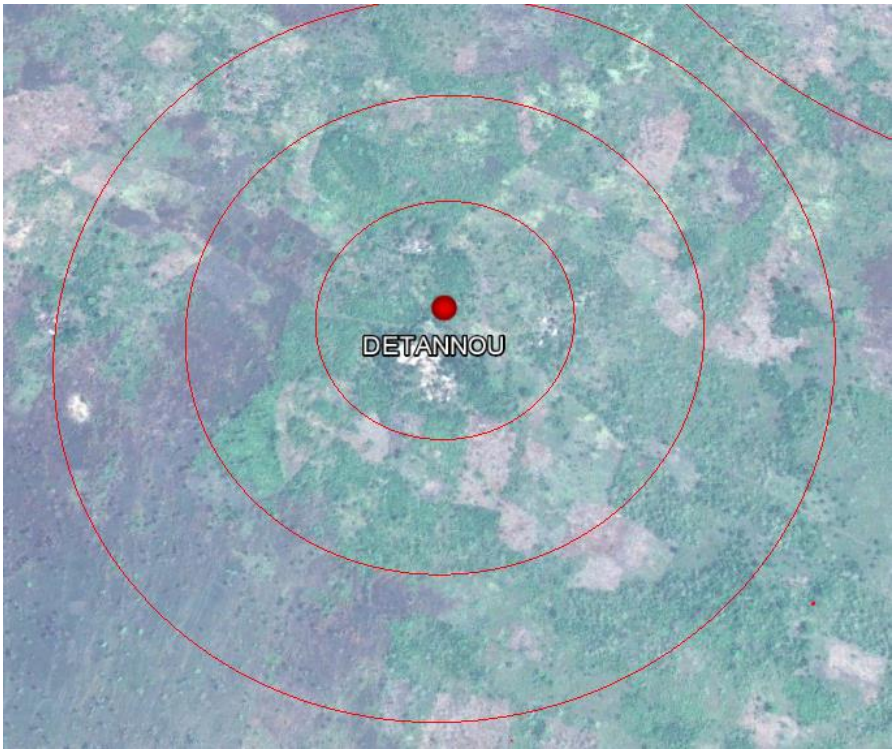
18	Citerne	Banigbé centre	379582	768961	1,90992853	6,955434155	1° 54' 35,7427"	6° 57' 19,5630"
19	Citerne	Banigbé centre	379555	768953	1,90968431	6,955361238	1° 54' 34,8635"	6° 57' 19,3005"
20	FPM (abandonnée)	Zontchoupkahoué	380563	770769	1,9187704	6,971806714	1° 55' 7,5734"	6° 58' 18,5042"
21	Citerne	Zontchoukpahoué	380580	770716	1,91892538	6,971327715	1° 55' 8,1314"	6° 58' 16,7798"
22	FPM	Kotoklouehoué	380717	770460	1,92017075	6,969015196	1° 55' 12,6147"	6° 58' 8,4547"
23	FPM	Zalli centre	381032	771406	1,92300245	6,977577673	1° 55' 22,8088"	6° 58' 39,2796"
24	Citerne	Zalli centre	381088	771502	1,92350736	6,978447089	1° 55' 24,6265"	6° 58' 42,4095"
25	Puits moderne	Zalli centre	381154	771532	1,92410416	6,978719782	1° 55' 26,7750"	6° 58' 43,3912"
26	Puits moderne	Zalli centre	381314	771644	1,92555013	6,979736051	1° 55' 31,9805"	6° 58' 47,0498"
27	Puits moderne	Adjassagon	384210	774028	1,95171619	7,001356973	1° 57' 6,1783"	7° 0' 4,8851"
28	Pompe SONEB	Edahoué	375230	759930	1,8707316	6,873663397	1° 52' 14,6337"	6° 52' 25,1882"
29	Station de pompage SONEB	Edahoué	374877	760234	1,86753058	6,876405301	1° 52' 3,1101"	6° 52' 35,0591"
30	FPM	kédéhoué	375658	759521	1,87461353	6,869973412	1° 52' 28,6087"	6° 52' 11,9043"
31	FPM (abandonnée)	Dassouhoué	375850	759866	1,87634372	6,87309776	1° 52' 34,8374"	6° 52' 23,1519"
32	FPM	Sèwahoué	375766	759821	1,8755845	6,872688984	1° 52' 32,1042"	6° 52' 21,6803"
33	Station SONEB	Gouloko	380287	765037	1,91639083	6,919958737	1° 54' 59,0070"	6° 55' 11,8515"
34	Château AEV	Kpassakanmè	381956	764249	1,93151238	6,9128659	1° 55' 53,4446"	6° 54' 46,3172"
35	Station de pompage AEV	Kpassakanmè	381956	764217	1,93151303	6,912576479	1° 55' 53,4469"	6° 54' 45,2753"
36	BF	Kpassakanmè	381937	764217	1,93134107	6,912576093	1° 55' 52,8278"	6° 54' 45,2739"
37	FPM	Kpassakanmè	381913	764419	1,93111975	6,914402577	1° 55' 52,0311"	6° 54' 51,8493"
38	BF	Gnonkly	383831	762797	1,94851118	6,8997711	1° 56' 54,6402"	6° 53' 59,1760"
39	FPM	Sikohoué	382548	763747	1,93688044	6,908337585	1° 56' 12,7696"	6° 54' 30,0153"
40	FPM (abandonnée)	Kingonhoué	384158	762730	1,95147197	6,899171632	1° 57' 5,2991"	6° 53' 57,0179"
41	FPM	Ballohoué	384760	762552	1,9569238	6,897573651	1° 57' 24,9257"	6° 53' 51,2651"

