

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

**FACULTE DE MEDECINE ET DES
SCIENCES BIOMEDICALES**

DEPARTEMENT DE SANTE PUBLIQUE

**CENTRE DE RECHERCHE ET DE FORMATION
DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE, SANTE ET
ENVIRONNEMENT**

REPUBLIC OF CAMEROON

Peace – Work - Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

**FACULTY OF MEDICINE AND
BIOMEDICAL SCIENCES**

DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH

**POST GRADUATE SCHOOL FOR LIFE
SCIENCES, HEALTH AND ENVIRONNEMENT**



**QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX
DE BOISSON : PERCEPTIONS ET RÉPERCUSSIONS
SUR LA MORBIDITÉ HYDRIQUE À BUNIA
(REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO)**

Thèse Présentée et Soutenue Publiquement, en Vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat/PhD en Santé
Publique

Option Epidémiologie Clinique, Santé et Environnement

Par :

NDUNGO HANGI Jonathan

Licence, Maîtrise en Santé Publique

Matricule : 18M369

Directeur

Pr TAKOUGANG Innocent

Professeur Titulaire, FMSB-UY1



Co-directeur

Dr NJOUMEMI Zakariaou

Chargé de Cours, FMSB-UY1

Année Académique 2023-2024

SOMMAIRE

SOMMAIRE	i
DEDICACE.....	iii
EPIGRAPHE.....	iv
REMERCIEMENTS	v
LISTE DU PERSONNEL ADMINISTRATIF ET ACADEMIQUE	vii
RESUME.....	xxiii
SUMMARY	xxv
LISTE DES TABLEAUX.....	xxvii
LISTE DES FIGURES.....	xxix
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES	xxx
INTRODUCTION.....	1
Intérêt et justification de l'étude.....	2
Questions de recherche.....	4
Hypothèses et objectifs de la recherche	4
Hypothèses	4
Objectifs	5
CHAPITRE 1 : CADRE CONCEPTUEL, REVUE DE LA LITTERATURE.....	6
1.1. Cadre conceptuel	7
1.1.1. Définition opérationnelle et explication de quelques concepts.....	7
1.1.2. Description du concept.....	8
1.1.3. Cadre conceptuel	8
1.2. Revue de la littérature.....	11
1.2.1. Rappel des connaissances sur le thème de la recherche.....	11
1.2.2. Approvisionnement, qualité et maladies liées à l'eau	33
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES	39
2.1. Matériel	40
2.1.1. Cadre de l'étude	40
2.2. Méthodologie	44
2.2.1. Description de l'étude	44
2.2.2. Réseau d'approvisionnement en eau.....	46
2.2.3. Procédure de Collecte des données	50
2.2.4. Mesure des risques sanitaires	64

2.2.5. Contraintes relatives à la qualité d'eau de boisson	68
2.2.6. Analyses statistiques	69
2.2.7. Considérations éthiques.....	71
2.2.8. Limites de l'étude et biais	71
CHAPITRE 3. RESULTATS ET DISCUSSION	73
3.1. RESULTATS	74
3.1.1. Facteurs environnementaux et analyse des parties prenantes	74
3.1.2. Modes d'approvisionnements, perceptions liées à l'accès, la qualité et aux traitements des eaux de boisson	102
3.1.2.4. Perceptions relatives à la qualité d'eau de boisson	107
3.1.3. Variations des qualités physico-chimiques et bactériologiques des eaux de boisson	112
3.1.4. Morbidité hydrique : cas de la zone de santé de Bunia.....	123
3.2. DISCUSSION	128
3.2.1. Analyse des parties prenantes liées à la gestion et approvisionnement de l'eau..	128
3.2.2. Altérations de la qualité d'eau de boisson.....	133
3.2.3. Morbidité des maladies liées à l'eau	138
3.2.4. Pollution des eaux de boisson et santé des populations	140
3.2.5. Contribution de la thèse.....	142
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	144
CONCLUSION	145
RECOMMANDATIONS.....	145
PERSPECTIVES.....	146
BIBLIOGRAPHIE	147
ANNEXES	xxxi

DEDICACE

A vous Docteurs Philip et Nancy WOOD ;

EPIGRAPHE

« Parmi tout ce que j'ai appris en tant que dirigeant politique, il y a le rôle central de l'eau dans les domaines sociaux, politiques et économiques de notre pays, de ce continent et du monde » (Mandela : Sommet Mondial pour le Développement Durable Johannesburg : 28 août 2002)

REMERCIEMENTS

Au terme du présent travail, je tiens à adresser mes remerciements chaleureux aux personnes et organisations qui m'ont accompagné et ont contribué à la réalisation de ma thèse. Ces remerciements s'adressent particulièrement :

Au Doyen de la Faculté de Médecine et Sciences Biomédicales (FMSB/UY1), Professeur Pr NGO UM Esther épouse MEKA, pour l'encadrement administratif et multiforme ;

Au Professeur Innocent Takougang, directeur de la présente thèse. Il m'a inculqué les notions de rigueur scientifique et les valeurs de modestie. La confiance qu'il a placée en ma personne, son enthousiasme, sa disponibilité, sa bienveillance, ses conseils inlassables et avisés ont été d'un précieux soutien. Merci pour l'encadrement de qualité, l'expérience riche et capitalisée dans les ressources humaines ;

Au Dr Njournemi Zakariaou, codirecteur de la présente thèse, pour ses encouragements. Sa compréhension et son expertise m'ont facilité l'élaboration des outils de collecte des données ;

Aux enseignants et personnel administratif de la FMSB, de la FS, pour la qualité des enseignements, la transmission de savoir-faire, l'encadrement et la rigueur scientifique qui font de vous un corps professionnel admiré de tous. Que Dieu vous protège et vous guide dans la formation des futurs chercheurs ;

Aux Personnels Académiques, Scientifiques et Administratifs du Département de Santé Publique, pour l'espace confortable et l'hospitalité dont j'ai bénéficié durant ma formation doctorale à l'Université de Yaoundé 1 ;

Au Président et Membres du jury pour avoir accepté de siéger et juger de la quintessence de ce travail malgré leurs multiples occupations. Leurs apports scientifiques multidisciplinaires et critiques constructifs ont apporté une plus-value à cette étude.

Je tiens aussi à remercier :

Le Professeur Soli Kamwira, Directeur de Laboratoire à l'Université Catholique de Graben (UCG) Butembo, Mwanzo Kazi et Eugène Mbayahi, pour les analyses bactériologiques et physico-chimiques des échantillons d'eau. Leur accompagnement durant le processus d'investigation a été déterminant ;

Le Professeur Muhindo Sahani Walere, Directeur de Laboratoire d'Ecologie, Géomorphologie et Géomatique, pour la formation en Cartographie et en l'utilisation du logiciel de cartographie ;

Le Professeur Olive Vivien Noah Ewoti de la Faculté des Sciences de l'Université 1, pour ses précieuses critiques constructives de ce travail ;

Les Docteurs Phalek Kasereka Katswangene, Lionel Djibie, et Roger Feumba, pour les échanges riches et constructifs ;

Le Docteur Aimé Kiza Mandro Directeur Exécutif du Centre Médical Nyankunde, pour m'avoir offert la possibilité de venir avec ma famille au Cameroun, poursuivre la formation doctorale ;

Les médecins, les infirmiers et personnels des structures sanitaires de la Zone de santé de Bunia, les chefs des ménages leur acceptation et collaboration lors de la collecte des données sur terrain ;

Le Docteur Luis Tshulo Ngandju Chef de Division Provinciale de la santé de l'Ituri ; Monsieur Ferdinand Fimbo Libilye Maire de ville de Bunia, pour les autorisations administratives de recherche ;

Les présidents des Comités d'Ethique de Recherche (ISTM/Nyankunde et FMSB/UY1) qui ont permis la réalisation de cette étude ;

L'organisation « EMAS », pour avoir mis à notre disposition les fonds nécessaires permettant la réalisation de cette étude ;

À Monsieur Artur Dongmo, pour sa contribution active à l'encodage et l'analyse statistique des données ;

Les collègues : Daniel Dangmo Layang, Josée Clémentine Ngoudzo Djouoko, Adèle Claudette Ngo Bisseck, Etienne Guenou, Gianga Badou, Georges Doumde Mbaigane, Yohan Yamatchui Tchamabe et Erick Ngehdzeka Chin, pour les moments partagés à l'occasion des formations d'ensemble, la collaboration et des échanges d'expériences. Vous avez été un stimulus pour reprendre l'élan durant les moments de découragements ;

Le Docteur Roger Tchanga Tambekou Pasteur Responsable et membres de l'Eglise Evangélique Libre du Cameroun, pour la communion fraternelle, l'amour, le soutien incommensurable et l'intégration dans la communauté camerounaise ;

Enfin, que tous ceux qui ont participé à la réalisation du présent travail, et dont les noms ne figurent pas sur la présente liste, trouvent l'expression de ma profonde gratitude.

LISTE DU PERSONNEL ADMINISTRATIF ET ACADEMIQUE

1. PERSONNEL ADMINISTRATIF

Doyen : Pr NGO UM Esther épouse MEKA

Vice-Doyen chargé de la programmation et du suivi des activités académiques : Pr NTSAMA ESSOMBA Claudine Mireille

Vice-Doyen chargé de la Scolarité, des Statistiques et du Suivi des Etudiants : Pr NGANOU épouse GRINDJO Chris Nadège

Vice- Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération : Pr ZEH Odile Fernande

Chef de la Division des Affaires Académiques, de la Scolarité et de la Recherche : Dr VOUNDI VOUNDI Esther

Chef de la Division des Affaires Administratives et Financières : Mme ESSONO EFFA Murielle épouse MBIA

Coordonnateur Général du Cycle de Spécialisation : Pr NJAMNSHI Alfred

Chef de Service Financier : Mme NGAML I NGOU Mireille Albertine épouse WAH.

Chef de Service Adjoint Financier : Mme MANDA BENA Marie Madeleine

Chef de Service de l'Administration Générale et du Personnel : Pr SAMBA Odette NGANO ép. TCHOUAWOU

Chef de Service des Diplômes : Mme ASSAKO Anne DOOBA

Chef de Service Adjoint des Diplômes : Dr NGONO AKAM MARGA Vanina

Chef de Service de la Scolarité et des Statistiques : Mme BIENZA Aline

Chef de Service Adjoint de la Scolarité et des Statistiques : Mme FAGNI MBOUOMBO AMINA épouse ONANA

Chef de Service du Matériel et de la Maintenance : Mme HAWA OUMAROU

Chef de Service Adjoint du Matériel et de la Maintenance : Dr NDONGO née Mpono EMENGUELE

Bibliothécaire en Chef par intérim : Mme FROUISSOU née MAME Marie-Claire

Comptable Matières : M. MOUMEMIE NJOUNDIYIMOUN MAZOU

2. COORDONNATEURS DES CYCLES ET RESPONSABLES DES FILIERES

Coordonnateur Filière Médecine Bucco-dentaire : Pr BENGONDO MESSANGA Charles

Coordonnateur de la Filière Pharmacie : Pr NTSAMA ESSOMBA Claudine

Coordonnateur Filière Internat : Pr ONGOLO ZOGO Pierre

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Anatomie Pathologique : Pr SANDO Zacharie

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Anesthésie Réanimation : Pr ZE MINKANDE Jacqueline

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Chirurgie Générale : Pr NGO NONGA Bernadette

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Gynécologie et Obstétrique : Pr MBU ENOW Robinson

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Médecine Interne : Pr NGANDEU Madeleine

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Pédiatrie : Pr MAH Evelyn MUNGYEH

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Biologie Clinique : Pr KAMGA FOUAMNO Henri Lucien

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Radiologie et Imagerie Médicale : Pr ONGOLO ZOGO Pierre

Coordonnateur du Cycle de Spécialisation en Santé Publique : Pr TAKOUGANG Innocent

Coordonnateur de la formation Continue : Pr KASIA Jean Marie

Point focal projet : Pr NGOUPAYO Joseph

Responsable Pédagogique CESSI : Pr ANKOUANE ANDOULO Firmin

DIRECTEURS HONORAIRES DU CUSS

Pr MONEKOSSO Gottlieb (1969-1978)

Pr EBEN MOUSSI Emmanuel (1978-1983)

Pr NGU LIFANJI Jacob (1983-1985)

Pr CARTERET Pierre (1985-1993)

DOYENS HONORAIRES DE LA FMSB

Pr SOSSO Maurice Aurélien (1993-1999)

Pr NDUMBE Peter (1999-2006)

Pr TETANYE EKOE Bonaventure (2006-2012)

Pr EBANA MVOGO Côte (2012-2015)

Pr ZE MINKANDE Jacqueline (2015-2024)

3. PERSONNEL ENSEIGNANT

N°	NOMS ET PRENOMS	GRADE	DISCIPLINE
DEPARTEMENT DE CHIRURGIE ET SPECIALITES			
	SOSSO Maurice Aurélien (CD)	P	Chirurgie Générale
	DJIENTCHEU Vincent de Paul	P	Neurochirurgie
	ESSOMBA Arthur (CD par Intérim)	P	Chirurgie Générale
	HANDY EONE Daniel	P	Chirurgie Orthopédique
	MOUAFO TAMBO Faustin	P	Chirurgie Pédiatrique
	NGO NONGA Bernadette	P	Chirurgie Générale
	NGOWE NGOWE Marcellin	P	Chirurgie Générale
	ZE MINKANDE Jacqueline	P	Anesthésie-Réanimation
	BAHEBECK Jean	MCA	Chirurgie Orthopédique
	BANG GUY Aristide	MCA	Chirurgie Générale
	BENGONO BENGONO Roddy Stéphan	MCA	Anesthésie-Réanimation
	JEMEA Bonaventure	MCA	Anesthésie-Réanimation
	OWONO ETOUNDI Paul	MCA	Anesthésie-Réanimation
	BEYIHA Gérard	MC	Anesthésie-Réanimation
	EYENGA Victor Claude	MC	Chirurgie/Neurochirurgie
	FOUDA PIERRE JOSEPH	MC	Chirurgie
	GUIFO Marc Leroy	MC	Chirurgie Générale
	BELLO FIGUIM	MA	Neurochirurgie
	BIWOLE BIWOLE Daniel Claude Patrick	MA	Chirurgie Générale
	FONKOUÉ Loïc	MA	Chirurgie Orthopédique
	KONA NGONDO François Stéphane	MA	Anesthésie-Réanimation
	MBOUCHE Landry Oriole	MA	Urologie

MEKEME MEKEME Junior Barthelemy	MA	Urologie
MULUEM Olivier Kennedy	MA	Orthopédie-Traumatologie
NGO YAMBEN Marie Ange	MA	Chirurgie Orthopédique
NWAHA MAKON Axel Stéphane	MA	Urologie
SAVOM Eric Patrick	MA	Chirurgie Générale
AHANDA ASSIGA	CC	Chirurgie Générale
AMENGLÉ Albert Ludovic	CC	Anesthésie-Réanimation
BIKONO ATANGANA Ernestine Renée	CC	Neurochirurgie
BWELE Georges	CC	Chirurgie Générale
IROUME Cristella Raïssa BIFOUNA épouse NTYO'O NKOUMOU	CC	Anesthésie-Réanimation
NDIKONTAR KWANJI Raymond	CC	Anesthésie-Réanimation
TSIAGADIGI Jean Gustave	CC	Chirurgie Orthopédique
ARROYE BETOU Fabrice Stéphane	AS	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire
ELA BELLA Amos Jean-Marie	AS	Chirurgie Thoracique
EPOUPA NGALLE Frantz Guy	AS	Urologie
FOLA KOPONG Olivier	AS	Chirurgie
FOSSI KAMGA GACELLE	AS	Chirurgie Pédiatrique
FOUDA Jean Cédric	AS	Urologie
GOUAG	AS	Anesthésie Réanimation
MBELE Richard II	AS	Chirurgie Thoracique
MFOUAPON EWANE Hervé Blaise	AS	Neurochirurgie
MOHAMADOU GUEMSE Emmanuel	AS	Chirurgie Orthopédique
NGOUATNA DJEUMAKOU Serge Rawlings	AS	Anesthésie-Réanimation
NYANIT BOB Dorcas	AS	Chirurgie Pédiatrique
NYANKOUE MEBOUINZ Ferdinand	AS	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique

	OUMAROU HAMAN NASSOUROU	AS	Neurochirurgie
DEPARTEMENT DE MEDECINE INTERNE ET SPECIALITES			
	SINGWE Madeleine épouse NGANDEU (CD)	P	Médecine Interne/Rhumatologie
	ANKOUANE ANDOULO	P	Médecine Interne/ Hépato Gastro-Entéro.
	ASHUNTANTANG Gloria Enow	P	Médecine Interne/Néphrologie
	BISSEK Anne Cécile	P	Médecine Interne/Dermatologie
	KAZE FOLEFACK François	P	Médecine Interne/Néphrologie
	KUATE TEGUEU Calixte	P	Médecine Interne/Neurologie
	KOUOTOU Emmanuel Armand	P	Médecine Interne/Dermatologie
	MBANYA Jean Claude	P	Médecine Interne/Endocrinologie
	NDOM Paul	P	Médecine Interne/Oncologie
	NJAMNSHI Alfred K.	P	Médecine Interne/Neurologie
	NJOYA OUDOU	P	Médecine Interne/Gastro-Entérologie
	SOBNGWI Eugène	P	Médecine Interne/Endocrinologie
	PEFURA YONE Eric Walter	P	Médecine Interne/Pneumologie
	BOOMBHI Jérôme	MCA	Médecine Interne/Cardiologie
	FOUDA MENYE Hermine Danielle	MCA	Médecine Interne/Néphrologie
	HAMADOU BA	MCA	Médecine Interne/Cardiologie
	MENANGA Alain Patrick	MCA	Médecine Interne/Cardiologie
	NGANOU Chris Nadège	MCA	Médecine Interne/Cardiologie
	KOWO Mathurin Pierre	MC	Médecine Interne/ Hépato Gastro-Entéro.

ESSON MAPOKO Berthe Sabine épouse PAAMBOG	MA	Médecine Interne/Oncologie Médicale
KUATE née MFEUKEU KWA Liliane Claudine	MA	Médecine Interne/Cardiologie
MAÏMOUNA MAHAMAT	MA	Médecine Interne/Néphrologie
MASSONGO MASSONGO	MA	Médecine Interne/Pneumologie
MBONDA CHIMI Paul-Cédric	MA	Médecine Interne/Neurologie
NDJITTOYAP NDAM Antonin Wilson	MA	Médecine Interne/Gastroentérologie
NDOBO épouse KOE Juliette Valérie Danielle	MA	Médecine Interne/Cardiologie
NDONGO AMOUGOU Sylvie	MA	Médecine Interne/Cardiologie
NGAH KOMO Elisabeth	MA	Médecine Interne/Pneumologie
NGARKA Léonard	MA	Médecine Interne/Neurologie
NKORO OMBEDE Grâce Anita	MA	Médecine Interne/Dermatologue
NTSAMA ESSOMBA Marie Josiane épouse EBODE	MA	Médecine Interne/Gériatrie
OWONO NGABEDE Amalia Ariane	MA	Médecine Interne/Cardiologie Interventionnelle
ATENGUENA OBALEMBA Etienne	CC	Médecine Interne/Cancérologie Médicale
DEHAYEM YEFOU Mesmin	CC	Médecine Interne/Endocrinologie
ETOA NDZIE épouse ETOGA Martine Claude	CC	Médecine Interne/Endocrinologie
KAMGA OLEN Jean Pierre Olivier	CC	Médecine Interne/Psychiatrie
MENDANE MEKOBÉ Francine épouse EKOBEA	CC	Médecine Interne/Endocrinologie

	MINTOM MEDJO Pierre Didier	CC	Médecine Interne/Cardiologie
	NTONE ENYIME Félicien	CC	Médecine Interne/Psychiatrie
	ANABA MELINGUI Victor Yves	AS	Médecine Interne/Rhumatologie
	EBENE MANON Guillaume	AS	Médecine Interne/Cardiologie
	ELIMBY NGANDE Lionel Patrick Joël	AS	Médecine Interne/Néphrologie
	FOJO TALONGONG Baudelaire	AS	Médecine Interne/Rhumatologie
	KUABAN Alain	AS	Médecine Interne/Pneumologie
	NKECK Jan René	AS	Médecine Interne
	NSOUNFON ABDOU WOUOLIYOU	AS	Médecine Interne/Pneumologie
	NTYO'O NKOUMOU Arnaud Laurel	AS	Médecine Interne/Pneumologie
	NZANA Victorine Bandolo épouse FORKWA M.	AS	Médecine Interne/Néphrologie
	TCHOUANKEU KOUNGA Fabiola	AS	Médecine Interne/Psychiatrie
DEPARTEMENT D'IMAGERIE MEDICALE ET RADIOLOGIE			
	ZEH Odile Fernande (CD)	P	Radiologie/Imagerie Médicale
	GUEGANG GOUJOU. E.	P	Imagerie Médicale/Neuroradiologie
	MOIFO Boniface	P	Radiologie/Imagerie Médicale
	ONGOLO ZOGO Pierre	MCA	Radiologie/Imagerie Médicale
	SAMBA Odette NGANO	MC	Biophysique/Physique Médicale
	MBEDE Maggy épouse ENDEGUE MANGA	MA	Radiologie/Imagerie Médicale
	MEKA'H MAPENYA Ruth-Rosine	CC	Radiothérapie
	ABO'O MELOM Adèle Tatiana	AS	Radiologie et Imagerie Médicale

	NWATSOCK Joseph Francis	AS	Radiologie/Imagerie Médicale Médecine Nucléaire
	SEME ENGOUMOU Ambroise Merci	AS	Radiologie/Imagerie Médicale
DEPARTEMENT DE GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE			
	NGO UM Esther Juliette épouse MEKA (CD)	MCA	Gynécologie Obstétrique
	FOUMANE Pascal	P	Gynécologie Obstétrique
	KASIA JEAN MARIE	P	Gynécologie Obstétrique
	KEMFANG NGOWA Jean Dupont	P	Gynécologie Obstétrique
	MBOUDOU Émile	P	Gynécologie Obstétrique
	MBU ENOW Robinson	P	Gynécologie Obstétrique
	NKWABONG Elie	P	Gynécologie Obstétrique
	TEBEU Pierre Marie	P	Gynécologie Obstétrique
	FOUEDJIO Jeanne H.	MCA	Gynécologie Obstétrique
	NOA NDOUA Claude Cyrille	MCA	Gynécologie Obstétrique
	BELINGA Etienne	MCA	Gynécologie Obstétrique
	ESSIBEN Félix	MCA	Gynécologie Obstétrique
	DOHBIT Julius SAMA	MC	Gynécologie Obstétrique
	MVE KOH Valère Salomon	MC	Gynécologie Obstétrique
	EBONG Cliford EBONTANE	MA	Gynécologie Obstétrique
	MBOUA BATOUM Véronique Sophie	MA	Gynécologie Obstétrique
	MENDOUA Michèle Florence épouse NKODO	MA	Gynécologie Obstétrique
	METOGO NTSAMA Junie Annick	MA	Gynécologie Obstétrique

	NSAHLAI Christiane JIVIR FOMU	MA	Gynécologie Obstétrique
	NYADA Serge Robert	MA	Gynécologie Obstétrique
	Mpono Emenguele Pascale épouse NDONGO	AS	Gynécologie Obstétrique
	NGONO AKAM Marga Vanina	AS	Gynécologie Obstétrique
	TOMPEEN Isidore	AS	Gynécologie Obstétrique
DEPARTEMENT D'OPHTALMOLOGIE, D'ORL ET DE STOMATOLOGIE			
	DJOMOU François (CD)	P	ORL
	ÉPÉE Émilienne épouse ONGUENE	P	Ophtalmologie
	KAGMENI Gilles	P	Ophtalmologie
	NDJOLO Alexis	P	ORL
	NJOCK Richard	P	ORL
	OMGBWA EBALE André	P	Ophtalmologie
	BILLONG Yannick	MCA	Ophtalmologie
	DOHVOMA Andin Viola	MCA	Ophtalmologie
	EBANA MVOGO Stève Robert	MCA	Ophtalmologie
	KOKI Godefroy	MCA	Ophtalmologie
	MINDJA EKO David	MC	ORL/Chirurgie Maxillo-Faciale
	NGABA Olive	MC	ORL
	AKONO ZOUA épouse ETEME Marie Evodie	MA	Ophtalmologie
	ANDJOCK NKOOU Yves Christian	MA	ORL
	ATANGA Léonel Christophe	MA	ORL-CCF
	MEVA'A BIOUELE Roger Christian	MA	ORL-CCF

	MOSSUS Yannick	MA	ORL-CCF
	MVILONGO TSIMI épouse BENGONO Caroline	MA	Ophtalmologie
	NANFACK NGOUNE Chantal	MA	Ophtalmologie
	NGO NYEKI Adèle-Rose épouse MOUAHA-BELL	MA	ORL-CCF
	NOMO Arlette Francine	MA	Ophtalmologie
	ASMAOU BOUBA Dalil	CC	ORL
	BOLA SIAFA Antoine	CC	ORL
DEPARTEMENT DE PEDIATRIE			
	ONGOTSOYI Angèle épouse PONDY (CD)	P	Pédiatrie
	KOKI NDOMBO Paul	P	Pédiatre
	ABENA OBAMA Marie Thérèse	P	Pédiatrie
	CHIABI Andreas	P	Pédiatrie
	CHELO David	P	Pédiatrie
	MAH Evelyn	P	Pédiatrie
	NGUEFACK Séraphin	P	Pédiatrie
	NGUEFACK épouse DONGMO Félicitée	P	Pédiatrie
	NGO UM KINJEL Suzanne épouse SAP	MCA	Pédiatrie
	KALLA Ginette Claude épouse MBOPI KEOU	MC	Pédiatrie
	MBASSI AWA	MC	Pédiatrie

	EPEE épouse NGOUE Jeannette	MA	Pédiatrie
	KAGO TAGUE Daniel Armand	MA	Pédiatrie
	MEGUIEZE Claude-Audrey	MA	Pédiatrie
	MEKONE NKWELE Isabelle	MA	Pédiatre
	TONY NENGOM Jocelyn	MA	Pédiatrie
	NOUBI N. épouse KAMGAING M.	CC	Pédiatrie
DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE, PARASITOLOGIE, HEMATOLOGIE ET MALADIES INFECTIEUSES			
	MBOPI KEOU François-Xavier (CD)	P	Bactériologie/ Virologie
	ADIOGO Dieudonné	P	Microbiologie/Virologie
	GONSU née KAMGA Hortense	P	Bactériologie
	MBANYA Dora	P	Hématologie
	OKOMO ASSOUMOU Marie Claire	P	Bactériologie/ Virologie
	TAYOU TAGNY Claude	P	Microbiologie/Hématologie
	LYONGA Emilia ENJEMA	MC	Microbiologie Médicale
	TOUKAM Michel	MC	Microbiologie
	CHETCHA CHEMEGNI Bernard	MA	Microbiologie/Hématologie
	NGANDO Laure épouse MOUDOUTE	MA	Parasitologie
	NGOGANG Marie Paule	MA	Biologie Clinique
	NDOUMBA NKENGUE Annick épouse MINTYA	CC	Hématologie
	VOUNDI VOUNDI Esther	CC	Virologie
	BOUM II YAP	CC	Microbiologie

	ANGANDJI TIPANE Prisca épouse ELLA	AS	Biologie Clinique /Hématologie
	BEYELA Frédérique	AS	Maladies Infectieuses
	ESSOMBA René Ghislain	AS	Immunologie et Maladies Infectieuses
	Georges MONDINDE IKOMEY	AS	Immunologie
	MBOUYAP Pretty Rosereine	AS	Pharmacologie
	MEDI SIKE Christiane Ingrid	AS	Biologie Clinique
DEPARTEMENT DE SANTE PUBLIQUE			
	KAMGNO Joseph (CD)	P	Santé Publique /Epidémiologie
	ESSI Marie Josée	P	Santé Publique/Anthropologie Médicale
	TAKOUGANG Innocent	P	Santé Publique
	BEDIANG Georges Wylfred	P	Informatique Médicale/Santé Publique
	NGUEFACK TSAGUE	MC	Santé Publique /Biostatistique
	BILLONG Serges Clotaire	CC	Santé Publique
	EYEBE EYEBE Serge Bertrand	CC	Santé Publique/Epidémiologie
	KEMBE ASSAH Félix	CC	Epidémiologie
	KWEDI JIPPE Anne Sylvie	CC	Epidémiologie
	MOSSUS Tatiana née ETOUNOU AKONO	CC	Expert en Promotion de la Santé
	NJOU MEMI ZAKARIAOU	CC	Santé Publique/Economie de la Santé
	ABBA-KABIR HAAMIT-M	AS	Pharmacien

	AMANI ADIDJA	AS	Santé Publique
	ESSO ENDALLE Lovet Linda Augustine Julia	AS	Santé Publique
	MBA MAADJHOU Berjauline Camille	AS	Santé Publique/Epidémiologie Nutritionnelle
DEPARTEMENT DES SCIENCES MORPHOLOGIQUES-ANATOMIE PATHOLOGIQUE			
	MENDIMI NKODO Joseph (CD)	P	Anatomie Pathologie
	SANDO Zacharie	P	Anatomie Pathologie
	BISSOU MAHOP	MC	Médecine de Sport
	KABEYENE OKONO Angèle	MC	Histologie/Embryologie
	AKABA Désiré	MC	Anatomie Humaine
	NSEME Eric	MC	Médecine Légale
	NGONGANG Gilbert Frank Olivier	MA	Médecine Légale
	ESSAME Eric Fabrice	AS	Anatomopathologie
	MENDOUGA MENYE Coralie Reine Bertine épouse KOUOTOU	AS	Anatomopathologie
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE			
	NDONGO EMBOLA épouse TORIMIRO Judith (CD)	P	Biologie Moléculaire
	PIEME Constant Anatole	P	Biochimie
	AMA MOOR Vicky Joceline	P	Biologie Clinique/Biochimie
	EUSTACE BONGHAN BERINYUY	CC	Biochimie
	GUEWO FOKENG Magellan	CC	Biochimie

	MBONO SAMBA ELOUMBA Esther Astrid	AS	Biochimie
DEPARTEMENT DE PHYSIOLOGIE			
	ETOUNDI NGOA Laurent Serges (CD)	P	Physiologie
	ASSOMO NDEMBA Peguy Brice	MC	Physiologie
	AZABJI KENFACK Marcel	CC	Physiologie
	DZUDIE TAMDJIA Anastase	CC	Physiologie
	EBELL'A DALLE Ernest Remy Hervé	AS	Physiologie humaine
DEPARTEMENT DE PHARMACOLOGIE ET DE MEDECINE TRADITIONNELLE			
	NGONO MBALLA Rose ABONDO (CD)	MC	Pharmaco-thérapeutique africaine
	NDIKUM Valentine	CC	Pharmacologie
	ONDOUA NGUELE Marc Olivier	AS	Pharmacologie
DEPARTEMENT DE CHIRURGIE BUCCALE, MAXILLO-FACIALE ET PARODONTOLOGIE			
	BENGONDO MESSANGA Charles (CD)	P	Stomatologie
	EDOUMA BOHIMBO Jacques Gérard	MA	Stomatologie et Chirurgie
	LOWE NANTCHOUANG Jacqueline Michèle épouse ABISSEGUE	CC	Odontologie Pédiatrique
	Jules Julien NDJOH	CC	Chirurgien-Dentiste

	MBEDE NGA MVONDO Rose	CC	Médecine Bucco-dentaire
	MENGONG épouse MONEBOULOU Hortense	CC	Odontologie Pédiatrique
	NOKAM TAGUEMNE M.E.	CC	Médecine Dentaire
	BITHA BEYIDI Thècle Rose Claire	AS	Chirurgie Maxillo Faciale
	GAMGNE GUIADEM Catherine M	AS	Chirurgie Dentaire
	NIBEYE Yannick Carine Brice	AS	Bactériologie
	KWEDI Karl Guy Grégoire	AS	Chirurgie Bucco-Dentaire
	NKOLO TOLO Francis Daniel	AS	Chirurgie Bucco-Dentaire
DEPARTEMENT DE PHARMACOGNOSIE ET CHIMIE PHARMACEUTIQUE			
	NTSAMA ESSOMBA Claudine (CD)	P	Pharmacognosie /Chimie pharmaceutique
	NGAMENI Bathélémy	P	Phytochimie/ Chimie Organique
	NGOUPAYO Joseph	P	Phytochimie/Pharmacognosie
	GUEDJE Nicole Marie	MC	Ethnopharmacologie/Biologie végétale
	BAYAGA Hervé Narcisse	AS	Pharmacie
DEPARTEMENT DE PHARMACOTOXICOLOGIE ET PHARMACOCINETIQUE			
	ZINGUE Stéphane (CD)	MC	
	FOKUNANG Charles	P	Biologie Moléculaire
	MPONDO MPONDO Emmanuel	P	Pharmacie
	TEMBE Estella épse FOKUNANG	MC	Pharmacologie Clinique

	TABI OMGBA	CC	Pharmacie
	ANGO Yves Patrick	AS	Chimie des substances naturelles
	NENE AHIDJO épouse NJITUNG TEM	AS	Neuropharmacologie
DEPARTEMENT DE PHARMACIE GALENIQUE ET LEGISLATION PHARMACEUTIQUE			
	NNANGA NGA Emmanuel (CD)	P	Pharmacie Galénique
	MBOLE Jeanne Mauricette épse MVONDO M.	CC	Management de la qualité, Contrôle qualité des produits de santé et des aliments
	SOPPO LOBE Charlotte Vanessa	CC	Contrôle qualité médicaments
	ABA'A Marthe Dereine	AS	Analyse du Médicament
	FOUMANE MANIEPI NGOUOPIHO Jacqueline Saurelle	AS	Pharmacologie
	MINYEM NGOMBI Aude Périne épouse AFUH	AS	Réglementation Pharmaceutique
	NYANGONO NDONGO Martin	AS	Pharmacie

P= Professeur

MCA= Maître de Conférences Agrégé

MC= Maître de Conférences

MA= Maître Assistant

CC = Chargé de Cours

AS = Assistant

RESUME

L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé et, une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire. La contamination de l'eau de boisson est un problème de santé publique prioritaire en raison des risques liés à la qualité et les répercussions sur la transmission des maladies hydriques. Dans le contexte de la République Démocratique du Congo, les ressources en eau sont abondantes, mais où l'accès à l'eau de bonne qualité en permanence, varie de 52 % à 54 %. L'objectif de général de ce travail est d'étudier les facteurs de gestion et de qualité de l'eau associés à la morbidité des maladies à transmission hydrique à Bunia. Cet objectif de général est décliné en quatre objectifs spécifiques. Pour réaliser cette étude, plusieurs méthodes ont été utilisées.

Un sondage a été conduit auprès de 135 parties prenantes sur la gestion des ressources en eau ; une enquête transversale a été menée auprès 1229 ménages relative à la perception des populations sur l'accessibilité et la qualité de l'eau de boisson ; des analyses physico-chimiques et bactériologiques de 300 échantillons d'eau ont été effectuées et l'enregistrement de 16769 cas des maladies liées à l'eau a été documenté chez 11700 patients. Les traitements des données ont été exécutés par le logiciel CSPro 7.3. Pour les Analyses statistiques on s'est servi du logiciel SPSS 21.0 . Les graphiques et les tableaux ont été tracés à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2016. Les qualités physico-chimiques et bactériologiques ont été évaluées en se référant aux normes d'OMS, de l'UE et de la RDC. L'adéquation de la gestion opérationnelle a été mesurée en s'inspirant de l'échelle de Likert et d'autres échelles de satisfaction. Le risque de contamination des eaux associé aux activités humaines a été évalué à l'aide des tests : Odds Ratio, Chi-carré de Pearson et corrigé avec la significativité statistique : $P < 0,05$.

Il ressort des résultats obtenus que : les menaces des ouvrages hydrauliques sont perçues par 35 % des parties prenantes dont 31,8 % sont liées aux sabotages et constructions anarchiques. L'intention de ne pas traiter l'eau de boisson est déclarée par 15 % des parties prenantes et 15,2 % des acteurs n'ont pas de connaissances sur les méthodes de traitement de l'eau. La charge de collecte d'eau de boisson incombe à tous les membres de la famille. Cependant, cette charge revient plus aux enfants du sexe féminin dans les ménages où les femmes sont des chefs. Le taux de l'inaccessibilité géographique est faible (4,1 %) par rapport à celui de l'inaccessibilité temporelle (25 %). La longue ligne d'attente pour accéder à l'eau de boisson à Bunia expose, les filles et les femmes, au risque de violence sexuelle basée sur le genre. Dans l'ensemble, les analyses des paramètres physicochimiques et bactériologiques

montrent des pollutions variables des ressources en eau à Bunia, en fonction des regroupements des eaux de boisson par type et état des sources. Toutefois les sources non améliorées présentent un risque 10,35 fois plus élevé de contamination par les matières organiques (d'origines fécales).

La présence élevée des germes pathogènes dans l'eau de boisson (*Escherichias coli* et *Salmonelles*) semble confirmer l'évidence de l'association entre la pollution des ressources en eau et les maladies hydriques récurrentes (gastro-entérites et fièvre typhoïde) à Bunia. Les contaminations des eaux de boissons trouvent leur explication à travers multiples facteurs dont les principaux sont liés aux intérêts divergents des parties prenantes, aux gestions inadéquates et aux contraintes sociales et environnementales. De ce fait, les eaux de boisson produites à Bunia méritent un traitement avant d'être consommées. Fort des résultats obtenus, il est proposé aux parties prenantes la gestion intégrée des ressources en eau, en vue d'améliorer la qualité de l'eau de boisson à Bunia. Cette gestion technique et sanitaire reposera sur les mesures préventives vis-à-vis des risques liés à l'eau de boisson.

Mots-clés : Qualité physico-chimique et bactériologique, eau de boisson, maladies hydriques, Bunia République Démocratique du Congo (RDC).

SUMMARY

Access to safe drinking water is a pre-requisite for good health, and a key component of effective health protection policies. The contamination of drinking water is a priority public health issue, due to the risks associated with its quality and the repercussions on the transmission of waterborne diseases. In the context of the Democratic Republic of Congo, water resources are abundant, but access to permanently good quality water varies from 52 % to 54 %. The general objective of this work is to study the water quality and management factors associated with the morbidity of water-borne diseases in Bunia. This general objective is broken down into 4 specific objectives, Several methods were used to carry out this study.

A survey was carried out with 135 respondents on water resource management; a cross-sectional survey was carried out with 1229 households on the population's perception of the accessibility and quality of drinking water; physico-chemical and bacteriological analyses of 300 water samples were carried out and the recording of 16769 cases of water-related illnesses was documented in 11700 patients. Data processing was carried out using CSPro 7.3 software. SPSS 21.0 was used for statistical analysis. Graphs and tables were drawn using Microsoft Excel 2016. Physico-chemical and bacteriological standards were assessed with reference to WHO, EU and DR Congo standards. The adequacy of operational management was measured using Likert and other satisfaction scales. The risk of water contamination associated with human activities was assessed using Odds Ratio and Pearson's Chi-square tests, and corrected for statistical significance: $P < 0.05$.

The results show that 35 % of respondents perceived threats from hydraulic structures, 31.8 % of which are linked to sabotage and anarchic construction. The intention not to treat drinking water was declared by 15% of respondents, and 15.2 % of respondents had no knowledge of water treatment methods. The burden of collecting drinking water falls on all family members. However, the burden falls more heavily on female children in households headed by women. The rate of geographical inaccessibility was low (4.1 %) compared with temporal inaccessibility (25 %). The long waiting line for access to drinking water in Bunia exposed girls and women to the risk of gender-based sexual violence. Overall, analyses of physico-chemical and bacteriological parameters, according to the grouping of drinking water by type and condition of source showed variable pollution of water resources in Bunia.

However, unimproved springs were 10.35 times more likely to be contaminated by organic matter (of faecal origin).

The high presence of pathogenic germs in drinking water (*Escherichias coli* and *Salmonella*) seems to confirm the evidence of the association between water resource pollution and recurrent water-borne diseases (gastro-enteritis and typhoid fever) in Bunia. Drinking water contamination would be explained by a number of factors, the main ones being the divergent interests of respondents, inadequate management and social and environmental constraints. As a result, drinking water produced in Bunia needs to be treated before consumption. Based on the results obtained, integrated water resource management is proposed to respondents, with a view of improving the quality of drinking water in Bunia. The technical and sanitary management could be based on preventive measures against drinking water-related risks.