42	BF	Lonmey	385068	762041	1,95972138	6,892957993	1° 57' 34,9970"	6° 53' 34,6488"
43	Station de pompage AEV	Adoukandji centre	385247	761626	1,96134954	6,889208047	1° 57' 40,8584"	6° 53' 21,1490"
44	FPM	Eguéhoué	386089	761736	1,96896765	6,890219446	1° 58' 8,2835"	6° 53' 24,7900"
45	Château AEV	Adjahigbonou	388152	758929	1,98769205	6,864871203	1° 59' 15,6914"	6° 51' 53,5363"
46	BF	Adjahigbonou	388401	758742	1,98994901	6,863184614	1° 59' 23,8164"	6° 51' 47,4646"
47	BF	Adjahigbonou	388498	758710	1,99082745	6,862897034	1° 59' 26,9788"	6° 51' 46,4293"
48	FPM	Adjahigbonou	388547	758750	1,99127012	6,863259751	1° 59' 28,5724"	6° 51' 47,7351"
49	AEV	Tchi -Ahomadégbé	390599	759539	2,00982554	6,870434676	2° 0' 35,3719"	6° 52' 13,5648"
50	FPM	Tchi-lokossa	390611	754682	2,01002471	6,826504974	2° 0' 36,0890"	6° 49' 35,4179"
51	FPM	Tchi-lokossa	390901	754916	2,01264462	6,828626809	2° 0' 45,5206"	6° 49' 43,0565"
52	FPM (abandonnée)	Gbinli	388984	750895	1,99537307	6,792222484	1° 59' 43,3430"	6° 47' 32,0009"
53	FPM (abandonnée)	Gbinli	388962	751374	1,99516501	6,796554455	1° 59' 42,5940"	6° 47' 47,5960"
54	FPM	Gbinli	390507	752625	2,00912182	6,807898151	2° 0' 32,8385"	6° 48' 28,4333"
55	FPM	Ahodjinako centre	390629	753135	2,01021631	6,812513197	2° 0' 36,7787"	6° 48' 45,0475"
56	Château AEV	Gnizoumè centre	383325	767196	1,94384329	6,939547515	1° 56' 37,8358"	6° 56' 22,3711"
57	FPM	Gnizoumè centre	383304	767282	1,94365148	6,940324914	1° 56' 37,1453"	6° 56' 25,1697"
58	Puits moderne	Gnizoumè centre	383274	767309	1,9433794	6,940568509	1° 56' 36,1659"	6° 56' 26,0466"
59	BF	Gnizoumè centre	383214	767331	1,94283589	6,940766277	1° 56' 34,2092"	6° 56' 26,7586"
60	Station de pompage (abandonnée)	Gnizoumè centre	383138	767380	1,94214702	6,941207921	1° 56' 31,7293"	6° 56' 28,3485"
61	BF	Gnizoumè centre	383066	767408	1,94149478	6,941459712	1° 56' 29,3812"	6° 56' 29,2550"

ANNEXE 4 : ALGORITHME DE BUFFERING






DETANNOU

ANNEXE 5 : RESULTATS ACP

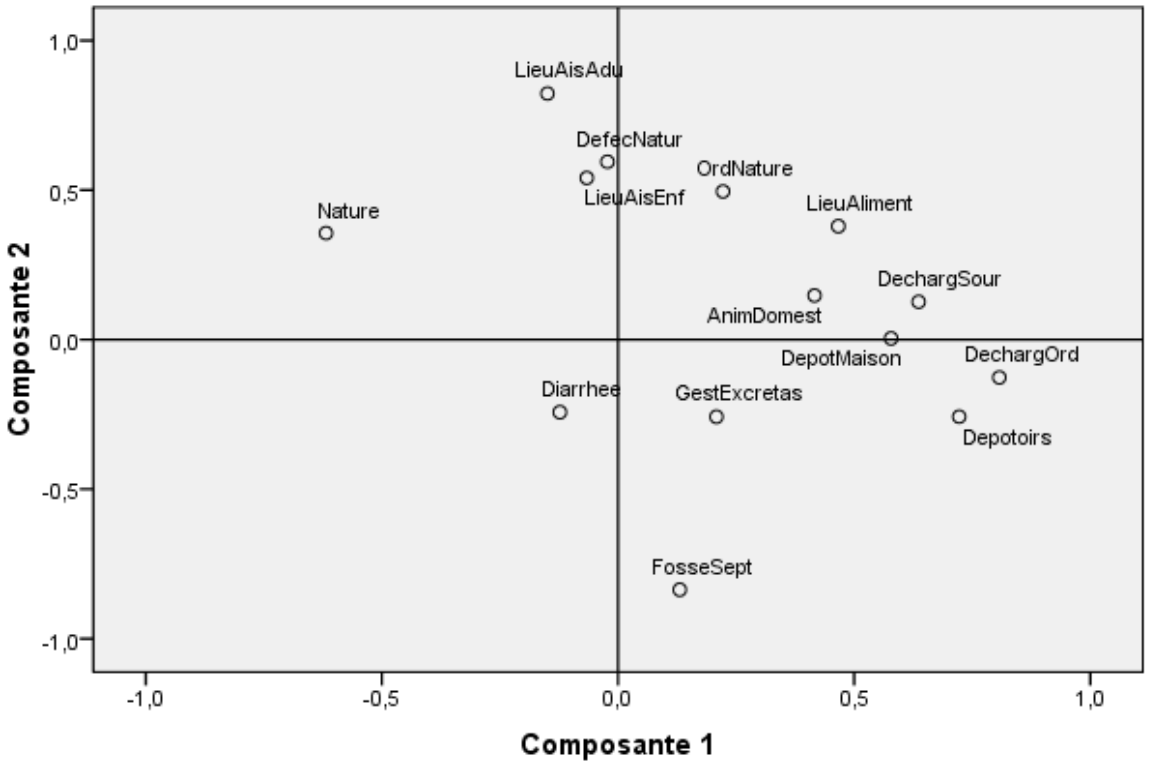


Figure 51 : Axes factoriels de l'Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE)