Key words: Physico-chemical and bacteriological qualities, drinking water, waterborne diseases, Bunia, Democracy Republic of Congo (DRC).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Axes d'intervention dans le domaine de GIRE	22
Tableau II. Regroupement des Caractéristiques des sources d'eau de boisson	48
Tableau III. Types des sources, leurs localisations dans les communes et quartiers	48
Tableau IV. Classification de la gestion opérationnelle des ressources en eau	50
Tableau V. Synthèse de l'analyse des acteurs de mise en œuvre de la recherche	51
Tableau VI. Description de l'origine des échantillons par communes et quartier	55
Tableau VII. Méthodes d'identification et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale de l'eau	62
Tableau VIII. Potabilité de l'eau de boisson selon les critères de l'OMS et de l'UE	65
Tableau IX. Paramètres et critères microbiologiques de potabilité de l'eau en RDC.	66
Tableau X. Risque sanitaire lié à la consommation de l'eau	66
Tableau XI. Directives relatives à la qualité de l'eau de boisson	67
Tableau XII. Altérations Physico-chimiques.....	68
Tableau XIII. Altérations Bactériologiques	68
Tableau XIV. Menaces de vandaliser les sources déclarées par les propriétaires	75
Tableau XV. Perception des menaces par les maîtres d'œuvres.....	76
Tableau XVI. Craintes des parties prenantes	76
Tableau XVII. Objectifs de l'installation des ouvrages hydrauliques	77
Tableau XVIII. Déclarations des gestionnaires relatives à la prise en charge du réseau	78
Tableau XIX. Déclarations des gestionnaires relatives aux méthodes de traitement	79
Tableau XX. Déclarations des gestionnaires relatives aux traitements et analyses	80
Tableau XXI. Intention d'une collaboration entre parties prenantes	81
Tableau XXII. Modalités de fourniture d'eau de boisson par des propriétaires.....	82
Tableau XXIII. Prix d'un bidon de 20 litres d'eau de boisson	83
Tableau XXIV. Evaluation de la gestion opérationnelle des ressources en eau	84
Tableau XXV. Classification de la gestion opérationnelle	85
Tableau XXVI. Altération physico-chimique selon le type des sources en eau	87
Tableau XXVII. Altération physico-chimique selon l'état des sources en eau	88
Tableau XXVIII. Altération bactériologique (Coliformes Totaux) en fonction des sources .	90
Tableau XXIX. Risque sanitaire (<i>Escherichia colis</i>) en fonction des sources	92
Tableau XXX. Altération bactériologique (<i>Salmonella</i>) en fonction des sources	93
Tableau XXXI. Déchets jetés à proximités des ressources d'eau.....	95

Tableau XXXII. Installations sanitaires à proximités des ressources.....	95
Tableau XXXIII. Outils de mise en œuvre associés aux altérations physicochimiques	97
Tableau XXXIV. Proximité des installations associée aux altérations physico-chimiques ...	98
Tableau XXXV. Installations et OMO associés aux Risques sanitaires (dû à <i>E. coli</i>).....	101
Tableau XXXVI. Installations et OMO associés à la contamination par Salmonella	101
Tableau XXXVII. Localisation des ménages enquêtés	103
Tableau XXXVIII. Modes d’approvisionnement en eau de boisson	103
Tableau XXXIX. Statuts des chefs de ménages enquêtés	104
Tableau XL. Fréquence de la distance parcourue et du temps mis pour avoir accès à l’eau en fonction du nombre de ménage	106
Tableau XLI. Indicateurs d’accessibilité à l’eau de boisson.....	107
Tableau XLII. Revenus moyens mensuels des chefs de ménages.....	107
Tableau XLIII. Perceptions des eaux de boisson	108
Tableau XLIV. Accessibilité de l’eau de boisson selon les communes	109
Tableau XLV. Accessibilité à l’eau selon le revenu	109
Tableau XLVI. Accessibilité spatio-temporelle selon le statut des chefs de ménages.....	110
Tableau XLVII. Intention des ménages sur le traitement de l’eau de boisson.....	111
Tableau XLVIII. Perceptions relatives à la gestion de l’eau selon les revenus des ménages	112
Tableau XLIX. Variation des paramètres physico-chimiques.....	116
Tableau L. Qualité physico-chimique des eaux de boisson.....	116
Tableau LI. Indicateurs d’altération Bactériologique des eaux de boisson	118
Tableau LII. Description des malades en fonction du sexe, de l’âge et des structures de santé	124
Tableau LIII. Malades affectés par la morbidité hydrique selon le sexe	126
Tableau LIV. Évolutions temporelles des maladies liées à l’eau	127

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Déterminants de la morbidité des maladies liées à l'eau	9
Figure 2. Arbre à problème de l'altération d'eau de boisson	10
Figure 3. Déclinaison du lien entre l'arbre à problèmes et d'intervention en santé publique. 11	
Figure 4. Ressources en eau et usages.....	12
Figure 5. Risques sanitaires associés à l'eau	17
Figure 6. Combinaison des activités dans le but de réduire les maladies diarrhéiques liées à l'eau	26
Figure 7. Ressources, usages et interdépendance des eaux.	29
Figure 8. Transmission des agents infectieux du péril oro-fécal.....	30
Figure 9. Géolocalisation de la zone d'étude : ville de Bunia.....	41
Figure 10. Géolocalisation des 85 points de prélèvements des échantillons d'eau.....	47
Figure 11. Eau de surface : rivière Ngezi	57
Figure 12. Spectromètre de type HACH DR 2900.....	59
Figure 13. Analyses spectrométriques des paramètres physico-chimiques de l'eau.....	60
Figure 14. Durée de vie des ouvrages hydrauliques mises en œuvre.....	82
Figure 15. Pollution liée aux installations (A) et des outils de mise en œuvre (B).....	94
Figure 16. Collecte de l'eau selon la composition des membres de ménage (A). Et selon le sexe du chef de ménage (B).....	105
Figure 17. Fréquences en (%) d'accession à l'eau en fonction du temps	110
Figure 18. Carte de localisation des points de prélèvement pollués ou non par les salmonelles	113
Figure 19. Pollution due à l'Escherichia coli	114
Figure 20. Pollution due aux Salmonelles.....	115
Figure 21. Variation de la fréquences moyenne des bactéries indicatrices de la pollution fécale dans les échantillons d'eau (%).....	117
Figure 22. Marqueurs d'altération bactériologique et indicateurs de pollution fécale.....	118
Figure 23. Pollution physico-chimique	120
Figure 24. Micro-organismes indicateurs de la contamination fécale.....	121
Figure 25. Variation des paramètres bactériologiques par rapport à la turbidité	123
Figure 26. Répartition des maladies liées à l'eau durant les 5 ans d'étude	125
Figure 27. Courbes des maladies liées à l'eau.....	127

LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES

AEP	Approvisionnement en Eau Potable
AEPHA	Approvisionnement en Eau Potable Hygiène et Assainissement
AFD	Agence Française de Développement
AJCI	Agence Japonaise de Coopération Internationale
AMSED	Surveillance de l'Environnement en Afrique pour un Développement Durable
ASUREP	Associations d'Usagers des Réseaux de l'Eau Potable
BAD	Banque Africaine de Développement
BADEA	Banque Arabe pour le Développement Économique en Afrique
CAID	Cellule d'Analyses des Indicateurs de Développement
CE	Commission Européenne
CICOS	Commission Internationale du Bassin Congo-Oubangui-Sangha
CICR	Comité International de la Croix-Rouge
CIDRI	Centre d'Initiation au Développement Rural en Ituri
CME	Centre Médical Évangélique
CNAEA	Comité National d'Actions de l'Eau et de l'Assainissement, Ministère du Plan
CS	Centre de Santé / Centre de Santé de Référence
CTB	Agence Belge de Développement / Coopération Technique Belge
DEH	Département de l'Eau et de l'Hydrologie
DFID	Département du Développement International
DGCD	Direction Générale de la Coopération au Développement
DPS	Division Provinciale de la Santé
DSCR	Document de la Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté
EEL	Eglise Evangélique Libre
EEPC	Evaluation Environnementale Post-Conflict
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GTZ	Coopération Technique Allemande
HGR	Hôpital Général de Référence
HYCOS	Système de Surveillance du Cycle Hydrologique du Bassin du Congo de l'OMM
IBN	Initiative du Bassin du Nil
IRC	International Rescue Committee
ISTM	Institut Supérieur des Techniques Médicales
KfW	Banque Allemande de Développement
MECNT	Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et du Tourisme
METTELSAT	Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite Ministère du Transport

MONUSCO	Mission de l'Organisation des Nations Unies pour la Stabilisation en République Démocratique du Congo
NTU	Nephelometric Turbidity Unit / Unité Néphélométrique de Turbidité
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
OMS	Organisation Mondiale de Santé
ONG	Organisation Non-Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
PEA	Programme Eau et Assainissement
PeD	Pays en Développement
PGAI	Plateforme de Gestion de l'Aide et des Investissements
PGSSE	Plans de Gestion de la Sécurité Sanitaire en Eau
PNA	Programme National d'Assainissement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PPP	Partenariats Public-Privé
RDC	République Démocratique du Congo
REGIDESO	Régie de Distribution d'Eau
RVF	Régie des Voies Fluviales
SADC	Communauté de Développement d'Afrique Australe
SINIEau	Système National d'Information sur l'Eau – soutenu par GTZ
SNEL	Société Nationale d'Électricité
SNHR	Service National d'Hydraulique Rurale
SNV	Organisation Néerlandaise de Développement
UE	Union Européenne
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance
UN-OCHA	Bureau de l'Organisation des Nations Unies pour la Coordination des Affaires Humanitaires
USAID	Agence des États-Unis pour le Développement International
WASH Cluster	Eau, Assainissement et Hygiène (Organisation des Nations Unies)
ZS	Zone de Santé

INTRODUCTION

Intérêt et justification de l'étude

L'accès à une eau de boisson saine est indispensable à la santé, constitue un droit de l'homme et une composante clé des politiques de protection sanitaire (1). L'eau est un élément primordial pour l'organisme humain. Les cellules du corps sont constituées aux deux tiers d'eau (2). L'eau est un élément vital, tant pour satisfaire les besoins des populations et leur santé que pour les écosystèmes. Elle peut être le siège de la prolifération des agents et vecteurs de maladies lorsque sa gestion n'est pas adéquate (3).

La contamination de l'eau de boisson par des agents pathogènes est un problème de santé publique avec pour corollaire des risques sanitaires dont les maladies à transmissions hydriques (4). La prise de conscience de sa vulnérabilité, sa qualité et sa gestion sont une nécessité (5).

La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) constitue une dimension de la sauvegarde de la dignité humaine et du développement durable (5–7). L'importance de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène pour la santé et le développement transparaît dans les conclusions d'une série de forums internationaux (8–11) où la question de l'eau fait l'objet de l'engagement des communautés internationales pour garantir le bien-être humain et la sauvegarde de l'environnement (12).

L'eau est un patrimoine commun de l'humanité, qui doit être préservé pour les générations futures. La maîtrise de l'eau (son approvisionnement, son traitement et sa distribution) conduit les sociétés vers le développement social, économique et politique. Elle implique la prise en compte des problèmes de santé associés à l'eau une interaction entre les secteurs public et privé (12). Les maladies liées à l'eau entraînent plus de 1,8 million de morts chaque année (1). Plus de 4 milliards de personnes n'ont pas un accès satisfaisant à l'eau et plus d'un tiers des habitants de la planète n'a pas accès à un assainissement décent (12). Les problèmes liés à l'eau sont spécifiques à chaque région, d'où la nécessité de prendre en compte des spécificités des territoires, de la croissance démographique et de l'urbanisation dans sa gestion (13,14).

La probabilité de mourir suite aux maladies diarrhéiques, liées à un accès à l'eau et à l'assainissement de mauvaise qualité, est 20 fois plus élevée que la mortalité liée à la violence et aux conflits chez les enfants de moins de 5 ans (15). L'eau est l'un des facteurs environnementaux (naturels, construits et sociaux) responsables de 23 % des décès et 25 % des pathologies chroniques dans le monde (16).

En République Démocratique du Congo (RDC), les sources d'eau sont abondantes, mais les maladies liées à l'eau font encore des ravages (12). Le taux de l'accessibilité en eau potable (52%) est inférieur à la moyenne de 60% de l'Afrique subsaharienne (17). Les structures sanitaires enregistrent de nombreux cas de maladies du péril fécal dont la fièvre typhoïde, les maladies diarrhéiques (18). Les données sur la relation entre la qualité de l'eau de boisson et les maladies à transmission hydrique, dans la ville de Bunia, sont peu documentées. De plus, les constats sur le terrain et les sondages réalisés auprès des populations révèlent des risques sanitaires liés à la fourniture de l'eau de boisson dans la ville. Les principaux problèmes identifiés concernent plusieurs domaines qui se différencient les uns des autres dans leur application. Du point de vue de l'approvisionnement, les réseaux d'adduction sont exposés aux vandalismes en amont (aux points de captages de sources) par les populations rurales qui se sentent mal desservies en eau de boisson comparativement aux populations urbaines. Ces mécontentements figurent parmi les facteurs de prise en otage et assassinats répétés de personnels techniques chargés de la maintenance de réseaux.

Dans le domaine de la construction et de la voirie urbaine, la ville ne dispose d'aucun réseau d'évacuation des déchets solides et liquides. Les déchets domestiques et publics sont déposés dans la nature sans conditionnement. Ils constituent des gîtes pour les vecteurs des maladies et des agents de nuisance. Les eaux de pluie favorisent les risques de pollution des nappes aquifères en assurant le drainage des eaux stagnantes et des excréta vers les rivières et les eaux souterraines. Les nouveaux quartiers (lotissement) qui, étaient jadis des lieux privilégiés d'implantation des décharges incontrôlées, ne bénéficient encore d'aucun réseau d'adduction d'eau. Dans ces quartiers, il y a plus des longues lignes d'attente devant des sources d'eau améliorées. Pour contourner ce problème, les personnes chargées de la collecte se réveillent parfois très tôt afin d'approvisionner leurs ménages en eau de boisson. Cependant, le risque majeur demeure celui de l'exposition aux violences basées sur le genre.

Le présent travail a pour but de proposer un cadre de référence pour des systèmes d'Approvisionnement en Eau Potable, Hygiène et Assainissement (AEPHA). Il s'agit d'un outil de base pour la prise des décisions en matière de gestion de l'eau (1). Le choix de ce sujet de recherche a été suscité par les observations relatives aux problèmes de l'eau et à ses liens avec la santé, les sociétés et l'environnement du Nord-Est de la RDC.

Questions de recherche

Les questions de recherche de cette étude sont les suivantes :

Question centrale

Quelle est la relation entre la gestion, la qualité des eaux de boisson et la morbidité hydrique à Bunia ?

Questions secondaires

1. Quels sont les facteurs de gestion des eaux de boisson associés à la recrudescence des maladies à transmission hydrique à Bunia.?
2. Quelles sont les perceptions des populations relatives à la qualité, l'accessibilité et la prise en charge de l'eau de boisson à Bunia ?
3. Quelles est la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de boisson de Bunia ?
4. Quel est le profil épidémiologique des maladies liées à l'eau dans la Zone de Santé de Bunia ?

Hypothèses et objectifs de la recherche

Hypothèses

Hypothèse centrale :

La recrudescence des maladies à transmission hydrique serait associée aux facteurs de gestion et de qualité bactériologique et physicochimique des eaux de boisson à Bunia.

Hypothèses secondaires :

1. La maîtrise insuffisante de la gestion des sources d'eau par les parties prenantes et, les craintes environnementales constitueraient des facteurs de risque à la production et la fourniture des eaux de boisson de mauvaise qualité à la population de Bunia ;
2. Les perceptions des populations relatives à la qualité, l'accessibilité et la prise en charge de l'eau de boisson seraient variables en fonction des sources d'approvisionnement ;
3. Les eaux de boisson de Bunia se caractériseraient par l'altération des paramètres physicochimiques et bactériologiques ;
4. La variabilité du profil épidémiologique des maladies liées à l'eau dans la Zone de Santé dépendrait des agents pathogènes, des facteurs sociodémographiques et environnementaux.

Objectifs

L'objectif général :

Etudier les facteurs de gestion et de qualité des eaux associés à la morbidité dues aux maladies à transmission hydrique à Bunia.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

1. analyser les perceptions des parties prenantes relatives à la gestion des ressources en eau à Bunia ;
2. déterminer les perceptions des ménages de Bunia relatives à l'accessibilité et la qualité de l'eau de boisson ;
3. mesurer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de boisson à Bunia;
4. documenter le profil épidémiologique des maladies liées à l'eau dans la Zone de Santé de Bunia

CHAPITRE 1 : CADRE CONCEPTUEL, REVUE DE LA LITTERATURE

1.1. Cadre conceptuel

1.1.1. Définition opérationnelle et explication de quelques concepts

Les concepts sont importants pour l'appréhension du thème investigué (19).

1.1.1.1. Qualité de l'eau

La détermination de la qualité de l'eau s'appuie sur des analyses en laboratoire (20). Elle est fonction des paramètres bactériologiques et physico-chimiques. Les analyses bactériologiques des échantillons sont orientées vers des microorganismes indicateurs de la contamination fécale et environnementale. Il s'agit des coliformes fécaux dont *Escherichia coli* et *Salmonella typhi* ; de la flore aérobie mésophile (21,22). L'évaluation de la qualité physicochimique de l'eau quant à elle se détermine suite à la recherche des ions de base indicateurs de l'activité anthropique (nitrates et nitrites), ainsi que les paramètres physiques (la turbidité et le pH) (23).

1.1.1.2. Eau de boisson

L'Eau de boisson est Destinée à la Consommation Humaine (EDCH) (24). Elle est une eau naturelle, ayant subi un traitement ou non, d'origine souterraine ou de surface.

1.1.1.3. Sources d'approvisionnement en eau de boisson

Les sources d'eau sont classées en deux catégories : (1) les sources aménagées dont l'eau courante dans le logement, la parcelle de terrain ou la cour, robinet/borne fontaine publics, forage, puits protégés et sources d'eau aménagées/protégées ; (2) les ressources non améliorées correspondent aux points d'approvisionnement en eau de ruisseaux et rivières (25,26).

1.1.1.4. Maladie liée à l'eau

Les affections liées à l'eau sont réparties en quatre groupes : maladies à support hydrique, maladies par des vecteurs se développant dans l'eau, maladies dues au manque d'hygiène et d'eau et maladies d'origine hydrique. Les maladies concernées dans la présente étude sont le Paludisme, la Fièvre typhoïde, la Diarrhée/Gastro-entérite et la Schistosomiase intestinale.

1.1.1.5. Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

L'organisation internationale de l'eau a attribué à la GIRE, trois fonctions principales dont la satisfaction des besoins rationnels et légitimes des usagers, en cohérence avec un

aménagement approprié des bassins ; la préservation durable des ressources et des écosystèmes ; la protection contre les risques d'inondation, de sécheresse et d'érosion (5).

1.1.1.6. Gestion durable des ressources en eau

La dimension de la gestion durable des ressources en eau prend en considération les composantes relatives à la croissance économique, l'intégration sociale et la protection de l'environnement.

1.1.2. Description du concept

Le présent travail s'est appuyé sur des déterminants de la santé (morbidité hydrique) et sur la construction de l'arbre à problème relatif à l'altération de la qualité de l'eau de boisson par les agents environnementaux (contaminants biologiques et physico-chimiques). Le modèle du « *National Committee for Vital and Health Statistics* » (27) a servi de base de discussion adapté au contexte général de la RD Congo et particulièrement à la ville de Bunia.

Ce cadre présente la dynamique de l'interaction entre l'état de santé d'une population et les facteurs biologiques (Figure 1). Les habitudes de vie, les conditions environnementales et l'organisation du système de soins permettent de mesurer l'ampleur du champ que doit couvrir la relation entre la morbidité due aux maladies à transmission hydrique et la qualité de l'eau de boisson (28,29).

1.1.3. Cadre conceptuel

1.1.3.1. Déterminants de la santé et morbidité liés à l'eau

Les déterminants de la santé liés à la morbidité hydrique sont structurés à partir du contexte global, des systèmes, des milieux de vie, des caractéristiques des sources d'eau et de l'état de santé de la population. C'est à partir de l'analyse des données recueillies lors des consultations de routine dans les structures sanitaires de la zone de santé de Bunia que le dernier champ décrit le profil épidémiologique des maladies liées à l'eau. Chacun des champs se décline en plusieurs catégories, lesquelles comportent des sous-catégories.

Ce cadre permet de soutenir le choix des objets, mesures et indicateurs des plans de gestion de l'eau de boisson. Les éléments du contexte global se déclinent dans les systèmes et les milieux de vie. La morbidité hydrique est en lien avec l'état de santé, et a des répercussions sur le contexte économique, politique, législatif, démographique et culturel (30)-31).

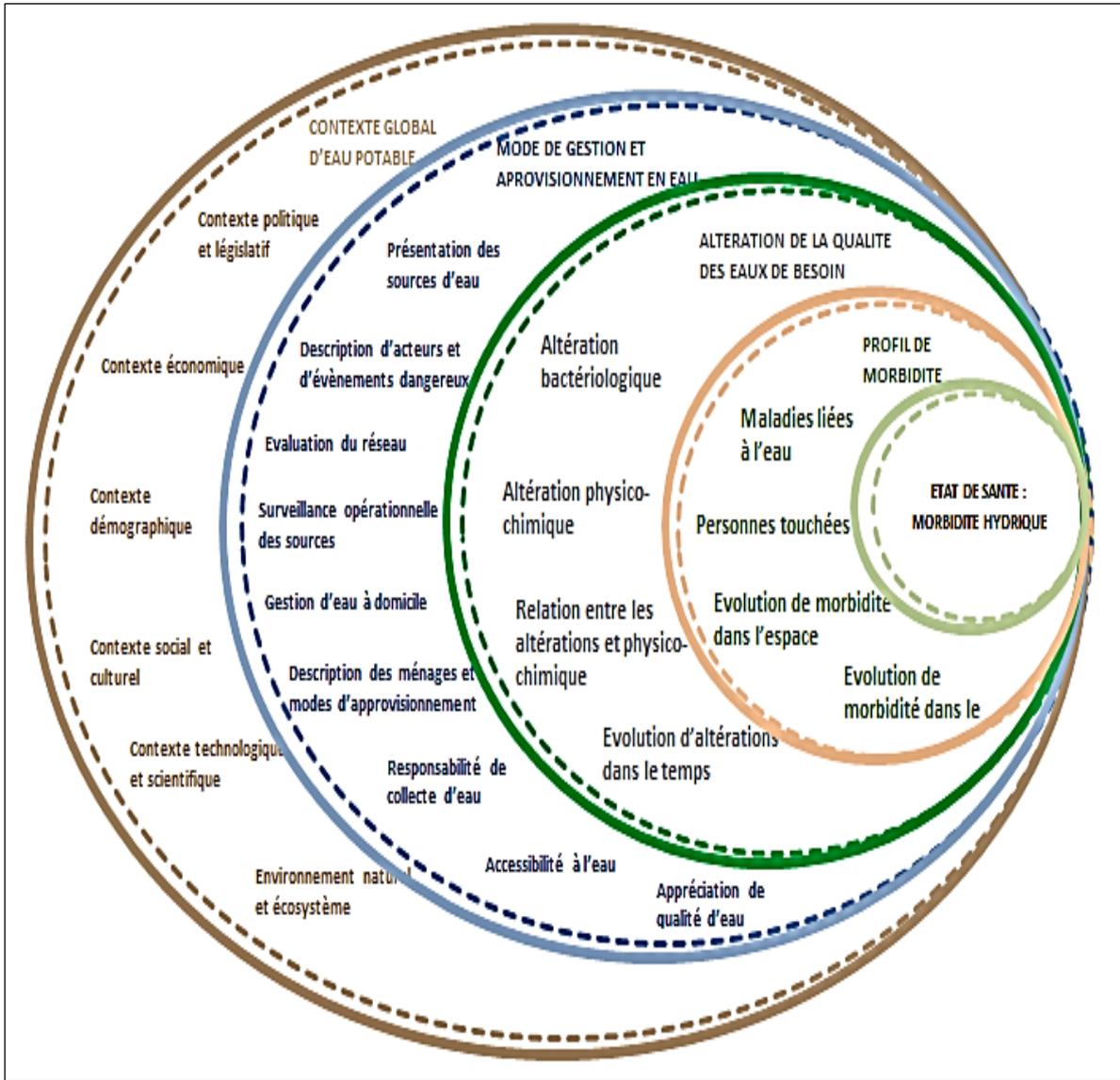


Figure 1. Déterminants de la morbidité des maladies liées à l'eau

Source : Atlani-Duault et Vidal (32)

Les représentations des déterminants de la morbidité (Figure 1) et de l'arbre à problèmes (Figure 2) permettent d'établir la relation de cause et d'effet (conséquences). L'arbre à problèmes permet d'envisager les actions, en transformant le problème en objectif (Figure 3).

1.1.3.2. Arbre à problème

Parmi les trois déterminants de la qualité de l'eau (Figure 2), les facteurs anthropiques et les modes de gestion et d'approvisionnement en eau de boisson ont fait l'objet de l'étude. Les facteurs naturels en termes de saison, typologie du sol, et de végétation n'ont pas été abordés dans le cadre de cette étude.

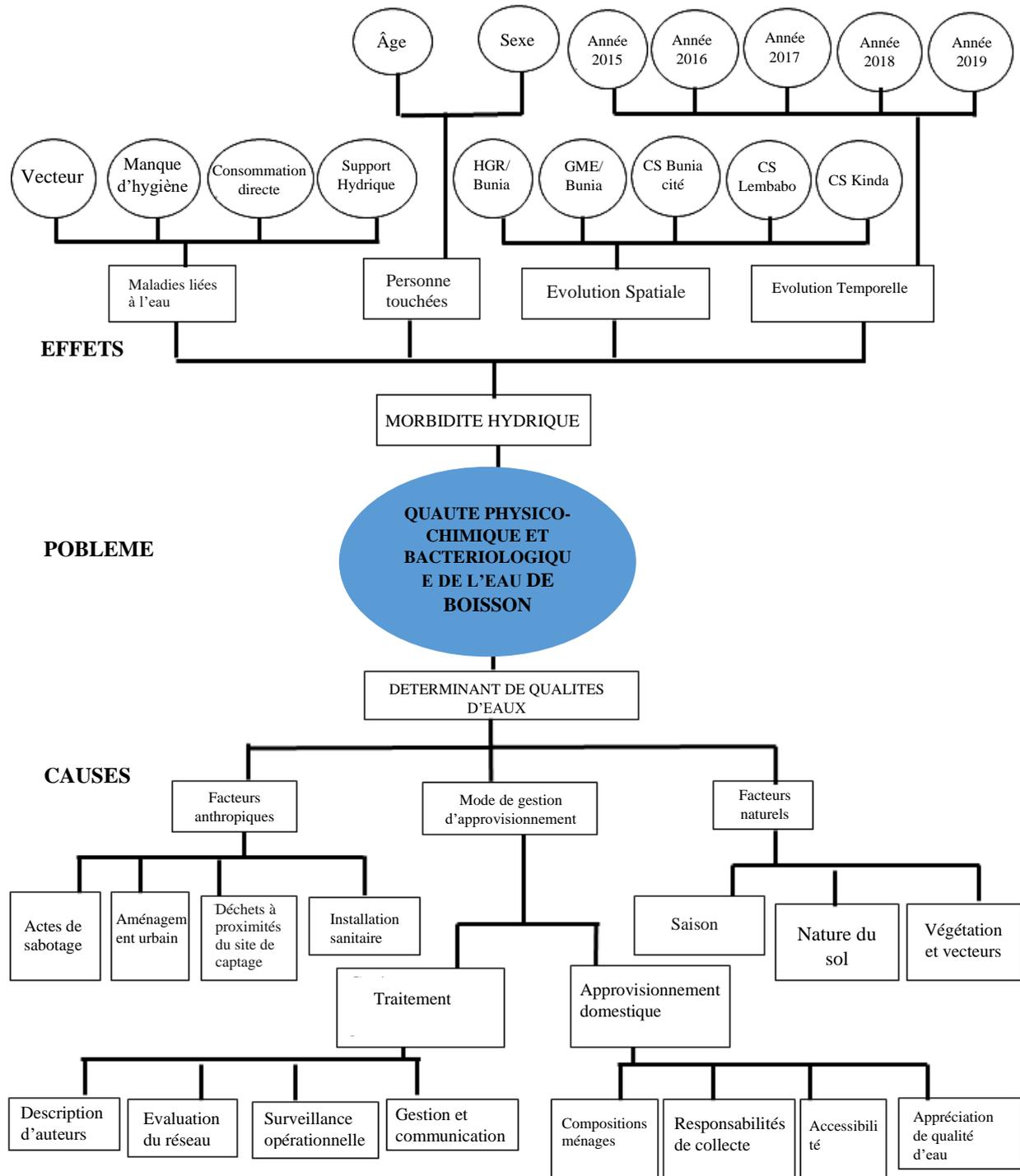


Figure 2. Arbre à problème de l'altération d'eau de boisson

Source : Delisle et al (33)

1.1.3.3. Arbre à problème et projet d'intervention en santé publique

L'intervention auprès des populations sur les problèmes de santé publique, est un exercice qui fait apparaître plusieurs chemins (stratégies) possibles. Cependant, elle doit être plus réaliste, en se focalisant sur un facteur qui permet de limiter les causes du problème. La figure 3 présente la déclinaison du lien entre l'arbre à problème et le projet d'intervention en santé publique (27). L'identification du problème conduit un acteur de santé publique à formuler des objectifs. Les effets sont des conséquences visibles d'un problème principal. Ils se manifestent d'emblée la détérioration de l'état de santé. Pour étendre l'impact d'une intervention en santé publique, l'objectif général est axé sur les effets. Le problème principal résulte du déséquilibre de l'écosystème qui entraîne la perturbation des conditions de vie. Il permet de fixer les objectifs spécifiques. Ces derniers déterminent les activités à mener pour obtenir les résultats attendus. Les causes d'un problème sont des facteurs de prédilection des risques sanitaires. Elles ne sont pas d'emblée perceptibles par l'ensemble de population. La réduction ou l'élimination des vraies causes d'un problème de santé donne des résultats qui changent positivement les conditions de la vie humaine et de l'environnement (27).

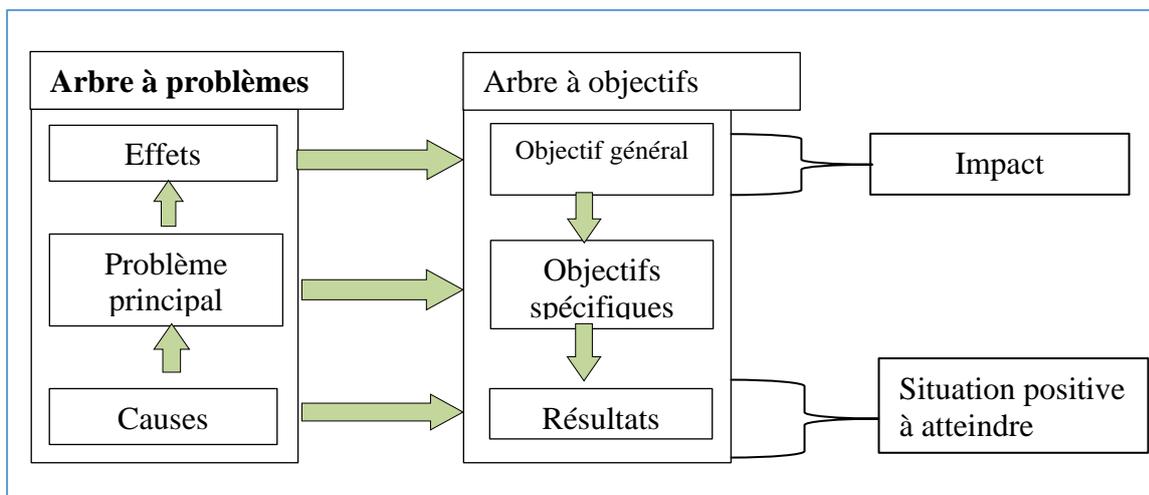


Figure 3. Déclinaison du lien entre l'arbre à problèmes et d'intervention en santé publique

Source : Friedman *et al* (27)

1.2. Revue de la littérature

1.2.1. Rappel des connaissances sur le thème de la recherche

Les ressources en eau planétaires sont constituées à 97 % d'eau océanique, mais celle-ci est très difficilement utilisables (26). L'eau de mer est à l'origine des ressources hydriques continentales, souterraines et superficielles après évaporation, mais elles sont insuffisantes en quantité ou en qualité. Les eaux souterraines sont plus ou moins bien protégées des

contaminations du sol, par leur profondeur et, surtout, par la nature géologique des terrains sus-jacents. Les eaux superficielles sont exposées à certains polluants atmosphériques, transmis à longue distance, (oxydes de soufre et d'azote, ammoniac, en particulier) qui sont susceptibles de provoquer l'acidification du sol ou l'eutrophisation des eaux. Enfin, la contamination des eaux affecte aussi divers organismes aquatiques directement consommés par l'homme (poissons, crustacés, coquillages) ou est indirectement impliquée dans la contamination progressive de la chaîne alimentaire (composés organiques persistants bioaccumulables, comme les PCB) (26).

Les ressources en eau de boisson sont classées en deux catégories : 1) la ressource améliorée composée d'eau courante dans le logement, la parcelle de terrain ou la cour, de robinet/borne fontaine publics, de forage, de puits protégés et de sources d'eau aménagées/protégées ; 2) la ressource non améliorée constituée des : ruisseaux et rivières (25-26). Dans les pays en développement, de nombreuses personnes s'approvisionnent à l'eau naturelle qui n'a subi aucun traitement (Figure 4).

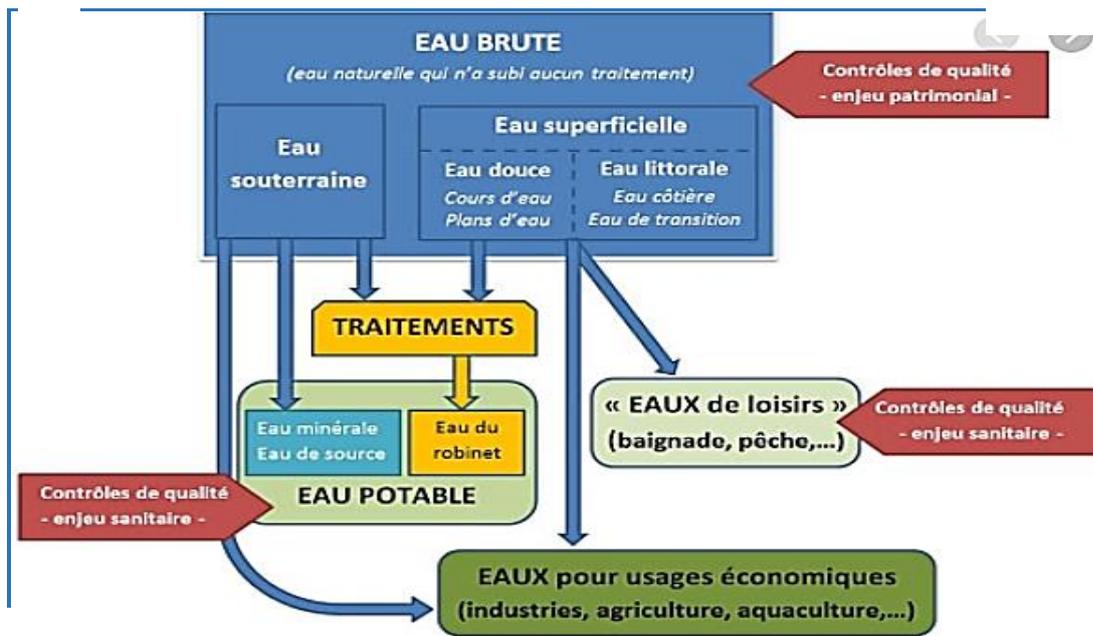


Figure 4. Ressources en eau et usages

Source : Festy *et al* (25)

1.2.1.1. Qualité de l'eau et santé

L'évaluation de la qualité de l'eau de boisson permet aux exploitants de réseaux d'émettre des avis d'ébullition à titre de précaution, pour ne pas risquer d'être pris en défaut si la consommation de l'eau pose vraiment un risque pour la santé (20). Cependant, lorsque des

avis d'ébullition se répètent fréquemment, ils perdent en efficacité et peuvent engendrer un manque de confiance dans le réseau d'eau potable (4). La conformité des résultats de laboratoire devrait être fondée sur le concept de présence-absence microbiennes dans l'eau, parce que les données numériques sont associées aux incertitudes.. Il est important de comprendre que la présence des indicateurs (*E. coli* ou Coliformes totaux) ne confirme pas une contamination de l'eau et, leur absence ne signifie pas nécessairement que l'eau est salubre (20). L'interprétation des analyses microbiennes doit se faire dans le contexte d'une évaluation globale du réseau de distribution d'eau, de la source au robinet ; que les résultats soient positifs ou négatifs (20).

Il existe des échanges entre le compartiment hydrique (souterrain ou superficiel) et les autres compartiments environnementaux : le sol, air et la biosphère (26). La détermination de l'aptitude d'une ressource en eau à produire de l'eau potable se décline en quatre classes en fonction des paramètres de la qualité des Eaux Destinées à la Consommation Humaine (EDCH) (34–36) Les quatre classes de qualité des EDCH sont les suivantes :

- ✓ eau de la qualité optimale pour la consommation, elle permet d'identifier des eaux dont les différents paramètres de qualité sont significativement en deçà de normes ;
- ✓ eau de qualité acceptable pour la consommation, mais pouvant le cas échéant faire l'objet d'un traitement de désinfection. Cette dernière identifie les eaux dont la valeur des différents paramètres de qualité se rapprochent des normes de potabilité tout en restant inférieur à ces normes ;
- ✓ eau de qualité non potable pour être consommée : correspond à la nécessité de faire subir un traitement correctif à l'eau pour la rendre conforme aux normes de potabilité ;
- ✓ eau de qualité inapte pour être consommée : correspond à des eaux dont la qualité de potabilité est inapte en regard de la réglementation.

1.2.1.1.1. Qualité physicochimique de l'eau

Selon l'Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles- Capitale (AGRBC), la qualité physico-chimique de l'eau reflète indirectement la qualité biologique des ressources en eau. Elle se définit par les paramètres décrivant l'état d'oxygénation du cours d'eau, sa température, son acidité (pH), sa conductivité, sa pollution organique, sa turbidité, et sa charge en nutriments¹. Les études menées en Afrique sur la qualité physique et chimique de l'eau

¹ <https://slrb-bghm.brussels/sites/default/files/2021>

(36,37) ont montré une certaine similarité en termes de choix des paramètres à analyser, malgré quelques variations des mesures observées pour chaque étude. Les examens *in situ* ou *in labo* ont porté principalement sur : le pH, la turbidité, la conductivité et la température, les bicarbonates, les chlorures, le calcium, le magnésium et la dureté totale, l'ammonium, la couleur, le fer total, les iodures, les nitrates, les nitrites, les sulfates, les phosphates et les fluorures. Le choix des paramètres physico-chimiques a été dicté par les moyens techniques et par leurs importances en termes de santé publique. Pour cette étude, les analyses ont consisté à mesurer la turbidité, le pH et les formes d'azote.

1.2.1.1.1.1. Turbidité

La turbidité est une mesure globale qui représente la transparence d'une eau, prend en compte toutes les particules colloïdales, insolubles en suspension dans l'eau comme : le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques fines, le plancton et les micro-organismes (38). L'unité de mesure de la turbidité est NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique). En tout temps, la turbidité de l'eau distribuée doit être inférieure ou égale à 5 UTN². L'effet de la turbidité lié à la santé est caractérisé par sa capacité de protéger les bactéries et les virus contre la désinfection chimique ou les rayons ultraviolets.

1.2.1.1.1.2. pH

Le pH, ou potentiel d'hydrogène, représente la concentration en ions hydrogènes dans une solution. Le pH d'une eau naturelle dépend de son origine et de la nature des terrains traversés (39–41).

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) attribue une valeur de pH allant de 6,5 à 8,5 pour l'eau de boisson de qualité (25). Le pH et la température sont des paramètres qui influencent diverses activités biologiques et chimiques de l'eau et jouent un rôle principal dans la distribution et le développement de la faune et de la flore (42).

1.2.1.1.1.3. Formes d'azote

Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents naturellement dans l'environnement. Ils résultent de la 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

² Pour plus d'information <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/reglement.htm>

les bactéries du genre *Nitrobacter*. Très solubles dans l'eau ; les nitrates migrent donc naturellement dans la nappe phréatique lorsque les niveaux excèdent les besoins de la végétation. L'ingestion est leur principale voie d'absorption lorsqu'ils sont présents dans l'eau de consommation³. La réduction des nitrates en nitrites résulte d'une contamination bactérienne de l'eau.

La toxicité des nitrites s'observe à la fois par la formation de méthémoglobine et par leur contribution possible à la synthèse endogène de composés N-nitrosés d'autre part. La valeur guide pour les nitrates est de 11,3 mg-N/l (équivalent à 50 mg/L de NO₃). Pour ce qui est des nitrites, une valeur guide provisoire a été établie à 0,9 mg-N/l (équivalent à 3 mg/L de NO₂) (44). Les échantillons sont injectés dans la phase mobile à travers l'injecteur. Les ions circulent dans la phase mobile à travers la colonne chargée soit positivement (pour séparer les anions) soit négativement (pour séparer les cations) (44).

1.2.1.1.2. Qualité microbiologique de l'eau

En général, les indicateurs microbiens ne sont pas eux-mêmes pathogènes chez l'humain. Il s'agit d'organismes présents en grands nombres dans les matières fécales humaines ou animales (45). Leur détection signale un risque de contamination fécale (humaine ou animale) de la masse d'eau ou du réseau de distribution faisant l'objet du contrôle et, par conséquent, la présence possible d'agents entéro-pathogènes (20). Pour évaluer la salubrité de l'eau de boisson, on procède par la numération des quatre principaux indicateurs microbiens suivants : bactéries hétérotrophes (NBH), Coliformes Totaux (CT), Coliformes Thermotolérants (CTT) et *Escherichia coli* (*E. coli*) (20). Les bactéries hétérotrophes sont celles qui se nourrissent de substances organiques, et leur numération donne une indication de la charge totale d'un échantillon d'eau en bactéries aérobies et anaérobies facultatives (46). L'augmentation de la NBH de l'eau traitée peut indiquer un problème dans le traitement ou un changement de qualité à la source, avant même le traitement (47). L'indicateur des Coliformes Totaux représente un grand groupe de bactéries qui se trouvent essentiellement dans l'environnement. Les coliformes thermotolérants sont un sous-groupe des coliformes totaux. Le terme indicateur de coliformes thermotolérants a remplacé l'indicateur coliformes fécaux en raison du manque de spécificité du test de recherche des coliformes fécaux. Ces derniers fermentent le lactose avec production d'acide et de gaz à 44-44,5°C (Caplenas et Kanarek,

³ <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/nitrates>

1984). Comme les coliformes fécaux sont à la fois d'origine fécales et environnementale, le terme générique coliformes thermotolérants remplace progressivement celui de coliformes fécaux.

1.2.1.1.2.1. Coliformes Totaux (CT)

Les Coliformes Totaux ne s'utilisent plus comme indicateur de contamination fécale, car les progrès de la taxonomie montrent qu'ils ne sont pas spécifiques à l'intestin des humains ou des autres mammifères à sang chaud et qu'ils peuvent également se trouver dans l'environnement (48,49). Comme les Coliformes Totaux sont sensibles au chlore, leur présence dans les échantillons d'eau peut indiquer un manque d'efficacité du traitement (48). La présence de CT peut aussi indiquer une détérioration de la qualité de l'eau, due au système de distribution (50). Cependant, pour ces types de problèmes, la numération des bactéries hétérotrophes est un meilleur indicateur, car elle englobe un plus large éventail de bactéries (51).

1.2.1.1.2.2. Numération d'*Escherichia coli*

Plusieurs auteurs (49 ; 50 ; 52 ; 53) déclarent que la détection d'*Escherichia coli*, dans un échantillon d'eau, est une preuve incontestable d'une contamination fécale récente et indique la présence potentielle de pathogènes entériques. Cela est cependant valable pour les eaux tropicales dans lesquelles *E. coli* peut être détecté et se multiplier en l'absence de contamination fécale (53). L'*Escherichia coli* reste à ce jour le meilleur indicateur microbien d'usage courant pour signaler les risques sanitaires associés à la consommation de l'eau des réseaux de distribution. En raison des incertitudes associées aux données numériques, les organismes de réglementation ont de plus en plus tendance à évaluer globalement les réseaux de distribution d'eau (20).

1.2.1.1.3. Ampleur des maladies liées à l'eau

Les facteurs de risques biologiques de morbidité hydrique sont dus à un ou plusieurs agents pathogènes : bactéries, virus ou parasites qui sont à l'origine de diarrhées aiguës infectieuses. Le principal problème de santé publique associé à la qualité de l'eau potable est celui des maladies entériques (51 ; 54 ; 55). Les maladies à l'origine de la morbidité hydrique ont surtout été identifiées dans les pays tropicaux. Il s'agit de la fièvre typhoïde, des diarrhées ou gastroentérites, du choléra et de certaines maladies parasitaires liées aux schistosomes (57). Les maladies liées à l'eau sont transmises par quatre voies (Figure 5) : vecteurs liés à l'eau,

support hydrique, manque d'hygiène et d'eau, ou consommation d'eau sale (57). Ces maladies sont à l'origine de plusieurs cas de décès au sein de la population des pays concernés.

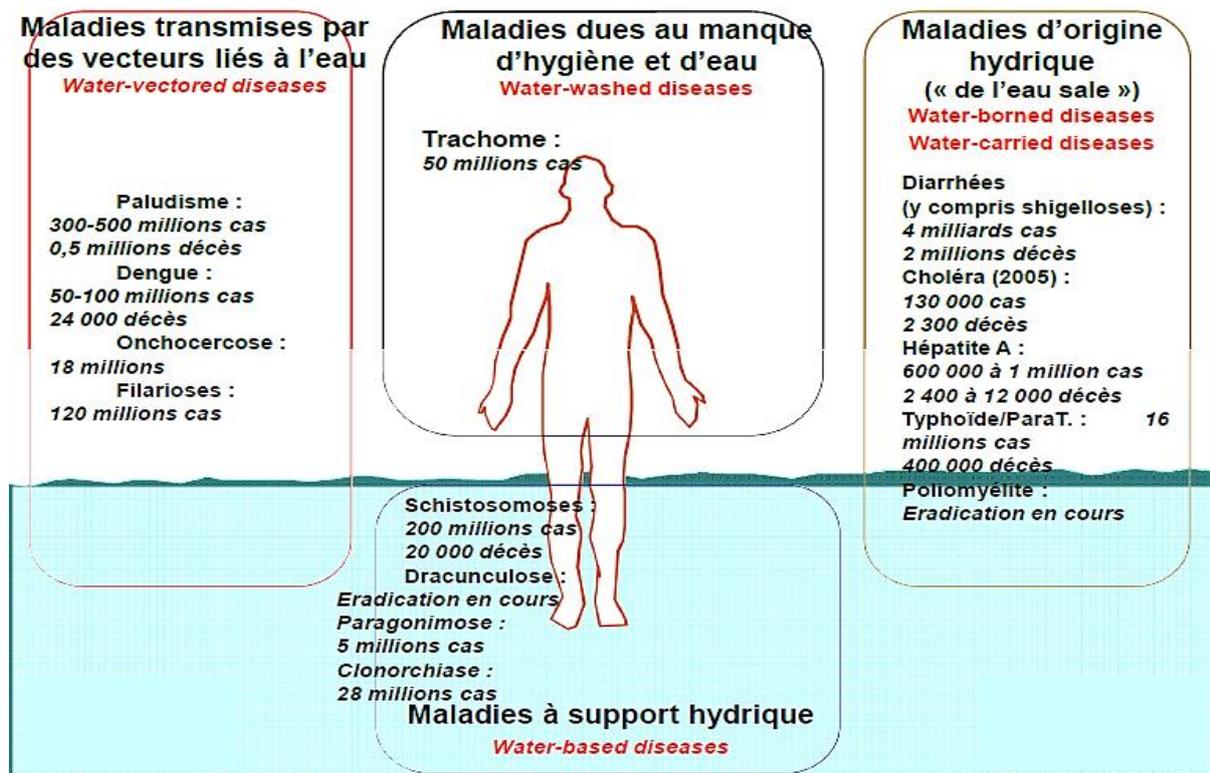


Figure 5. Risques sanitaires associés à l'eau

Sources : Delmont (57)

1.2.1.1.4. Epidémiologie des maladies associées à l'eau

1.2.1.1.4.1. Paludisme

Le paludisme est la maladie parasitaire, la plus répandue au monde, elle constitue un risque pour plus de deux milliards d'êtres humains. Il tue entre 1,1 à 2,7 millions des personnes chaque année dans le monde, dont environ un million d'enfants de moins de cinq ans en Afrique subsaharienne (57-58). La transmission du paludisme nécessite des précipitations, une température ($> 18\text{ °C}$ pour *P. falciparum* et $> 16\text{ °C}$ pour *P. vivax*), une altitude ($< 1\ 500\text{ m}$ en Afrique) et une humidité relative élevée. La répartition géographique du paludisme est élevée dans toute la zone intertropicale entre le 30 ° de latitude Nord et le 30 ° de latitude Sud (58). Le lien étroit entre l'eau et le paludisme a été confirmé par plusieurs publications dans la région amazonienne située dans la région Nord (59–61). Le cycle épidémiologique du paludisme se calque sur le cycle annuel des eaux notamment : la crue des fleuves du bassin amazonien entre novembre et juillet fait monter l'eau. Cela s'explique par le rôle de l'eau dans l'écologie du moustique Anophèles qui, est principale vecteur du paludisme (61). La distribution

géographique du paludisme varie selon chacune des 6 régions de l'OMS, mais aussi en fonction de l'espèce du vecteur (57).

Les pays d'Afrique subsaharienne, où la transmission est toute l'année sont : l'Afrique du Sud, l'Angola, le Bénin, le Botswana, le Burkina-Faso, le Burundi, le Cameroun, le Congo, la RDC, la Côte d'Ivoire, Djibouti, l'Érythrée, l'Eswatini (Swaziland), l'Éthiopie, le Gabon, la Gambie, le Ghana, la Guinée, la Guinée-Bissau, la Guinée équatoriale, le Kenya, le Liberia, le Malawi, le Mali, la Mauritanie, le Mozambique, la Namibie, le Niger, le Nigeria, l'Ouganda, la RCA, le Rwanda, Sao Tomé-et-Principe, la Sierra Leone, la Somalie, le Soudan, le Soudan du Sud, la Tanzanie, le Tchad, le Togo, la Zambie, le Zimbabwe. Au Moyen-Orient, le paludisme sévit en Arabie Saoudite (pré-élimination), en Syrie et à Oman où la transmission est sporadique. Au Yémen, la transmission est toute l'année(58). Dans, l'océan Indien, le paludisme est endémique à Madagascar, aux Comores (excepté Mayotte), où il est en hausse et Zanzibar. À Mayotte, où la transmission est sporadique, les cas importés représentent les trois quarts des cas, en provenance de l'Union des Comores. Le paludisme existe aussi en Asie : notamment en Afghanistan (transmission saisonnière), en Bangladesh, en Bhoutan, en Cambodge, la Corée du Nord et la Corée du Sud qui sont des zones de transmission sporadique, en Inde (qui concentre le plus grand nombre de cas), en Indonésie, au Népal, au Pakistan, aux Philippines. En Océanie, le paludisme est endémique en Papouasie-Nouvelle Guinée, aux îles Salomon, au Timor-Leste, au Vanuatu (57-58). Dans les Amériques, la transmission a lieu toute l'année en Bolivie, au Brésil, en Colombie, au Costa Rica, en Équateur, au Guatemala, en Guyane française, au Honduras, au Mexique, au Nicaragua, au Panama, au Pérou et au Suriname. Dans les Caraïbes, le paludisme est endémique en Haïti et en République dominicaine. En Europe, la transmission est saisonnière et sporadique de mai à octobre dans le district de Laconie en Grèce. Il s'agit, dans 100 % des cas de *P. vivax* (57).

1.2.1.1.4.2. Fièvre Typhoïde

La Fièvre Typhoïde est une infection aiguë généralisée causée par une entérobactérie, désignée par *Salmonella typhi*, extrêmement virulente et invasive. La transmission de l'infection a lieu par voie féco-orale et peut se produire selon deux cycles. Un cycle court qui se caractérise par la contamination des aliments ou de l'eau dans l'environnement immédiat en raison de l'insuffisance des mesures d'hygiène et d'assainissement, par excrétion de la bactérie par des porteurs temporaires ou chroniques. Un cycle long qui s'explique par la pollution des sources d'approvisionnement en eau. Cette pollution est due aux eaux usées, au traitement

inadéquat de l'eau courante ou à l'utilisation de matières fécales humaines ou l'usage d'autres déchets non traités comme engrais (62).

Dans les pays industrialisés où les infrastructures sanitaires et des circuits de distribution de l'eau sont améliorés, la Fièvre Typhoïde est classée au rang des maladies rares ou importées (64-65). Dans les pays en voie de développement, où la gestion des infrastructures sanitaires et des circuits de distribution de l'eau sont inadéquats, la Fièvre Typhoïde (FT) constitue un problème majeur de santé publique (66). La majorité de ses cas se produisent en Asie du Sud, en Asie du Sud-Est, en Amériques du Sud et Centrale, dans le Pacifique et en Afrique subsaharienne. De nombreuses nations insalubres d'Océanie enregistrent une forte incidence de Fièvre Typhoïde et sont touchées par des flambées épidémiques de grande ampleur de la maladie (63 ; 67).

Malgré les connaissances sur le lien direct entre la FT et l'eau contaminée, la capacité d'éviter cette maladie reste faible. Son incidence est de 11 à 20 millions de cas, avec 128 à 161 millions de morts dont 70 % d'enfants par an dans le monde, dont 90% des décès en Asie (6 ; 68). La FT touche près de 783 millions de personnes dans le monde qui n'ont pas accès à l'eau potable et les populations de l'Afrique subsaharienne sont plus affectées. Elle est l'une des maladies les plus étroitement liées à l'eau contaminée qui impose un lourd tribut aux malades et aux communautés, au développement économique et social. En Afrique, en 2002, la FT a été la raison d'hospitalisation de 408837 cas (65). En RDC, au Sud-Kivu, les rapports annuels de 2011 et 2013 de l'Inspection Provinciale de la Santé (IPS) ont indiqué que le nombre des personnes souffrant cas de FT étaient en augmentation : soit 19022 cas en 2011 et 20325 cas en 2012 avant une explosion de cas (28200) en 2013 (66). L'étude du Programme de surveillance de la fièvre typhoïde en Afrique ou « Typhoid Fever Surveillance in Africa Programme » (TSAP) a montré que dans certaines zones du continent africain, la menace de la FT était tout aussi forte comme en Asie du Sud (69).

Les risques de la transmission de *Salmonella typhi* sont liés aux populations qui ne disposent pas d'un accès à l'eau salubre, de moyens d'assainissement appropriés et qui n'ont pas de bonnes pratiques d'hygiène lors de la manipulation des aliments. Les facteurs de risque sont interdépendants et associés à la forte densité de population ou surpeuplement, au faible niveau socioéconomique, au faible taux d'alphabétisation et à une profession, par exemple le personnel des laboratoires de microbiologie Clinique (70).

1.2.1.1.4.3. Schistosomiase intestinale

La schistosomiase, (encore appelée schistosomose ou bilharziose), est une maladie parasitaire due aux trématodes (70-71). Les espèces *Schistosoma haematobium* et *Schistosoma mansoni* sont les principaux agents étiologiques de la maladie. Les personnes sont infectées lorsque des schistosomes sont transmis par contact avec de l'eau douce contaminée, par des excréments humains contenant des œufs du parasite. Il faut qu'un gastéropode hôte soit présent dans l'eau pour que le parasite puisse accomplir son cycle de vie (73). La schistosomiase peut être regroupée en deux catégories en fonction de l'organe affecté : intestinale ou urogénitale (73). La schistosomiase intestinale provoque généralement une diarrhée, avec présence de sang dans les selles. A un stade avancé, on observe fréquemment une augmentation du volume du foie et de la rate, ainsi qu'une hypertension portale. La schistosomiase urogénitale se caractérise par la présence de sang dans les urines. Chez la femme, la schistosomiase urogénitale peut provoquer des saignements vaginaux, des douleurs lors des rapports sexuels et la formation de nodules dans la vulve, elle est désormais appelée schistosomiase génitale féminine (72).

La schistosomiase figure parmi les Maladies Tropicales Négligées (MTN) pour lesquelles, l'OMS a lancé des mesures de lutte visant à suivre les progrès des interventions qui s'appuient sur un indicateur d'impact consistant à l'élimination de la morbidité (72). La schistosomiase est la deuxième endémie parasitaire mondiale après le paludisme. Elle touche 240 millions de personnes dans le monde et a un impact économique plus important dans les pays tropicaux. Les enfants d'âge préscolaire, les enfants d'âge scolaire et les femmes constituent un groupe plus exposé à l'infection en fonction de habitudes récréatives (comme la natation et la pisciculture) et ; leurs activités professionnelles. Il s'agit notamment de l'agriculture dans des marécages, de la natation, de la pisciculture et des tâches ménagères (72). L'infection est plus répandue dans les communautés pauvres dépourvues d'eau potable et d'installations sanitaires adéquates, caractéristiques de la plupart des pays en développement d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du Sud. Une grande majorité (85 %) des cas surviennent en Afrique (75). L'OMS estime que 700 millions de personnes, dans plus de 70 pays tropicaux et subtropicaux, vivent dans des zones où la maladie est courante. Les décès attribués à la maladie, chaque année, varient de 200 000 à 500 000 personnes (76).

La lutte contre la schistosomiase en zones à haut risque (dans 51 pays où la transmission varie de modérée à forte) requiert la chimiothérapie préventive de la maladie, pour un traitement à grande échelle. En Afrique subsaharienne, la lutte contre la schistosomiase vise à réduire le

contact de la population avec l'eau infestée en fournissant un approvisionnement sain en eau domestique et en créant des systèmes d'assainissement, et/ou en réduisant la reproduction des mollusques au moyen d'interventions sur l'environnement. Les interventions de promotion de la santé qui peuvent également être associées à la lutte contre la schistosomiase comprennent notamment l'éducation sanitaire, le traitement systématique des géohelminthiases et la supplémentation nutritionnelle (73). Dans le domaine de l'éducation sanitaire, il est nécessaire d'adapter les stratégies de communication au contexte local. Toutes les mesures précitées devront être intégrées, dès le stade de la planification dans les projets de mise en valeur des ressources en eau. Cependant, de nombreux aspects de la morbidité de la schistosomiase sont encore mal connus en raison du manque de moyens diagnostiques. L'OMS recommande « l'approche intégrée » qui repose sur l'administration périodique de praziquantel ; l'amélioration des services d'eau, d'assainissement et d'hygiène ; les changements de comportement ; la lutte contre les gastéropodes ; et la gestion de l'environnement (73).

1.2.1.1.4.4. Diarrhée/gastro-entérite

La diarrhée est surtout observée chez les jeunes enfants et les personnes âgées. Les agents responsables de la Gastro-entérite sont multiples. Il s'agit de : *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Campylobacter*, *Giardia*, *Cryptosporidium* et *Rotavirus* (24). Les *Escherichia coli* sont la cause la plus commune des maladies diarrhéiques dans les Pays en Développement (PeD) tant chez l'enfant que chez l'adulte. Le syndrome dysentérique représente environ 10% des maladies diarrhéiques aiguës d'origine infectieuse : *Shigella*, *Salmonella spp*, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia entérocolitica*... ou des parasites : *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli* (24). La diarrhée est la principale cause de mortalité infantile dans le monde. Elle tue près de 1,5 millions d'enfants de moins de 5 ans chaque année. La diarrhée causée par un accès inadéquat à l'eau assainissement et hygiène (EAH) tue environ 361 000 enfants de moins de cinq ans chaque année, soit plus de 1 000 enfants par jour (6).

Dans les pays à moyens et bas revenus, 58% des cas de diarrhées sont attribuables à une eau non-potable, à un assainissement inadéquat et à une hygiène insuffisante. Les études québécoises attribuent à l'eau du robinet plus de 30 % des cas de gastro-entérite (GE) observés en dehors des épidémies dans une population alimentée par de l'eau conforme aux normes bactériologiques (51). Les diarrhées à répétition sont par la suite responsables de 50% des cas de sous-nutrition infantile. Pour réduire les cas de diarrhée, l'OMS recommande l'accès à une eau de boisson saine parmi les principales mesures (56 ; 73).

1.2.1.2. Gestion des ressources en eau

1.2.1.2.1. Eléments fondamentaux de la gestion de l'eau

L'eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole, et un moyen de transport. Le degré de qualité exigible des eaux dépend évidemment de leurs usages. La qualité de l'Eau Destinée à la Consommation Humaine (EDCH) dépend des sources en eau disponibles (24). Une gestion durable de l'eau sans danger nécessite une politique de maîtrise de caractéristiques de la ressource et des parties prenantes du secteur.

Pour la surveillance régulière de la qualité de l'eau potable, les chercheurs sont toujours à la recherche d'un ensemble idéal d'indicateurs microbiens, mais aucun des indicateurs microbiens actuellement utilisés n'est parfait. Aucun indicateur représente, jusqu'ici, tous les agents pathogènes pouvant être présents dans l'eau (52).

1.2.1.2.1.1. Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

Elle permettrait de relever le défi lié à l'eau et d'optimiser la contribution de l'eau dans le développement durable. La GIRE permet aux individus de bénéficier des ressources en eau grâce à des axes d'interventions tels qu'un environnement favorable, des rôles institutionnels et des instruments de gestion (Tableau I). Elle s'adapte aux conditions économiques, sociales, environnementales et humaines en mutation (78).

Tableau I. Axes d'intervention dans le domaine de GIRE

Axes d'intervention	Domaines cibles	Actions à mener
Environnement Favorable	Cadre politique	Fixer des objectifs pour l'utilisation, la protection et la conservation de l'eau
	Cadre législatif	Voter des lois à suivre pour appliquer les politiques et atteindre les objectifs.
	Structures de financement	Affecter des ressources financières pour satisfaire les besoins en eau
Rôles institutionnels	Cadre organisationnel	Créer un organe pour coordonner les aspects formels et fonctionnels
	Édification des capacités institutionnelles	Développer les ressources humaines
Instruments de gestion	Évaluation des ressources en eau	Comprendre les disponibilités et les besoins
	Développement des plans pour la GIRE	Combiner les options de développement, l'utilisation des ressources et l'interaction humaine
	Gestion de la demande	Utiliser l'eau plus efficacement

	Instruments de changement social	Favoriser une société civile tournée vers l'eau
	Résolution des conflits	Gérer les litiges en garantissant le partage de l'eau
	Instruments réglementaires	Limiter la distribution et l'usage de l'eau
	Instruments économiques	Utiliser la valeur et les prix pour l'efficacité et l'équité
	Échange et gestion des informations	Améliorer les connaissances pour une meilleure gestion de l'eau

Note : GIRE = Gestion Intégrée des Ressources en Eau ; Source = Moriarty et al (77).

L'organisation du suivi de qualité de l'eau est donc un point essentiel de la gestion technique et sanitaire. Ce suivi comprend la surveillance ou l'autosurveillance que le producteur d'eau doit mettre en place, et le contrôle sanitaire exercé par l'autorité sanitaire (24).

1.2.1.2.1.2. Gestion technique

La gestion technique concerne le choix de la ressource, la conception du projet et l'installation des ouvrages hydrauliques. En fonctionnement quotidien, elle doit être dynamique pour permettre la réalisation des actions adaptées aux difficultés : celles-ci peuvent apparaître lors d'une dérive légère de la qualité qui reste encore comprise dans les « zones de sécurité » des règles fixées, ou lors d'un dysfonctionnement majeur dont les effets sont constatés sur la santé des utilisateurs. Elle porte également sur les modalités de gestion des situations non conformes et sur l'information du consommateur. L'ensemble des règles applicables à la gestion technique-sont globalement similaires. Les règles applicables consistent à mettre en œuvre des procédures à suivre, depuis sa conception jusqu'à la qualité de l'eau distribuée (78).

Chaque installation est soumise à une autorisation administrative préalable qui porte sur le choix du captage, sur la filière de traitement éventuelle et détermine les périmètres de protection des captages dans lesquels des constructions, des installations, des activités potentiellement polluantes sont interdites ou réglementées. Les éléments essentiels des installations de distribution (réservoirs, canalisations) font l'objet d'une déclaration à l'autorité sanitaire pour permettre des contrôles, mais aussi une approche d'épidémiologie géographique en cas de survenue de difficultés (24).

La gestion technique implique de disposer des moyens nécessaires à la conception et la réalisation des différentes installations : captages, traitements, distribution par les réseaux publics, distribution dans les réseaux intérieurs des immeubles. Son obligation de résultats porte sur la qualité de l'eau au point de mise à disposition du consommateur et se traduit par des limites de qualité fixées pour des séries de paramètres caractérisant l'eau (24).

En particulier, suite aux recommandations de l'OMS, l'approche sanitaire sur ce point tend à distinguer, des paramètres microbiologiques pour lesquels sont fixées des valeurs pour des germes indicateurs de contaminations, souvent fécales (79), ou indicateurs de l'efficacité des traitements (de désinfection ou de filtration) qui doivent les éliminer (80). Les paramètres chimiques ne sont pas en relation directe avec le risque sanitaire mais, ils peuvent influencer l'acceptabilité de l'eau par l'utilisateur ou constituer des indicateurs d'efficacité technologique importants (24). L'ampleur du programme de contrôle sanitaire est liée à la taille des installations, à l'importance de la population desservie, mais aussi à la qualité habituelle de l'eau et au degré de sûreté des installations (82).

Les résultats des visites et des analyses permettent de réaliser une interprétation sanitaire de la situation et de prendre des décisions pour corriger les situations de non-conformité. Notamment : l'arrêt de la distribution, l'interdiction de la consommation pour tous ou la limitation de certains usages ou, encore, l'obligation de traitement avant l'usage. Le public doit être informé de l'ensemble de ces éléments (24).

1.2.1.2.1.3. Gestion sanitaire : surveillance épidémiologique

La surveillance épidémiologique permet de reconnaître des problèmes sporadiques ou chroniques de pollution microbiologique ou chimique. Elle vise avant tout à améliorer la protection sanitaire et environnementale. Cependant, elle ne permet pas d'établir directement la relation de cause à effet avec celles de la morbidité liée aux divers usages de l'eau (24).

1.2.1.2.2. Gestion du réseau de distribution publique

1.2.1.2.2.1. Captage

Le captage est une étape primordiale de la chaîne de production et de distribution publique d'eau. Selon le type de ressource (eau souterraine, eau superficielle, origine mixte), la pollution sera plus ou moins régulière et importante. L'eau qui traverse une épaisseur limitée de terrain avant d'atteindre la nappe phréatique a une filtration insuffisante et finit par contaminer cette dernière. Les eaux souterraines circulant parallèlement au lit des rivières, dans des alluvions sableuses ; elles peuvent fournir des quantités d'eau beaucoup plus importantes que les nappes profondes. Cependant elles sont sujettes aux contaminations par les infiltrations superficielles et nécessitent un traitement. Les eaux superficielles (vaclusiennes), pénétrant par des fissures ou des failles, à travers des roches imperméables, sans aucune filtration, sont souvent abondantes. Elles sont fréquemment contaminées par les souillures du sol, et représentent une cause classique de « maladies hydriques ». Les eaux de surface (rivières,

ruisseaux lacs, barrages, etc.) sont les seules capables de fournir des quantités considérables pour des divers besoins de l'homme. Cependant, elles sont sujettes à la contamination par des eaux de ruissellement et des eaux résiduaires (24).

Enfin, toutes les ressources en eau sont susceptibles de véhiculer des microorganismes et des pollutions physicochimiques (détergents synthétiques, hydrocarbures) qui rompent l'équilibre biologique et empêchent la réoxygénation de l'eau. Pour assurer la protection de la population vis-à-vis des risques hydriques liés aux eaux d'alimentation, la gestion technique et sanitaire doit être plus préventive. S'il s'agit d'un prélèvement ou d'une utilisation d'un cours d'eau, la protection consiste à apprécier le volume et le degré de pollution des eaux usées reçues et, à effectuer des analyses complètes apportant des indications sur la qualité bactériologique et chimique. Tout captage d'une eau souterraine (source ou forage) nécessite une enquête hydrogéologique en vue de déterminer : l'origine des eaux que l'on se propose de capter et ses caractéristiques ; les réserves de la nappe et le débit de la source ; les contaminations que l'eau est susceptible de recevoir ; la délimitation des périmètres de protection, zones légalement protégées où sont interdits tous travaux, dépôts ou installations susceptibles d'être une cause de nuisance pour la qualité de l'eau (24).

1.2.1.2.2.2. Mesures de lutte contre les maladies hydriques

Le traitement de l'eau est inexistant en cas d'utilisation d'eau souterraine bien protégée et conforme aux normes de potabilité et pour un court réseau de distribution (24). Les mesures permettant de réduire les maladies bactériennes transmises par les eaux ont été adaptées dès le XIX^e siècle. Elles consistent à rendre potable l'eau de boisson par l'ébullition, les agents chimiques et les filtres (68). La réduction du risque de maladies diarrhéiques liées à l'eau est attribuable à la combinaison des activités d'assainissement et hygiène. Cette combinaison d'activités comporte le traitement à la source, la distribution de l'eau, l'éducation à l'hygiène et le nettoyage des mains avec du savon (81 ; 82). La prévention est la mesure la plus efficace pour réduire le risque de maladies d'origine hydrique (Figure 6).

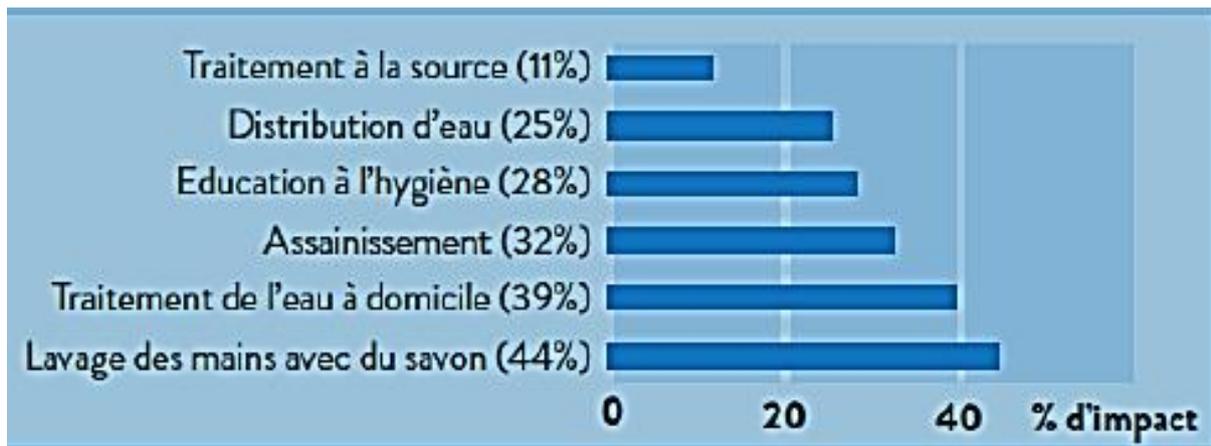


Figure 6. Combinaison des activités dans le but de réduire les maladies diarrhéiques liées à l'eau

Source : Fewtrell *et al* (81)

Le traitement de l'eau suit une série d'étapes lorsque la ressource est d'origine superficielle et contient donc divers polluants chimiques et biologiques. Il comporte les étapes suivantes (le nombre et le choix des étapes étant fonction de la qualité de l'eau brute) :

- Décantation : celle-ci peut être accélérée par l'addition d'un flocculant (sels de fer ou d'aluminium) ;
- Filtration sur lit de sable – cette opération étant parfois combinée à la première, ou plus récemment sur filtres en matériaux céramiques ou cellulosiques ;
- Élimination des composés organiques ou minéraux indésirables ou en excès par passage sur charbon actif (adsorption des molécules organiques) ou sur résine échangeuse d'ions (élimination des sels minéraux) ;
- Désinfection par traitement oxydant à l'ozone, au chlore, au bioxyde de chlore ou aux dichloramines, qui élimine les microorganismes ; post-chloration, avant envoi dans le réseau ou les réservoirs, de façon à maintenir une teneur résiduelle en chlore libre actif de 0,1 à 0,2 mg/L environ. Pour assurer la production d'EDCH à l'échelle industrielle, les producteurs sont appelés à respecter la règle des 5 M : Matières, Matériaux, Méthodes, Main-d'œuvre et Milieu. En effet, il est nécessaire de prendre en compte la qualité de tout ce qui exerce une influence sur l'eau produite, de l'eau brute (milieu) au consommateur, en passant par les réactifs ajoutés (matières) et les méthodes, les matériaux de transport et la formation du personnel (24).

1.2.1.2.2.3. Distribution jusqu'au robinet de l'utilisateur

La disposition du réseau (interconnexions, absence de stagnation, etc.), sa surveillance et son entretien (désinfections, purges, détection des fuites) ainsi que le contrôle de la qualité de l'eau sont des points très importants pour obtenir un résultat qui satisfasse l'utilisateur et la santé publique. Cependant, la distribution à l'intérieur des immeubles est du ressort du propriétaire dont la vigilance et le niveau d'information ne sont pas toujours satisfaisants. La distribution constitue une partie du réseau d'approvisionnement aux ressources en eau qui se situe entre la production et le consommateur final. Les interactions, entre l'eau et les matériaux, rendent la canalisation vulnérable aux souillures, tant sur les plans microbiologiques (croissance et développement de biofilm servant de niche écologique de certains germes) et chimique pouvant entraîner corrosion et dissolution (1 ; 24).

1.2.1.2.2.4. Stockage

Dans les ballons de stockage et les tuyauteries, dont la température est de l'ordre de 40 à 50 °C, la maintenance de l'installation doit être réalisée de façon adéquate et la surveillance des systèmes et de la qualité doit être assurée de manière régulière. Des traitements peuvent être ajoutés (chloration, adoucissant, antitartre, anticorrosion) en tenant compte des critères de potabilité de l'EDCH (24).

1.2.1.2.2.5. Utilisation

Les usages de l'eau sont multiples et dominés par l'agriculture, l'aquaculture, l'industrie, l'artisanat et les loisirs aquatiques (par exemple : baignade et piscine). La fourniture collective ou individuelle de l'eau peut être utilisée à des fins alimentaires (eau de boisson, cuisine) mais aussi domestiques et d'hygiène. Plus l'urbanisation évolue, plus la quantité d'EDCH (ou eau du « robinet ») consommée par habitant augmente. Cependant, l'usage alimentaire (boisson ou cuisine) ne concerne que 2 à 5 litres par jour par personne, tandis que les besoins domestiques portent plus sur la toilette, l'élimination des excréta, le lavage (vaisselle, linge, automobile), l'arrosage, les loisirs, et ce, pour des quantités croissantes. Les usages qui exigent une phase supplémentaire de traitement, tels qu'hospitaliers (soins aux malades, dialyse rénale), industriels ou agro-alimentaires, ne sont pas soumis aux critères de potabilité de l'EDCH (24).

1.2.1.2.3. Approvisionnement en eau potable

Dans la plupart des Pays en Développement (PeD), l'absence d'un système adéquat de gestion des ressources en eau contribue à l'approvisionnement à partir des sources d'eau non

améliorées ce qui entraîne la multiplication et l'émergence des maladies liées à l'eau (83). Le rapport de l'ONU-Eau 2019 a montré qu'à l'échelle de la planète, c'est en Afrique que se trouvent la moitié des personnes qui boivent une eau provenant de sources non protégées. La proportion d'accès à une source sûre d'eau potable est d'un africain sur quatre. En Afrique subsaharienne, seulement 24 % de la population a accès à une source d'eau potable sûre et les installations sanitaires de base sont réservées à 28 % de la population (85). Compte tenu de la diminution continue des eaux douces à l'échelle mondiale et en particulier dans les pays d'Afrique de l'Ouest, la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) est devenue l'une des préoccupations majeures des acteurs locaux et centraux. La protection des ressources en eau se trouve alors inscrite en priorité dans la plupart des programmes de développement durable des pays, des villes et des communes (84). Dans les pays en situation de conflit ou traversant une période de troubles, les enfants sont quatre fois moins susceptibles d'avoir accès à des services élémentaires d'approvisionnement en eau que les enfants vivant dans d'autres pays.

1.2.1.2.4. Voies de dégradation de la qualité de l'eau de boisson

La qualité de l'eau est affectée par les déchets issus des activités humaines et naturelles, très souvent mal gérés. Il s'agit de déchets solides (ordures ménagères, résidus industriels), gazeux (acidification ou eutrophisation liées à la pollution atmosphérique), ou liquides (eaux résiduaire urbaines, industrielles ou agricoles, eaux de ruissellement) (24). Selon l'OMS, l'émergence des maladies à contamination fécale dans les ménages ou les communautés est l'une des conséquences de la mauvaise qualité de l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) et de la gestion inadéquate des eaux brutes.

1.2.1.2.4.1. Pollutions de l'eau

Les diverses pollutions de l'eau (thermique, radioactive, microbienne, parasitaire et chimique) sont liées à l'interdépendance de l'usage des ressources en eau (Figure 7). La pollution « thermique » est la conséquence du déversement dans le milieu aquatique (fleuves, eaux littorales) de quantités considérables d'eau utilisées pour le refroidissement, surtout lors de la production d'énergie électrique par les centrales thermiques ou nucléaires. La pollution radioactive concerne les émetteurs de rayonnement alpha (^{226}Ra , ^{234}U , ^{238}U) d'origine naturelle qui sont éventuellement présents dans les eaux souterraines de certaines zones géographiques. Elle concerne également les émetteurs bêta qui sont généralement associés à des activités humaines (^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{131}I). La radio contamination peut provenir, également, de retombées atmosphériques. La pollution chimique est probablement plus fréquente, très

ressentie et très diverse. Il s'agit de contaminations par des composés inorganiques (ex : sodium et chlorures, nitrates, phosphates, métaux lourds) et des composés organiques (ex : détergents, produits phytosanitaires, solvants, hydrocarbures). La pollution microbienne et parasitaire est, principalement d'origine fécale et due aux déjections humaines et animales (24).

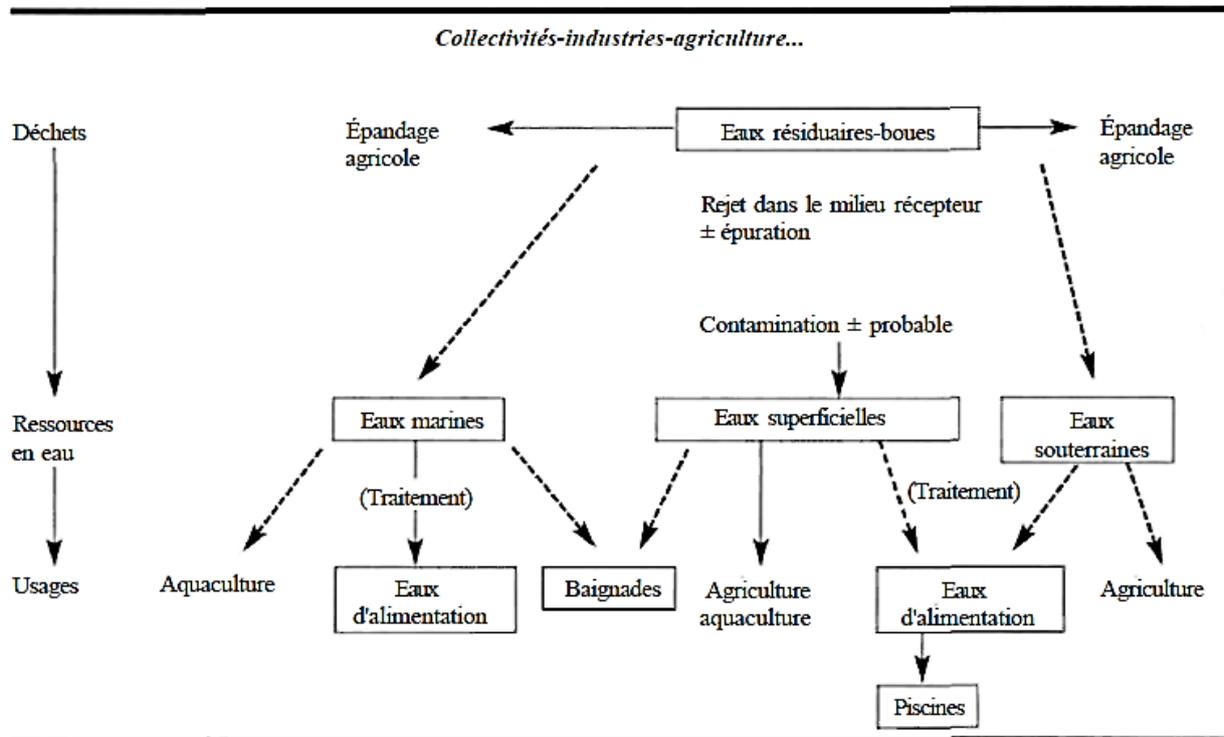


Figure 7. Ressources, usages et interdépendance des eaux.

Source : Festy *et al* (85)

1.2.1.2.4.2. Transmission des agents infectieux

La contamination de l'eau est principalement d'origine fécale (Figure 8). Les germes pathogènes sont éliminés par les malades ou les porteurs « sains » avec les selles (péril fécal). La contamination peut se faire par les mains, les légumes, les eaux de surface, les puits non protégés, les nappes phréatiques superficielles ou les canalisations défectueuses. La multiplication et la conservation des germes pathogènes se font en milieux aqueux ou sur sols humides.

1.2.1.2.4.3. Voies de transmission des agents infectieux.

Les voies de transmission des agents infectieux sont directes ou indirectes (Figure 8). La transmission directe consiste à l'ingestion de l'eau de boisson contaminée ou à introduire la main sale dans la bouche. La transmission indirecte est issue des aliments ou objets souillés par l'eau ou la main sale (56).

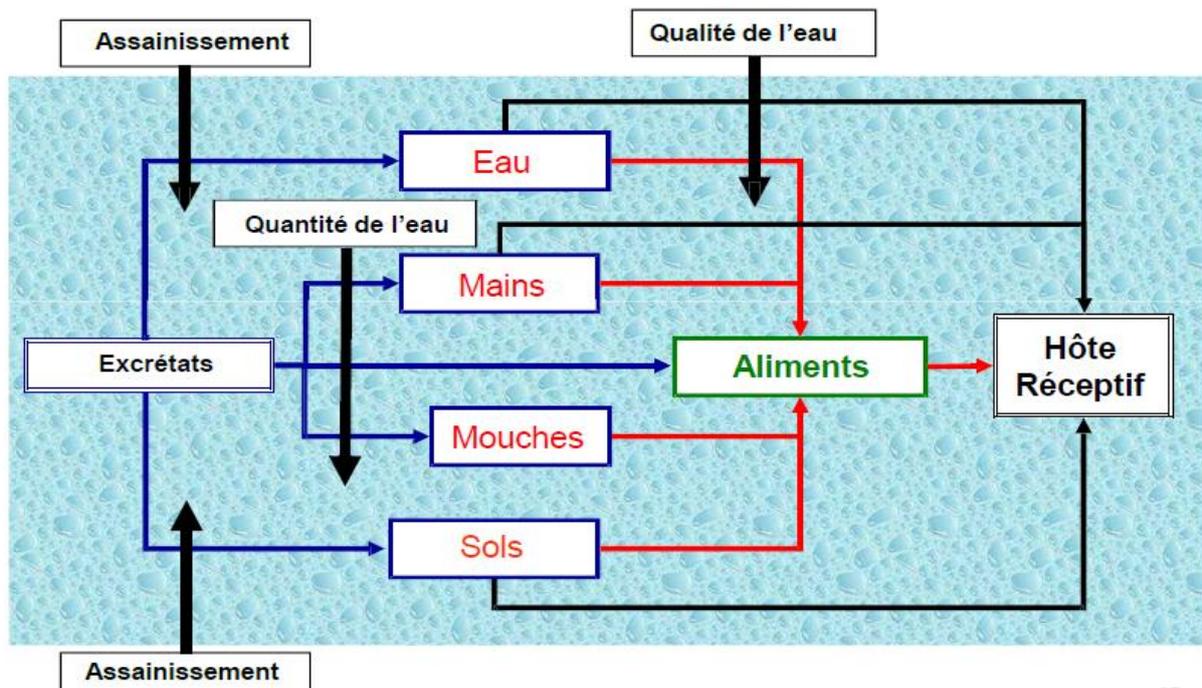


Figure 8. Transmission des agents infectieux du péril oro-fécal

Sources : Delmont (56)

1.2.1.2.5. Approvisionnement en eau en République Démocratique du Congo

Malgré l'abondance des ressources en eau douce de la République Démocratique du Congo (RDC), qui est le pays d'Afrique possédant les ressources hydrologiques les plus importantes ; celle-ci fait face, aujourd'hui, à une inaccessibilité de l'approvisionnement en eau potable. En effet, l'estimation de la population congolaise ayant accès à une eau potable salubre (26 %) inférieure à la moyenne de 60 % pour l'ensemble de l'Afrique subsaharienne. La rareté et la vulnérabilité de l'eau potable sont dues à la croissance rapide de la population, aux changements climatiques et aux ouvrages hydrauliques endommagés qui, sont fragilisés par le sous-investissement dans le secteur de l'eau, les activités anthropiques et les conflits armés récurrents (17). Les ressources en eau, en RDC, constituent un des réseaux hydrographiques les plus étendus au monde, totalisant plus de 20 000 kilomètres de rives. Couvrant environ 86 080 km², les lacs et les rivières comptent pour 3,5 pour cent de la superficie du pays (17).

Les eaux de surface de la RDC représentent environ 52 % des réserves en eau de l'Afrique, tandis que les réserves du pays représentent 23 % des ressources hydriques renouvelables du continent. Les précipitations, d'une moyenne annuelle d'environ 6 000 milliards de m³, sont régulières et abondantes (moyenne de 1 545 mm/an) cependant varient géographiquement et en fonction des saisons (de 800 mm à 1 800 mm). La RDC jouit également d'une autonomie considérable en eau, avec 70 % (900 m³/an) de ses ressources en eau

renouvelables (estimées à 1 283 km³/an) provenant des précipitations sur le territoire national. En effet, la grande majorité de la population dépend des sources alimentées par les forêts denses (forêt-galerie et forêt tropicale), pour l'approvisionnement en eau des communautés locales. Alors que le taux global de déforestation reste relativement faible à l'échelle nationale reste relativement faible (estimé à 0,2 % par an). Le phénomène de déforestation atteint un niveau élevé et menace directement les sources d'eau potable dans certaines parties du pays, notamment dans la savane, les forêts galeries et particulièrement autour des centres urbains. Le bassin versant du Congo est le plus grand d'Afrique, avec une superficie de 3,7 millions de km² et, le courant de son fleuve est le plus puissant d'Afrique, avec un débit moyen de 41 000 m³/s (1260 km³/an), Ce débit est 15 fois celui du Nil et deuxième au monde après l'Amazone. Le Fleuve Congo s'étire sur près de 4 700 km, il est également le plus long fleuve du continent après le Nil (17).

1.2.1.3. Aspects institutionnels et réglementaires

La gouvernance du secteur de l'eau en République Démocratique du Congo est caractérisée par une multiplicité de lois et d'institutions aux mandats souvent chevauchant et/ou conflictuels. La RDC manquait d'un cadre législatif en la matière et d'un ministère dédié à l'eau chargé d'orienter et conduire le Développement Durable du secteur.

Malgré la reconnaissance de l'accès à l'eau comme un droit fondamental de l'homme par la constitution de 2006 (17), il n'existait de politique claire, avant la promulgation de la Loi relative à l'eau. La crise politique et les conflits d'intérêts des parties prenantes empêchent l'opérationnalisation de la loi relative à l'eau qui, fournit un cadre législatif d'ensemble pour la gestion rationnelle et durable des ressources en eau, au niveau des provinces et municipalités. Cette situation exige le développement de stratégies et l'adoption de dispositions législatives subsidiaires prioritaires sur la gestion des ressources en eau par les services publics et privés (17). Les dispositions réglementaires sur la prestation des services de l'eau sont appelées à s'inspirer et à inclure des directives de l'OMS, sur les normes de la qualité de l'eau, les règles de fonctionnement pour la délimitation des zones de protection des sources d'eau potable, les directives de construction pour les structures rurales et périurbaines d'approvisionnement en eau, les règles sur la surveillance de la qualité de l'eau potable et les directives concernant la collecte des données et le partage de l'information sur l'eau (1).

1.2.1.3.1. Législation du secteur de l'eau

La législation du secteur de l'eau repose sur le développement d'une série d'instruments de planification et de gestion de l'utilisation efficace des ressources hydriques notamment : une douzaine d'ordonnances et de décrets dont plusieurs datent de la période antérieure à l'indépendance et contiennent des règlements largement dépassés (17) ; suivi d'un avant-projet de loi portant Code de l'Eau, dans le cadre de l'initiative de réforme du secteur de l'eau et, enfin une loi relative à l'eau a été élaborée à 2015 pour assurer une Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) Celle-ci est en effet un principe fondamental caractérisant la loi sur l'eau.

1.2.1.3.1.1. Cadre institutionnel du secteur de l'eau

La gestion du secteur de l'eau est répartie entre sept ministères et plusieurs organisations. Malgré son caractère prioritaire et indéniable pour le gouvernement congolais, la question de l'eau n'est pas clairement définie sur le terrain en ce qui concerne les responsabilités. Le chevauchement des compétences et la conflictualité des mandats ont conduit à une compétition institutionnelle. De plus, la fragilité des capacités administratives des institutions en charge de l'eau a entravé les progrès et le développement du secteur. Les deux ministères principaux à la tête du secteur de l'eau sont le Ministère de l'Environnement, de la Conservation de la Nature et du Tourisme (MECNT) et le Ministère de l'Energie (MdE) (17). La gestion de l'eau en tant que ressource naturelle relève de la Direction des Ressources d'Eau du MECNT. Ses fonctions réglementaires incluent la protection des écosystèmes aquatiques contre les pollutions liées à diverses activités en amont, le développement des plans de gestion des bassins versants et la gestion de la coopération internationale et régionale sur l'eau. Sous le Programme National d'Assainissement (PNA), le MECNT a une responsabilité exécutive de prestation des services urbains d'assainissement, dont le traitement des eaux usées et la gestion des déchets solides, deux sources importantes de pollution de l'eau. Le Département de l'Eau et de l'Hydrologie (DEH) du MdE, quant à lui, supervise la Régie de Distribution d'Eau (REGIDESO), l'entreprise publique fournissant les services urbains d'approvisionnement en eau potable, mais également la SNEL, Société Nationale d'Électricité chargée du développement de l'énergie hydraulique (17). Parmi les autres ministères clés figure aussi le Ministère du Développement Rural, dont le Service National d'Hydraulique Rurale (SNHR) est en charge du développement des services ruraux et périurbains d'approvisionnement en eau potable. Le programme national de promotion des Villages Assainis, soutenu par le Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF) et le Ministère de la Santé Publique mobilise les

communautés sur tout le territoire national. Le pays est divisé en 515 zones de santé en passant par les centres de santé, pour développer des sources améliorées d'eau potable dans les villages éloignés. La REGIDESO et le SNHR, respectivement en charge de l'approvisionnement en eau des milieux urbain et rural sont les deux agences clés au niveau opérationnel. Les deux organisations se trouvent néanmoins aujourd'hui dans une situation précaire et manquent des ressources humaines, matérielles et financières qui leur permettraient d'accomplir leurs fonctions de manière efficace. Le manque d'entretien chronique et les pillages durant le conflit ont rendu leurs installations et équipements obsolètes. De plus, les agences souffrent d'un manque sévère de personnel qualifié, de nombreux employés ayant cherché un autre travail ou approchant l'âge de la retraite (17).