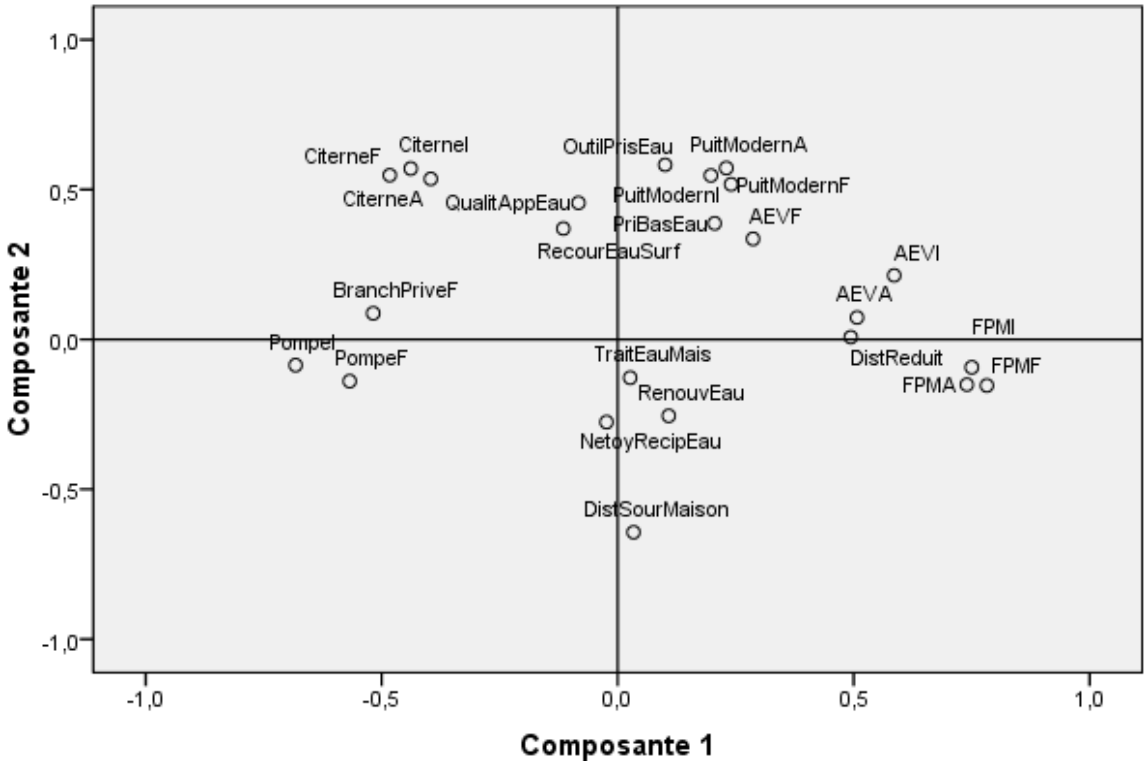


Figure 52 : Axes factoriels de l'Indicateur d'Accès à l'Eau Potable (IAEP)

ANNEXE 6 : RESUMES DES ARTICLES

Afrique SCIENCE *12(4) (2016) 24 - 35*
ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.info

Problématique de l'accessibilité à l'eau de boisson dans la commune de Lalo au Sud Bénin

Edwige MIALO[1*], Roch Christian JOHNSON[1,2], Eric L. S. C. SEBO VIFAN[1,2], Odile DOSSOU GUEDEGBE[1] et Christophe S. HOUSSOU[1]

[1] *Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi (DGAT/FLASH/UAC)*
[2] *Centre Interfacultaire de formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable* (CIFRED/UAC)