1.2.1.3.1.2. Aide Internationale dans le secteur de l'eau

Les partenaires internationaux du développement ont historiquement joué un rôle crucial dans le développement du secteur de l'eau de la RDC. La Plateforme de Gestion de l'Aide et des Investissements (PGAI) coordonnée par le Ministère du Plan regroupe 10 donateurs importants, dont 7 comptent pour environ 95 % de l'ensemble des engagements financiers externes dans le secteur de l'eau. Malgré un soutien financier important des donateurs dans le secteur de l'eau ; la plupart des programmes et des projets de donateurs sont réalisés avec un retard. Cela est lié à la faiblesse des capacités techniques, aux contraintes logistiques et à la lourdeur des procédures administratives.

1.2.2. Approvisionnement, qualité et maladies liées à l'eau

1.2.2.1. Accès à l'eau potable

La problématique de l'accès à l'eau potable a fait l'objet de nombreuses recherches antérieures. L'acuité du problème est telle que, l'accès à l'eau potable est un élément essentiel des politiques urbaines en Afrique (86). Pour les pays en développement, la gouvernance de l'eau nécessite une entrée institutionnaliste. Le constat est que toutes les politiques publiques généralement orientées par les bailleurs de fonds, n'ont pas été efficaces et les résultats en vue de l'accès de tous à une eau saine n'ont pas toujours été équitables. Des perspectives émergent des travaux sur la gestion des ressources en eau montrent que les enjeux de l'accès à une eau potable devraient se traiter de façon globale en impliquant toutes les parties prenantes (87).

En République Centrafricaine, dans la thèse qui s'est intéressée à l'étude de l'accès à l'eau potable sous le prisme de la croissance urbaine à Bangui, il a été signalé que : la forte urbanisation anarchique observée est de nature à accroître les besoins de la ville en eau potable.

Elle est aussi de nature à compliquer l'accessibilité à cette ressource dans la mesure où, la croissance urbaine n'est pas maîtrisée (88). La société en charge de la distribution de l'eau, à Bangui (RCA), ne peut assurer que 32 % des besoins de la ville en eau potable. Les couches les plus vulnérables de la populations sont obligées de recourir aux forages et aux puits (89).

Les travaux de recherches ont montré que le Cameroun ne parvenait pas à assurer un accès facile à l'eau potable à l'ensemble de sa population, en dépit de ses importantes ressources naturelles en eau. Les freins à l'accès à l'eau potable sont principalement liés à l'insuffisance des investissements et aux perceptions anachroniques des populations. Pour y remédier, les auteurs ont proposé de sensibiliser les populations sur la nécessité d'une gestion durable des ressources hydriques et une augmentation du budget alloué au secteur de l'eau (89). A l'Ouest du Cameroun, les populations font face à cet épineux problème d'approvisionnement en eau potable. Pour mettre en lumière cette problématique, une enquête a été menée auprès de 173 ménages. La non maîtrise de l'accroissement démographique et la dégradation des infrastructures d'accès à l'eau potable sont les principales raisons mises en avant pour expliquer ces problèmes d'accès à l'eau potable (91). Cela conduit inéluctablement à la prolifération des maladies liées à l'eau telles que la Fièvre typhoïde et les maladies de la peau.

L'étude sur l'état des lieux de l'accès à l'eau potable au Sud du Cameroun, précisément dans la commune de Mvangan, a montré que cette commune dispose d'un parc hydraulique constitué de 127 points d'eau modernes globalement fonctionnels. Cependant, les problèmes observés dans la fourniture de l'eau sont dus à un suivi irrégulier, à une faible structuration de la chaîne de maintenance et au faible flux financiers générés par la vente de l'eau (92). Ces difficultés sont attribuées à la mise en place lente et incomplète du processus de décentralisation.

En Afrique de l'Ouest, au Burkina Faso, précisément en pays Moaga, une recherche doctorale s'est penchée sur la gestion des ressources en eau. Les difficultés d'accès à l'eau potable relevées sont d'ordre technique, financier et sociologique. Un certain nombre d'ouvrages hydrauliques est en panne et d'autres sont abandonnés par les populations locales. Cet état des choses traduit les limites de l'action publique dans sa recherche à fournir à sa population de l'eau potable. Pour une meilleure gestion des ressources en eau, une approche globale au niveau local a été recommandée. Celle-ci implique la participation active de toutes les parties prenantes (93). Toujours au Burkina Faso, une autre étude s'est intéressée à la migration féminine à Ouagadougou. Celle-ci a été analysée sous l'angle de l'accès à l'eau courante dans un contexte de forte croissance urbaine. En effet l'arrivée des femmes dans la capitale est susceptible de mettre à rude épreuve les services d'adduction en eau potable (94).

Au Niger, les travaux de recherche ont montré que l'incertitude de l'accès à l'eau potable est un défi historique en raison de l'intensité sans précédent de la longue saison sèche des années 1970. Dans la ville de Zinder (deuxième centre urbain), l'accroissement rapide de la population et la forte urbanisation sont en outre indiqués comme facteurs qui multiplient les difficultés d'accès à l'eau potable (94). Les modes d'approvisionnement en eau potable de cette ville sont les suivants : branchement individuel, fontaine publique, revendeurs, mares d'eau, puits et d'autres. La fontaine publique est le moyen le plus employé (56 %) par les habitants pour accéder à l'eau potable. Les robinets des branchements individuels font souvent face à des coupures d'eau qui sont parfois planifiées. Elles permettent de suspendre l'alimentation en eau d'un secteur de la ville au bénéfice d'un autre secteur. On y parle d'une alimentation en alternance. Ce dysfonctionnement du système d'adduction et la faible expansion territoriale du réseau expliquent toutes les difficultés auxquelles font face les couches vulnérables des quartiers précaires de Zinder. D'où le recours aux mares et aux eaux de pluies. Pour résoudre ce problème, les auteurs proposent une optimisation et une utilisation rationnelle des ressources en eau disponibles (94).

Au Sénégal, la problématique de l'accès à l'eau est toujours une préoccupation majeure pour les pouvoirs publics (95). Une disparité importante est observable entre les zones urbaines et les zones rurales. En effet, 95% des ménages de Dakar et 89% des autres centres urbains ont un accès raisonnable à l'eau potable. En zone rurale, le taux le plus élevé d'accès à l'eau potable est de 73%. La faible pluviométrie et la salinisation de la nappe phréatique exacerbent ce problème d'accès à l'eau potable dans les îles du Saloum. Pour s'approvisionner en eau, les populations ont recours aux puits modernes, aux sources traditionnels, aux bornes fontaines et eaux de pluies. Pour résoudre ce problème, les auteurs proposent la nécessité de développer un programme de remise à niveau des installations d'hydraulique rurale et de professionnaliser l'entretien et la maintenance de ces installations (94).

En Côte d'Ivoire dans la localité de Bondo, une étude relative à la problématique de l'eau s'est intéressée aux problèmes pouvant justifier le dysfonctionnement du service d'approvisionnement en celle-ci. Les observations ont montré que, les puits sont affectés de manière permanente par une baisse naturelle du niveau de l'eau. Malgré la dotation à ladite localité à 13 pompes à motricité humaine, toute la population n'est pas suffisamment desservie en eau potable. Le taux de défaillance de ces pompes est estimé à 62 % et, cela oblige les femmes à sortir très tôt le matin (dès 5 heures), soit tardivement le soir (vers 19 heures) à la recherche de l'eau potable. Pendant la saison sèche la collecte de l'eau se fait 24 heures sur 24. Tout ceci traduit une politique de l'eau inopérante et une faiblesse institutionnelle dans le

domaine de l'accès à l'eau potable (96). En Côte d'Ivoire dans la ville de Gagnoa, les travaux de recherche ont montré l'inadéquation entre le nombre d'habitant et la capacité de la ville à satisfaire les besoins en eau potable. Pour y faire face, les populations adoptent des modes d'approvisionnement aux sources non améliorées qui, ont des conséquences néfastes sur leur santé (97).

En République Démocratique du Congo, une étude s'est intéressée à la problématique de l'accès à l'eau potable dans la ville de Kinshasa. Les travaux ont été orientés vers le rôle des différents acteurs dans la gestion de l'eau potable. Ils se fondent sur le constat de l'incapacité des pouvoirs publics à desservir la totalité de la population urbaine, et sur l'apport insuffisamment structuré de quelques opérateurs informels qui agissent de façon désordonnée. Afin d'améliorer l'accès de tous à l'eau potable dans la ville de Kinshasa, l'auteur a étudié les mécanismes potentiels pouvant permettre une bonne collaboration entre les acteurs étatiques et les opérateurs informels. Il est parvenu à la conclusion selon lequel les relations entre les acteurs étatiques et les opérateurs locaux sont empreintes de rivalité. L'environnement sociopolitique n'est pas favorable à la mise place d'une stratégie de collaboration entre les différents acteurs, en raison de l'absence de solidarité qui y règne (98).

Toujours à Kinshasa, les travaux de recherche ont été menés sur l'apport de l'association d'usagers de réseaux d'eau potable (ASUREP) dans l'accès à l'eau potable des habitants de la ville. Les auteurs ont constaté que la ville fait face à une urbanisation non maîtrisée et à l'incapacité des services d'adduction en eau potable à pouvoir couvrir tous les espaces et à satisfaire toute la population. L'ASUREP est donc une alternative, par rapport aux services d'adduction de la ville. Elle applique des tarifs qui sont à 85 % acceptés par les habitants. L'action de cette association a ainsi permis d'améliorer l'accès à l'eau potable dans la ville, en réduisant la pénibilité de la corvée dite de l'eau. Elle a également réduit le recours aux sources non aménagées (99).

Dans la province du Maniema en République Démocratique du Congo, une étude a été menée sur l'analyse des difficultés d'accès à l'eau de boisson. Le constat était que, malgré les efforts consentis par les pouvoirs publics, 80 % de la population de cette province n'a pas accès à une eau potable en quantité et en qualité suffisantes (98 ; 100).

1.2.2.2. Qualité de l'eau de boisson et maladies hydriques

Lorsque les mesures de contrôle de la qualité de l'eau potable desservie ne sont pas mises en place, ou lorsqu'elles ne sont pas régulièrement observées, la conséquence immédiate

est la prolifération des maladies hydriques. Dans la littérature, de nombreux auteurs se sont intéressés à cette problématique.

Au Burkina Faso, les travaux de recherche se sont penchés sur les teneurs en nitrates des eaux potables dans la vallée du Sourou. Le but de l'étude était d'améliorer les connaissances sur la qualité des ressources en eau de cette localité, en tenant compte de l'utilisation de la zone d'étude : un espace caractérisé par des activités hydroagricoles. Pour les analyses, les prélèvements ont été effectués dans des puits, des forages et des eaux de surfaces. Sur les 29 échantillons, 12, soit 41,4 %, présentaient des concentrations en nitrates largement supérieures à la norme de qualité de l'eau de consommation. Cette contamination serait due à plusieurs causes : la défécation animale et humaine, les latrines et les eaux usées (102).

Au Soudan, une étude s'est intéressée à la qualité de l'eau potable consommée dans la ville de Khartoum. Il en ressortait que le réseau de cette ville est incapable d'assurer l'accès de toute la population à l'eau potable. Les coupures intempestives ont poussé les habitants à stocker systématiquement l'eau potable, dans des conditions pouvant altérer sa qualité. L'analyse de la qualité de l'eau dans les ménages montrée une faible teneur en minéraux et, un pH en dessous des normes de l'OMS, une forte turbidité et une oxygénation dangereuse pour la santé humaine (103).

Au Togo, les travaux de recherche ont consisté à évaluer la qualité de l'eau consommée à Lomé. Le constat est que l'urbanisation non maîtrisée de cette ville a induit accroissement des besoins en eau potable de la population. Les services d'hydrauliques urbains se trouvaient dans l'incapacité à satisfaire les besoins de sa population en eau. Pour faire face à ce problème, les populations ont régulièrement fait recours aux forages et aux puits. L'évaluation de la qualité de ces eaux ont porté sur l'analyse de quelques paramètres bactériologiques. Les Coliformes Totaux, thermotolérants, et *Escherichia coli* retrouvés étaient respectivement dans : 98,55 %, 86,48 % et 79,08 % des échantillons. Les streptocoques ont été retrouvés dans 65,7 % des échantillons (104).

Dans la sous-préfecture de Dabakala en Côte d'Ivoire, les travaux de recherche se sont penchés sur les raisons expliquant les difficultés d'accès à l'eau potable. Ces difficultés sont dues à la croissance rapide de la population ; à l'insuffisance des ressources (matérielles, financières, humaines, etc.) et à l'état défectueux des infrastructures hydrauliques. Cette situation pousse les populations à recourir aux eaux de puits, de surface ou de forages. Cela conduit à la prolifération des maladies hydriques tel que la Fièvre typhoïde, et les diarrhées (104).

Dans le bassin versant de la Menoua (Ouest-Cameroun), les travaux de recherche ont porté sur l'analyse des risques sanitaires liés à la pollution de l'eau de consommation humaine. La Menoua se caractérise par une croissance spatiale et démographique rapide ainsi qu'un développement anarchique de l'habitat. Zone à forte productivité agricole, les produits phytosanitaires et les engrais utilisés sont de nature à polluer les sources d'eau. Pour vérifier cela, 132 échantillons d'eau de boisson ont été prélevés dans 33 sites et ceci, deux fois en saison sèche et deux fois en saison pluvieuse. Quelques paramètres physicochimiques et bactériologiques ont été observés. On retient de leurs travaux que le pH était de manière généralement acide (105).

En République Démocratique du Congo dans la ville de Kinshasa, les travaux de recherche se sont intéressés à la problématique de l'accès à l'eau potable et les risques sanitaires. Il s'avère que la croissance démographique et les flux migratoires sont les principaux facteurs de l'inaccessibilité à l'eau potable. Concernant les risques sanitaires, les auteurs estiment que le caractère insalubre de l'environnement immédiat de la vie des habitants de la ville favorise la prolifération des maladies liées à l'eau notamment : le paludisme, les diarrhées, et les dermatoses (106).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

2.1.1. Cadre de l'étude

Cette étude a été réalisée dans la ville de Bunia qui s'étend sur 576 Km². Chef-lieu de la province de l'Ituri, elle est située au nord-est de la République Démocratique du Congo. La ville dispose de trois communes (Shari, Nyakasanza et Mbunya) composées de quartiers (Figure 9). A Bunia, le service public de l'approvisionnement en eau de boisson par système de canalisation a été implanté en 1954 pour une population variant de 20 000 à 25 000 habitants (101-104). Cependant, le nombre d'habitants a augmenté de façon exponentielle, estimée à 900 666 habitants en 2015. En appliquant le taux moyen de croissance démographique urbaine annuelle de 4 % en RDC durant la période 2015-2025 (17), on obtient l'estimation de 1 232 624 habitants en 2023. Cette démographie galopante entraîne la déconnexion des populations vulnérables avec les ouvrages hydrauliques. Surtout les déplacés des guerres en provenance des périphériques de territoires, il y a des violences sociales récurrentes et les orpailleurs aux activités minières clandestines. Cette situation d'instabilité sociale et ces faibles revenus conduisant la population à s'alimenter à partir des sources d'eau de surface et des sources souterraines, qui sont exposées aux pollutions pathogènes hydriques (110).

2.1.1.1. Milieu physique,

La ville de Bunia est arrosée par plusieurs rivières dont la gestion inadéquate y diminue la qualité de l'eau de boisson et l'accès aux services sécurisés en eau potable. Elle est limitée : au Nord par la collectivité de Baboa Bokoe à Miala ; à l'Est par la chefferie des Bahama Banyuwangi ; au Sud par la collectivité Baboa Bokoe et Basili et ; à l'Ouest par la collectivité Baboa Bokoe de Bahema d'Irumu. La ville de Bunia est entourée à l'Est de la chaîne des Montagnes Bleues « Monts Bleus », sur un plateau à environ 30 km à l'Ouest du lac Albert, et environ 25 km à l'Est de la forêt d'Ituri.

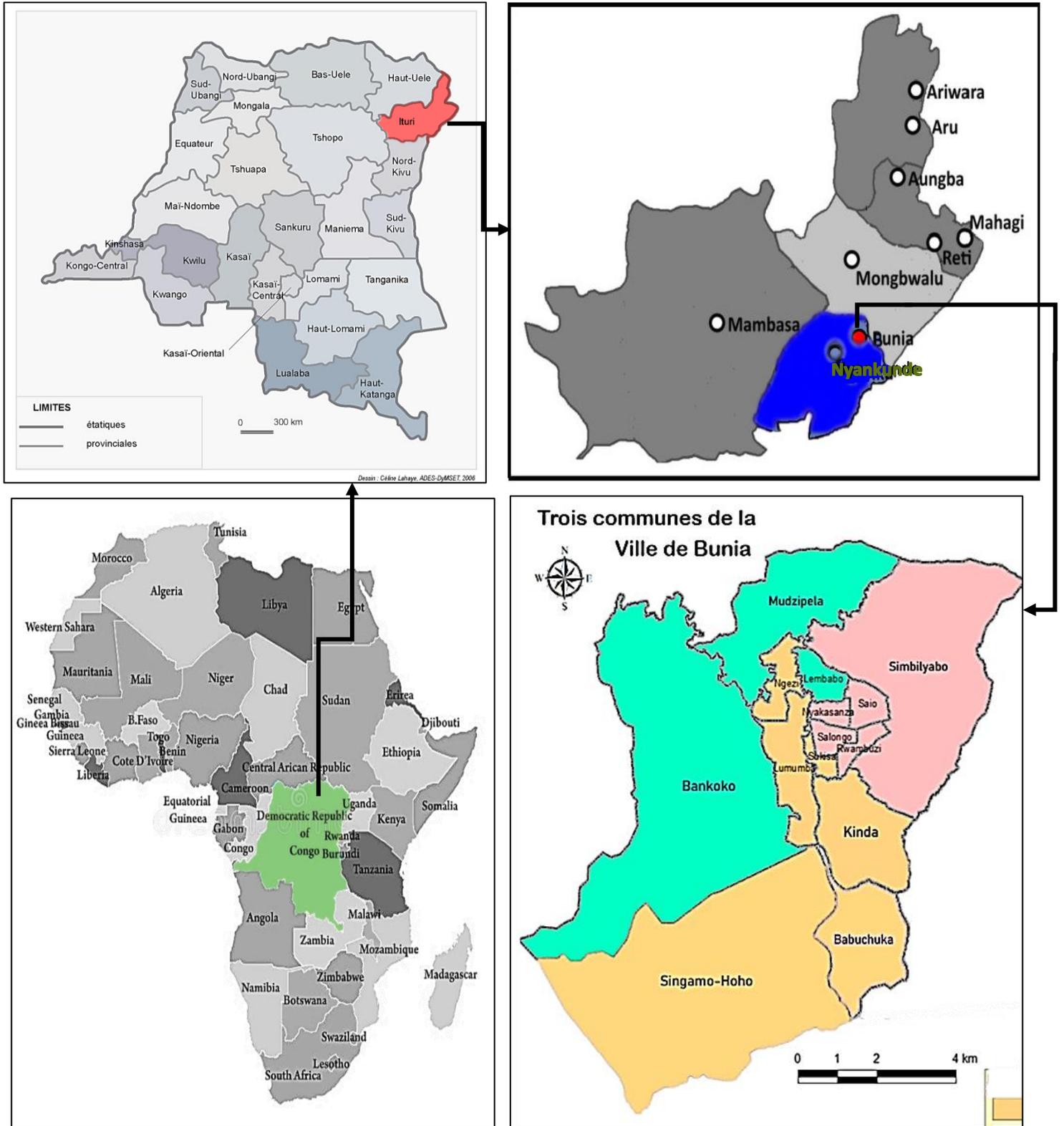


Figure 9. Géolocalisation de la zone d'étude : ville de Bunia

Source : Partow (17)

2.1.1.2. Topographie et climat

La topographie de la ville de Bunia présente une variation d'altitude de 136 m à 1271 m, en moyenne, au-dessus du niveau de la mer. La ville est située au nord de l'équateur entre 1° et 2° de latitude Nord et 30° et 31° de longitude Est. La végétation naturelle de Bunia est constituée d'une savane herbeuse parsemée d'arbustes. Ceux-ci sont fortement dégradés en raison des activités anthropiques. On y observe une prédominance d'arbres pérennes plantés et d'arbres fruitiers (manguiers et avocatiers). Le sol de Bunia présente les caractéristiques d'un sol « ferrallitique » constitué de sable à faible pourcentage, c'est un sol sablo-argileux. En haute altitude et dans les bas-fonds habitent les sols aux apparents argileux favorables à l'agriculture.

Le climat de Bunia est tropical humide, caractérisé par deux saisons pluvieuses (de mars à mai et, de fin août à novembre) et par deux saisons sèches (de début décembre à début mars et, de juin à juillet). Les nuages couvrent le ciel tout au long de l'année. La période très chaude va du 17 janvier au 10 mars, avec une température moyenne par jour >29 °C, et février est le mois le plus chaud de l'année, avec une température moyenne maximale de 30 °C. La période fraîche va du 26 septembre au 30 novembre, avec une température moyenne maximale par jour <26 °C, et octobre est le mois le plus froid de l'année, avec une température moyenne minimale de 18 °C et maximale de 25 °C. La probabilité des précipitations quotidiennes à Bunia est >46 % des jours, entre le 12 mars et le 6 décembre. Octobre est le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation, avec une moyenne de 21,5 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation. La saison la plus sèche va du 6 décembre au 12 mars, et janvier est le mois ayant le moins de jours de précipitation, avec une moyenne de 5,9 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation. Les chutes de pluie au cours de l'année à Bunia s'observent en fonction des variations saisonnières. Le mois d'avril est le plus pluvieux, avec une chute de pluie moyenne de 131 millimètres. Le mois de janvier est le moins pluvieux, avec une chute de pluie moyenne de 30 millimètres⁴.

L'humidité ambiante détermine si la transpiration s'évaporera de la peau et ce qui permet d'estimer le niveau de confort en fonction du rafraîchissement de l'organisme. Concernant l'humidité perçue à Bunia, une journée lourde est suivie d'une nuit lourde malgré la chute de la température pendant la nuit. La période la plus lourde de l'année à Bunia va du 24 septembre au 11 juin, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 17 % du temps. Le mois d'avril est le plus lourd, avec grand nombre de jours lourds, soit 15,9 jours lourds ou

⁴ <https://www.geonames.org>

plus accablants. Le mois de juillet est le moins concerné, avec seulement 1,8 jour lourd ou plus accablant (110).

2.1.1.3. Aspects socio-économiques

Bunia est un centre urbain occupé en majorité par les 13 tribus originaires de la province. Les personnes issues du reste du pays qui y résident pour travailler, exercer des activités de commerce ou elles sont des employées de l'administration publique. On y trouve également des populations d'origine étrangère venues du monde entier, fonctionnaires dans les Organisations Non Gouvernementales (ONG) et programmes du système des Nations Unies (17). Entre 2005 et 2008, l'augmentation de la population a presque triplé, allant de 95770 à 337744 habitants à cause du retour des personnes ayant fui la guerre, de l'arrivée d'une nouvelle population et de nouvelles naissances. En 2015, la population était estimée à 900666 habitants. Le taux d'accroissement de la population de 4,5% donne approximativement 1225682 habitants en 2022 (17). La langue swahilie est couramment parlée à Bunia, ce qui facilite la communication entre les populations des différents regroupements ethniques nationaux. Le français est utilisé comme langue officielle.

Les activités socioéconomiques sont pour la plupart, à caractère individuel ou familial. La population autochtone vit principalement des travaux agricoles, de l'élevage, de la pêche et du commerce. De nombreux jeunes sont sans emploi stable et s'orientent vers les travaux d'orpillage ou de mototaxi. Les denrées alimentaires, comme les produits de la pêche, de l'élevage et de la chasse, sont vendus sur les marchés publics organisés par l'administration nationale. Les bois sont vendus dans des dépôts éparpillés dans la ville. Les marchandises manufacturées sont vendues aux marchés, dans des magasins et des boutiques. Les orpailleurs vendent leur production aurifère dans quelques comptoirs d'achat d'or. L'échange s'effectue en monnaie locale, le « Franc congolais », en dollar américain, en euros ou en « shilling » ougandais.

La réalisation de ce travail a nécessité l'utilisation d'un matériel diversifié en fonction du type d'étude. Pour déterminer la perception des ménages sur la qualité et le mode d'approvisionnement en eau de boisson, un guide d'interview a été conçu pour induire l'enquête. Des bouteilles en verre stérile de 500 mL ont été utilisées pour conserver les échantillons destinés aux analyses bactériologiques. Les échantillons de l'eau destinés aux analyses physico-chimiques ont été prélevés dans de bouteilles en polyéthylènes de 1000 mL. La fiche de collecte des données a servi à déterminer les caractéristiques des points de prélèvement. Les dossiers des malades classés dans les services des statistiques de formations

sanitaires ont servi de base à la documentation du profil de la morbidité des maladies liées à l'eau dans la Zone de Santé (ZS) de Bunia. Les fiches de collecte de données, sur le profil de la morbidité de maladies à transmission hydrique dans la ZS de Bunia, ont été élaborées (voir annexe). Le Plan de Gestion de la Sécurité Sanitaire de l'Eau (PGSSE) a servi d'outil de référence pour l'analyse des modes de gestion de ressources en eau et de leurs influences sur la qualité de l'eau de boisson. La fiche de collecte des données était structurée en quatre volets comprenant : l'évaluation du réseau ; la surveillance opérationnelle efficace en eau de boisson ; la gestion et la communication entre parties prenantes.

2.2. Méthodologie

2.2.1. Description de l'étude

Ce travail a été effectué pendant une période de deux ans, allant de janvier 2020 à décembre 2021. Lors de cette période, ont été effectuées les formalités administratives qui consistaient à préparer les outils, à prendre contacts avec les autorités et à obtentions des autorisations nécessaires. L'on a procédé à un découpage minutieux de la collecte des données pour chaque objectif spécifique ainsi que le traitement et l'analyse statistique des données. Pour atteindre les objectifs, quatre études distinctes ont été menées.

La première étude portait sur le diagnostic du système d'approvisionnement et la description des perceptions des ménages relatives à l'accessibilité, la qualité et la prise en charge de l'eau de boisson qui s'est déroulé du 3 février au 17 mars 2020 (soit 43 jours), correspondant à l'enquête dans les ménages. Cette étude descriptive et analytique a consisté à l'identification des modes d'approvisionnement, à la répartition de la responsabilité de la collecte d'eau, à la détection des contraintes liées à la collecte, à l'appréciation de la satisfaction des populations sur la qualité de leur eau de boisson et à la détermination des mesures prises par les populations pour assurer la bonne qualité de leurs ressources en eau.

L'analyse de la qualité de l'eau de boisson est une étude transversale comparative avec répétition de mesures qui a été effectuée en deux phases de recherche, pour une durée totale de 167 jours, allant du 26 mars 2020 au 28 mai 2021. La première phase a couvert la période allant du 26 mars 2020 au 9 juillet 2020 et la seconde s'est déroulée du 29 mars 2021 au 28 mai 2021.

L'évolution de la morbidité hydrique consistait à décrire le profil des maladies liées à l'eau dans cinq structures sanitaires de la Zone de Santé de Bunia (voir annexe 8.1). Cette étude épidémiologique en série de cas, a couvert une période de 5 ans, allant du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2019. Elle a été réalisée sur une période de 59 jours, du 20 janvier au 20 mars

2020, correspondant à la collecte des données sur les consultations des patients présentant des symptômes liés à l'eau. Les dimensions abordées étaient axées sur la description des maladies liées à l'eau et les patients touchés. La variabilité spatio-temporelle de ces maladies a permis d'avoir un aperçu et une compréhension de la courbe épidémiologique de chacune d'entre elles en termes de saisonnalité et de tendance (111).

La détermination des modes de gestion des ressources en eau est une étude observationnelle, semi-quantitative, qui consistait à analyser les responsabilités, les intentions et contraintes des parties prenantes du secteur de l'eau ainsi qu'à mesurer l'impact de la gestion des ressources en eau sur la qualité de l'eau de boisson. Cette étude a été effectuée sur une période de six jours, du 17 au 22 mai 2021, correspondant à la collecte des données auprès des parties prenantes du secteur d'eau. L'étude était axée sur les modes de gestion et les contraintes liées à la production de l'eau. L'entretien a consisté à :

1) déterminer les capacités des réseaux d'approvisionnement à délivrer une eau de qualité, correspondant aux objectifs sanitaires. L'évaluation s'était appliquée à tous les types d'approvisionnement en eau retenus pour l'étude. Il s'agit des sources d'eaux souterraines provenant de forages protégés ou puits équipés d'une pompe mécanique, des réseaux canalisés gérés par les fournisseurs, des sources d'eau aménagées gérées par la communauté et les sources d'eau de surfaces gérées par le pouvoir public ;

2) Déterminer les capacités des gestionnaires à maîtriser des risques auxquels les réseaux sont. Cela a permis de définir 10 activités mises en œuvre dans le cadre de la gestion opérationnelle appropriée des sources d'eau de boisson ;

3) Détecter des dangers potentiels et des événements dangereux pouvant se produire. Dans ce contexte : un danger désigne un agent biologique, chimique, physique ou radiologique capable de nuire et un événement dangereux désigne un incident ou une situation pouvant entraîner la présence d'un danger ;

4) Communiquer ou décrire les intentions d'échanger les informations et les mesures prises dans le cadre de collaborations avec les populations desservies, le pouvoir publique et les autres parties prenantes du secteur de l'eau.

Les éléments d'information concernant les ressources en eau portaient sur leurs caractéristiques, leurs protections, leurs traitements et leurs distributions. On a demandé aux fournisseurs de l'eau d'énumérer les menaces, auxquelles les ouvrages hydrauliques et les agents des maintenances étaient exposés.

2.2.2. Réseau d’approvisionnement en eau

2.2.2.1. Normes relatives à la protection de l’eau

Les périmètres de protection sont déterminés par la loi relative à l’eau en République Démocratique du Congo. Les limites de ces périmètres sont les suivantes : 10 m pour le périmètre de protection immédiate ; 50 à 100 m pour le périmètre de protection rapprochée ; 200 m à 1 km pour le périmètre de protection éloigné (57). Pour cette étude, le périmètre de protection rapproché a été fixé à 50 m pour apprécier les dangers auxquels les sources d’eau de boisson sont exposées par rapport aux activités humaines potentiellement contaminantes.

2.2.2.2. Sélection, description et localisation des points de prélèvement

Les variations comme l’accessibilité, la fréquentation, la disponibilité et la qualité acceptable de l’eau jugée par les consommateurs ont été prises en compte pour la sélection des points de prélèvement. Les ressources en eau qui ont fait l’objet de prélèvement des échantillons dans le cadre de la présente étude étaient constituées des réseaux d’adduction, des eaux de forage, des eaux de puits, des eaux de sources aménagées et des eaux de surface extraites à partir des rivières (Figure 10). Les données brutes relatives à la géolocalisation des points de prélèvement des échantillons d’eau de boisson sont présentées en annexe (8.3.)

Dans le souci d’atteindre les objectifs du travail, plusieurs échantillons d’eau ont été collectés sur plusieurs types de source d’eau de boisson identifiés à Bunia (Tableau II. A). Ainsi, 26 échantillons ont été collectés des adductions, 24 des forages, 19 des puits, 10 des eaux de surface et six des sources aménagées un échantillon issu d’une adduction de forage, soit un total de 85 sources d’eau échantillonnées.

Les échantillons ont été regroupés en fonction de l’état des sources améliorées (adductions, sources aménagées, forages et puits protégés avec robinets) et des sources non améliorées (rivières, ruisseaux et puits sans protection au niveau du point de prélèvement, comme indiqué dans le tableau II. B). Sur les 82 échantillons analysés, 74 proviennent de sources améliorées (90,2 %) et 8 de sources non améliorées (9,2 %).

Afin de s’assurer que ces sources d’eau sont représentatives pour pouvoir expliquer les problèmes d’approvisionnement en eau potable à Bunia et de qualité de ces eaux, les échantillons ont été réalisés selon trois groupes de la population (stables, déplacées et les populations mixtes). Nous disons donc que, 82,9% des sources échantillonnées se trouvent au sein des populations stables, 8,5% au sein des populations déplacées et 8,5% au sein des populations mixtes (Tableau II. c).

La taille de l'échantillon était également répartie en fonction des points de collecte, par localisation et type de sources d'eau de boisson (Tableau III). Le plus grand nombre d'échantillons a été successivement prélevé dans les quartiers Bigo (18,8%), Kindia (17,6%) et Mudzipela (14,1%). Quant au type des sources d'eau, les échantillons sont principalement issus des puits (28,2%), des adductions (27,1%) et des forages (24,7%).

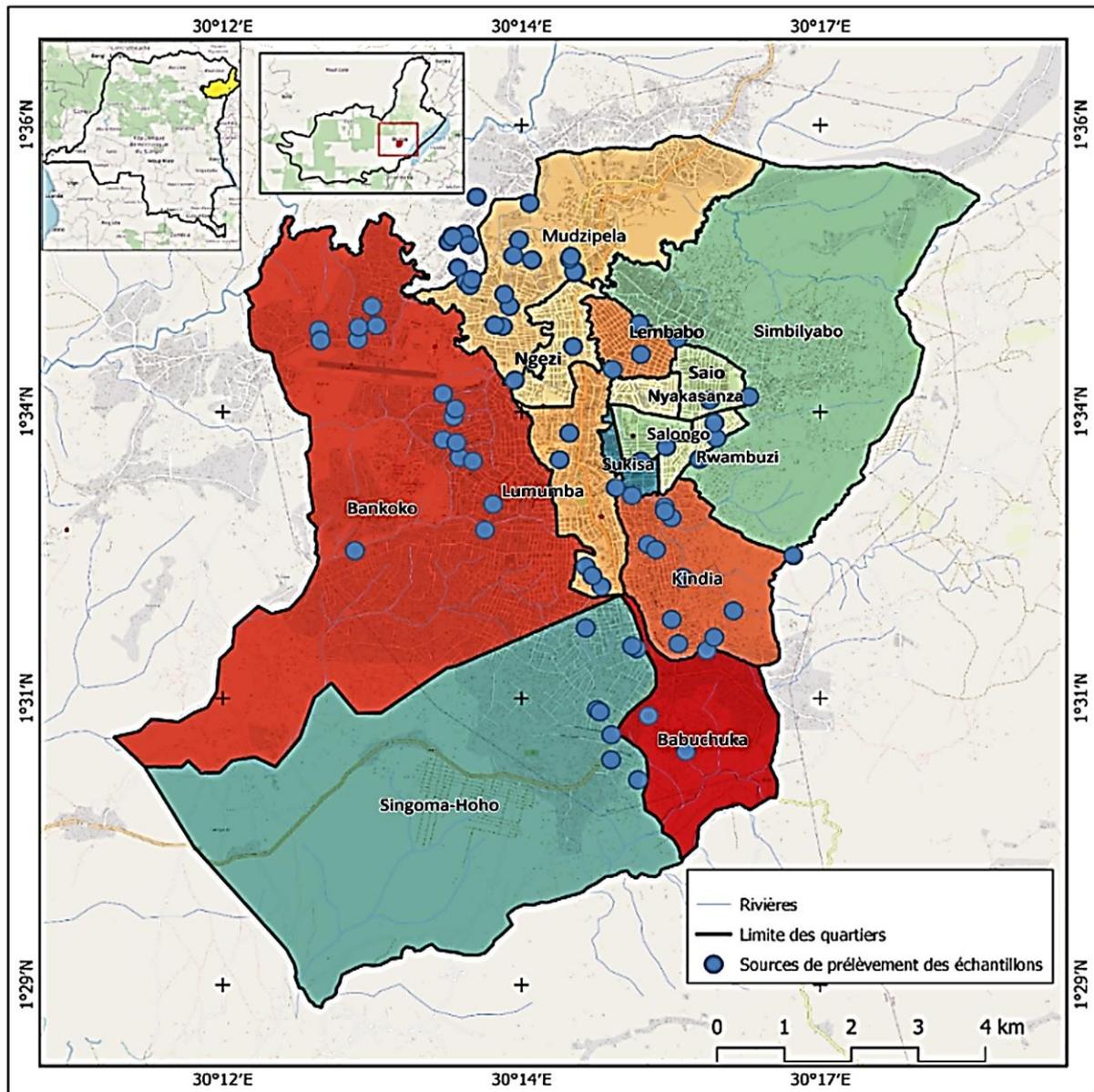


Figure 10. Géolocalisation des 85 points de prélèvements des échantillons d'eau
 Source : Laboratoire d'Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l'Université Catholique de Graben (UCG)

Tableau II. Regroupement des Caractéristiques des sources d'eau de boisson

Caractéristiques (N = 85)	Échantillon	Fréquence (%)
A) Type de sources		
Adduction	26	30,6
Forage	24	28,2
Puits	19	22,4
Eau de Surface/rivière	10	11,8
Source aménagée	6	7,1
B) Etat de sources		
Sources améliorées	77	90,6
Sources non améliorées	8	9,4
C) Sources selon populations desservies		
Populations stables	68	80
Populations déplacées	8	9,4
Populations mixtes	9	10,6

Tableau III. Types des sources, leurs localisations dans les communes et quartiers

Commune/ Quartiers	Adduction		Forage		Puits		Rivière		Aménagée		Total	%
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
Mbunya												
Bankoko	5	19,2	2	8,3	0	0,0	1	10,0	0	0,0	8	9,4
Lumumba	2	7,7	2	8,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	4,7
Opasi	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	10,0	0	0,0	1	1,2
Dele Babuchuka	0	0,0	1	4,2	3	15,8	0	0,0	2	33,3	6	7,1
Yambi Yaya	2	7,7	2	8,3	1	5,3	0	0,0	1	16,7	6	7,1
Bakongolo	0	0,0	3	12,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	3,5
Hoho	0	0,0	3	12,5	4	21,1	0	0,0	1	16,7	8	9,4
Nyakasanza												
Kindia	2	7,7	2	8,3	4	21,1	3	30,0	2	33,3	13	15,3
Rwambuza Beni	1	3,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,2

Saio	1	3,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,2
Sukisa	0	0,0	1	4,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,2
Rwankole	0	0,0	0	0,0	1	5,3	0	0,0	0	0,0	1	1,2
Salongo	0	0,0	0	0,0	1	5,3	0	0,0	0	0,0	1	1,2
Shari												
Bigo	7	26,9	4	16,7	2	10,5	0	0,0	0	0,0	13	15,3
Lembabo	1	3,8	0	0,0	0	0,0	1	10,0	0	0,0	2	2,4
Mudzipela	4	15,4	4	16,7	0	0,0	4	40,0	0	0,0	12	14,1
Ndibakodu	0	0,0	0	0,0	3	15,8	0	0,0	0	0,0	3	3,5
Simbililyabo	1	3,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,2
Total	26	30,6	24	28,2	19	22,4	10	11,8	6	7,1	85	100,0

2.2.2.3. Mode de gestion des ressources en eau

L'échantillonnage sur la gestion des ressources en eau et la protection de l'environnement, a été réalisé à partir de l'entretien avec les différentes parties prenantes du secteur de l'eau à Bunia. Il s'agissait des répondants au niveau de chaque point d'approvisionnement ; des groupes d'acteurs étatiques (de la Mairie, de la DPS et du Gouvernorat) ; des groupes de maîtres d'œuvres des ouvrages hydrauliques suivants : REGISO, Centre d'Initiation au Développement Rural en Ituri (CIDRI), Caritas.

Les mesures de la gestion opérationnelle des ressources en eau, dans la ville de Bunia, ont porté sur les paramètres suivants : 1) Définition de normes de qualité de l'eau de boisson ; 2) Documentation sur son système d'approvisionnement en eau de boisson ; 3) Surveillance des fuites d'eau sur le réseau d'approvisionnement ; 4) Existence d'un programme de contrôle et maintenance des risques de détérioration du réseau d'approvisionnement ; 5) Existence de programme d'analyse bactériologique de l'eau de boisson ; 6) Existence de programme d'analyse physico-chimiques de l'eau de boisson ; 7) Existence des moyens de protection de son système d'approvisionnement en eau de boisson contre des contaminations atmosphériques ; 8) Existence d'un programme d'entretien des ressources en eau de boisson ; 9) Fréquences d'entretien des réseaux de ressources en eaux de boisson et 10) Communication sur la qualité de l'eau de son système d'approvisionnement. Le choix des paramètres a été réalisé en tenant compte, d'une part, des rôles et responsabilités dans la gestion de la sécurité sanitaire de l'eau de boisson et, d'autre part, des Plans de Gestion de la Sécurité Sanitaire (PGSSE) de l'Eau tel que stipule les directives de qualité pour l'eau de boisson. Les échelles

de mesure des plusieurs auteurs (114 ; 115 ; 118) ont été une source d’inspiration pour l’élaboration des critères de jugement du niveau de gestion opérationnelle des ressources en eau (Tableau IV).

Tableau IV. Classification de la gestion opérationnelle des ressources en eau

Échelle de mesure	Score (%)
Mauvais	0 à 49
Insuffisant	50 à 64
Moyen	65 à 84
Bon	85 à 100

Source : Hafsi et Boutaghane (115)

2.2.3. Procédure de Collecte des données

2.2.3.1. Procédures administratives et analyse des parties prenantes

Dans la mise en œuvre de la présente étude, la participation des plusieurs parties prenantes a été sollicitée. Les autorisations écrites ont été accordés par différentes autorités académiques, scientifiques, politico-sanitaires et administratives. L’équipe du Laboratoire d’Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l’Université Catholique de Graben (UCG) Butembo a été sollicitée pour faciliter la cartographie de la zone d’étude. La même équipe a participé à la géolocalisation des différentes altérations des ressources d’eau à Bunia.

Les travaux de terrain de la présente étude ont consisté à l’élaborer des questionnaires d’enquête, à réunir les autres outils ayant servi à la collecte des données et à établir le calendrier d’exécution des activités pour chaque objectif spécifique. La phase préliminaire de la mise en œuvre des travaux de terrain avait commencé par les procédures administratives, afin d’obtenir l’accord des autorités. Pour surmonter les contraintes liées aux délais de collecte de données, une équipe d’enquêteurs a été constituée.

Un processus d’information des principales parties prenantes dans le secteur de l’eau a été mis en place avant la mise en œuvre des activités sur le terrain. Les autorités communales, politico-sanitaires et locales (les présidents des délégations spéciales, et chefs de quartiers) ont été informées de manière formelle sur la tenue de cette activité. Leur consentement à participer à l’étude a réduit la méfiance et limité la réticence des populations lors du passage des enquêteurs.

Les parties prenantes prises en compte pour la gestion des ressources en eau étaient composés des fournisseurs d’eau de boisson répartis de la manière suivante : propriétaires,

gestionnaires des sources et responsables de la mise en œuvre des ouvrages hydrauliques (appelés aussi maîtres d'œuvre). Les fournisseurs d'eau en usage privé ont été exclus de cette étude.

Les 33 enquêteurs formés pour la collecte des données dans les ménages, ont été répartis dans 18 quartiers par groupe de trois par quartiers cibles et ont travaillé pendant 52 jours. Les populations ont été informées et consultées pour participer à l'enquête sur le diagnostic des systèmes d'approvisionnement, sur leur perception concernant l'accessibilité, la qualité et la prise en charge de l'eau de boisson.

Les interviews aux points de prélèvement, ont été menés auprès des responsables des réseaux d'eau de boisson canalisés, desservant une population importante, des fournisseurs des petits approvisionnements communautaires ; des approvisionnements domestiques et des autorités politico-administratives en charge des eaux de surface. L'équipe du laboratoire de l'Université Catholique de Graben à Butembo a participé à l'analyse de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau de boisson.

Les responsables médico-sanitaires des formations de santé ont été informés et consultés pour documenter le profil de la morbidité des maladies liées à l'eau dans la Zone de Santé de Bunia.

Les parties prenantes du secteur de l'eau qui ont été prises en considération dans les entretiens concernant les modes de gestion des ressources en eau sont des autorités politiques ou publiques, des délégués communautaires, des ONG et des acteurs privés (Tableau V).

Tableau V. Synthèse de l'analyse des acteurs de mise en œuvre de la recherche

Acteurs	Identification	Rôle
Autorités politico-administratives	Gouverneur, Ministre provinciale de l'environnement, Maire de ville	Gouvernance du secteur de l'eau et coopération avec les acteurs
Autorités sanitaires	Chef de Division Provinciale de la Santé (DPS), Médecin Chef de ZS	Contrôle de qualité de l'eau de boisson
Organisations étatiques chargées de la gestion des ressources en eau	Service Nationale de l'Hydraulique Rurale (SNHR)	Mise en œuvre des ouvrages hydrauliques en milieu rural
	Régie de distribution des eaux (REGIDESO)	Mise en œuvre des ouvrages hydrauliques en milieu urbain
Centres des Recherches Universitaires	Université de Yaoundé 1	Autoriser la recherche et délivrer la clairance éthique
	Université Catholique de Graben	Analyser de l'eau au laboratoire
	Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM) Nyankunde	Délivrer la clairance éthique ; propriétaire et gestionnaire des ressources en eau
Etablissements de l'ESU	Université Shalom,	Propriétaire et gestionnaire d'une source d'eau

Formations sanitaires	Centres de Santé Kanyasi, Clinique CME et Bunia Cité	Propriétaires et gestionnaires des ressources en eau
Confessions religieuses	Eglises : Catholique, CE39 et CECA20	Propriétaires et gestionnaires des ressources en eau
ONG Internationales	CARITAS, OXFAM, MSF et MONUSCO	Maitres d'œuvre des installations hydrauliques
ONG Nationales	CIDRI, MUSACA	Maitres d'œuvre des installations hydrauliques
Communauté	Groupes organisés (RCO, CosaDCO, CoGECO)	Maitres d'ouvrages hydrauliques
Acteurs Privés	Personnes particulières	Propriétaires des ressources en eau de boisson

Note : DPS = Division Provinciale de la Santé ; ZS = Zone de Santé ; RCO =Relais Communautaires ; CosaDCo = Comité de Santé et de Développement communautaire ; CoGECO = Comité de Gestion de l'Eau Communautaire

2.2.3.2. Collecte des données relatives à l'approvisionnement et aux perceptions

2.2.3.2.1. Recrutement des agents de collecte.

Les agents de collecte des données retenus pour cette étude étaient composés des filles et des garçons ayant au moins achevé un cursus scolaire secondaire. Parmi les candidats présélectionnés, cinq étaient titulaires d'un Master Professionnel (MP). Chaque agent recruté était un résident dans la zone d'étude et s'exprimait en « Swahili » et « Lingala » qui, sont deux de quatre langues nationales couramment parlées dans la ville. Sur les 45 dossiers de candidatures reçus, 33 candidats ont été sélectionnés sur la base de leurs curriculum vitae. Les expériences de terrain relatives aux enquêtes dans les communautés et dans les structures sanitaires ont été prise en compte à priori. Les expériences en matière de sondages auprès des acteurs publics et privés gestionnaires des ressources d'eau étaient un atout majeur pour la sélection des candidats. Parmi les 33 enquêteurs, trois chefs d'équipe (superviseurs) ont été sélectionnés (un biologiste et deux épidémiologistes). Pour l'enquête dans les ménages, tous les agents de collecte des données ont été utilisés. Seuls, les enquêteurs les enquêteurs titulaires d'un Master Professionnel ont participé au reste des travaux de terrain.

2.2.3.2.2. Formation du personnel de collecte et pré-test du questionnaire.

La formation de six jours pour les agents de collecte des données s'était déroulée, en octobre 2019. Les séances formation étaient consacrées au contexte de l'enquête, aux aspects éthiques et au consentement éclairé, aux questionnaires, à l'utilisation et à la maîtrise des procédures d'échantillonnage des ménages au niveau des quartiers, ainsi qu'à méthodologie de collecte. Les outils de collecte des données ont été soumis au pré-test dans des zones non ciblées par l'étude. Cette formation était ensuite suivie d'un pré-test dans 30 ménages et cet exercice

était confié aux enquêteurs selon leurs tâches sur le terrain (agents de collecte et superviseurs). Au terme du pré-test, la durée d'administration du guide d'interview a été réévaluée. Sur la base des retro-informations du pré-test, les modalités pratiques ont été intégrées dans le guide d'interview final. Enfin, on a retenu trois superviseurs et 30 agents de collecte des données.

Une formation spécifique, focalisée sur les techniques de supervision, les méthodes de contrôle de qualité des informations recueillies (entre autres, la méthode de contre-enquête et les vérifications méticuleuses après chaque journée d'enquête des fiches remplies), avait été organisée à l'intention des superviseurs. La présentation sommaire de la cartographie des communes et l'organisation pratique sur terrain étaient également abordées durant cette formation. Le manuel de l'enquêteur, les cartes de la ville et le logiciel KoBoCollect sont des outils qui ont été mis à la disposition des superviseurs pour le renforcement de leurs performances en matière de supervision.

2.2.3.2.3. Rôles des superviseurs et agents de collecte

Pour chacune de trois communes de la ville de Bunia, il y avait un superviseur chef d'équipe, des deux superviseurs ordinaires et huit collecteurs des données repartis en quatre sous-groupes de deux personnes.

Les superviseurs avaient pour rôle d'informer les autorités locales de l'arrivée de leur équipe dans la zone ; de s'assurer que les agents de collecte disposent du matériel nécessaire et en quantité suffisante (une tablette fonctionnelle équipée du questionnaire électronique, et d'autres accessoires, tels qu'un formulaire de consentement éclairé) avant toute descente sur le terrain ; d'assurer l'interface entre les agents de collecte et la coordination ; de coordonner les déplacements de l'équipe ; de définir l'agenda journalier en cohérence avec le plan de déplacement et les difficultés du terrain ; d'affecter chaque agent dans sa zone (quartier) d'enquête ; de superviser la collecte, c'est-à-dire, voir comment l'agent mène les entretiens, et aplanir les difficultés éventuelles rencontrées sur le terrain ; de s'assurer que les agents de collecte restent dans les limites à enquêter ; de contrôler les fiches remplies et faire le point lors de la retro-information journalière ; de rendre compte à la coordination de la progression de leur équipe et des difficultés rencontrées.

Il revenait aux agents de collecte de retrouver les ménages à enquêter ; de conduire les interviews individuelles auprès des membres de ménages dans les quartiers ; de suivre les instructions du superviseur ; de participer aux réunions journalières ; de contacter le superviseur (en cas de problème) ; d'appliquer la méthodologie retenue pour l'étude ; de collecter les données et de vérifier et s'assurer de la complétude et de la qualité du guide d'interview.

2.2.3.2.4. Mode de déplacement des agents et administration du questionnaire

Pour chaque quartier, les membres d'une même équipe se déplaçaient ensemble et, ils étaient tenus de terminer la collecte des données dans les ménages sélectionnés avant d'aborder un autre quartier. En cas de refus d'un membre ménage ou en cas d'absence de la population cible, le remplacement du ménage était directement envisagé. Le ménage le plus proche géographiquement était sélectionné conformément à l'enquête WASHplus (112).

Le questionnaire était utilisé comme guide d'interview. Il était administré par les enquêteurs à partir d'une interview directe : structurée, semi-structurée et non structurée. Une fois arrivé dans le ménage, les agents de collecte, s'approchaient du chef de ménage ou de son représentant pour obtenir son accord. Ensuite, un formulaire de consentement éclairé était présenté à l'enquêté(e). Après la lecture du formulaire de consentement éclairé, un agent de collecte des données procédait à l'interview et l'autre transcrivait, en manuscrit, les informations obtenues sur le guide d'interview dactylographié.

2.2.3.2.5. Perceptions relatives à la qualité de l'eau de boisson

L'enquête dans les ménages a permis de cerner la perception des populations sur la qualité de leur eau de boisson. Elle a aussi permis de découvrir les personnes responsables de la collecte d'eau de boisson dans les ménages. A partir de cette enquête, les déclarations des chefs de ménages, concernant la protection des ressources d'eau de boisson et de l'environnement ont été rapportées.

Pour réaliser cette étude, un échantillonnage à plusieurs degrés a été effectué, consistant sélectionner les communes, les quartiers et les ménages de la zone d'étude. Le premier degré du sondage était constitué par les communes, retenues de manière exhaustive. Le deuxième degré était composé des 24 quartiers de la ville de Bunia. Ils étaient sélectionnés par la méthode de sondage en grappes qui est adaptée aux populations importantes (supérieures à 5000 habitants) et exige pour sa mise en œuvre, la connaissance de l'effectif de la population d'étude. La technique de l'urne sans remise, a été utilisée pour sélectionner 50% des 24 quartiers. Le troisième degré était celui du choix des ménages. Comme on ne dispose pas d'une liste des ménages de chaque grappe retenue pour cette étude, pour y choisir un ménage au hasard. La sélection s'est opérée en se plaçant à un endroit proche du centre du quartier (rond-point) et en faisant tourner sur le sol une bouteille en plastique ou un stylo. En regardant l'endroit indiqué par le goulot de la bouteille quand celle-ci s'arrêtait, l'on marchait dans la direction indiquée jusqu'à atteindre le ménage correspondant. On considérait le nombre de ménages que l'on rencontrerait en marchant dans cette direction jusqu'à l'extrémité du quartier.

Pour le choix du premier ménage, le bon sens et la connaissance des conditions locales ont permis d'arriver à un choix rationnel. C'est ainsi que les ménages situés au centre ou à la limite des quartiers n'ont pas été sélectionnés en premier lieu. Malgré des raisons de bienséance, les ménages des autorités municipales (maire de la ville, bourgmestres, chefs des quartiers et avenues) n'ont pas été inclus dans l'échantillon, afin d'éviter tout biais lors de l'analyse. Les membres des ménages ont été interviewés de manière aléatoire, en suivant le pas d'échantillonnage de sept ménages, et en respectant la règle du consentement éclairé des enquêtés. L'absence ou l'empêchement des enquêtés, soit le refus de consentement, a entraîné le remplacement de certains ménages initialement retenus pour l'étude par des ménages situés plus proche sur le même axe de collecte des données.

2.2.3.3. Collecte des données et analyse des échantillons d'eau

2.2.3.3.1. Identification des ressources en eau dans les entités administratives

Les manuscrits de l'enquête sur les ressources en eau de la ville de Bunia, réalisée en 2018 par la Division Provinciale de la Santé (DPS) de l'Ituri en collaboration avec la Zone de Santé (ZS) de Bunia, ont constitué une base de référence pour cette étude menée sur la qualité de l'eau de boisson. Les ressources d'eau faisant l'objet de la présente étude se trouvaient dans les 24 quartiers qui, constituent des grappes de la ville de Bunia. La technique de l'urne, sans remise, a permis de sélectionner les 18 quartiers soit, 75% des grappes. La ville de Bunia est répartie en trois communes dont chacune se subdivise en quartiers (Tableau VI).

Tableau VI. Description de l'origine des échantillons par communes et quartier

Communes	Quartiers	Echantillons	%
Mbunya* (a)	8	7	29,2
Nyakasanza ** (b)	9	6	25,0
Shari *** (c)	7	5	20,8
Total	24	18	75,0

Note :

* = Quartiers sélectionnés dans commune de Mbunya : Bankoko*, Bakongolo*, Dele Babuchuka*, Hoho*, Lumumba*, Opasi*, Yambi Yaya* ;

** = Quartiers sélectionnés dans commune de Nyakasanza : Kindia**, Rwambuzi Beni**, Rwankole**, Saio**, Salongo**, Sukisa** ;

*** = Quartiers sélectionnés dans commune de Shari(Bigo***, Lembabo***, Mudzi Pela***, Ndibakodu (Ndibe)***, Simbilyabo***.

Des échantillons étaient collectés à partir des sources d'eaux d'adductions, de surface (rivières ou ruisseaux), de forages, de puits et de sources aménagées. Ces types des sources d'eau sont représentés par quelques points d'approvisionnement.

2.2.3.3.2. Sélection des points de prélèvement

Les points d'approvisionnement en eaux de boisson ont fait l'objet des prélèvements d'échantillons. L'évaluation de la fluctuation des pollutions (ponctuelles ou permanentes) consistait à une étude transversale répétée dans le temps (à deux phases). Les points de prélèvement d'échantillons ont été sélectionnés en fonction de leur forte utilisation par plusieurs populations (à partir de 150 bidons de 20 litres par jour) dans le cadre de l'approvisionnement en eau potable et l'utilisation de la source par au moins 20 ménages. La disponibilité de l'eau à la source d'approvisionnement sans interruption pendant plus de 30 jours a aussi été prise en considération. Les ressources en eau peu fréquentées et d'usage privé ont été exclues de l'étude. Pour mesurer les risques environnementaux auxquels les ressources en eau sont exposées, les observations portaient sur : la localisation géographique de la source et sa proximité dans l'agglomération urbaine de Bunia ; la source proximité avec les décharges des déchets solides; le voisinage de la source avec les drains d'évacuation des eaux usées ; la présence de latrines dans les alentours de la source à moins 50 mètres ; la disponibilité de l'eau à la source d'approvisionnement sans interruption dépassant 30 jours.

2.2.3.3.3. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement de l'échantillon d'eau était réalisé avec soin et dans le respectant des règles d'asepsie. Le matériel de prélèvement affecté aux analyses bactériologiques était constitué de bouteilles en verre de haute densité stérilisées à l'autoclave pendant 1 heure à 120 °C selon le cycle programmation de la marque « PBI ». Le matériel de prélèvement destiné aux échantillons pour les analyses physico-chimiques était constitué de : bouteilles en polyéthylène de 500mL avec des bouchons lavés avec une solution détergente et rincées égouttées avec de l'eau de robinet puis fermées. Au moment du prélèvement, les bouteilles étaient chaque fois rincées trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon était placé de telle manière qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne puisse être éjecté au cours du transport. Deux échantillons étaient prélevés au niveau de chaque source. L'un pour les analyses bactériologiques et l'autre pour les analyses physico-chimiques.

La fréquence des prélèvements envisagés au début de l'étude était trimestrielle en raison de quatre campagnes de recherche au cours de l'année et, la taille de l'échantillon était estimée

à 340. Cependant, les contraintes liées à la sécurité, à la finance et au temps impartis ont conduit à la réalisation de deux campagnes de recherche en deux années successives. La technique de boule-de-neige a permis de localiser et prélever 85 échantillons en 2020. Pour la première phase de recherche, 170 échantillons d'eau étaient collectés. En 2021, 20 sources n'étaient plus accessibles, ce qui avait réduit les prélèvements de la deuxième phase à 130 échantillons. Au total, 300 échantillons ont été prélevés et analysés lors des deux campagnes, dont 150 pour les paramètres bactériologiques et 150 pour les paramètres physico-chimiques. Pour prélever l'échantillon de l'eau d'une rivière, la bouteille était plongée à une certaine distance du fond (50 cm) et de la surface, assez loin des rives ou des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en évitant la remise en suspension des dépôts (23). Les prélèvements de l'eau de surface ont été effectués en amont et en aval des rivières qui se jettent dans la ville de Bunia. Les rivières ou ruisseaux ont été retenus pour cette étude compte tenu des activités qui y sont exercées ; des déchets domestiques ou publics rejetés en amonts et du drainage des déchets publics par inondation dans eaux de surfaces. Dans la plupart des quartiers, les ouvrages d'assainissement, appelés installations sanitaires, en particulier les latrines communiquent avec les sources d'eaux souterraines et de surface (Figure 11).



Figure 11. Eau de surface : rivière Ngezi

Note : ce point est situé en aval du camp de déplacés au quartier Mudzipela

Les méthodes de prélèvements d'eau souterraine étaient axées sur les sources aménagées où l'eau coule de façon ininterrompue. Avant de procéder au prélèvement, les biseaux des tuyaux de robinet, de pompe ou de trop plein étaient stérilisés par une lampe à souder portative au gaz butane de type « Bec Bunsen » pour les matières métalliques, stérilisés par l'alcool à 90% pour les matières en plastiques. L'eau en stagnation dans les canalisations était éliminée en ouvrant le robinet à débit maximum pendant 2 à 3 minutes. Nous présentions

chaque fois, la bouteille sous le robinet sans l'avoir refermée. Après avoir prélevé la bouteille, celle-ci était refermée. Les conditions de stérilisation étaient maintenues avant et après prélèvement. Pour les échantillons dont le but de l'analyse est de contrôler la concentration des éléments chimiques largués par la canalisation, le prélèvement de l'eau était immédiatement réalisé à l'ouverture du robinet.

Pour le prélèvement à un robinet de l'eau destinée aux analyses bactériologiques, les manipulations consistaient à : enlever les matières colloïdales ou de caoutchouc, ainsi que les calcaires joints aux tuyaux de robinet ; se laver très soigneusement les mains et les avant-bras, les rincer à l'alcool, laisser sécher ; flamber le robinet pendant au moins 1 minute. On utilisait une lampe à souder portative au gaz butane ; on ouvrait le robinet et on laissait couler 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement. Durant le prélèvement, un des membres de l'équipe maintenait la lampe à souder « bec bunsen » allumée, un peu au-dessus du robinet. Lorsque le prélèvement était fait, le conditionnement de l'échantillon suivait la procédure ci-dessous : remettre le bouchon sur chaque bouteille stérile ; étiqueter chaque bouteille ; inscrire sur l'étiquette les indications nécessaires à l'identification du prélèvement ; vérifier que la bouteille est intacte ; flamber rapidement le bord du goulot de la bouteille. Sur une feuille annexe, tous les renseignements utiles à l'interprétation de l'analyse étaient notés.

2.2.3.3.4. Mesures sur terrain et Conservations des échantillons pour analyses

Les principaux renseignements qui étaient recherchés chez les fournisseurs de l'eau de boisson sont les suivants : Nom du point d'eau et localisation précise ; Type de traitement utilisé ; commune et quartier que la source d'eau alimente ; Origine de l'eau (source aménagée, puits, forage, adduction, rivière) ; Aspect particulier (couleur, débris, goût, odeur) ; Précision de la profondeur du puits ou forage ; Remarques des usagers ou riverains concernant les variations d'aspect ou du débit ainsi que les modifications provoquées par les pluies ou l'aménagement territorial.

Parmi les paramètres physico-chimiques, seul le pH a été mesuré sur le site d'étude à l'aide d'un de type HACH DR 2900 (Figure 12), dans les 5 minutes qui suivaient le prélèvement. Pour la turbidité, les nitrates et les nitrites, les analyses ont été mesurées par titrimétrie au laboratoire conformément aux méthodes d'analyse de l'Association Française de Normalisation (104 ; 22).



Figure 12. Spectromètre de type HACH DR 2900

Lors des conservations des échantillons en eau, les principes d'homogénéité recommandées (22 ; 103) ont été observés. Pour répondre aux exigences des résultats analytiques significatifs et de caractères représentatifs des prélèvements, les échantillons destinés aux analyses bactériologiques étaient recueillis dans des bouteilles stériles de 500 mL. L'ensemble des échantillons était placé dans des glacières contenant des accumulateurs de froid.

2.2.3.3.5. Analyse des échantillons d'eau au laboratoire

Les échantillons étaient transportés au laboratoire d'analyse en maintenant la chaîne de froid. Ces conditions de transport et de conservation étaient mises en œuvre pour assurer l'absence de contamination de l'échantillon, mais également pour garantir la survie bactérienne (23). Entre le prélèvement et l'arrivée au laboratoire, il y avait une distance de 258 km à parcourir en voiture, pour une durée de 6 à 9 heures. Les conditions de conservation et le temps écoulé avant les analyses en laboratoire étaient acceptables pour le maintien des caractéristiques physico-chimiques des échantillons (22 ; 103).

2.2.3.3.6. Analyses physicochimiques

Des méthodes d'analyse consistaient à mesurer quelques paramètres physiques (turbidité) et chimiques (nitrates et nitrites) dans les échantillons de l'eau (Figure 13).



Figure 13. Analyses spectrométriques des paramètres physico-chimiques de l'eau

2.2.3.3.6.1. Turbidité

La turbidité a été mesurée au laboratoire au moyen d'un spectrophotomètre et les résultats ont été exprimés en Néphélobométric Turbidity Unit (NTU) (23).

2.2.3.3.6.2. pH

Le pH a été mesuré au laboratoire à l'aide d'un pH-mètre digital modèle de marque SCHOTT GERATE CG 818. En effet, une électrode de l'appareil a été introduite dans l'échantillon recueilli dans le flacon au 1/3 durant 2 à 3 minutes. Après lecture des valeurs, le résultat a été exprimé en Unité Conventionnelle (U.C) (22).

2.2.3.3.6.3. Nitrates

Les nitrates ont été mesurés par colorimétrie au moyen d'un spectrophotomètre équipé du réactif le Nitruver IV comme réactif. La lecture de la teneur en nitrates a été effectuée à une longueur d'onde de 570 nm et les résultats ont été exprimés en mg/L de NO_3^- (23).

2.2.3.3.6.4. Azote ammoniacal

Les teneurs en azote ammoniacal ont été mesurées par colorimétrie en utilisant la méthode de Nessler et au spectrophotomètre. Les résultats ont été exprimés en mg/L de NH_4^+ (23).

2.2.3.3.7. Analyses bactériologiques

Les méthodes d'analyse bactériologique étaient établies à partir de dénombrement direct des colonies après concentration par filtration de l'échantillon en milieu solide. Les eaux très polluées, prélevées dans les rivières et les ruisseaux, étaient soumises à de nombreuses dilutions. La concentration des micro-organismes, par incorporation en milieu gélosé ou par filtration sur membranes, était la technique qui était utilisée au laboratoire. Le procédé consistait à incorporer, par filtration membranaire avec des pores de 0,22 ou 0,4 μm , susceptible de retenir les bactéries. Cette technique commençait par le flambage de la face supérieure de la plaque poreuse de l'appareil (22). Après la filtration, la membrane était déposée sur la surface du milieu de culture pour rechercher les germes aérobies revivifiables, les Coliformes totaux, les *Escherichia coli*, et les Salmonella. Les bactéries retenues à la surface étaient nourries à travers les pores du milieu de culture.

2.2.3.3.7.1. Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophiles (BHAM)

Les BHAM ont été isolées à la surface de la gélose ordinaire coulée en boîte de Pétri par la technique d'étalement en surface. Cent μL de l'échantillon ont été prélevés à l'aide d'une pipette dans le tube à essai, puis incorporés dans le milieu gélosé extrait de levure. L'échantillon a ensuite été étalé à l'aide d'un étaleur en verre stérile. Les manipulations ont été faites dans un diamètre de 30 cm autour de la flamme du bec bunsen (115). Les boîtes de Pétri ont ensuite été incubées à la température ambiante pendant 5 jours (45). Les colonies ont été dénombrées par la méthode de comptage direct (45).

2.2.3.3.7.2. Coliformes fécaux et *Escherichia coli*

Les coliformes fécaux et totaux ont été isolés sur le milieu de culture *Escherichia coli* Broth par la technique de membrane filtrante, après des dilutions appropriées (46). Cette méthode a consisté à recueillir les bactéries recherchées à la surface d'une membrane filtrante stérile en acétate de cellulose dans un échantillon. Ainsi, 100 mL d'échantillon ont été filtrés à travers une membrane en acétate de cellulose de porosité de 0,45 μm puis déposés sur le milieu de culture, coulée dans les boîtes de Pétri de 55 mm de diamètre. Ces boîtes ont ensuite été incubées pendant 24 heures \pm 3 heures (23). Pour la recherche des coliformes fécaux,

les boîtes ont été incubées à 44°C ; pour la recherche des coliformes totaux, elles ont été incubées à 37°C (115). Le dénombrement des colonies a été effectué par la technique de comptage directe (45).

2.2.3.3.7.3. Les Salmonellers

La méthode de filtration sur membrane a consisté à recueillir *Salmonella spp.* à la surface d'une membrane filtrante stérile dans les échantillons d'eau prélevés. Ainsi, 1 mL de l'échantillon a été filtré à travers une membrane en acétate de cellulose de porosité de 0,45 µm puis déposée sur un milieu de culture XLD (Xylose Lysine Déoxycholate) Agar coulée dans les boîtes de Pétri de 55 mm. Ces boîtes ont été incubées pendant 24 heures ± 3 heures à 37°C (23). Le dénombrement a été effectué par la technique de comptage directe et les résultats exprimés en UFC/mL d'eau échantillonnée (45). Les techniques d'identification et de dénombrement des germes recherchés sont résumés ci-dessous (Tableau VII).

Tableau VII. Méthodes d'identification et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale de l'eau

Bioindicateurs	Technique	Volume Echantillon.	Milieu utilisé	Incubation	Colonies
Germes revivifiables à 22 et 37°C	Incorporation en milieu gélosé	1 mL	Gélose à l'extrait de levure (PCA) (23,5 g/L)	37° ou 22°C/ 24-72 heures	Blanchâtres
Coliformes totaux	Filtration membranaire	100 mL	Gélose lactosée Tergitol au TTC (35,12 g/L)	37°/24 Heures	Jaune-orangé
Coliformes thermotolérants	Filtration membranaire	100 mL	Gélose lactosée Tergitol au TTC (35,12 g/L)	44.5°/24 Heures	Jaune-orangé
<i>Escherichia coli</i>	Filtration membranaire	100 mL	<i>Escherichia coli</i> Broth (37,0 g/L + Ager 5%)	44.5°/24 Heures	Blanchâtres
<i>Entérocoques</i>	Filtration membranaire		Gélose Slanetz et Bartley (46,5 g/L)	37°/24 Heures	Violet-rose
Salmonella	Filtration membranaire	100 mL	XLD Agar (56,6 g/L)	37°/24 Heures	Rouges au centre

Note : PCA = Plate Count Agar (Tryptone glucose yeast agar) ; TTC = chlorhydrate de triphényltétrazolium ; XLD = Xylose Lysine Déoxycholate

2.2.3.4. Morbidité des maladies liées à l'eau

Pour l'échantillonnage de la morbidité des maladies liées à l'eau, la procédure consistait au dénombrement des patients ayant fréquentés les services des consultations de routine dans les structures de santé.

La collecte des données sur la récurrence des maladies liées à l'eau a été réalisée au moyen d'un échantillonnage à plusieurs degrés. Au premier degré, Nous avons procédé par le choix des structures sanitaires de la Zone de Santé de Bunia. Nous avons utilisé la méthode de sélection aléatoire simple, mais les Aires de Santé (AS) situées en milieu rural n'ont pas été prises en compte. Cinq structures sanitaires ont été sélectionnées à l'aide de la technique de l'urne sans remise. Il s'agit de l'Hôpital Général de Référence (HGR) de Bunia, le Centre Médical Évangélique (CME) de Bunia, le Centre de Santé de Référence de Bunia cité, le Centre de Santé de Référence de Lembabo et le Centre de Santé de Kindia. Dans le cadre de cette étude, le sigle « CS » a servi à désigner : « Centre de Santé » et « Centre de Santé de Référence ».

Au deuxième degré, on a procédé au recensement des maladies liées à l'eau énumérées dans les registres. Dans le groupement de 5 classes des maladies liées à l'eau (infections transmises directement par l'eau, maladies dues au manque d'eau pour l'hygiène corporelle, maladies transmises par un hôte intermédiaire aquatique, maladies transmises par les insectes dépendant de l'eau et pathologies ou nuisances liées à l'eau autrement que par la présence de pathogènes fécaux), le Paludisme, la Fièvre typhoïde, la schistosomiase intestinale et la gastro-entérite

Le Choléra, la Poliomyélite et l'Onchocercose ne figurent pas parmi les maladies considérées pour cette étude. Les patients qui en souffrent sont pris en charges dans les services spécialisés. Faute de moyens d'investigation, certaines maladies liées à l'eau n'ont pas constitué le motif de consultation pendant la période fixée pour notre étude. . Il s'agit par exemple de l'hépatite infectieuse, la gale, le trachome, le ver de Guinée, la fièvre jaune, la trypanosomiase, la leptospirose et la légionellose. La méthode documentaire utilisée pour collecter les données consistait à consulter les dossiers des patients : fiches récapitulatives contenant les tests réalisés et les diagnostics posés par les professionnels de santé (médecins et infirmiers, etc.) au cours des 5 dernières années (2015-2019).

2.2.4. Mesure des risques sanitaires

2.2.4.1. Qualité bactériologique de l'eau

La qualité de l'eau de boisson fait l'objet d'élaboration de plusieurs critères de jugement de sa valeur (directives et normes), afin de garantir la sécurité sanitaire des consommateurs. Les éventuels risques de contamination de l'eau, souvent contrôlés, sont liés à divers facteurs physiques, chimiques et biologiques. Le choix des critères de la détermination de la potabilité de l'eau a déjà été justifié par plusieurs auteurs (1).

Dans le contexte de l'évaluation de la qualité microbiologique, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni Coliformes thermotolérants ni *Escherichia. coli* (119). L'indicateur le plus précis de la pollution fécale de l'eau est l'E. coli, mais sans oublier les Coliformes totaux et les germes revivifiables qui sont les indicateurs d'une pollution environnementale. Pour juger de sa qualité physique, il est important de contrôler la température, la turbidité et le pH. Car ils influencent le procédé de l'inactivation des désinfectants usuels tels que le chlore et ses dérivés (120).

Pour interpréter les résultats obtenus sur la qualité bactériologique de l'eau de boisson, nous nous sommes inspirés des directives de l'OMS stipulant que : le nombre de Coliformes totaux est $\leq 10/100$ mL d'eau, le nombre de Coliformes fécaux = $0/100$ mL d'eau, le nombre d'E. coli = $0/100$ mL d'eau (Tableau VIII a) et aux normes de l'Union Européenne qui, prennent en compte les germes aérobies revivifiables à 22° C et à 37° C, les entérocoques, les Clostridium sulfito-réducteurs, les Salmonella, et les bactériophages fécaux (Tableau VIII b). Enfin, nous avons pris en considération les normes de l'Office Congolais de Contrôle (121), où la recherche a été menée (Tableau IX). La RDC s'est inspirée des normes plus détaillées, celles de l'Union Européenne.

Tableau VIII. Potabilité de l'eau de boisson selon les critères de l'OMS et de l'UE

a) Critères de l'OMS	Normes	Concentration maximale admissible
Coliformes thermotolérants dans l'eau traitée à l'entrée du réseau d'adduction	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Coliformes thermotolérants dans l'eau non traitée à l'entrée du réseau d'adduction	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Coliformes thermotolérants dans l'eau prélevée dans un réseau d'adduction	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Coliformes thermotolérants dans l'eau de Puits, forage, sources	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Coliformes thermotolérants dans l'eau de boisson en bouteille	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Coliformes thermotolérants dans l'eau de l'approvisionnement de secours	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Coliformes totaux dans l'eau traitée à l'entrée du réseau d'adduction	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Coliformes totaux dans non traitée à l'entrée du réseau d'adduction d'eau	0/100mL d'eau	1 à 3 % des échantillons, t
Coliformes totaux dans l'eau prélevée dans un réseau d'adduction	0/100mL d'eau	5 à 10 % des échantillons,
Coliformes totaux dans l'eau de Puits, Forage, Sources	0/100mL d'eau	10 % des échantillons, t
Coliformes totaux dans l'eau de boisson en bouteille	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Coliformes totaux dans l'eau de l'approvisionnement de secours	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Source : OMS (112) ; Wateraid (113)		
b) Critères Européens		
Germes aérobies revivifiables à 22 °C	100 UFC/mL	100 UFC/mL
Germes aérobies revivifiables à 37 °C	20 UFC/mL	20 UFC/mL
Coliformes totaux	0/100mL d'eau	5% des échantillons
Coliformes fécaux	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Streptocoques fécaux	0/100mL d'eau	0/100mL d'eau
Clostridium Sultuto-réducteurs	0/20mL	1/20mL
Salmonelles	0/5000 mL	0/5000 mL
Staphylocoques pathogènes	0/100 mL	0/100 mL
Bactériophages fécaux	0/100 mL	0/100 mL

Sources : Carvalho (111) ; AFNOR (114) ; Hafsi et Boutaghane (115)

Tableau IX. Paramètres et critères microbiologiques de potabilité de l'eau en RDC.

Germes	Concentration maximale
Coliformes fécaux (nombre/100 mL)	< 10
<i>Streptocoques</i> fécaux (nombre/100 mL)	< 10
Coliformes totaux (nombre/100 mL)	< 10
<i>Escherichia coli</i> (nombre/1 mL)	0
<i>Streptocoques</i> pathogène (nombre/1 mL)	0
Salmonella (nombre/1 mL)	0
Flores Aérobie Mésophile (Germes totaux) : nombre /100 mL	< 1000

Source : Scheili (121)

2.2.4.2. Risques infectieux liés à l'eau de boisson

Le nombre de micro-organismes indicateurs identifiés dans l'eau permet d'apprécier le degré de risque y afférent. Cela constitue ce que l'on appelle *risque infectieux*, ou *risque microbiologique* qui, s'opposant au *risque toxique* (dû aux polluants minéraux ou organiques), est lié aux bactéries, parasites et virus. Sur le plan sanitaire (Tableau X), Le risque bactériologique demeure plus élevé que le risque chimique ou physique (122).

Tableau X. Risque sanitaire lié à la consommation de l'eau

Nombre de UFC/100mL d'eau	Coliformes Thermotolérants	<i>E. coli</i>	Action recommandée
0	Sans risque	Sans risque	
1 à 10	Faible risque	Risque raisonnable	L'eau peut être consommée telle quelle
11 à 100	Risque Intermédiaire	Eau polluée	Traiter si possible, mais peut être consommée telle quelle
101 à 1000	Risque élevé	Eau dangereuse	A traiter
> 1000	Risque très élevé	Eau très dangereuse	A rejeter ou à traiter intensivement

Source : Koffi-Nevry et al (124) ; Soufian (126) .

2.2.4.3. Qualité physico-chimique de l'eau

Les paramètres physico-chimiques doivent également répondre aux normes de qualité de l'eau potable (127), telles que celles exigées pour les paramètres microbiologiques (Tableau XI). Les directives de l'OMS en matière de la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 et en 2017, sont la référence en matière de sécurité de l'eau potable (128) . Elles sont complétées par le décret du 20 décembre 2001 et par la Directive du Conseil de l'Union Européenne du 3 novembre 1998 et par d'autres publications servant de référence pour la qualité de l'eau potable (129).

Tableau XI. Directives relatives à la qualité de l'eau de boisson

Substances Physico-chimique	Valeur Maximale
Ammoniac (NH ₃)	0,61 mg/L*
Ammonium (NH ₄)	0,3 mg ⁺ /L
Chlore résiduel libre (Cl ⁻)	0,2-0,5 mg/L
Chlorures (Cl ⁻)	250 mg /L
Conductivité électrique	250 microS/cm*
Couleur (Pt-Co)	15 mg /L
Cuivre libre (Cu)	2 mg /L
Cuivre total (Cu)	2 mg Cu/L
Dureté total (CaCO ₃)	200 ppm
Fer (Fe)	0,2 mg Fe/L*
Fluor (F)	1,5 mg /L
Manganèse (Mn)	0,5 mg /L
Nitrates (NO ₃)	50 mg /L
Ph	6,5 > Ph < 8,5
Sulfates (SO ₄)	500 mg **/L
Température	15 °C
Turbidité (N.T.U)	< 5 *

Note : VMA = Valeur directrice de l'OMS ; * = Normes de l'OMS sur l'eau potable

Sources : *El Ouedghiri et al* (131)

2.2.4.4. Paramètres d'altérations Physico-chimiques et bactériologiques

Dans cette section, les paramètres utilisés ont servi d'indicateurs pour mesurer les altérations Physico-chimiques (Tableau XII) et bactériologiques (Tableau XIII) des

échantillons d'eau de la présente étude. Les paramètres sélectionnés sont indicateurs indispensables pour déterminer la pollution fécale (127).

Tableau XII. Altérations Physico-chimiques

Paramètres	Indicateur (unités)	Valeur optimale	Valeur acceptable	Valeur non potable
Physiques	Turbidité* (NTU)	0,4	2	3750
	pH*	>6.5 et <8,5	>8.5 et <= 9	<6.5 et >5,5 et >9 et <9,5
Chimiques	Nitrites* (mg/L NO ₂)	0,05	0,1	7
	Oxydabilité* (mg/L O ₂)	1	5	10
	Nitrates* (mg/L NO ₃)	25	50	100

Note : * = indicateur indispensable (de la pollution par matières organiques) ;

Source = OMS (25) ; El Ouedghiri et al (131)

Tableau XIII. Altérations Bactériologiques

Indicateurs	Unité de mesure	Valeur optimale	Valeur acceptable	Valeur non potable
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100mL	0	20	20000
Coliformes totaux	UFC/100mL	0 à 9	10 à 50	51 à 50000
Germes aérobies à 36°C	UFC/100mL	0	20	
Germes aérobies à 22°C	UFC/100mL	0	20	
Salmonella sp	UFC/100mL	0		

Source : OMS (25) ; Hartemann (128)

2.2.5. Contraintes relatives à la qualité d'eau de boisson

2.2.5.1. Sources d'approvisionnement et qualité d'eau

Les programmes d'approvisionnement en eau potable se sont contentés de construire des points d'eau modernes, des forages ; il s'agit de puits couverts, équipés de pompes à motricité humaine, qui captent l'eau des nappes profondes. Cependant, le nombre de forages est encore insuffisant pour couvrir les besoins en eau, de la plupart des populations, dans la ville de Bunia comme celle d'autres villes des pays en développement. Les points d'eau traditionnels (rivières, ruisseaux, puits ouverts et sources non aménagées, marigots) fournissent une eau contaminée par des matières fécales d'origine humaine et animale. Les

points d'eau modernes sont souvent en pannes de pompes et les coupures de fournitures fréquentes les ouvrages inexploitable. Le mythe de l'eau potable gratuite n'est pas encore révolu pour des individus ou communautés avec faibles revenus et, surtout, les populations vulnérables comme les déplacées à Bunia.

Deux volets complémentaires sont indispensables pour assurer la gestion durable des ressources en eau. Il s'agit de l'assainissement du milieu et de l'éducation pour la santé qui doivent être intégrées aux programmes d'approvisionnement en eau potable (132).

2.2.5.2. Activités humaines et qualité de l'eau

Malgré les efforts de recherches concentrés sur les moyens de désinfecter l'eau de boisson en milieu tropical, ceux qui bénéficient des sources modernes ne consomment pas une eau répondant aux normes de potabilité. La pollution de l'eau est due à l'ignorance des fondements de l'hygiène, à la dissémination des excréta dans le milieu extérieur et à l'absence de protection sanitaire des sites d'extraction. De plus, l'eau potable à la pompe est souillée par des germes fécaux au cours du transport et du stockage à domicile (132).

2.2.5.3. Qualité de l'eau et prévalence des maladies hydriques

L'impact sanitaire des programmes internationaux d'assainissement de l'eau est réduit en raison de la confusion qui existe entre la fourniture d'eau potable et la consommation d'eau potable. Si les comportements individuels et collectifs ne sont pas modifiés par une éducation sanitaire adéquate, les maladies infectieuses véhiculées par l'eau alimentaire continueront à répandre et les contaminations fécales pourront persister en aval de la source. Parmi les altérations de la qualité d'eau alimentaire, les contaminations microbiologiques sont à l'origine de la moitié des maladies liées à l'eau enregistrées (132). Deux orientations peuvent être prises en considération pour le traitement préventif de la morbidité des maladies à transmission hydrique. La chloration est la première option qui, peut se réaliser au niveau de chaque famille ou dans une citerne proche du point d'eau, soit directement dans l'ouvrage. La deuxième option est l'implantation de mini-réseaux d'adduction et, la responsabilité de l'ouvrage est confié à la responsabilité de la communauté formée à l'hygiène et à la désinfection de l'eau (132).

2.2.6. Analyses statistiques

Les données ont été collectées à l'aide d'une fiche d'enquête puis saisies et encodées, transformées en pourcentages. Les relations entre les variables et entre les échantillons ont été

examinées à l'aide de test du Chi-carré. Les analyses des données ont été exécutées sur la base des différentes études et objectifs fixés. Les logiciels Excel, CSPro 7.5 et KoBoCollect ont servis pour la collecte et l'encodage des données. C'est à l'aide du logiciel Statistical Package for Social Sciences (SPSS 25) que les tests d'hypothèse ont été réalisés. Le logiciel Excel 2016 a servi pour la présentation des tableaux et graphiques. Enfin, le Logiciel Quantum a été utilisé pour les présentations cartographiques des données de GPS relevées sur le terrain. Les valeurs des paramètres bactériologiques et physicochimiques mesurées au laboratoire, ont été comparées aux normes nationales (RDC), aux directives de l'OMS et de l'Union européenne.

Les contrôles étaient effectués lors de la clarification de plusieurs types de données, afin d'améliorer la qualité des informations collectées. Ils consistaient à : valider des filtres pour voir la complétude des questionnaires et faire la différence parmi les non-réponses, les sans objets et les valeurs manquantes ; rechercher les répétitions qui permettaient de supprimer les questionnaires superflus et ou incomplets après avoir pris connaissance de ces derniers ; vérifier les données à la recherche des erreurs d'entrée, des incohérences n'ayant pas été repérés lors de la relecture des guide d'interviews ; contrôler les structures et la validité des modalités de réponses et des codes utilisés. À cet effet, certains échantillons ont été écarté du travail : 195 pour le profil de la morbidité hydrique, 100 pour l'enquête socioéconomique liée aux modes d'approvisionnement en eau de boisson dans les ménages, 5 pour le sondage sur l'adéquation des gestions des ressources d'eau, 4 pour la qualité physico-chimique et 3 pour la qualité bactériologique de l'eau de boisson.

La gestion et l'analyse des données ont suivi plusieurs étapes. Les informations recueillies ont été encodées et numérisées à partir du logiciel CSPro 7.5, puis analysées par le logiciel SPSS version 25,0 et le logiciel Word Excel 2016. Les variables concernant l'indication des pollutions des ressources d'eau par les matières fécales, sont présentées dans les tableaux en fonction des critères de jugement des résultats. Les données quantitatives sont résumées en médianes, moyennes, modes, écart-types et ; les données qualitatives en pourcentage et effectifs. Des analyses comparatives des indicateurs de la qualité d'eau de boisson et risques sanitaires ont été présentées dans les tableaux. Des tests statistiques de vraisemblances ont été utilisés, tels que le Chi-carré de Pearson, le Chi-carré corrigé de Fisher et l'Odds Ratio. L'estimation de l'intervalle de confiance à 95% pour le niveau de certitude. Une valeur p (P-value) <0,05 était considérée comme significative. Une analyse des déterminants de certains indicateurs associés à des comportements clés, tels que l'accessibilité à l'eau potable, l'hygiène corporelle, la satisfaction des populations concernant leurs modes d'approvisionnement en eau de de boisson, a été réalisée selon les critères de jugement.