* Correspondance, courriel : *mialoedwige@gmail.com*

Résumé

La présente recherche a pour objectif de caractériser l'accessibilité à l'eau de boisson dans la commune de Lalo. Pour ce faire, nous avons collecté les données à la DG-Eau et dans les services spécialisés de la commune de Lalo. Une enquête socio communautaires a été réalisée auprès de 413 ménages à l'aide des entretiens directs, semi directs complétées par les observations de terrain. Les données recueillies nous ont permis de calculer les indicateurs tels que le taux de desserte en eau au niveau des populations, le taux de panne des infrastructures d'approvisionnement en eau de même que les principaux indicateurs relatifs à l'utilisation de l'eau par les ménages. Il ressort des investigations que le taux de desserte en eau dans la Commune de Lalo est de 88,3 % au titre de l'année 2013. Toutefois, le taux de panne des infrastructures en eau est de 19,72 %. De plus, 77,20 % des ménages enquêtés consomment l'eau des Forages équipés de pompe à motricité humaine (FPM). Mais, malgré le taux de panne relativement faible observé, 43,86 % des ménages ont encore recours aux eaux de surface pour satisfaire leurs besoins en eau de boisson. 13,2 % des ménages parcourent en moyenne 200 m pour accéder à une source d'eau améliorée. Par contre, 19,3 % des ménages parcourent 2 km. En conclusion, malgré un taux de desserte en eau relativement élevé, la répartition inégale des infrastructures hydrauliques limite l'accès à l'eau de boisson dans la commune de Lalo.

Mots-clés : *accès géographique, eau de boisson, Lalo, Sud Bénin.*

Abstract

Problem of access to drinking water in the town of lalo south in benin

This study is designed to characterize the accessibility to drinking water in the municipality of Lalo. To do this, we collected data at DG - water and in the specialized services of the municipality of Lalo. A socio-community survey was conducted with 413 households using direct interviews, semi direct ones supplemented by field observations. The data allowed us to calculate the indicators such as the rate of water at the level of populations, the rate of breakdown of the infrastructure of water supply as well as the main indicators relating to the use of water by households. It appears from our investigations that the rate of water in the municipality of Lalo is 88.3 % in the academic year 2013. However, the rate of failure of the water infrastructures is

19.72 %. (77.20 %) of the surveyed households drink the equipped drilling water pump (FPM). However, due to the observed rate of failure, 43.86 % of households still have recourse to the surface water to meet their needs in drinking water. 13.2 % of households go through an average of 200 m to access to an improved water source. On the other hand, 19.3 % of households travel 2 km. In conclusion, despite the relatively high rate of water, the unequal distribution of water infrastructure limits access to drinking water in the municipality of Lalo.

Keywords : *geographic access, drinking water, Lalo, Southern Benin.*

Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique

Cahiers du CBRST, Cotonou (Bénin)
ISSN : 1840-703X, N° 7 juin 2015
Volume 3

FACTEURS ASSOCIES A LA POLLUTION DE L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO AU SUD DU BENIN

Edwige, MIALO[1] Roch Christian JOHNSON[2], Eric L. S. C. SEBO VIFAN[2] Odile DOSSOU GUEDEGBE[3]

1 Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi (DGAT/FLASH/UAC)
2 Centre Interfacultaire de formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED)
2 Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi (DGAT/FLASH/UAC)
3 Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi (DGAT/FLASH/UAC)

RESUME

La présente recherche a pour objectif d'analyser les facteurs associés à la pollution de l'eau de boisson dans la Commune de Lalo au sud Bénin.
Ainsi, dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé une enquête socio communautaire auprès de 413 ménages à l'aide des entretiens directs et semi directs complétés par les observations de terrain. Ces données ont été complétées par 30 échantillons d'eau prélevés à la source, durant le transport et au stockage dans les arrondissements de la commune de Lalo. Les paramètres physico-chimiques (pH, TDS, conductivité, nitrites, nitrates et l'ammonium) et bactériologiques ont été analysés dans tous les échantillons d'eau prélevés.
Au terme des travaux de terrain, il ressort que 68,90 % des enquêtés ne disposent pas de latrines pour évacuer les excrétas et seulement cinq (05 %) ont prévu des puisards pour collecter les eaux usées

générées par les activités domestiques. La remarque importante faite est la distance de moins de huit (08) mètres qui séparent les latrines ou les douches des puits à domicile dans 65,30 % des ménages parcourus. De plus, 33 % des récipients de stockage d'eau à domicile ne sont pas couverts.
Toutes ces conditions accroissent la pollution de l'eau de boisson dans la Commune de Lalo.