2.2.7. Considérations éthiques

Pour réaliser la présente recherche sur le terrain, on a obtenu les autorités administratives et avis favorables écrits émis par des autorités compétentes (Annexe 1). Tout participant à cette étude a été informé de l'objectif poursuivi et de la méthodologie retenue pour la collecte de ses informations. Les personnes ciblées pour l'enquête, n'ayant pas consenti à participer à l'étude, n'ont pas été interviewées (26 ménages et 5 questionnaires des sources d'eau).

Le protocole de la présente étude avait obtenu l'approbation du comité éthique Scientifique pour la Recherche en Santé (CERS). Elle était conduite conformément aux principes fondamentaux de l'éthique que sont le respect de la personne, la bienfaisance, le volontarisme, la justice et l'anonymat des participants. Les données des enquêtes ont été gérées de façon à respecter l'anonymat et la confidentialité. Elles ont été stockées dans une base de données munie d'un accès strictement réservé par l'utilisation d'un mot de passe connu des seuls investigateurs principaux. Par ailleurs, nous avons particulièrement veillé à ce que la participation de tous les répondants à cette étude soit strictement volontaire. Les personnes étaient libres d'accepter ou de refuser de répondre au questionnaire ou au guide d'entretien. Durant la formation du personnel de terrain, l'accent a été mis sur la nécessité d'obtenir des permissions verbales et écrites (en annexes), des principales parties prenantes du secteur de l'eau et du ménage, mais aussi le consentement éclairé de l'enquêtée.

2.2.8. Limites de l'étude et biais

Les limites de la présente étude concernant essentiellement les aspects méthodologiques et financiers ainsi que les moyens techniques tels que : les problèmes relatifs à la désirabilité sociale au sujet des mesures pratiques destinées à l'amélioration de la qualité de l'eau de boisson dans les ménages ; l'indisponibilité de certaines informations de base pour vérifier l'âge exact des chefs de ménages ; la coïnfection de la morbidité hydrique et les autres maladies infectieuses ; l'association entre les maladies liées à l'eau diagnostiquées dans les formations sanitaires et la qualité (microbiologique et physico-chimique) des ressources en eau de boissons ; l'indisponibilité de l'appareillage et les contraintes techniques empêchant d'identifier les agents causaux de certaines maladies hydriques (exemple : vibrions de choléra et virus de poliomyélite) ; les contraintes financières, techniques et temporelles ayant empêché l'étude hydrogéologique destinée à établir les caractéristiques de l'aquifère et sa vulnérabilité.

Malgré les multiples difficultés, le biais lié à la formulation des questions a été corrigé à partir de la préenquête qui, a permis d'éviter les verbes à multiples interprétations pouvant

amener à la confusion. Le biais lié au manque de précision des analyses de laboratoire, était contrôlé en fonction du respect rigoureux de la gestion des échantillons d'eau : depuis le prélèvement jusqu'aux examens de laboratoire, en passant par le transport et la conservation. Pour établir un lien entre la morbidité hydrique et l'adéquation de la gestion des ressources en eau, des échantillons d'eau ont été prélevés aux points d'alimentation. Le biais lié aux réponses fournies a été contrôlé en garantissant l'anonymat des enquêtés et en leur expliquant l'importance de leurs contributions pour atteindre les objectifs de l'étude. Toutefois, il n'est pas possible d'affirmer avec certitude que les déclarations des enquêtés étaient réellement leur point de vue.

L'enregistrement des données qui, incorporait une traduction logique des codes des questions, a permis de contrôler le biais lié à l'encodage. utilisant des contrôles permettant de garantir la cohérence des informations enregistrées, afin de s'assurer de la fiabilité, de l'exactitude et de l'exhaustivité des données. Cela a permis d'éviter les différents types d'erreurs à savoir : Transposition soit (faute de frappe) ; Erreurs de copiage (exemple écrire le chiffre un « 1 » au lieu de sept « 7 » soit, écrire lettre « O » au lieu du chiffre zéro « 0 » ; Erreurs de routage (placement d'un chiffre à un endroit ou dans un ordre incorrect) et Erreurs de consistance à 2 ou plusieurs réponses sur le même questionnaire sont contradictoires (133).

CHAPITRE 3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. RESULTATS

3.1.1. Facteurs environnementaux et analyse des parties prenantes

La problématique de la gestion des ressources en eau de boisson a montré des problèmes communs à Bunia dans les domaines de l'assainissement, de l'hygiène et de l'approvisionnement en eau de boisson.

Dans le domaine de l'assainissement, le constat est que le réseau de drainage des eaux pluviales est limité et souvent inadapté lorsqu'on en trouve, certains caniveaux de collecte sont bouchés depuis longtemps. Les ouvrages de gestion des eaux usées sont inexistantes d'où les marres d'eau demeurant stagnantes, persistantes et récurrentes. Les ordures ménagères sont mal gérées, avec une prolifération des dépotoirs sauvages dans les coins isolés des zones enclavées, bas-fonds et lits des cours d'eau, la propagation des rongeurs et des cafards. Les eaux usées ménagères sont déversées dans les cours d'eau, les rues et les cours d'habitation et les fosses à canon déversent directement dans les cours d'eau et les bas-fonds.

Dans le domaine de l'hygiène, les observations ont montré que les habitants ne sont pas sensibilisés et éduqués aux pratiques de l'hygiène environnementale et les ménages ne connaissent pas le lien entre l'eau, l'hygiène et l'assainissement. Les populations revenues mensuelles n'ont pas un accès durable à l'eau potable ; elles consomment l'eau des puits traditionnels, l'eau stagnante et l'eau de surface dont les risques sur leur santé sont perceptibles (134).

3.1.1.1. Analyse des parties prenantes

Précédée par l'état des lieux sur l'ensemble des problèmes liés à la gestion des ressources en eau, l'analyse des parties prenantes est axée sur les déclarations des fournisseurs et consommateurs d'eau potable. Elle regroupe les fournisseurs à maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et gestionnaires. Les consommateurs ou demandeurs de l'eau de boisson sont des acteurs pris en considération à part entière. Elle s'articule autour des points suivants : Protection des ressources en eau ; Objectifs de l'installation des ouvrages hydrauliques et gestion des événements dangereux ; Gestion et communications relatives aux sources et l'eau de boisson ; Intention de la collaboration entre parties prenantes du secteur de l'eau ; Capacités de production d'une eau de boisson et Gestion opérationnelle des ressources en eau. L'appréciation des modes d'approvisionnement à l'eau de boisson dans les ménages est abordée au niveau du deuxième objectif.

3.1.1.1.1. Protection des ressources en eau

Pour garantir un accès facile à l'eau potable, plusieurs conditions doivent être remplies. Il faut notamment que les sources d'eau soient disponibles à proximité des habitations et que l'accès soit sécurisé. Cependant, une exposition des points d'approvisionnement aux menaces a été relevé dans la zone d'étude. Selon les gestionnaires, cette menace a été identifiée à plusieurs de ces points d'eau. Il en ressort que sur les 85 sources d'eau identifiées et échantillonnées, 35% sont exposées aux menaces. Les sources les plus exposées sont principalement celles appartenant aux gestionnaires des établissements paraétatiques, puits appartenant aux gestionnaires privés et aux communautés (Tableau XIV). Cette menace a été évaluée selon les acteurs de leur mise en œuvre. Ainsi, il est à noter que de nombreux acteurs travaillent pour l'amélioration de l'accès à l'eau potable à Bunia. Ceux qui ont créé le plus grand nombre de sources sont : les particuliers, la SNHR, le CIDRI et la RIGIDESO. Ces acteurs possèdent plus de la moitié des sources d'eau échantillonnées. Comme les acteurs privés ou particuliers, le CIDRI en collaboration avec la Caritas de la communauté sont perpétuelles recherches et installations des ouvrages hydrauliques, leurs agents du terrain et leurs sources semblent être les plus exposées aux menaces (Tableau XV). Les acteurs les plus touchés sont : les particuliers, Les gestionnaires interrogés estiment que 62,4% d'entre elles ne font pas l'objet d'une quelconque menace. Les menaces relevées sont de plusieurs formes : sabotage kidnapping et construction anarchique (Tableau XVI).

Tableau XIV. Menaces de vandaliser les sources déclarées par les propriétaires

Propriétaires des sources	N (%)	Oui		Non		Total (%)
		n	%	n	%	
Privé	29 (34,1)	8	28	21	72	29 (100)
Etablissement Paraétatique	26 (29,5)	12	46	14	54	26 (100)
Communauté	10 (11,8)	5	50	5	50	10 (100)
ONG d'urgence	9 (10,6)	1	11	8	89	9 (100)
Publique (libre)	6 (7,0)	3	50	3	50	6 (100)
Etablissements sanitaires ou d'enseignements	5 (5,9)	1	20	4	80	5 (100)
Total	85 (100)	30	35	55	65	85 (100)

Tableau XV. Perception des menaces par les maîtres d'œuvres

Maître d'œuvres	N (%)	Oui		Non		Total (%)
		N	%	n	%	
PARTICULIER	20 (23,5)	6	30	14	70	20 (100)
SNHR	13 (15,3)	2	15	11	85	13 (100)
CIDRI	10 (11,8)	3	30	7	70	10 (100)
REGIDESO	9 (10,6)	4	44	5	56	9 (100)
INCONNUE	8 (9,5)	4	50	4	50	8 (100)
CARITAS	7 (8,2)	5	50	2	29	7 (100)
COMMUNAUTE	7 (8,2)	5	50	2	29	7 (100)
OXFAM	4 (4,7)	1	50	3	75	4 (100)
MSF	3 (3,5)	0	50	3	100	3 (100)
MUSACA	3 (3,5)	0	50	3	100	3 (100)
MONUSCO	1 (1,2)	0	50	1	100	1 (100)
Total	85 (100)	30	50	55	65	85 (100)

Tableau XVI. Craintes des parties prenantes

Type de craintes	(N = 85)	Nombre d'ouvrages hydriques	%
Aucune crainte		53	62,4
Sabotage		17	20
Constructions anarchiques		1	1,2
Toutes les Craintes * excepté (1)		2	2,4
Craintes (2 et 3)		10	11,8
Craintes (3 et 4)		1	1,2
Craintes (3 et 5)		1	1,2

Note : * Les propositions sont : (1) Aucune crainte ; (2) Sabotage ; (3) Constructions anarchiques ; (4) Travaux publics; (5) Kidnapping par milices

3.1.1.1.2. Objectifs de l'installation des ouvrages et gestion des événements dangereux

Les eaux utilisées ont été échantillonnées chez plusieurs types de gestionnaires. Précisément, 64,7% des eaux échantillonnées provenaient des gestionnaires de types privés et des établissements paraétatiques. Ensuite, 22,4% provenaient des communautés et des ONG

d'urgence. Enfin, à 13% des échantillons d'eau provenaient des gestionnaires publiques et des établissements sanitaires ou d'enseignement (Tableau XVII). La conception et la mise en œuvre de la construction des sources d'approvisionnement en eau obéissent à plusieurs motivations. En effet, les gestionnaires ont envisagé la création d'une source d'eau notamment pour satisfaire leurs propres besoins et répondre aux besoins en eau des populations, mais aussi dans un objectif financier. Par ailleurs, 36,4% des gestionnaires ont eu pour objectif de répondre aux besoins de la population, et 16,47% avaient pour objectif de générer des revenus (Tableau XVIII).

Tableau XVII. Objectifs de l'installation des ouvrages hydrauliques

Objectifs	(N = 85)	Nombre de sources	Fréquence (%)
Répondre aux besoins de la population		31	36,4
Gain financier, et Répondre aux besoins de la population		14	16,5
Satisfaire ses besoins propres		7	8,2
Non concerné par la question		7	8,2
Gain financier		6	7,1
Finance et besoins propres		6	7,1
Gain financier, et Besoins propres		5	5,9
Répondre aux besoins des déplacés		3	3,5
Demande population et finance, et Répondre aux besoins de la population		3	3,5
Demande population et finance		1	1,2
Répondre aux besoins de la population, et Besoins propres		1	1,2
Demande population et finance, et Besoins propres		1	1,2

Tableau XVIII. Déclarations des gestionnaires relatives à la prise en charge du réseau

Type des gestionnaires	Non concerné par la question		Qté d'eau insuffisante		Pas de travailleurs		Sources peu fréquentées		Total (%)
	N	%	N	%	n	%	n	%	
Prive	26	89,7	0	0,0	1	3,5	2	6,9	29 (100)
Établissement Paraétatique	18	69,2	3	11,5	1	3,9	4	15,4	26 (100)
Communauté	9	90,0	1	10,0	0	0,0	0	0,0	10 (100)
ONG D'urgence	9	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	9 (100)
Publique (Libre)	6	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6 (100)
Établissement Sanitaire Ou D'enseignement	5	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5 (100)
Total	73	85,9	4	4,7	2	2,4	6	7,1	85 (100)

3.1.1.1.3. Gestion et communication relatives aux ressources en eau de boisson

Pour améliorer la qualité de l'eau de consommation, les gestionnaires ont recours à plusieurs moyens de traitement. En effet, pour plusieurs sources, les gestionnaires utilisent uniquement du chlore, ce qui représente 21,2 % des sources comptabilisées. En plus du chlore, d'autres utilisent des filtres, soit 23,5 % des sources d'eau. Par ailleurs, il a été constaté que certains gestionnaires utilisent des dérivés du chlore comme moyen de traitement de l'eau, ce qui représente 2,4 % des sources d'eau (Tableau XIX). La mise en place par les gestionnaires des systèmes de traitement et analyse des eaux de boisson a été d'un grand intérêt. En République Démocratique du Congo, les villes sont principalement approvisionnées en eau de boisson par la REGISO qui un système d'adduction (17). A Bunia, la REGISO a été renforcée par le réseau Ngongo I, (107). Comme ce réseau est plus ancien, avec 69 ans d'existence, ne parvenant plus à satisfaire les besoins de la population en croissance démographique galopante, il a été suppléé en 1984 par le réseau Ngongo I, devenu CIDRI en 1988 (135). Depuis les années 2000, ces deux systèmes d'adduction ne bénéficiaient plus de la surveillance des réseaux, de traitements et d'analyses réguliers. L'insécurité, l'insuffisance ou absence des moyens financiers, l'instabilité de l'énergie électrique et le nombre insuffisant du personnel sont invoqués, par les gestionnaires, comme des raisons de ce dysfonctionnement. Il en résulte donc que, les gestionnaires de type privé à 93,1% ont mis en place un système de traitement. De même, ceux de type établissement paraétatique représentent une fréquence de 73,1%, les

gestionnaires de type communauté de 60%, les gestionnaires de type ONG d'urgence de 88,9% et les gestionnaires de type établissements sanitaire ou d'enseignement 60%. Toutefois, 83,3% des gestionnaires de type public n'ont pas mis sur pied un système de traitement des eaux qu'ils offrent à la population de Bunia (Tableau XXI). Concernant le système d'analyse des eaux, 94,1% des gestionnaires ont mise en place un tel système. De manière spécifique, on peut relever que 86,2% des gestionnaires de type privé, 100% des gestionnaires de types établissements paraétatiques, 90% des gestionnaires de type communauté, 100% des gestionnaires des types ONG d'urgence, établissements sanitaires et d'enseignement, et publics ont mis sur pied un système d'analyse de la qualité des eaux mises à la disposition des populations (Tableau XX).

Tableau XIX. Déclarations des gestionnaires relatives aux méthodes de traitement

Méthodes de traitement	(N = 85)	Nombre de sources	%
Non concerné par la question		19	22,4
Chlore		18	21,2
Dérivés de chlore		20	23,5
Chlore, et Filtration		3	3,5
Chlore, et Dérivés de chlore		23	27,1
Chlore, Dérivés de chlore, et Filtration		2	2,4

Note : Non concerné par la question = eau souterraine

Tableau XX. Déclarations des gestionnaires relatives aux traitements et analyses

Variables	Oui		Non		Total (%)	Khi-Carré p
	n	%	n	%		
Traitement d'eau de boisson						
Prive	27	93,1	2	6,9	29 (100)	0,010
Etablissements paraétatiques	19	73,1	7	26,9	26 (100)	
Communauté	6	60	4	40	10 (100)	
ONG d'urgence	8	88,9	1	11,1	9 (100)	
Publique (libre)	1	16,7	5	83,3	6 (100)	
Etablissements sanitaires ou d'enseignement	3	60	2	40	5 (100)	
Total	64	75,3	21	24,7	85 (100)	
Analyse d'eau de boisson						
Prive	25	86,2	4	13,8	29 (100)	0,010
Etablissements paraétatiques	26	100	0	0	26 (100)	
Communauté	9	90	1	10	10 (100)	
ONG d'urgence	9	100	0	0	9 (100)	
Publique (libre)	6	100	0	0	6 (100)	
Etablissements sanitaires ou d'enseignement	5	100	0	0	5(100)	
Total	80	94,1	5	5,9	85(100)	

Note : Puisque $p = 0,010^{***} < 0,05$; On peut admettre que le traitement et l'analyse de l'eau de boisson varient significativement en fonction des gestionnaires de ressources en eau ; *** = seuil de certitude à 95%

3.1.1.1.4. Intention de la collaboration entre parties prenantes

S'étant penché sur la disposition des gestionnaires à collaborer ou pas avec les consommateurs et les formateurs sur la gestion de l'eau, il a été obtenu que 44,7% des gestionnaires interrogés sont disposés à collaborer entre eux alors que 43,5% estiment ne vouloir collaborer qu'avec des laboratoires d'analyse de l'eau. A la question de savoir si cette

collaboration peut être faite entre le gestionnaire de l'eau, le consommateur ou l'Etat, il est revenu que 37,6% des gestionnaires voudraient une collaboration avec l'État alors que 8,2% la souhaite avec les consommateurs (Tableau XXI).

Tableau XXI. Intention d'une collaboration entre parties prenantes

Parties prenantes estimées	(N = 85)	Nombre de sources	Pourcentage
Gestionnaires d'autres sources d'eau		38	44,7
Laboratoires d'analyse d'eau		37	43,5
État (autorité politique)		32	37,6
Pas d'envie de collaborer		21	24,7
Consommateurs d'eau		7	8,2
Formateurs sur la gestion de l'eau		4	4,7

3.1.1.1.5. Capacités de la production d'une eau de boisson

Tous les gestionnaires identifiés ne garantissent pas une fourniture permanente de l'eau de boisson dans tous les points d'eau qu'ils ont aménagés pour desservir la population. C'est le cas des gestionnaires paraétatiques, privés et de communauté. Cependant, les ONG d'urgence, les établissements sanitaires ou d'enseignement et les gestionnaires publics garantissent une disponibilité continue de l'eau de boisson dans tous les points d'eau qu'ils ont aménagée (Tableau XXII). La prise en compte de la durée d'existence des sources d'eau qui abreuvent les populations de Bunia relève que les sources d'eau les plus nombreuses soit 39 ont une durée d'existence comprise entre 1 et 5 ans, ensuite 16 sources ayant une durée d'existence comprise entre six et 10 ans. Les points d'eau ayant une durée d'existence de plus de 10 ans ne sont pas représentatifs dans notre échantillon (Figure 14).

Sur le plan financier (Tableau XXIII), le coût de l'accès à l'eau a permis de constater que les prix d'un récipient de 20 litres varient au sein des groupes de gestionnaires et vont de 50 à 100 FC lorsque ce n'est pas gratuit. Les gestionnaires privés disposent d'une source où l'approvisionnement est gratuit, de trois où un récipient de 20 litres coûte moins de 50 FCFA, et de trois sources d'eau où le prix est de 100 FC pour la même quantité. Les gestionnaires d'établissements paraétatiques ne possèdent aucune source d'approvisionnement qui offre gratuitement l'eau à la population. Ils en disposent par contre 11 où le récipient de 20 litres coûte moins de 50 FC, et deux où ce récipient coûte 50 FC et enfin 13 où l'on vend à 100 FC. En outre, les gestionnaires de communauté ont six points d'eau gratuits, trois où le bidon de 20 litres coûte moins de 50 FC et un point où il coûte 100 FC.

Les gestionnaires ONG d'urgence, ont créé six sources d'eau où la distribution est gratuite, deux où elle est moins de 50 FC et une où elle est de 100 FC pour un bidon de 20 litres. Pour les gestionnaires publics, toutes les sources distribuent de l'eau gratuitement. Enfin, les gestionnaires des établissements sanitaires ou d'enseignement disposent de quatre points où l'eau est distribuée gratuitement, et d'un point où elle coûte moins de 50 FC

Tableau XXII. Modalités de fourniture d'eau de boisson par des propriétaires

Propriétaires des sources	Fourniture permanente		Fourniture non permanente		Total (%)
	N	%	n	%	
Communauté	9	90,0	1	10,0	10 (100)
Établissements Sanitaire Ou D'enseignement	4	100,0	0	0,0	4 (100)
ONG d'urgence	9	100,0	0	0,0	9 (100)
Établissements Paraétatiques	18	69,2	8	30,8	26 (100)
Prive	26	89,7	3	10,3	29 (100)
Publique (Libre)	6	100,0	0	0,0	6 (100)
Total	73	85,9	12	14,1	85 (100)

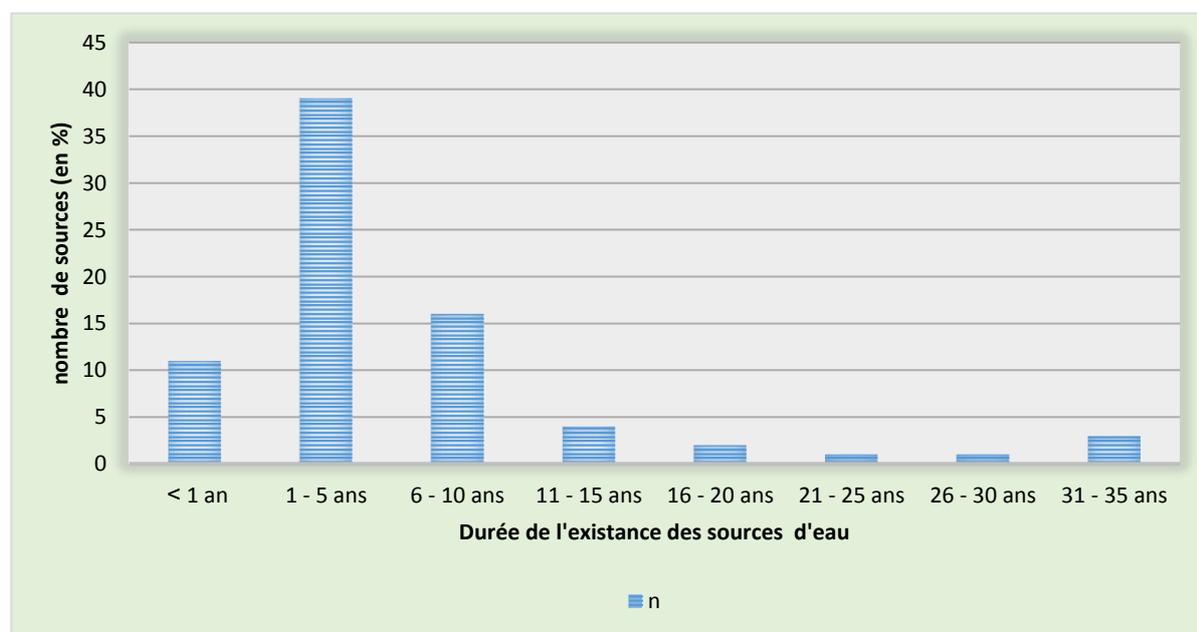


Figure 14. Durée de vie des ouvrages hydrauliques mises en œuvre

(N = 77)

Tableau XXIII. Prix d'un bidon de 20 litres d'eau de boisson

Types de gestionnaires	Gratuit		< 50 FC		50 FC < 100		100 FC et <		Total (%)
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Prive	1	3,5	3	10,3	3	10,3	22	75,9	29 (100)
Établissement Paraétatique	0	0,0	11	42,3	2	7,7	13	50,0	26 (100)
Communauté	6	60,0	3	30,0	0	0,0	1	10,0	10 (100)
ONG d'urgence	6	66,7	0	0,0	1	11,1	2	22,2	9 (100)
Publique (Libre)	6	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6 (100)
Établissement Sanitaire Ou D'enseignement	4	80,0	1	20,0	0	0,0	0	0,0	5 (100)
Total	23	27,1	18	21,2	6	7,1	38	44,7	85 (100)

3.1.1.1.6. Évaluation de la gestion opérationnelle des ressources en eau

Elle est axée sur la détermination des mesures de maîtrise des risques à appliquer au réseau d'eau de boisson. Elle consiste à mettre en œuvre un système de surveillance opérationnelle et de contrôle de la qualité de l'eau de boisson. L'évaluation du niveau de connaissance de gestion des eaux de boisson, par les parties prenantes, est un préalable pour une possible élaboration des stratégies à implémenter pour un accès à l'eau potable. Ceci étant, il a été constaté que, sur la question de savoir si les populations sont conscientes de la nécessité de sécuriser le réseau de distribution d'eau et d'avoir une équipe de maintenance, qu'elles ne sont pas informées. En analysant les réponses obtenues, 96,5% étaient des erreurs. Aussi, 62,4% de l'échantillon ne sont pas informés de l'existence et de la disponibilité des normes de qualité de l'eau de boisson, des documents de gestion du système d'approvisionnement (51,8%), du programme d'analyse de la qualité de l'eau de consommation (60%), et du programme d'entretien des sources d'eau (51,8%). En outre, on note que l'échantillon n'est pas à jour concernant la nécessité d'avoir une fréquence d'analyses des paramètres bactériologiques et physico-chimiques, de contrôle des fuites d'eau sur le réseau, et de la nécessité pour les gestionnaires de connaître la perception des consommateurs quant à la qualité des eaux qu'ils consomment (Tableau XXIV).

En outre, les analyses permettent d'évaluer la gestion des points d'approvisionnement en eau en fonction des différents types de gestionnaires relevés précédemment. D'emblée, on peut constater qu'un seul groupe de gestionnaire a un niveau de gestion bon d'après les critères

d'évaluation qui ont été mis en place. Toutefois, 80% des gestionnaires de communauté ont une gestion dite mauvaise ; 60% des gestionnaires de type établissements sanitaire ou d'enseignement ont un niveau de gestion mauvais, les gestionnaires de type ONG d'urgence ont un niveau de gestion mauvais à 66,7% . Par contre, 46,2 % des gestionnaires de type établissement paraétatique ont un niveau de gestion insuffisant. Enfin, les gestionnaires de type privé ont à 75,9 % un niveau de gestion mauvais et tous les gestionnaires de type public ont un niveau de gestion mauvais (Tableau XXV).

Tableau XXIV. Evaluation de la gestion opérationnelle des ressources en eau

Éléments de gestion opérationnelle (N = 85)	Bonnes réponses		Mauvais réponses	
	n	%	n	%
Nécessités sécuritaires du réseau de distribution d'eau de boisson et équipe de maintenance	3	3,5	82	96,5
Disponibilité des normes de qualité d'eau de boisson	32	37,6	53	62,4
Existence Documents sur système de Gestion d'eau	41	48,2	44	51,8
Fréquence de contrôle des fuites d'eau sur le réseau	24	28,2	61	71,8
Existence d'un Programme d'analyse de la qualité	34	40,0	51	60,0
Fréquence d'Analyses bactériologiques	14	16,5	71	83,5
Fréquence d'Analyses physico-chimiques	8	9,4	77	90,6
Existence d'un programme d'entretien des sources d'eau de boisson	41	48,2	44	51,8
Fréquences d'entretien de son réseau des sources d'eau de boisson	21	24,7	64	75,3
Communication avec les consommateurs sur la qualité du réseau des sources d'eau de boisson	27	31,8	58	68,2
Moyenne des réponses		28,8		71,2

Tableau XXV. Classification de la gestion opérationnelle

Catégorie de gestionnaire	Mauvais*		Insuffisant**		Moyen***		Bon****		Total (%)
	n	%	n	%	n	%	n	%	
COMMUNAUTE	8	80,0	2	20,0	0	0,0	0	0,0	10 (100)
ETABLISSEMENT SANITAIRE OU D'ENSEIGNEMENT	3	60,0	2	40,0	0	0,0	0	0,0	5 (100)
ONG D'URGENCE	6	66,7	3	33,3	0	0,0	0	0,0	9 (100)
ETABLISSEMENT PARAETATIQUE	7	26,9	12	46,2	6	23,0	1	4,0	26 (100)
PRIVE	22	75,9	7	24,1	0	0,0	0	0,0	29 (100)
PUBLIC (ETAT)	6	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6 (100)
Total	52	61,2	26	30,6	6	7,0	1	1,0	85 (100)

Note : * = 0 à 49% des bonnes réponses ; ** = 50 à 64% des bonnes réponses ; *** = 65 à 84% des bonnes réponses ;

**** = 85 à 100% de bonnes réponses

3.1.1.2. Contraintes environnementales associées à la qualité de l'eau de boisson

3.1.1.2.1. Altérations physico-chimiques liées aux facteurs environnementaux

Les résultats des paramètres physico-chimiques ont été analysés en fonction des caractéristiques des sources d'eau. Il en ressort de manière globale qu'aucun échantillon d'eau prélevé dans les différents points d'approvisionnement n'est de qualité optimale selon les résultats obtenus de la turbidité. De façon spécifique, pour les échantillons provenant des adductions de surface, deux sont de qualité acceptable et 23 sont non potables. Ensuite les échantillons provenant des eaux de surface sont tous non potables. Les échantillons issus des forages sont à 86,4 % non potables et à 13,6 % de qualité acceptable. Traitant des eaux issues des puits, 44,4 % sont de qualité acceptable et 55,6 % non potables. Enfin les six échantillons des sources aménagés sont à 50 % de qualité acceptable et 50 % non potables (Tableau XXVI).

Considérant le pH, les échantillons des adductions de surface sont à 68 % de qualité optimale, et à 32 % non potables. Les échantillons issus des eaux de rivière sont à 60 % de qualité optimale et à 40 % non potables. Les échantillons provenant des forages sont à 50 % de qualité optimale et à 50 % non potables. Ensuite, les échantillons issus des puits sont à 27,8 % de qualité optimale et à 72,2 % non potables. Enfin, des six échantillons issus des sources aménagées, cinq sont non potables et un est de qualité optimale (Tableau XXVI).

Considérant les nitrites, les échantillons sont globalement de qualité optimale ou de qualité acceptable aucun échantillon n'est non potable. Ainsi, les échantillons issus des adductions de surface sont tous de qualité optimale. Puis, les échantillons provenant des eaux de rivière sont à 70% de qualité optimale. Les sources d'eau de forage sont à 90,9% de qualité optimale. Les sources d'eau de puits sont à 88,9% de qualité optimale. Enfin, les échantillons issus des sources aménagées sont tous de qualité optimale (Tableau XXVI).

Par rapport au caractère amélioré ou non des points d'approvisionnement en eau, concernant la turbidité, aucun échantillon d'eau n'est de qualité optimale. En effet, les échantillons prélevés des sources améliorées sont à 22% de qualité acceptable et 78% non potables. Tandis que les échantillons prélevés des sources non améliorées sont à 20% de qualité acceptable et à 80% non potables.

Concernant le pH, les échantillons prélevés des sources améliorées sont à 46,6% de qualité optimale et à 53,4% non potables. Ceux prélevés des sources non améliorées sont à 75% de qualité optimale et à 25% non potables.

Traitant des nitrites, 94,5% des échantillons prélevés dans les sources améliorées sont de qualité optimale et 5,5% de ces échantillons sont de qualité acceptable. Par contre, les échantillons prélevés des sources non améliorées sont à 62,5% de qualité optimale et à 37,5% de qualité acceptable (Tableau XXVII).

Tableau XXVI. Altération physico-chimique selon le type des sources en eau

Indicateurs	Valeur optimale		Valeur acceptable		Valeur non potable		Total (%)
	n	%	N	%	n	%	
Turbidité (NTU)							
Valeur de référence	0,4		2		3750		
Adduction de Surface	/	/	2	8,0	23	92,0	25 (100)
Eau de Surface/Rivière	/	/	0	0,0	10	100,0	10 (100)
Forage	/	/	3	13,6	19	86,4	22 (100)
Puits	/	/	8	44,4	10	55,6	18 (100)
Source Aménagée	/	/	3	50,0	3	50,0	6 (100)
Total	/	/	16	19,8	65	80,3	81 (100)
Ph							
Valeur de référence	>6.5 et <8,5		>8.5 et <= 9		<6.5 et >5,5 et >9 et <9,5		
Adduction de Surface	17	68,0	/	/	8	32,0	25 (100)
Eau de Surface/Rivière	6	60,0	/	/	4	40,0	10 (100)
Forage	11	50,0	/	/	11	50,0	22 (100)
Puits	5	27,8	/	/	13	72,2	18 (100)
Source Aménagée	1	16,7	/	/	5	83,3	6 (100)
Total	40	49,4	/	/	41	50,6	81 (100)
Nitrites (mg/L NO2)							
Valeur de référence	0,05		0,1		7		
Adduction de Surface	25	100,0	0	0,0	/	/	25 (100)
Eau de Surface/Rivière	7	70,0	3	30,0	/	/	10 (100)
Forage	20	90,9	2	9,0	/	/	22 (100)
Puits	16	88,9	2	11,0	/	/	18 (100)
Source Aménagée	6	100,0	0	0,0	/	/	6 (100)
Total	74	91,4	7	9,0	/	/	81 (100)

Note : / = barre oblique qui indique l'absence des données

Tableau XXVII. Altération physico-chimique selon l'état des sources en eau

Indicateurs d'altération	Valeur Optimale		Valeur Acceptable		Valeur Non potable		Total (%)	OR (IC à 95%)
	n	%	n	%	n	%		
Turbidité (NTU)								
Valeur de référence	0,4		2		3750			
Sources améliorées	/	/	16	22,0	57	78,1	73 (100)	
Sources non améliorées	/	/	0	0,0	8	100,0	8 (100)	
Total	/	/	16	20,0	65	80,3	81 (100)	
pH								
Valeur de référence	>6.5 et <8,5		>8.5 et <= 9		<6.5 et >5,5 et >9 et <9,5			
Sources Améliorées	34	46,6	/	/	39	53,4	73 (100)	
Sources Non Améliorées	6	75,0	/	/	2	25,0	8 (100)	0,29
Total	40	49,4	/	/	41	50,6	81 (100)	(0,06-1,54)
Nitrites (mg/L NO2)								
Valeur de référence	0,05		0,1		7			
Sources améliorées	69	94,5	4	5,5	/	/	73 (100)	10,35 (1,80-59, 60)
Sources non améliorées	5	62,5	3	37,5	/	/	8 (100)	
Total	74	91,4	7	8,6	/	/	81 (100)	

Note : Puisque l'intervalle de confiance (IC), pour l'altération des sources par les nitrites, ne contient pas la valeur OR = 1, on affirme que les sources non améliorées constituent un facteur de risque 10,35 fois plus élevé de consommer l'eau contaminée par les matières organiques (fécales). / = barre oblique qui indique l'absence des données

3.1.1.2.2. Altérations bactériologiques liées aux facteurs environnementaux

1) Coliformes Totaux (CT)

Les coliformes totaux comme indicateurs de pollution ont été analysées en fonction des types de source de prélèvement des échantillons. On peut en retenir que 84 % des échantillons issus des adductions de surface sont de qualité optimale, dont deux sources de qualité acceptable et deux non potables. 70 % des échantillons issus des eaux de surface sont non potables, une source est de qualité acceptable et deux de qualité optimale. Les échantillons provenant des forages sont à 50% de qualité optimale, 27,3 % de qualité acceptable et 22,7 % non potables. Les échantillons provenant des puits sont à 57,9 % de qualité optimale, 36,8 % sont non potables, et un échantillon est de qualité acceptable. Pour les sources aménagées, 58,5 % sont

de qualité optimale, 12,2 % de qualité acceptable et 29,3 % sont non potables (Tableau XXVIII).

Ces résultats évalués selon le type de population desservie révèlent de nouvelles informations. En occurrence, 63,2 % des points d'approvisionnement devant desservir les populations dites stables ont des eaux de qualité optimale, 13,2 % de qualité acceptable et 23,5 % sont non potables. De plus, des sept qui desservent les populations déplacées, cinq sont de qualité optimale et deux sont non potables. Enfin, les sources d'eau des populations mixtes sont au nombre de sept également. Parmi elles, six sont non potables et une est de qualité acceptable (Tableau XXVIII).

En outre selon le caractère amélioré ou non des sources, on retient que : 64,9 % des échantillons provenant des sources améliorées sont de qualité optimale, 12,2 % de qualité acceptable et 23 % sont non potables. Cependant, aucun échantillon des sources non améliorée n'est de qualité optimale. On a un échantillon de qualité acceptable et sept autres qui sont non potables (Tableau XXVIII).

Tableau XXVIII. Altération bactériologique (Coliformes Totaux) en fonction des sources

Valeur de référence (UFC/100mL)	Valeur Optimale		Valeur Acceptable		Valeur Non Potable		Total (%)	Khi-Carré P
	n	%	n	%	n	%		
	0 à 9		10 à 50		51 à 50000			
Type de source								
Adduction de Surface	21	84,0	2	8,0	2	8,0	25 (100)	
Eau de Surface/Rivière	2	20,0	1	10,0	7	70,0	10 (100)	
Forage	11	50,0	6	27,3	5	22,7	22 (100)	0,008
Puits	11	57,9	1	5,3	7	36,8	19 (100)	
Source Aménagée	3	50,0	0	0,0	3	50,0	6 (100)	
Total	48	58,5	10	12,2	24	29,3	82 (100)	
Population cible								
Sources pour populations stables	43	63,2	9	13,2	16	23,5	68 (100)	
Sources pour populations déplacées	5	71,4	0	0,0	2	28,6	7 (100)	0,008
Sources pour populations mixtes	0	0,0	1	14,3	6	85,7	7 (100)	
Total	48	58,5	10	12,2	24	29,3	82 (100)	
Etat des ressources								
Sources Améliorées	48	64,9	9	12,2	17	23,0	74 (100)	
Sources Non Améliorées	0	0,0	1	12,5	7	87,5	8 (100)	0,000
Total	48	58,5	10	12,2	24	29,3	82 (100)	

Note : Puisqu'il y a successivement $p = 0,008^{**} < 0,05$ pour le type des sources et pour la population cible ; $p < 0,0001$, aux seuils de certitude à 95 % et 99 %, on peut admettre que la qualité non potabilité de l'eau liée à l'altération par les Coliformes Totaux est significativement associée à l'eau de Surface/Rivière, la source desservant une mixte et à la Sources

2) *Escherichia coli*

Les analyses effectuées par rapport à *E. coli* donnent des informations tout aussi pertinentes quant à la qualité de l'eau consommée à Bunia. Ainsi, 88 % des échantillons provenant des adductions de surface représentent un risque faible pour la population, un échantillon présente un risque intermédiaire et deux autres présentent un risque très élevé pour

la consommation. En plus dix échantillons ont été prélevés des eaux de rivières. Deux d'entre eux ont un risque faible pour la consommation, deux présentent un risque intermédiaire, trois échantillons présentent un risque élevé et trois autres enfin, un risque très élevé pour la santé. Puis 85,7% des échantillons provenant des forages présentent un risque faible pour la santé, par contre, un échantillon présente un risque intermédiaire, un autre un risque très élevé et enfin un dernier constitue un risque très élevé pour la santé. Par ailleurs, 89,5 % des échantillons provenant des puits ont un risque faible pour la consommation, tandis que deux de ces échantillons ont un risque élevé. Enfin parmi les six échantillons prélevés des points d'eau aménagés, quatre constituent un risque faible pour la santé, et les deux autres un risque élevé et très élevé pour la consommation humaine (Tableau XXIX).

Par ailleurs, 85,3 % de ces sources d'eau destinées aux populations stables constituent un risque faible pour leur santé, deux présentent un risque intermédiaire, quatre un risque élevé et les quatre autres sources un risque très élevé. Concernant les populations déplacées, six des sources d'eau échantillonnées constituent un risque faible pour la santé et une source constitue un risque élevé. Concernant les populations mixtes, parmi les huit points d'eau échantillonnés, aucun ne présente un niveau de risque faible. En effet, deux ont un niveau de risque intermédiaire, trois un niveau élevé et les trois autres un niveau de risques très élevés pour la santé (Tableau XXIX).

Les échantillons provenant des sources améliorées constituent à 86,5 % des risques faibles pour la santé, deux de ces échantillons ont un niveau de risque intermédiaire, quatre un niveau de risque élevé et les quatre autres un niveau de risque très élevé. Par contre, parmi les huit échantillons provenant des sources non améliorées, aucun n'a un niveau de risque faible. Cependant, deux ont un niveau de risque intermédiaire, trois un risque élevé et les trois autres échantillons un risque très élevé pour la santé humaine (Tableau XXIX).

Tableau XXIX. Risque sanitaire (*Escherichia coli*) en fonction des sources

Variables	Risque faible		Risque intermédiaire		Risque élevé		Risque très élevé		Total (%)	Chi-carré p
	n	%	n	%	n	%	n	%		
Valeur de référence (UFC/100mL)	0		1 à 10		11 à 100		101 à 1000			
Type de sources										
Adduction	22	88,0	1	4,0	0	0,0	2	8,0	25 (100)	
Eau de Surface/Rivière	2	20,0	2	20,0	3	30,0	3	30,0	10 (100)	
Forage	19	90,5	1	4,8	1	4,8	1	4,8	21 (100)	0,023
Puits	17	89,5	0	0,0	2	10,5	0	0,0	19 (100)	
Source Aménagée	4	66,7	0	0,0	1	16,7	1	16,7	6 (100)	
Total	64	78,0	4	4,9	7	8,5	7	8,5	82 (100)	
Population cible										
Sources pour populations stables	58	85,3	2	2,9	4	5,9	4	5,9	68 (100)	
Sources pour populations déplacées	6	85,7	0	0,0	1	14,3	0	0,0	7 (100)	0,001
Sources pour populations mixtes	0	0,0	2	28,6	2	28,6	3	42,9	7 (100)	
Total	64	78	4	4,9	7	8,5	7	8,5	82 (100)	
Eta de sources										
Source Améliorée	64	86,5	2	2,7	4	5,4	4	5,4	74 (100)	
Sources Non Améliorée	0	0,0	2	25,0	3	37,5	3	37,5	8 (100)	0,001
Total	64	78,0	4	4,9	7	8,5	7	8,5	82 (100)	

Note : Comparativement au type des sources, à la population cible et à l'état des sources : le risque très élevé de la contamination des ressources en eau par *Escherichia coli* est associée significativement à l'Eau de Surface/Rivière, la source desservant une mixte et à la Sources Non Améliorée. Puisqu'il y a successivement $p = 0,023^{**} < 0,05$; $p = 0,000^{***} < 0,01$ et $p = 0,000^{***} < 0,01$. *** = seuil de certitude à 99 % et ** = seuil de certitude à 95 %

3) *Salmonella* spp

L'évaluation des Salmonelles dans les échantillons a été faite suivant le même canevas que pour les paramètres précédents. Précisons néanmoins qu'ici nous parlons de présence ou d'absence des Salmonelles dans les échantillons d'eau. De façon générale, on note une faible contamination des eaux aux Salmonelles. Ainsi, de tous les échantillons provenant des adductions, la présence des Salmonelles n'a été relevée que dans un seul échantillon.

Concernant les échantillons issus des eaux de surface, la présence des Salmonelles a été relevée uniquement dans trois échantillons. S'agissant des échantillons provenant des forages, on a relevé une absence de Salmonelles dans 90,9 % des échantillons. Enfin, s'agissant des prélèvements effectués dans des puits et des sources aménagées, on a relevé aucune présence de Salmonelles (Tableau XXX).

Par rapport aux populations desservies, on note que 94,1 % des échantillons prélevés dans les points d'eau qui alimentent les populations stables ne contiennent pas de Salmonelles. Puis, pour les populations déplacées, aucun échantillon n'est contaminé aux Salmonelles. Enfin pour les populations mixtes, seuls trois échantillons contiennent les Salmonelles (Tableau XXX).

Considérant le caractère amélioré ou non des points d'eau, seuls trois échantillons issus des points améliorés contiennent les Salmonelles, de plus seuls quatre des sources non améliorées sont contaminées aux Salmonelles (Tableau XXX).

Tableau XXX. Alteration bactériologique (Salmonella) en fonction des sources

Variables	Présence de Salmonella		Absence de Salmonella		Total (%)	Khi-Carré P
	n	%	n	%		
	Type de sources					
Adduction	1	6,7	14	93,3	15 (100)	0,137
Eau de Surface/Rivière	3	30,0	7	70,0	10 (100)	
Forage	2	9,1	20	90,9	22 (100)	
Puits	0	0,0	19	100,0	19 (100)	
Source Aménagée	0	0,0	6	100,0	6 (100)	
Total	5	8,8	52	91,2	57 (100)	
Populations desservies						
Sources pour populations stables	4	5,9	64	94,1	68 (100)	0,003
Sources pour populations déplacées	0	0,0	7	100,0	7 (100)	
Sources pour populations mixtes	3	42,9	4	57,1	7 (100)	
Total	7	8,5	75	91,5	82 (100)	
Etat de sources						
Sources Non Améliorées	3	37,5	5	62,5	8 (100)	0,002
Sources Améliorées	4	5,4	70	94,6	74 (100)	
Total	7	8,5	75	91,5	82 (100)	

Note : Puisque, pour les populations desservies $p = 0,002^{**} < 0,05$, on admette que des sources d'eau destinées uniquement pour populations déplacées sont moins contaminées par la Salmonella par rapport à celles desservent les

populations mixtes. Pour l'état de sources $p = 0,002^{**} < 0,05$, on conclut que la contamination fécale significativement associées aux sources non améliorées. ** = seuil critique à 5%

3.1.1.3. Contraintes anthropogéniques associées à la contamination des eaux de boisson

Les enquêtes ont également permis d'analyser les positions des latrines et des décharges de déchets par rapport aux points d'approvisionnement en eau. Plusieurs types de latrine ont été observés. Autour des points d'eau il a été noté la présence de 55 % de latrines (WC), 21 % de latrines (WV) combinées d'un trou à ordure/placenta, 13 % avec un trou à ordure/placenta et d'une décharge brute, 8 % de latrines (WC) avec une décharge à ordure brute et 3 % de latrines combinées à un trou à ordure/placenta et une laverie à voiture (Figure 15. A).

De même, les acteurs ont utilisé des moyens divers pour faire fonctionner leurs ouvrages d'adduction. A 60 %, la population étudiée installe manuellement les points d'approvisionnement en eau, et 28,24 % utilisent les machines à moteur (Figure 15. B). En outre, l'étude de la position des sources d'eau en fonction des installations sanitaires dépendamment des types de gestionnaires a montré que ces sources disposent des installations sanitaires autour d'elles. Les gestionnaires dont les sources sont les plus proches des installations sanitaires sont les gestionnaires privés et paraétatiques.

Les autres gestionnaires, pour la plupart, ont des sources d'eau bien éloignées des installations sanitaires et des décharges brutes (Tableau XXXI) et (Tableau XXXII).

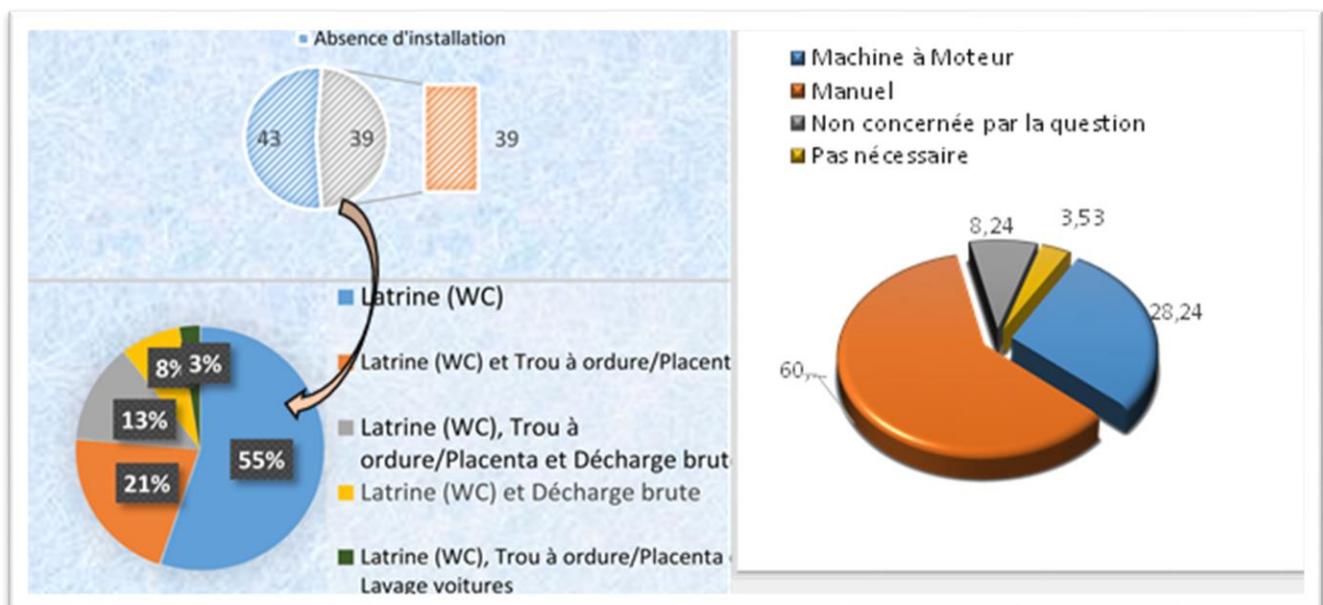


Figure 15. Pollution liée aux installations (A) et des outils de mise en œuvre (B)

Note : proximité avec des installations ± 50 m ; N = 82

Tableau XXXI. Déchets jetés à proximités des ressources d'eau

Types de déchets (N = 85)	Nombre de ressources	Pourcentage
Non concerné par déchets jetés	69	81,2
Déchets d'industries	7	8,2
Déchets de WC	10	11,8
Décharge publique	14	16,5
Déchets de lessive	15	17,6
Déchets ménagers	14	16,5
Déchets agricoles	5	5,9
Déchets d'élevages	7	8,2
Animaux morts	11	12,9

Note : proximités \pm 50 m des ressources

Tableau XXXII. Installations sanitaires à proximités des ressources

Type de gestionnaires	Pas d'installation		Latrine (WC)		Latrine et Trou à ordure Placenta		Latrine et Décharge brute		Latrine, Trou/ordure Placenta/ Décharge brute		Latrine, Trou ordure/ Placenta et Lavage voitures		Total (%)
	N	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Prive	16	55,2	10	34,5	0	6,9	1	3,5	0	0,0	0	0,0	29 (100)
Paraétatique	14	53,9	8	30,8	1	11,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	26 (100)
Communauté	6	60,0	0	0,0	0	10,0	1	10,0	2	20,0	0	0,0	10 (100)
ONG d'urgence	5	62,5	1	12,5	0	0,0	0	0,0	2	25,0	0	0,0	8 (100)
Publique (libre)	2	33,3	0	0,0	0	33,3	1	16,7	0	0,0	1	16,7	6 (100)
Etablissement sanitaire ou d'enseignement	2	40,0	3	60,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5 (100)
Total	45	52,9	22	25,9	1	9,4	3	3,5	5	5,9	1	1,2	85 (100)

Note : proximités \pm 50 m des ressources

3.1.1.3.1. Risques toxique associés aux outils de la mise en œuvre des ouvrages hydrauliques

Les paramètres physico-chimiques ont été évalués et analysés en fonction des outils de mise en œuvre des ouvrages hydrauliques. Il en ressort donc que : concernant la turbidité, les points d'approvisionnement installés grâce aux machines à moteur d'une part, et installés manuellement d'autre part ont des eaux qui sont soit de qualité acceptable, soit non potables. Ces eaux sont plus non potables que de qualité acceptable. S'agissant du pH, 47 % des sources faites avec des machines à moteur et 47,9 % réalisées manuellement ont une qualité optimale ; et pour chacune de ces catégories, respectivement, 52,2 % et 52,1 % des sources sont non potables. Concernant les teneurs en nitrites indépendamment du moyen utilisé pour réaliser des ouvrages, les sources à presque 100 % sont de qualité optimale (Tableau XXXIII). Pour la turbidité, 21,4 % des sources d'eau auprès desquelles n'existe aucune installation sanitaire sont de qualité acceptable et 78,6 % sont non potables. Ensuite, pour les points d'eau auprès desquels on retrouve des latrines, 19 % sont de qualité acceptable et 81 % ont des eaux non potables. En plus, la source d'eau qui se trouve auprès d'une rivière est non potable. Ensuite, 62,5 % des sources d'eau auprès desquelles on retrouve des latrines et des trous à ordures ont des eaux non potables et 37,5 % des eaux de qualité acceptable. De plus, il a été relevé que toutes les sources d'eau aux alentours desquelles se trouvent des latrines et des décharges brutes ; des latrines, des trous à ordures et des décharges brutes ; des latrines, des trous à ordures des décharges brutes et des laveries à voiture, ont des eaux non potables (Tableau XXXIV).

Tableau XXXIII. Outils de mise en œuvre associés aux altérations physicochimiques

Indicateurs	Valeur Optimale		Valeur Acceptable		Valeur Non Potable		Total (%)
	n	%	N	%	n	%	
Turbidité (NTU)							
Valeur de référence	0,4		2		3750		
Machine à Moteur	/	/	5	21,7	18	78,3	23 (100)
Manuel	/	/	11	22,9	37	77,1	48 (100)
Non concernée par la question	/	/	0	0,0	7	100,0	7 (100)
Pas nécessaire	/	/	0	0,0	3	100,0	3 (100)
Total	/	/	16	19,8	65	80,3	81 (100)
pH							
Valeur de référence	>6.5 et <8,5		>8.5 et <= 9		<6.5 et >5,5 et >9 et <9,5		
Machine à Moteur	11	47,8	/	/	12	52,2	23 (100)
Manuel	23	47,9	/	/	25	52,1	48 (100)
Non concernée par la question	6	85,7	/	/	1	14,3	7 (100)
Pas nécessaire	0	0,0	/	/	3	100	3 (100)
Total	40	49,4	/	/	41	50,6	81 (100)
Nitrites (mg/L NO₂)							
Valeur de référence	0,05		0,1		7		
Machine à Moteur	21	91,3	2	8,7	/	/	23 (100)
Manuel	46	95,8	2	4,2	/	/	48 (100)
Non concernée par la question	4	57,1	3	42,9	/	/	7 (100)
Pas nécessaire	3	100	0	0	/	/	3 (100)
Total	74	91,4	7	8,6	/	/	81 (100)

Note : OMO = outils de la mise en œuvre des ouvrages hydrauliques ; / = barre oblique qui indique l'absence des données

Tableau XXXIV. Proximité des installations associée aux altérations physico-chimiques

Indicateurs	Valeur Optimale		Valeur Acceptable		Valeur Non Potable		Total (%)
	n	%	n	%	n	%	
Turbidité (NTU)							
Valeur de référence		0,4		2		3750	
Pas d'installation	/	/	9	21,4	33	78,6	42 (100)
Latrine (WC)	/	/	4	19,1	17	81	21 (100)
Rivière	/	/	0	0	1	100	1 (100)
Latrine (WC) et Trou à ordure/Placenta	/	/	3	37,5	5	62,5	8 (100)
Latrine (WC) et Décharge brute	/	/	0	0,0	3	100	3 (100)
Latrine (WC), Trou à ordure/Placenta et Décharge brute	/	/	0	0,0	5	100	5 (100)
Latrine (WC), Trou à ordure/Placenta et Lavage voitures	/	/	0	0,0	1	100	1 (100)
Total	/	/	16	19,8	65	80,3	81 (100)
pH							
Valeur de référence		>6.5 et <8,5		>8.5 et <= 9		<6.5 et >5,5 et >9 et <9,5	
Pas d'installation	24	57,1	/	/	18	42,9	42 (100)
Latrine (WC)	9	42,9	/	/	12	57,1	21 (100)
Rivière	1	100	/	/	0	0	1 (100)
Latrine (WC) et Trou à ordure/Placenta	4	50	/	/	4	50	8 (100)
Latrine (WC) et Décharge brute	1	33,3	/	/	2	66,7	3 (100)
Latrine (WC), Trou à ordure/Placenta et Décharge brute	0	0	/	/	5	100	5 (100)
Latrine (WC), Trou à ordure/Placenta et Lavage voitures	1	100	/	/	0	0	1 (100)
Total	40	49,4	/	/	41	50,6	81 (100)
Nitrites (mg/L NO2)							
Valeur de référence		0,05		0,1		7	
Pas d'installation	38	90,5	4	9,5	/	/	42 (100)
Latrine (WC)	20	95,2	1	4,8	/	/	21 (100)
Rivière	1	100	0	0,0	/	/	1 (100)
Latrine (WC) et Trou à ordure/Placenta	7	87,5	1	12,5	/	/	8 (100)
Latrine (WC) et Décharge brute	3	100	0	0,0	/	/	3 (100)
Latrine (WC), Trou à ordure/Placenta et Décharge brute	5	100	0	0,0	/	/	5 (100)
Latrine (WC), Trou à ordure/Placenta et Lavage voitures	0	0	1	100,0	/	/	1 (100)
Total	74	91,4	7	8,6	/	/	81 (100)

Notes : proximité = ± 50 m de ressources ; / = barre oblique qui indique l'absence des données

3.1.1.3.2. Risques de l'altération bactériologique associés aux outils de la mise en œuvre des ouvrages hydrauliques

Les analyses de laboratoire ont été effectuées et les résultats regroupés en eau de qualité optimale, eau de qualité acceptable et eau non potable. Ainsi, pour les sources d'eau autour desquelles n'existent aucune installation sanitaire 60,5 % des sources d'eau sont de qualité optimale, 11,6 % sont de qualité acceptable et 27,9 % sont non potable. Les sources d'eau dont les latrines sont proches, 66,7 % sont de qualité optimale, 14,3 % sont de qualité acceptable et 19 % sont des eaux non potables. Une source a été enregistrée près d'une rivière et elle est de qualité optimale. En plus, des sources d'eau à proximité des latrines, des trous à ordures, 37,5 % sont de qualité optimale, 12,5 % de qualité acceptable et 50 % sont non potables. Les points d'eau situés à proximité des latrines et des décharges brutes à 66,7 % sont de qualité optimale et à 33,3 % de qualité acceptable. De plus, les points d'eau situés auprès des latrines, des trous à ordures et des décharges brutes sont à 40 % de qualité optimale et à 60 % de mauvaises qualités ou encore non potables.

Le point d'eau relevé à proximité des latrines, des trous à ordures, et des laveries à voiture est non potable. Comparativement aux résultats obtenus concernant les Coliformes totaux, tous les points d'eau auprès desquels n'existent aucune installation sanitaire présentent à 81,4 % un risque faible de contamination à *Escherichia coli*, à 4,7% un risque intermédiaire, et à 7 % respectivement pour des risques élevé et très élevé.

Les points d'approvisionnement à proximité des latrines présentent un risque faible de contamination à 85,7 %, en outre respectivement 4,8 % de ces points d'eau présentent un risque intermédiaire, élevé et très élevé. L'unique source d'eau relevée auprès d'une rivière ne présente aucune contamination. Par contre, les points d'approvisionnement autour desquels se trouvent des latrines et des trous à ordures ont à 75 % un risque faible de contamination et 12,5 % de ces points d'eau présentent des risques élevé et très élevé. En plus 66,7 % des sources d'eau autour desquels on retrouve des latrines et des décharges brutes présentent un risque faible de contamination, et à 33,3 % un risque intermédiaire.

Les points d'approvisionnement en eau autour desquels on retrouve des latrines, des trous à ordures et des décharges brutes, à 40 % présentent respectivement un risque faible et un risque intermédiaire de contamination à *Escherichia coli*. Et une source dans cette catégorie présente un risque très élevé de contamination. Enfin, il a été relevé une source d'eau auprès de laquelle on retrouve des latrines, des trous à ordures, des décharges brutes et une laverie à voiture. Cette source présente un risque très élevé de contamination (Tableau XXXV).

Par ailleurs, en fonction des outils de mise en œuvre utilisés, des résultats différents ont été obtenus quant à la contamination à *Escherichia coli*. Ainsi, des points d'approvisionnement en eau installés par des machines à moteur, 87 % de ces points présentent un risque faible de contamination. Ensuite, on a enregistré 4,3 % pour les autres catégories de risque. S'agissant des points d'eau installés manuellement, 85,7 % ont un risque faible de contamination, un point d'eau a un risque intermédiaire et respectivement trois points d'eau ont des risques élevé et très élevé de contamination à *Escherichia coli* (Tableau XXXV).

S'agissant des Salmonelles, globalement on remarque une faible présence des Salmonelles dans les échantillons d'eau prélevés, en dépit de la proximité des installations sanitaires. Ainsi, pour les points d'eau auprès desquels n'existent pas d'installations sanitaires, 4,2 % sont contaminées par les Salmonelles. De plus, des Salmonelles ont été mises en évidence dans une source d'eau autour de laquelle on retrouve des latrines. Concernant les points d'eau situés à proximité de latrines et de trous à ordures ou d'une laverie à voiture, la présence de Salmonelles a été mise en évidence dans un seul point d'eau.. Par ailleurs, concernant les points d'eau entourés de latrines et de décharges brutes, on a relevé une absence de Salmonelles à 100 %. Enfin, pour les sources d'eau entourées de latrines, de trous à ordures et de décharges brutes, on a relevé une absence de Salmonelles dans 60 % de ces sources (Tableau XXXVI). Cette évaluation faite en rapport aux moyens de mise en œuvre des ouvrages hydriques permet de faire des analyses différentes. Toutefois, il se dégage des conclusions presque similaires, à savoir que, globalement et indépendamment des moyens utilisés, on note une faible présence des Salmonelles dans les eaux analysées.

En effet, parmi les points d'eau réalisés à l'aide d'une machine à moteur et réalisés manuellement, on a relevé la présence des Salmonelles respectivement dans deux points d'eau de chacune de ces catégories (Tableau XXXVI). Cette évaluation, réalisée en fonction de la mise en œuvre des ouvrages hydrauliques, permet d'effectuer des analyses différentes. Toutefois, les conclusions tirées sont presque similaires : globalement et en fonction des moyens utilisés, on note une faible présence de Salmonelles dans les eaux analysées. En effet, parmi les points d'eau réalisés à l'aide d'une machine à moteur et réalisés manuellement, on a relevé la présence de Salmonelles dans deux points d'eau de chacune de ces catégories.

Tableau XXXV. Installations et OMO associés aux Risques sanitaires (dû à *E. coli*)

Niveau de risque	Faible		Intermédiaire		Elevé		Très élevé		Total (%)
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Valeur référence (UFC/100mL)	0		1 à 10		11 à 100		101 à 1000		
Type d'installations									
Pas d'installation	35	81,4	2	4,7	3	7,0	3	7,0	43 (100)
Latrine (WC)	18	85,7	1	4,8	1	4,8	1	4,8	21 (100)
Latrine (WC), Trou à ordure/autre1	6	75,0	0	0,0	1	12,5	1	12,5	8 (100)
Latrine (WC) et Décharge brute	2	66,7	1	33,3	0	0,0	0	0,0	3 (100)
Latrine (WC), Trou à ordure/autre2	2	40,0	0	0,0	2	40,0	1	20,0	5 (100)
Latrine (WC), Trou à ordure/autre3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0	1 (100)
Total	64	78,0	4	4,9	7	8,5	7	8,5	82 (100)
Outils de mis en œuvre									
Machine à Moteur	20	87,0	1	4,3	1	4,3	1	4,3	23 (100)
Manuel	42	85,7	1	2,0	3	6,1	3	6,1	49 (100)
Non concernée par la question	0	0,0	2	28,6	2	28,6	3	42,9	7 (100)
Pas nécessaire	2	66,7	0	0,0	1	33,3	0	0,0	3 (100)
Total	64	78,0	4	4,9	7	8,5	7	8,5	82 (100)

Note : OMO = outils de mise en œuvre des ouvrages hydrauliques ; autres = trou en Placenta1, Décharge brute2, Lavage voiture3

Tableau XXXVI. Installations et OMO associés à la contamination par *Salmonella*

Variables	Présence de <i>Salmonella</i>		Absence de <i>Salmonella</i>		Total (%)	Chi-Carré p
	n	%	n	%		
Type d'installations						
Pas d'installation	2	4,7	41	95,3	43 (100)	0,005
Latrine (WC)	1	4,8	20	95,2	21 (100)	
Rivière	0	0,0	1	100,0	1 (100)	
Latrine (WC), Trou à ordure/autre1	1	12,5	7	87,5	8 (100)	
Latrine (WC) et Décharge brute	0	0,0	3	100,0	3 (100)	
Latrine (WC), Trou à ordure/autre2	2	40,0	3	60,0	5 (100)	
Latrine (WC), Trou à ordure/autre3	1	100,0	0	0,0	1 (100)	
Total	7	8,5	75	91,5	82 (100)	
Outils utilisés						
Machine à Moteur	2	8,7	21	91,3	23 (100)	0,007
Manuel	2	4,1	47	95,9	49 (100)	
Non concernée par la question	3	42,9	4	57,1	7 (100)	
Pas nécessaire	0	0,0	3	100,0	3 (100)	
Total	7	8,5	75	91,5	82 (100)	

Note : Puisque pour les installations sanitaires, $p = 0,005^{**} < 0,05$, on peut conclure que la proximité simultanée des Latrine (WC), Trou à ordure/ Placenta et Lavage voitures est associée significativement à la contamination par les *Salmonella*. Proximité = ± 50 m ;

** = seuil de certitude à 95%. Pour les outils de mise en œuvre des ouvrages hydrauliques $p = 0,007^{**} < 0,05$, on peut admettre que la négligence des ouvrages hydrauliques est significativement associée à la contamination fécale des ressources en eau.

Autres= trou en Placenta1, Décharge brute2, Lavage voiture3

3.1.2. Modes d'approvisionnements, perceptions liées à l'accès, la qualité et aux traitements des eaux de boisson

La Régie de distribution d'eau (Regideso) est le système d'adduction le plus ancien et le grand qui dessert l'eau de boisson à $\frac{3}{4}$ des quartiers au Sud-Est de Bunia (107). Le réseau CIDRI (Centre d'Initiation au Développement Rural en Ituri) est le deuxième système d'adduction plus grand qui alimente la partie Nord-Ouest de la ville, dont les anciens robinets points (de 1984) sont librement accessibles (135). On a observé que les adductions des années 2020 et 2023, les robinets des bornes fontaines sont gérés à partir des kiosques.

Avant les années 2005, les sources aménagées constituaient le premier choix de l'eau destinée à la consommation humaine, à cause de la clarté de l'eau et la majorité d'entre elles se situaient au-delà de 100 mètres des habitations. L'urbanisation anarchique à Bunia, fait qu'elles soient à proximité avec les installations sanitaires domestiques et publiques. Mais la population continue à les fréquenter pour prélever l'eau de boisson. Ces sources souterraines produisent l'eau qui coule de façon continue et sont munies de robinet pour faciliter l'approvisionnement.

Depuis les années 2010, pour plus de 40 % des habitants de Bunia, les forages et les puits sont devenus des sources d'approvisionnement en eau de boisson, ce qui témoigne de l'augmentation démographique à Bunia. La mise en œuvre de ces ouvrages hydrauliques constitue une alternative pour satisfaire les besoins de la population en eau. Malgré la proximité avec les installations sanitaires dans les parcelles, l'absence de contrôle de la qualité et de traitement ; la population utilise l'eau de ces sources souterraines pour la boisson.

3.1.2.1. Modes d'approvisionnement et gestion de l'eau

Les ménages enquêtés sont en majorité issus de trois communes. Notamment les communes de Nyakasanza, de Mbunya et de Shari. En effet 48,8 % provenaient de la commune de Nyakasanza, 26,9 % de la commune de Mbunya, et 22,1 % de la commune de Shari (Tableau XXXVII). Pour s'approvisionner en eau, les populations ont recours à plusieurs modes d'approvisionnement. La hiérarchie de l'utilisation plus fréquente des sources d'eau de boisson est de 41,3% des recours aux forages, 39,8% des approvisionnement à la Regideso, 8,4% des recours aux sources aménagées et 6,3% des recours aux puits aménagés (Tableau XXXVIII).

De l'échantillon enquêté, une grande diversification des profils des chefs de ménages a été relevée. En effet, selon le sexe des chefs de ménages, 72,4 % ont été des hommes et 25,8 % des femmes.

On a enregistré des chefs de famille ayant moins de 20 ans et plus 65 ans également, néanmoins les tranches d'âge les plus présentes dans notre échantillon sont celles des 30 à 35

ans et des 35 à 40 ans. S'agissant du niveau d'étude, 7,6 % de notre échantillon seulement n'ont aucun niveau, 44,9 % ont un niveau secondaire et 31,9 % un niveau supérieur. Les professions qui caractérisent plus, notre échantillon sont celles des commerçants soit 26 % et de fonctionnaire soit 26,5 % (Tableau XXXIX).

Tableau XXXVII. Localisation des ménages enquêtés

Commune (N = 1229)	Nombre des ménages	Fréquence (%)
Nyakasanza	600	48,8
Mbunya	330	26,9
Shari	272	22,1
Commune non précisée	27	2,2

Tableau XXXVIII. Modes d'approvisionnement en eau de boisson

Modes d'approvisionnement (N = 1229)	Nombre des ménages	Fréquence (%)
Forages	508	41,3
Regideso	489	39,8
Sources aménagées	103	8,4
Puits aménagés	78	6,3
Rivières/rouissons	16	1,3
Autres	15	1,2
Pluies	12	1,0
Sources non précisées	8	0,7

Tableau XXXIX. Statuts des chefs de ménages enquêtés

Statuts de chefs de famille (N = 1229)	Nombre de chefs de famille	Fréquence (%)
Age (ans)		
[15 à 19]	14	1,1
[20 à 24]	61	5,0
[25 à 29]	161	13,1
[30 à 34]	183	14,9
[35 à 39]	177	14,4
[40 à 44]	114	9,3
[45 à 49]	144	11,7
[50 à 54]	98	8,0
[55 à 59]	69	5,6
[60 à 64]	64	5,2
[65 et plus]	84	6,8
Âge non précis	60	4,9
Sexe		
Masculin	890	72,4
Féminin	317	25,8
Sans précision	22	1,8
Niveau d'étude		
Sans niveau	94	7,6
Primaire	156	12,7
Secondaire	552	44,9
Supérieur	392	31,9
Niveau d'études non précis	35	2,8
Occupation principale		
Fonctionnaire	326	26,5
Commerçant	319	26,0
Agriculteur	157	12,8
Chauffeur	115	9,4
Technicien	104	8,5
Artisan	47	3,8
Autres*	142	11,6
Occupation principale non précise	19	1,5

Autres* = Domestique, sentinelle, Journalier, Tous travaux

3.1.2.2. Collecte de l'eau de boisson dans les ménages

Les résultats obtenus des enquêtes montrent que le genre masculin est moins impliqué pour l'approvisionnement en eau que le genre féminin. En effet, fort a été de relever que, les garçons ne représentent que 12 %, et les hommes ne sont pas concernés par cette tâche. En revanche, l'étude a relevé plusieurs groupes constitués de filles, notamment le groupe de filles et mamans qui font 12 %, de filles et garçons qui font 21 %, d'enfants filles 20 % et de maman 18 %.

Cependant lorsque ce ne sont pas les filles et ou leurs mamans qui sont chargées de la corvée de l'eau, ce sont les domestiques 12 % et d'autres membres de la famille 5 % (Figure 16 A). Cette question de la collecte de l'eau a été également analysée en fonction du sexe du chef de ménage (Figure 16 B). Ainsi, dans les ménages où ce sont les femmes qui sont chefs, on note presque un équilibre, une rotation des personnes en charge de la collecte d'eau. Cependant, ce sont les filles qui sont le plus impliquées dans la collecte d'eau. Dans les familles ayant pour chef un homme, les groupes les plus impliqués dans la collecte sont en premier lieu les filles et garçons, puis les mamans et enfin les enfants filles. Les hommes ne sont pas concernés par cette activité.

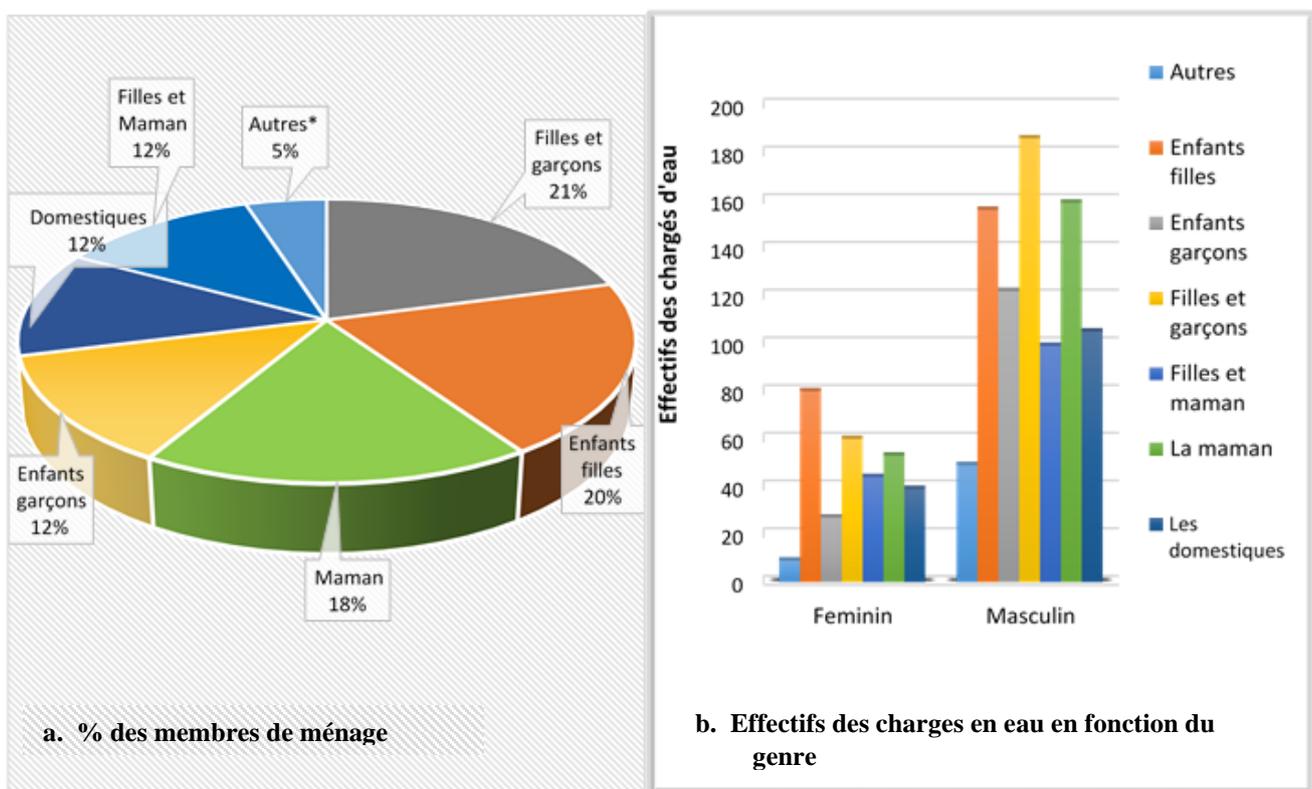


Figure 16. Collecte de l'eau selon la composition des membres de ménage (A). Et selon le sexe du chef de ménage (B).

3.1.2.3. Accessibilité à l'eau de boisson

L'accessibilité géographique a été analysée en fonction de la distance parcourue et du temps mis pour parvenir à un point d'approvisionnement. Ainsi, seule une part très faible de notre échantillon parcourt plus de 1000 m pour parvenir à un point d'eau, tandis que 94,1 % parcourent moins de 500 m. Traitant du temps mis, fort est de constater que seulement 13,7 % de la population font plus de 30 mn pour parvenir à un point d'eau, et 18,5 % moins de 5 mn. Cependant, 24,6 % font entre 5 et 10 m (Tableau XL). Par ailleurs, les résultats ont montré que 95,9 % de la population parcourent moins de 500 m et 4,1 % plus de 500 m. En outre 75 % mettent moins de 20 mn et 25 % plus de 20 mn pour parvenir à un point d'approvisionnement en eau de boisson (Tableau XLI). Les revenus des ménages ont été évalués en Franc Fiscal (FF), 1FF étant l'équivalent d'un dollar américain. Ainsi 60,5 % de notre échantillon disposent d'un revenu mensuel supérieur à 43FF, 35,6 % d'un revenu mensuel inférieur à 43 FF (Tableau XLII).

Tableau XL. Fréquence de la distance parcourue et du temps mis pour avoir accès à l'eau en fonction du nombre de ménage

Accessibilité à l'eau de boisson	Nombre des ménages	Fréquence (%)
Distance pour accéder à l'eau à domicile en mètre (N = 1206)		
Moins de 500	1157	95,9
500 à 699	28	2,3
700 à 1000	13	1,1
Plus de 1000	8	0,7
Temps d'accès à l'eau à domicile en minutes (N = 1186)		
Moins de 5	220	18,5
5 à 9	302	25,5
10 à 14	245	20,7
15 à 19	123	10,4
20 à 24	95	8,0
25 à 29	33	2,8
30 et plus	168	14,2

Tableau XLI. Indicateurs d'accessibilité à l'eau de boisson

Indicateurs	Nombre des ménages	Fréquence (%)
Accessibilité géographique (n = 1206)		
Accessible (distance < 500 mètres)	1157	95,9
Peu accessible (distance ≥ 500 mètres)	49	4,1
Accessibilité temporaire (n = 1186)		
Peu accessible (temps < 20 minutes)	890	75,0
Peu accessible (temps ≥ 20 minutes)	296	25,0

Tableau XLII. Revenus moyens mensuels des chefs de ménages

Revenus (en FF*) (N = 1229)	Nombre des ménages	Fréquence (%)
≤ 43 FF	437	35,6
> 43 FF	743	60,4
Revenus non précis	49	4,0

Note : 1 FF*(Franc Fiscal) = 1 \$ USD (dollar américain)

3.1.2.4. Perceptions relatives à la qualité d'eau de boisson

L'étude montre que 52,1 % de la population pense que les points d'approvisionnement sont propres et que 8,3 % pensent le contraire. Par ailleurs 42,3 % des enquêtés affirment que l'eau qu'ils consomment présente un bon goût, 31,1 % que ce goût est acceptable et 8,1 % pensent que l'eau consommée a un mauvais goût. En ce qui concerne la clarté, 42,6 % pensent consommer une eau claire tandis que, 13,2 % pensent que cette eau n'est pas claire (Tableau XLIII).

Tableau XLIII. Perceptions des eaux de boisson

Appréciations (N =1229)	Nombre des ménages	Fréquence (%)
Assainissement de sources		
Propre	640	52,1
Rien à signaler	237	19,3
Mérite être entretenu	180	14,6
Non propre	102	8,3
Assainissement non apprécié	40	3,3
Autres	30	2,4
Goût de l'eau		
Bon goût	520	42,3
Goût acceptable	382	31,1
Je ne sais pas	146	11,9
Mauvais goût	100	8,1
Goût non précis	81	6,6
Clarté de l'eau		
Très claire	523	42,6
Clarté acceptable	464	37,8
Pas claire	162	13,2
Autres	62	5,0

3.1.2.5. Facteurs associés à l'accessibilité spatio-temporelle de l'eau de boisson

L'accessibilité en termes de temps et de distance a également été évaluée en fonction des communes de résidences des enquêtés. En effet, il a été constaté de manière générale que dans chacune de ces communes la grande majorité de la population parcourt moins de 500 m pour accéder à l'eau potable, et fait moins de 20 mn pour y parvenir. De façon spécifique, 93,4 % de la population de Nyakasanza parcourent moins de 500 m et 73,9 % font moins de 20 mn pour accéder à un point d'eau. A Mbunya en revanche, 97,5 % parcourent moins de 500 m et 81,4 % font moins de 20 mn pour avoir accès à l'eau potable. Enfin à Shari, 99,3 % parcourent moins de 500 m, et 69,1 % font moins de 20 mn pour parvenir à une source d'eau potable (Tableau XLIV).

En outre on a relevé qu'indépendamment du niveau de revenu, les populations en grande majorité font moins de 20 mn en parcourant moins de 500 m pour parvenir à un point d'approvisionnement en eau potable (Tableau XLV). Toutefois, le graphique montre que la variation du temps d'accéder à l'eau de boisson est proportionnelle au revenu. La tendance est

que les personnes dont le revenu mensuel est inférieur à la moyenne perdent plus de temps pour chercher de l'eau de boisson que celles dont le revenu est supérieur à la moyenne (Figure 17).

Il est également à noter que cet accès ne dépend pas des différents éléments caractéristiques constituant le profil des populations enquêtées. En effet, on constate qu'indépendamment du sexe, de la profession, et du niveau d'étude les populations accèdent à l'eau potable en parcourant moins de 500 m et en mettant moins de 20 mn pour y parvenir (Tableau XLVI).

Tableau XLIV. Accessibilité de l'eau de boisson selon les communes

Communes	Accessibilité géographique					Accessibilité temporelle				
	Accessible		Peu accessible		Total (%)	Accessible		Peu accessible		Total (%)
	<500 m		≥500 m			< 20 minutes		≥ 20 minutes		
	N	%	n	%	n	%	n	%		
Nyakasanza	548	93,4	39	6,6	587 (100)	424	73,9	150	26,1	574 (100)
Mbunya	316	97,5	8	2,5	324 (100)	259	81,4	59	18,6	318 (100)
Shari	267	99,3	2	0,7	269 (100)	186	69,1	83	30,9	269 (100)
Total	1131	95,8	49	4,2	1180 (100)	869	74,8	292	25,2	1161(100)

Tableau XLV. Accessibilité à l'eau selon le revenu

Revenu en FF	Accessibilité géographique (N = 1161)					Accessibilité temporelle (N = 1142)				
	Accessible		Peu accessible		Total (%)	Accessible		Peu accessible		Total (%)
	< 500 m		≥ 500 m			<20 minutes		≥ 20 minutes		
N	%	n	%	Total (%)	n	%	n	%	Total (%)	
Bas (≤ 43)	409	95,8	18	4,2	427 (100)	295	70,6	123	29,4	418 (100)
Elevé (>43)	703	95,8	31	4,2	734 (100)	562	77,6	162	22,4	724 (100)
Total	1112	95,8	49	8,4	1161 (100)	857	75	285	51,8	1142 (100)

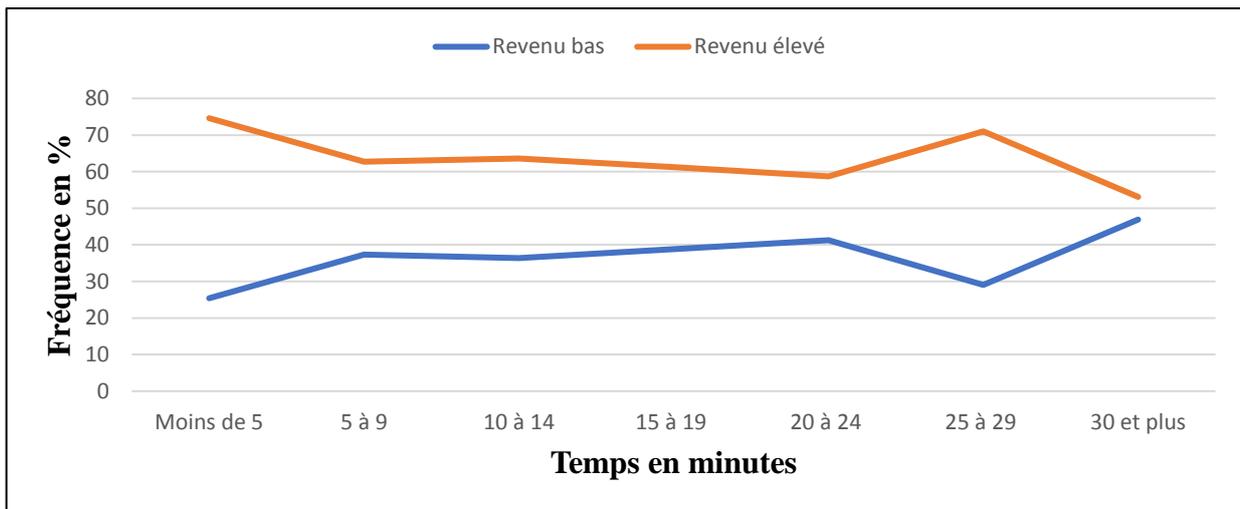


Figure 17. Fréquences en (%) d'accès à l'eau en fonction du temps

Tableau XLVI. Accessibilité spatio-temporelle selon le statut des chefs de ménages

Variables	Accessibilité géographique					Accessibilité temporelle				
	Accessible < 500 m		Peu accessible ≥ 500 m		Total (%)	Accessible ≥ 20 minutes		Peu accessible ≥ 20 minutes		Total (%)
	n	%	n	%		n	%	n	%	
Sexe (N = 1186)						(N = 1166)				
Masculin	836	95,3	41	4,7	877 (100)	648	75	216	25	864 (100)
Féminin	301	97,4	8	2,6	309 (100)	228	75,5	74	24,5	302 (100)
Total	1137	95,9	49	4,1	1186 (100)	876	75,1	290	24,9	1166 (100)
Niveau d'étude (N = 1174)						(N = 1154)				
Sans niveau	88	96,7	3	3,3	91(100)	66	74,2	23	25,8	89 (100)
Primaire	144	94,1	9	5,9	153 (100)	114	76	36	24	150 (100)
Secondaire	526	96,2	21	3,8	547 (100)	411	76,1	129	23,9	540 (100)
Supérieur	370	96,6	13	3,4	383 (100)	270	72	105	28	375 (100)
Total	1128	96,1	46	3,9	1174 (100)	861	74,6	293	25,4	1154 (100)
Occupation principale (N = 1051)						(N = 1034)				
Fonctionnaire	303	94,4	18	5,6	321 (100)	232	72,7	87	27,3	319 (100)
Commerçant	306	97,1	9	2,9	315 (100)	247	79,9	62	20,1	309 (100)
Agriculteur	147	96,1	6	3,9	153 (100)	101	68,7	46	31,3	147 (100)
Chauffeur	110	97,3	3	2,7	113 (100)	85	77,3	25	22,7	110 (100)
Technicien	99	97,1	3	2,9	102 (100)	67	65,7	35	34,3	102 (100)
Artisan	44	93,6	3	6,4	47 (100)	38	80,9	9	19,1	47 (100)
Total	1009	96,0	42	4,0	1051 (100)	770	73,3	264	25,1	1034(100)

3.1.2.6. Perceptions des ménages relatives à la gestion de l'eau de boisson

L'étude montre qu'une partie de la population enquêtée soit 22,7 % pense qu'il n'est pas nécessaire de traiter l'eau à domicile. Une autre proportion de 15,2 % ne dispose pas de connaissance suffisante pour faire un traitement à domicile. Cependant, 21,1 % et 31,4 % d'entre eux, respectivement, traitent leur eau de boisson en la faisant bouillir et utilisent des produits (Tableau XLVII).