Mots clés : *Lalo, facteurs de risques, pollution, eau de boisson, Sud Bénin*

ABSTRACT

This study is designed to analyze factors associated with pollution of drinking water in the municipality of Lalo in Southern Benin. Thus, in this study, we conducted a socio-economic survey with 413 households using direct interviews, semi-direct ones complemented by field observations. These data were supplemented by 30 water samples collected at spring, in transit and storage in the districts of the municipality of Lalo. The Physico-chemical (pH, TDS, conductivity, nitrites, nitrates and ammonium) and bacteriological parameters were analyzed in all water samples.
At the end of the fieldwork, it appears that 68.90% of respondents do not have latrine to evacuate excreta and only five (05%) expected drains to collect wastewater generated from domestic activities. The important point made is the distance of less than eight (08) meters that separate latrines or showers from home wells in 65,30% ofthe covered households. In addition, 33% of the containers for storing water at home are not covered.
All these conditions increase the pollution of drinking water in the municipality of Lalo.

Keywords*: Lalo, factors of risk, pollution, drinking water, Southern Benin*

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE 2
DEDICACE 4
AVANT-PROPOS 5
SIGLES ET ACRONYMES 7
RESUME 9
ABSTRACT 10
INTRODUCTION 11
PREMIERE PARTIE : CADRES THEORIQUE, CONCEPTUEL ET APPROCHE METHODOLOGIQUE DE L'ACCES A L'EAU DE BOISSON ET PREVALENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES 14
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE ET CONCEPTUEL 15
1.1. Etat des connaissances 15
1.1.1. Clarification des concepts 15
1.1.2. Revue de littérature 20
1.2. Problématique 27
1.2.1. Justification du choix du secteur de recherche 30
1.2.2. Hypothèses de recherche 31
1.2.3. Objectifs de l'étude 31
1.2.4. Cadre conceptuel des maladies diarrhéiques 32
CHAPITRE II : DEMARCHE METHODOLOGIQUE 34
2.1. Recherche documentaire 34
2.2. Type d'étude 34
2.3. Données 35
2.4. Collecte des données socio-anthropologiques 36
2.4.1. Populations d'étude 36
2.4.2. Echantillon et échantillonnage 36
2.4.3. Technique de collecte des données 39
2.5. Traitement des données et analyse des résultats 42
2.5.1. Objectif 1 : Caractériser les déterminants physiques et socioéconomiques de l'accès à l'eau de boisson dans la Commune de Lalo 43
2.5.2. Objectif 2 : déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson et la prévalence des maladies diarrhéiques dans le secteur d'étude 49
2.5.3. Objectif 3 : analyser les facteurs de pollution de l'eau de boisson dans la commune de Lalo 55

DEUXIEME PARTIE : FONDEMENTS PHYSIQUES ET HUMAINS DE LA CARACTERISATION DE L'ACCES A L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO 58
CHAPITRE III : FONDEMENTS PHYSIQUE ET HUMAIN DE L'ACCESSIBILITE A L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO 59
3.1. Situation géographique 59
3.2. Caractéristiques physiques 60
3.2.1. Paramètres physiques 60
3.2.2. Contexte géologique, pédologique et végétation 65
3.3. Caractéristiques humaines 76
3.3.1. Appartenance ethno-Religieuse 76
3.3.2. Caractéristiques démographiques et besoins en points d'eau dans la Commune de Lalo 78
3.3.3. Pistes rurales et approvisionnement en eau 84
CHAPITRE IV : CARACTERISATION DES DETERMINANTS PHYSIQUE ET SOCIO ECONOMIQUE DE L'ACCES A L'EAU DE BOISSON 86
4.1. Critère de choix pour l'implantation d'un point d'eau souterraine 86
4.2. Sources d'eau approuvées 86
4.2.1. Typologie des sources d'eau de boisson 86
4.2.2. Utilisation des sources recommandées par la population 93
4.3. Sources d'eau non approuvées 95
4.3.1. Eaux de pluie 96
4.3.2. Eaux de surface 99
4.4. Mode de gestion des infrastructures hydrauliques 101
4.5. Source d'eau et usage ordinaire dans les ménages 103
4.6. Procédés traditionnels de potabilisation de l'eau avant consommation 105
4.7. Accès à l'eau 105
4.7.1. Répartition géographique des infrastructures hydrauliques 106
4.7.2. Distances parcourues des arrondissements aux points d'eau 114
4.7.3. Distance parcourues des ménages aux points d'eau 118
4.7.4. Temps perdu pour l'approvisionnement en eau potable 120
4.7.5. Capacité financière 121
4.8. Taille des ménages et volumes d'eau consommée 123
4.8.1. Dépense moyenne mensuelle des ménages pour la consommation d'eau potable 126
Conclusion partielle 127

TROISIEME PARTIE : FACTEURS ASSOCIES A LA QUALITE DE L'EAU DE BOISSON ET PREVALENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES DANS LA COMMUNE DE LALO 129
CHAPITRE V : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DE BOISSON ET PREVALENCE DES MALADIES DIARRHEIQUES DANS LA COMMUNE DE LALO 130
5.1. Caractéristiques d'une eau potable 130
5.2. Qualité de l'eau de boisson 132
5.2.1. Analyse bactériologique 133
5.2.2. Analyse des paramètres physico-chimiques 138
5.3. Appréciation de la qualité de l'eau de boisson par les populations 143
5.4. Risques sanitaires liés aux paramètres physico-chimiques et bactériologiques 144
5.5. Situation sanitaire de la Commune de Lalo 147
5.5.1. Saisonnalité des affections dans la Commune de Lalo 148
5.5.2. Profil diarrhéique de la Commune de Lalo 149
5.5.3. Profil diarrhéique par zone topographique 152
5.5.4. Saisonnalité des maladies diarrhéiques 154
5.6. Evolution du taux de desserte et de la prévalence diarrhéique 157
5.7. Causes et symptômes des maladies diarrhéiques 158
5.7.1. Perception des causes des maladies diarrhéiques 158
5.7.2. Perception des symptômes des maladies diarrhéiques 159
5.7.3. Mesures de prévention des maladies diarrhéiques 161
5.8. Circuit thérapeutique des maladies diarrhéiques 163
5.9. Mobilisation des ressources pour le traitement des maladies diarrhéiques 164
CHAPITRE VI : FACTEURS DE POLLUTION DE L'EAU DE BOISSON DANS LA COMMUNE DE LALO 166
6.1. Facteurs environnementaux de la pollution de l'eau de boisson 166
6.1.1. Gestion de l'environnement et risques sanitaires 166
6.1.2. Modes de Gestion des ordures 166
6.1.3. Elimination des eaux usées 170
6.1.4. Mode de gestion des excrétas (fèces et urines) 171
6.1.5. Cohabitation des animaux dans la concession 172
6.1.6. Hygiène autour des points d'eau 173
6.2. Caractéristiques sociodémographiques et contexte culturel de l'accès à l'eau de boisson 174
6.2.1. Caractéristiques sociodémographiques 175

6.2.2. Contexte culturel de l'accès à l'eau de boisson 178
6.3. Facteurs comportementaux 180
6.3.1. Prélèvement d'eau et risques sanitaires 180
6.3.2. Transport de l'eau et risques sanitaires 182
6.3.3. Conservation de l'eau et hygiène des récipients 184
6.4. Distance de sécurité et risque de pollution des points d'eau 188
6.4.1. Distance entre les concessions et les décharges d'ordures ménagères 188
6.4.2. Distance entre décharge d'ordures et les points d'eau 189
6.4.3. Distance entre les puits traditionnels et les latrines 190
6.5. Indicateur de Salubrité de l'Environnement (ISE) et maladies diarrhéiques 193
6.6. Transmission et contrôle des maladies infectieuses 196
6.7. Opérationnalisation de la matrice d'appréciation 197
Conclusion partielle 199
DISCUSSION DES RESULTATS 200
CONCLUSION 205
BIBLIOGRAPHIE 210
LISTE DES FIGURES 236
LISTE DES TABLEAUX 238
LISTE DES PHOTOS 239
ANNEXES 241
TABLE DES MATIERES 267