Plusieurs propositions visant à améliorer la qualité de l'eau de boisson ont été relevés auprès des chefs de ménage. Les chefs de ménage de manière générale pensent que les points d'approvisionnement en eau potable devraient bénéficier des services de gestion, d'entretien et d'assainissement quel que soit le type de gestionnaire. Ils recommandent aussi une sensibilisation de la population et une implication du gouvernement dans la création, l'aménagement et l'entretien de nouveaux points d'eau potable. Ces propositions considérées par rapport au niveau de revenu des chefs de ménage permettent d'avoir une lecture dichotomique de la situation. En effet, de manière globale on constate que la proportion des chefs de ménage ayant des revenus supérieurs à 43 FF est la plus forte dans la quasi-totalité des propositions faites. Cela laisse penser que les propositions ont été émises selon le niveau de vie propre à chacun des chefs de ménage (Tableau XLVIII). En outre, s'agissant du temps mis en fonction du niveau de revenu, on remarque que la proportion de ceux ayant les revenus les plus élevés est la plus forte, indépendamment du temps mis pour s'approvisionner en eau. Cet état des choses peut s'expliquer par le fait que ceux qui disposent de revenus élevés ont la capacité de s'approvisionner facilement en eau potable, nonobstant la distance qui les sépare des différents points d'approvisionnement (Tableau XLVIII).

Tableau XLVII. Intention des ménages sur le traitement de l'eau de boisson

Intention de traiter l'eau à domicile (N = 1196)	Nombre de ménage (n)	Fréquence (%)
Pas nécessaire	272	22,7
Pas de connaissance	182	15,2
Ebullition	252	21,1
Produits chimiques	375	31,4
Filtres	86	7,2
Autres	29	2,4

Tableau XLVIII. Perceptions relatives à la gestion de l'eau selon les revenus des ménages

Mode de gestion	Revenu ≤ 43 \$		Revenu > 43 \$		Total (%)	Khi Carré p
	n	%	n	%		
Entretien, assainissement de l'eau et sensibilisation de la population sur l'hygiène de l'environnement	251	39,8	379	60,2	630 (100)	
Bonne gestion de la REGIDESO	5	4,1	2	1,7	121 (100)	
Création et entretien des points d'eau (Forage, puits)	43	36,4	75	63,6	118 (100)	
Implication du Gouvernement	15	19,7	61	80,3	76 (100)	
Entretien, assainissement de l'eau, Bonne gestion de la REGIDESO et Travaux communautaire	5	25,0	15	75,0	20 (100)	0,016
Aménagement et entretien des sources d'eau	4	33,3	8	66,7	12 (100)	
Entretien, assainissement de l'eau et Travaux communautaire	4	57,1	3	42,9	7 (100)	
Assainissement de l'eau et Cogestion des services publics d'alimentation en eau	0	0	1	100	1 (100)	

Note : Puisque $p = 0,016^{**} < 0,05$, on admet qu'il y a une association significative entre le choix de mode de gestion des ressources en eau et les revenus des ménages ; ** = seuil de certitude à 95 %

3.1.3. Variations des qualités physico-chimiques et bactériologiques des eaux de boisson

3.1.3.1. Géolocalisation de la pollution due à la turbidité

La spatialisation de la turbidité permet d'avoir une vue globale de la mauvaise qualité des eaux de boisson consommées. En effet, sur la carte il est visible que seuls quelques points d'approvisionnement sont de qualité acceptable, et que ces points se trouvent au centre et à l'est de la ville. Cependant, aucune source d'eau prélevée au Nord-Ouest de Bunia n'est potable d'après l'indicateur turbidité. Le constat général qui se dégage est que les eaux sont plus troubles dans le Nord et l'Ouest, comparé au Centre et à l'Est (Figure 18).

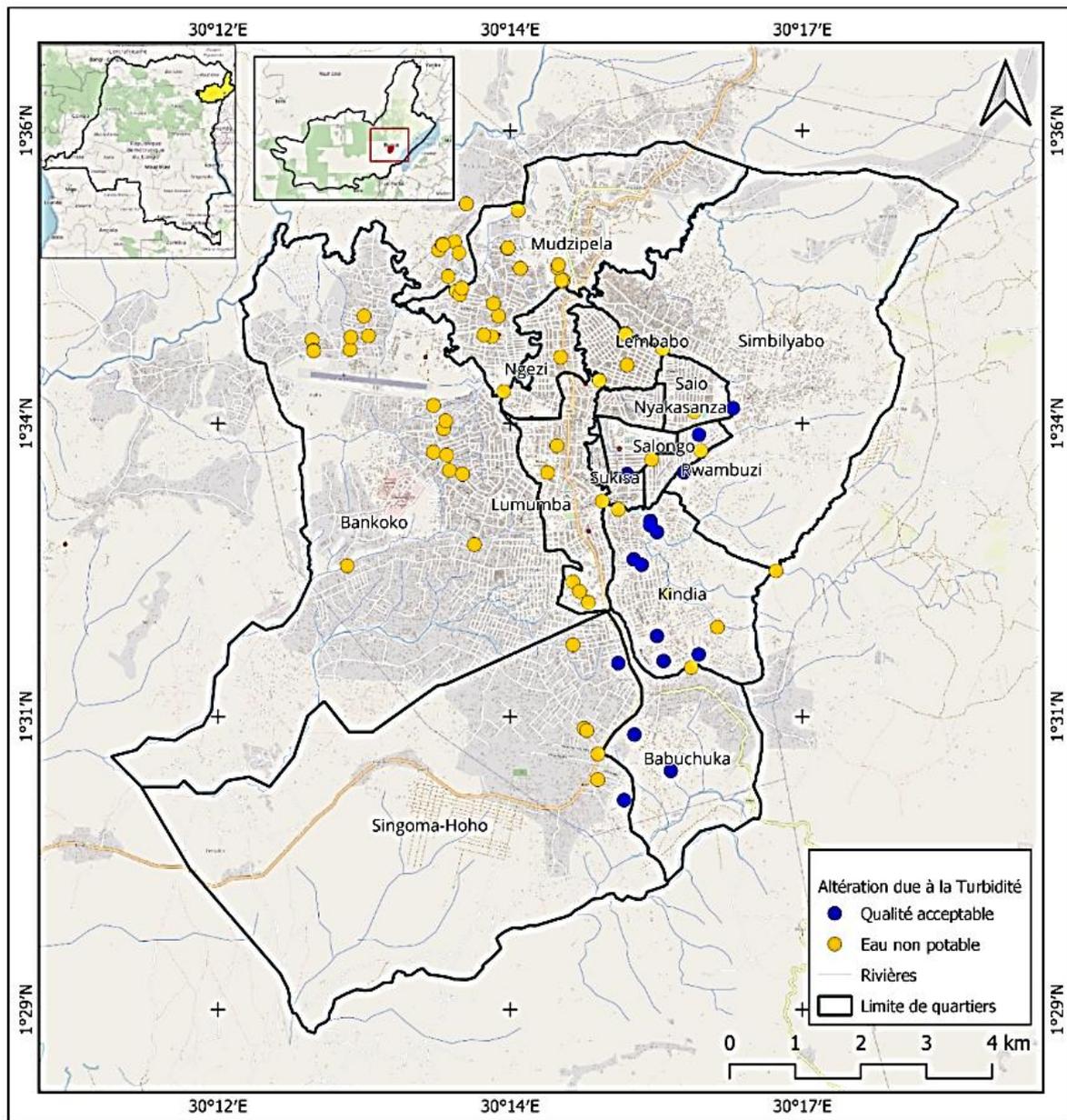


Figure 18. Carte de localisation des points de prélèvement pollués ou non par les salmonelles
 Source : Laboratoire d'Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l'Université Catholique de Graben (UCG)

3.1.3.2. Géolocalisation des indicateurs de pollution fécale

Dans cette partie du travail, l'*Escherichia coli* et la *Salmonella* représentent les micro-organismes considérées comme indicateurs du danger lié à la pollution fécale de l'eau (136). Elles sont considérées comme témoin de contamination fécale et de présence de virus entériques pathogènes dans les eaux (137). L'analyse de la contamination due à l'*Escherichia coli* s'est faite sous le prisme du risque (risque faible, risque intermédiaire, risque élevé et risque très élevé). Globalement, la carte montre que la plupart des sources présentent un risque sanitaire faible dans la ville. Ensuite, de manière sporadique on y dénombre aussi quelques points

d’approvisionnement représentant un risque sanitaire intermédiaire, élevé et très élevé (Figure 19). L’évaluation de la qualité microbiologique, de l’eau des robinets et des sources naturelles, présente les *Salmonella enterica*, *Salmonella typhi* et *Salmonella par-typhi* parmi les principales bactéries indicatrices de la pollution fécale (138). Dans la ville de Bunia seules cinq sources d’approvisionnement en eau de boisson sont contaminées aux Salmonelles (Figure 20).

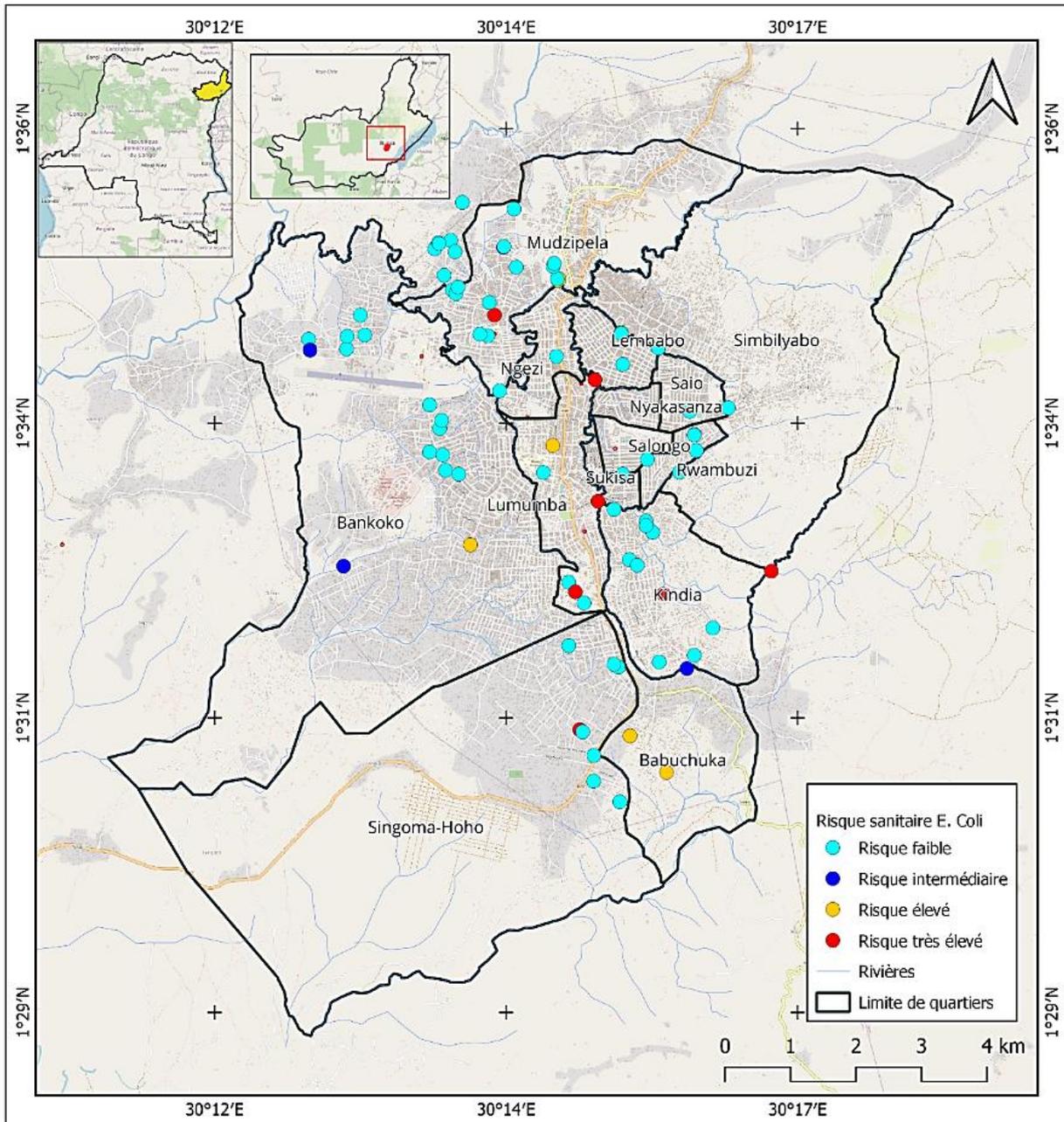


Figure 19. Pollution due à l’*Escherichia coli*

Source : Laboratoire d’Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l’Université Catholique de Graben (UCG)

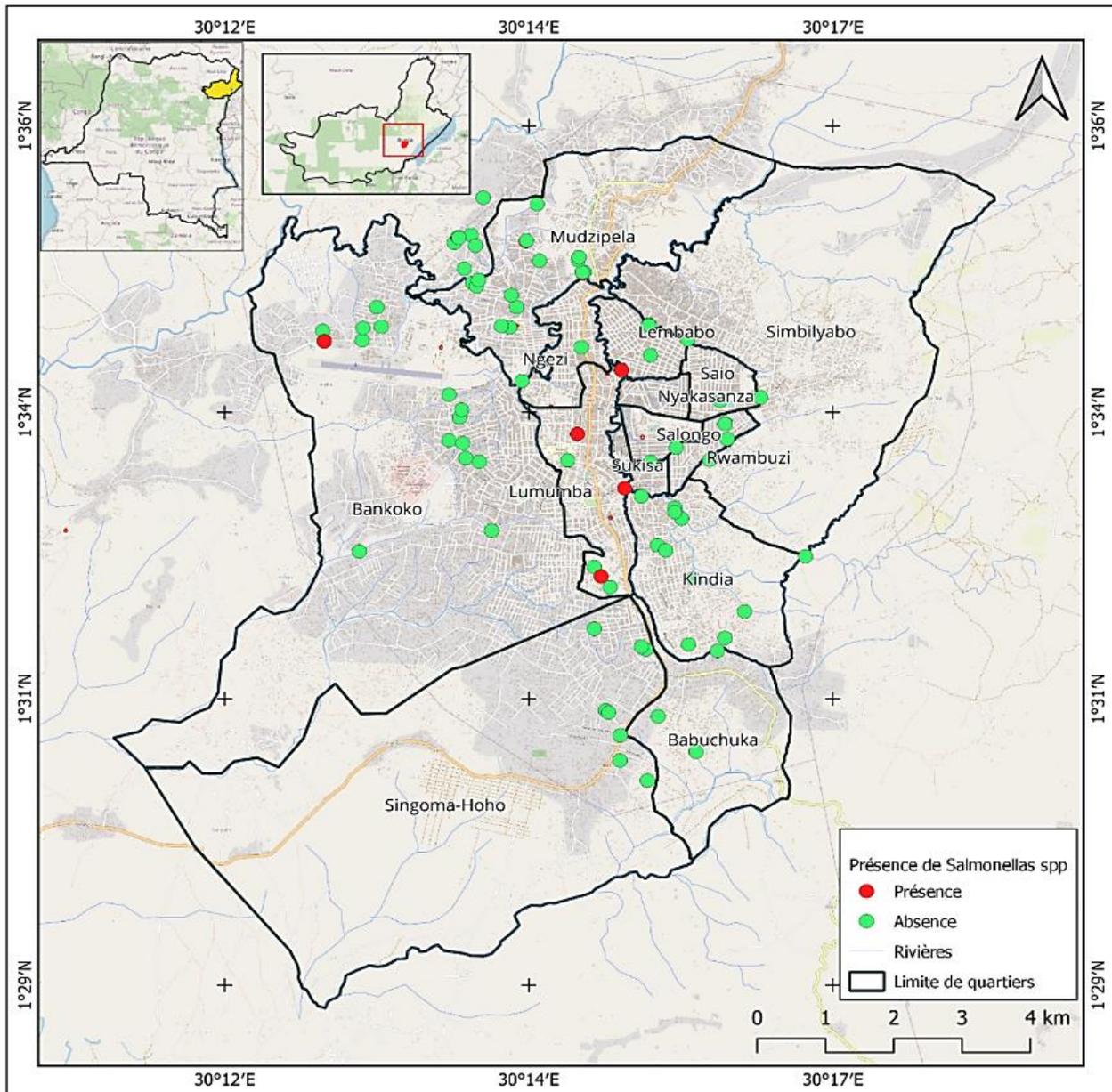


Figure 20. Pollution due aux Salmonelles

Source : Laboratoire d'Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l'Université Catholique de Graben (UCG)

3.1.3.3. Indicateurs d'altération physicochimique

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques ont concerné la turbidité, le pH, les nitrites et les nitrates. De façon globale, les valeurs minimales et maximales, les médianes, les moyennes et les écart-types des paramètres ont été mis en relief. Il en résulte que : concernant la turbidité la valeur minimale obtenue a été 0,5 NTU et la valeur maximale 64,4 NTU, avec 6,3 NTU comme médiane et 8,9 NTU comme moyenne. Ceci sans oublier que la valeur acceptable est de 0,4 NTU pour une eau de boisson potable. Pour le pH, la valeur

acceptable est comprise entre 6,5 et 8,5. Le pH minimum obtenue a été 5,6 et le maximum 7,5. La médiane des valeurs obtenues 6,5, une moyenne de 6,6 et un écart type de 0,4. S'agissant des nitrites (NO₂ les valeurs normales pour une eau potable sont comprises entre 0 et 0,09 mg/L. la valeur minimale obtenue a été de 0,001 mg/L, la valeur maximale 0,350 mg/L, la médiane a été égale à 0,006 mg/L, la moyenne à 0,027 mg/L et l'écart type égale à 0,049 mg/L. Enfin, les Nitrates (NO₃, ont une valeur normale inférieure à 26 mg/L. La valeur minimale obtenue a été de 0,02 mg/L, la valeur maximale de 4,72 mg/L, la médiane égale à 0,15 mg/L, la moyenne à 0,63 mg/L et l'écart type égale à 1,12 mg/L (Tableau XLIX).

Tableau XLIX. Variation des paramètres physico-chimiques

Valeurs	(N = 81)	Turbidité	pH	Nitrites (NO ₂)	Nitrates (NO ₃)
Unité de mesure		NTU	–	mg/L	mg/L
Minimum		0,5	5,6	0,001	0,02
Maximum		64,4	7,5	0,350	4,72
Médiane		6,3	6,5	0,006	0,15
Moyenne		8,9	6,6	0,027	0,63
Ecart type		11,0	0,4	0,049	1,12
Valeurs normales/ acceptables		0,4	6,5 à 8,5	0 à 0,09	< 26

De manière spécifique, selon la turbidité, aucune des sources d'eau échantillonnées n'est de qualité optimale. Cependant, 19,8 % sont de qualité acceptable et 80,3 % sont non potables. Par rapport au pH, 49,4 % des sources sont de qualité optimale, l'autre proportion concerne les sources dont les eaux sont non potables. En rapport aux nitrites (NO₂, 91,4 % des eaux analysées sont de qualité optimale et 8,6 % de qualité acceptable. Enfin par rapport aux nitrates (NO₃), toutes les eaux échantillonnées sont de qualité optimale (Tableau L).

Tableau L. Qualité physico-chimique des eaux de boisson

Indicateur de (N = 81)	Qualité optimale		Qualité acceptable		Eau non potable	
	n	%	n	%	n	%
Turbidité	/	/	16	19,8	65	80,3
Ph	40	49,4	/	/	41	50,6
Nitrites (NO ₂)	74	91,4	7	8,6	/	/
Nitrates (NO ₃)	81	100,0	/	/	/	/

Note : / = barre oblique qui indique l'absence des données

3.1.3.4. Indicateurs d'altération bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques montrent qu'en générale, les eaux analysées hébergent une flore bactérienne témoin de contamination fécale. En effet, on peut relever que 78 % des échantillons ne sont pas contaminés à *Escherichia coli*, 58,54 % ne sont pas contaminés aux Coliformes totaux et enfin 91,46 % ne sont pas contaminés aux Salmonelles (Figure 21). A partir de ces résultats, les échantillons ont été regroupés en trois catégories : eau de qualité optimale, eau de qualité acceptable et eau non potable. En effet, par rapport aux germes totaux, 58,54 % des échantillons présentent de qualités optimales, 12,2 % de qualité acceptable et 29,27 % sont des eaux non potables. Ensuite par rapport à *Escherichia coli*, les résultats ont été regroupés en risque faible, intermédiaire, élevé et très élevé. Delà, 78 % des sources présentent un risque faible de contamination, 4,88 % un risque intermédiaire, 8,54 % un risque élevé et 8,54 % un risque très élevé de contamination à *Escherichia coli* (Figure 22).

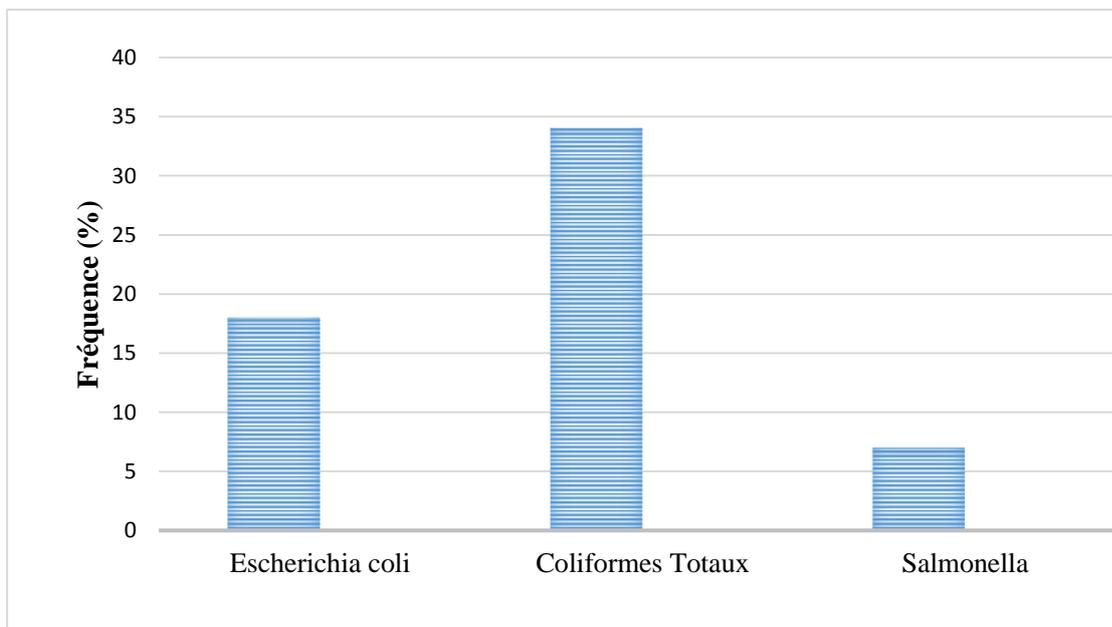


Figure 21. Variation de la fréquences moyenne des bactéries indicatrices de la pollution fécale dans les échatillons d'eau (%)

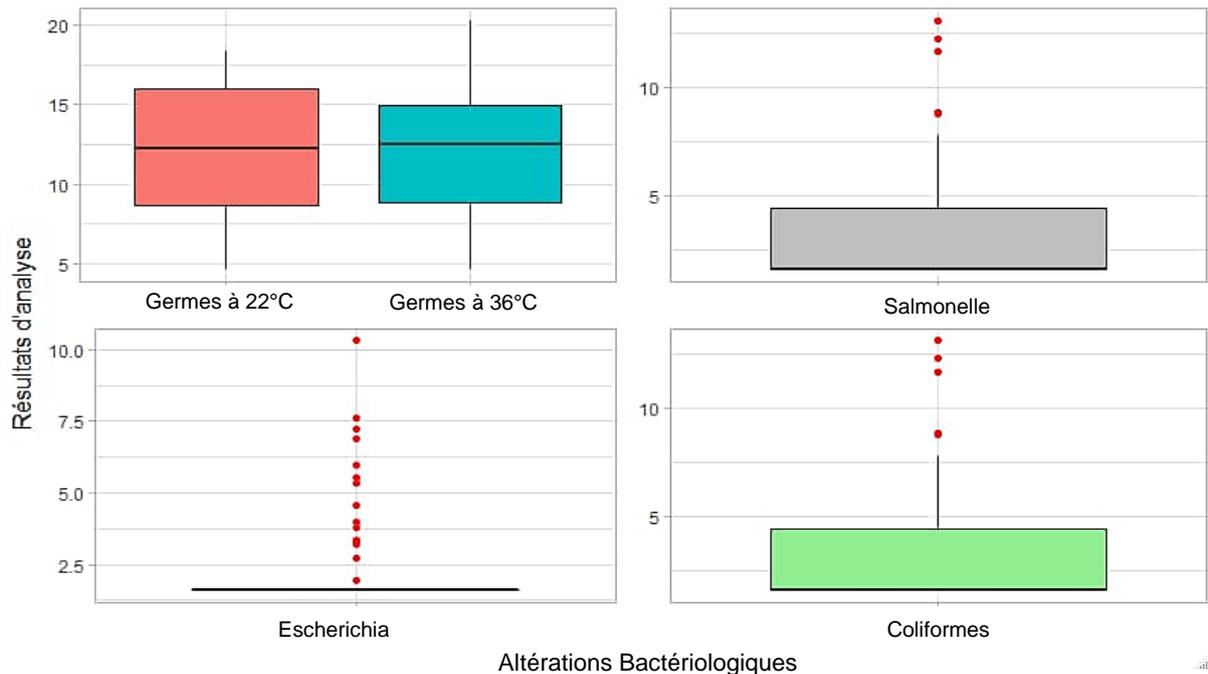


Figure 22. Marqueurs d’altération bactériologique et indicateurs de pollution fécale

La présence des germes isolés dans les eaux échantillonnées à l’instar des coliformes totaux ou *E. coli* témoigne d’une contamination ponctuelle, continue ou récente des eaux analysées d’une part ; et de la présence simultanée des bactéries pathogènes d’autre part. Les résultats obtenus montrent 29,27 % des échantillons d’eau sont non potables suite à la densité des coliformes totaux et 8,54 % de ces échantillons présentent un risque sanitaire très élevé en cas de consommation (Tableau LI).

Tableau LI. Indicateurs d’altération Bactériologique des eaux de boisson

Indicateurs de Pollution (N = 82)	Nombre de germes par 100 mL d’eau	Nombre d’échantillon	Fréquence (%)
Coliformes totaux			
Eau de qualité optimale	0	48	58,5
Eau de qualité acceptable	(1 à 50)	10	12,2
Eau non potable	(51 à 50000)	24	29,3
<i>Escherichia coli</i>			
Risque sanitaire faible	0	64	78,1
Risque sanitaire intermédiaire	(1 à 10)	4	4,9
Risque sanitaire élevé	(11 à 100)	7	8,5
Risque sanitaire très élevé	(>100)	7	8,5

3.1.3.5. Evolution temporelle des altérations de la qualité des eaux de boisson

Les analyses physico-chimiques (Tableau LII) et bactériologiques (Tableau LIII) des échantillons de l'eau de boisson, effectuées dans l'espace et le temps, s'intéressent à la contamination fécale des ressources en eau. L'objectif de ces analyses est de déterminer si la contamination intervient de manière sporadique ou permanente. Ces analyses permettent d'évaluer la nécessité de mise en œuvre d'un système de surveillance concerté entre les parties prenantes, pour améliorer l'approvisionnement ou la formation aux bonnes pratiques de l'hygiène relative à la la protection des réseaux, le traitement et le stockage sans risque de l'eau (128).

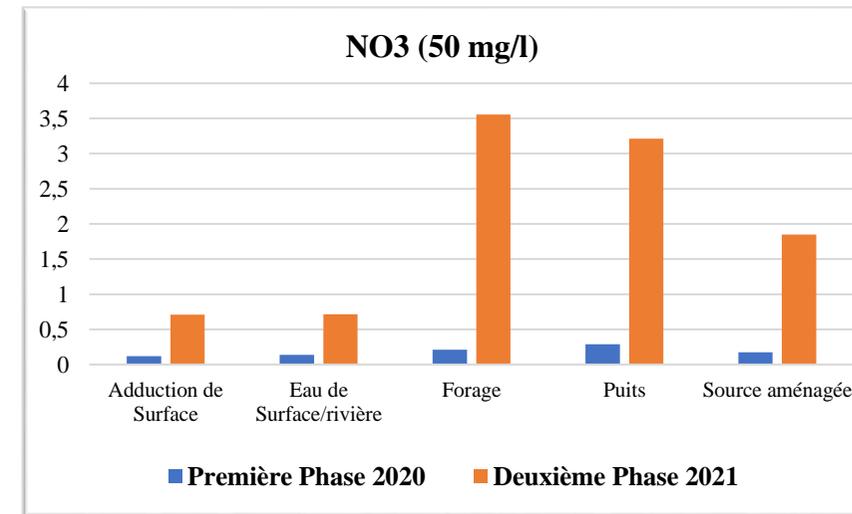
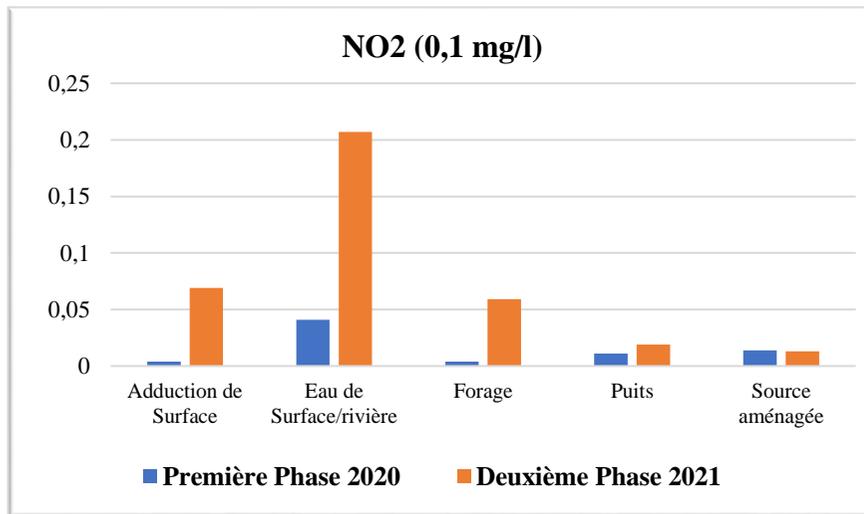
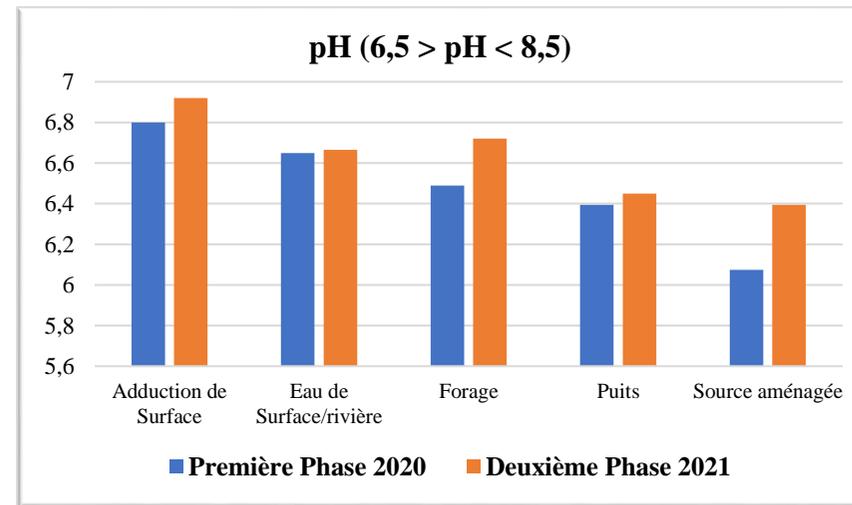
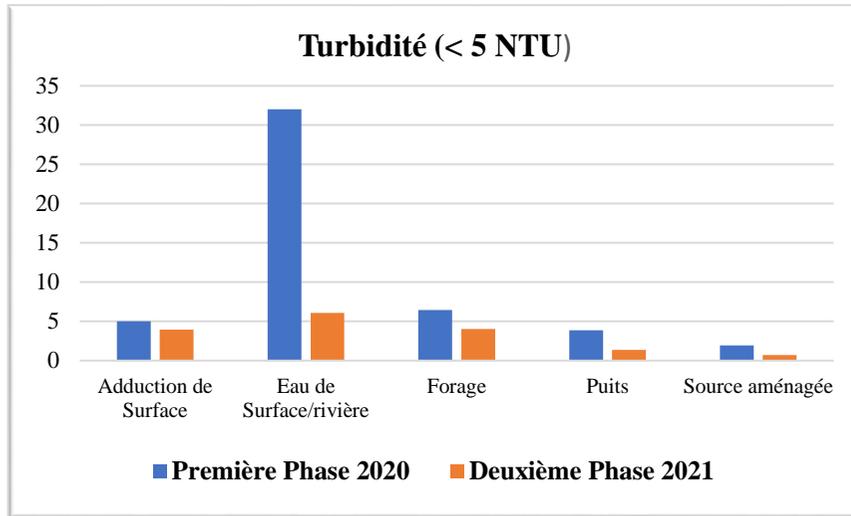


Figure 23. Pollution physico-chimique

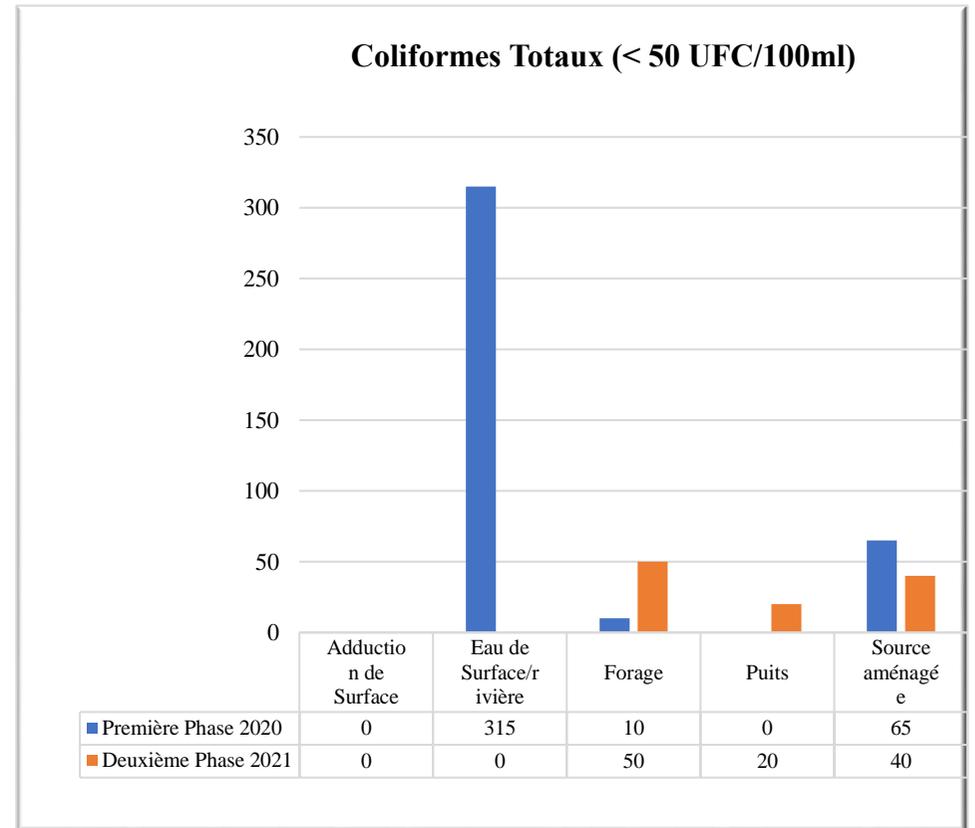
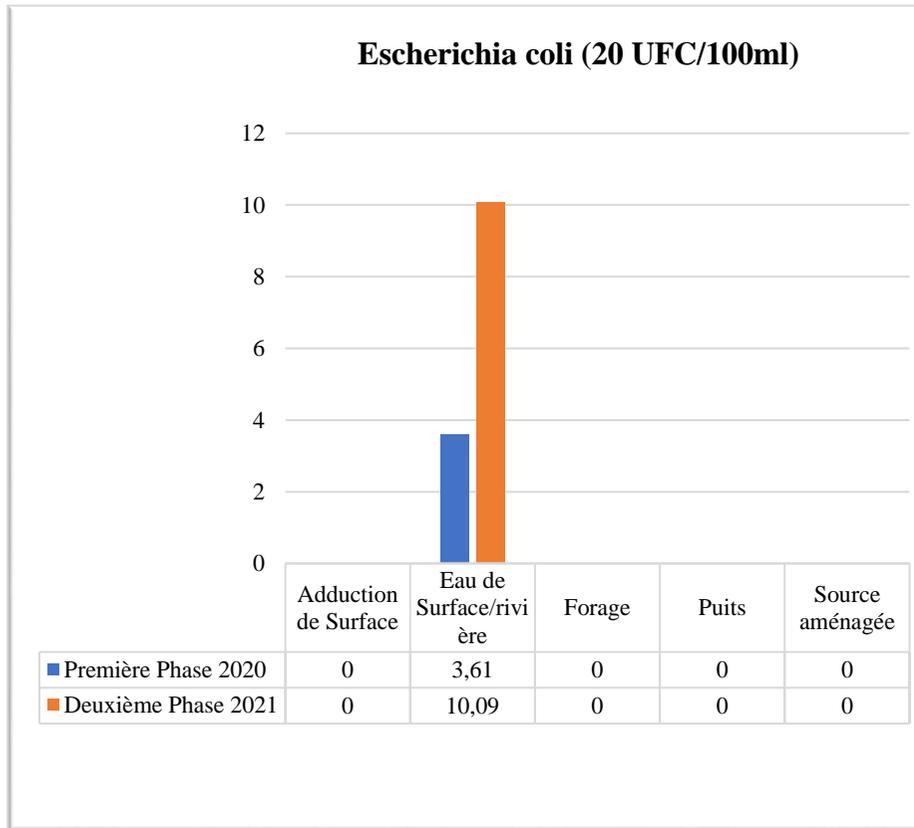


Figure 24. Micro-organismes indicateurs de la contamination fécale

3.1.3.6. Variations des altérations bactériologiques en fonction du paramètre physique

L'observation des indicateurs de contamination montre que l'*E. coli*, les Coliformes Totaux en fonction de la turbidité, donne de constater qu'une part importante des eaux qui ont un risque sanitaire faible en *E. coli* et en Coliformes Totaux sont non potables en termes de turbidité. En outre, les pics de contamination des trois paramètres coïncident, ce qui traduit un lien étroit entre les différents paramètres. Ensuite, toutes les eaux polluées par les Salmonelles sont non potables en termes de turbidité. De par les pics de ces deux paramètres analysés, on constate également un lien étroit. Enfin, les Germes à aérobies 36°C présentent deux pics importants, l'un lié à une faible turbidité, et l'autre à une turbidité moyenne. Les germes aérobies à 22°C montrent une forte variation par rapport à la turbidité. Cette forte fluctuation des germes aérobies en fonction de la turbidité est la preuve d'une dégradation de la qualité du réseau de distribution et de la contamination au point d'usage. Cela confirme la contamination bactériologique constatée (Figure 25).

3.1.4. Morbidité hydrique : cas de la zone de santé de Bunia

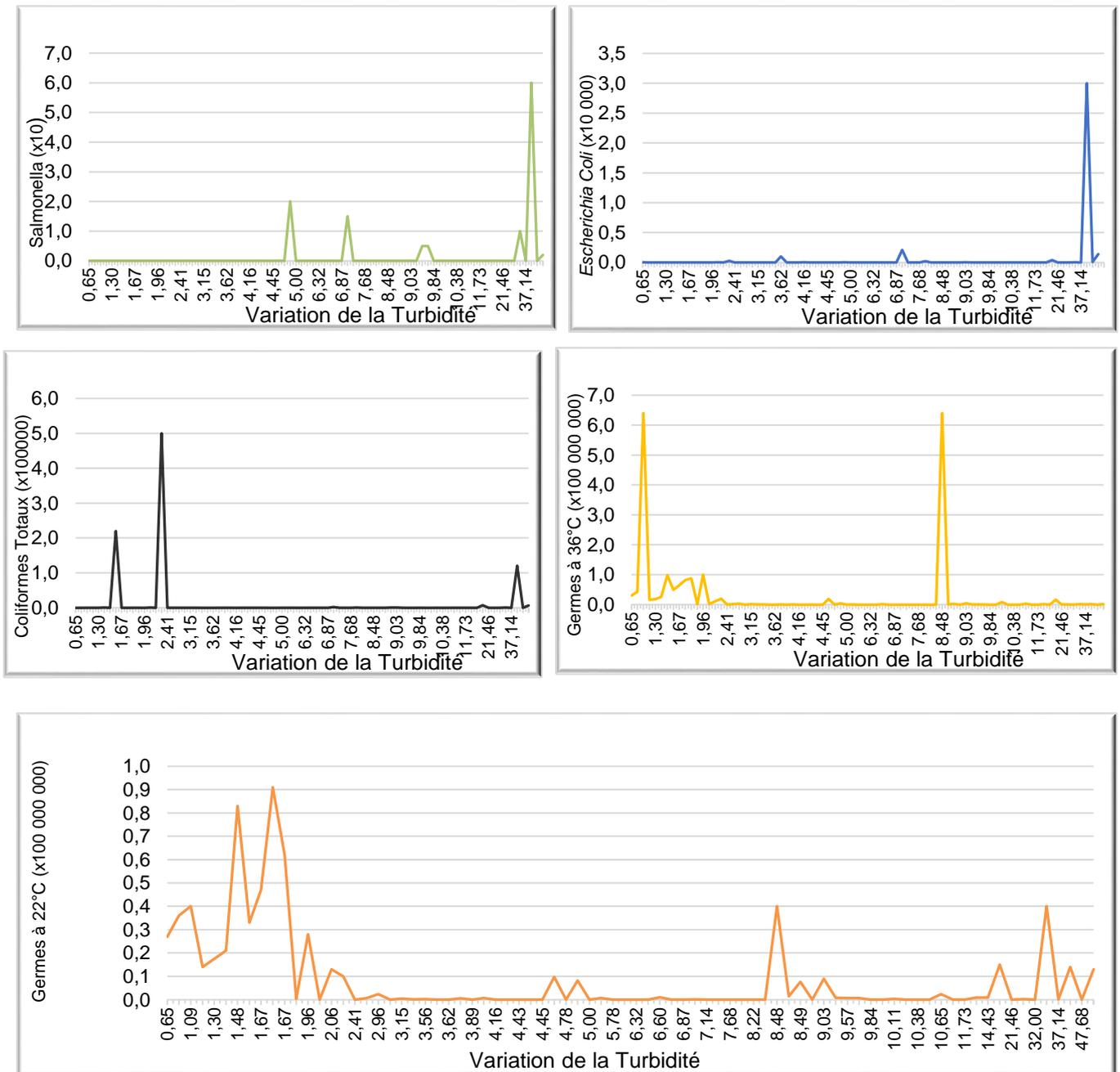


Figure 25. Variation des paramètres bactériologiques par rapport à la turbidité

3.1.4.1. Description de l'échantillon

La description des 11700 patients ayant souffert des maladies liées à l'eau a été présentée selon le sexe, l'âge et les structures sanitaires. Le regroupement par sexe montre que 51,5 % des patients sont des femmes et 48,5 % des hommes. Pour l'âge, il a été relevé que les patients de 15 à 25 ans sont plus affecté (24,6 %) et la tranches d'âge de 65 ans et plus est la moins touchée avec 10 % des patients. La répartition des patients en fonction des structures sanitaires montre que l'HGR/Bunia a enregistré le plus grand nombre des patients soit 60,6 % et, le CS de Kindia a le plus petit nombre soit 3,7% (Tableau LIV).

Tableau LII. Description des malades en fonction du sexe, de l'âge et des structures de santé

Variable	Nombre des malades (n)	Fréquence (%)
Sexe		
Féminin	6020	51,5
Masculin	5680	48,5
Total	11700	100
Age (en années)		
Moins de 5	2336	20,0
5 à 14	2655	22,7
15 à 24	2883	24,6
25 à 64	2660	22,7
65 et plus	1166	10,0
Total	11700	100,0
Structures sanitaires		
HGR/Bunia	7086	60,6
CME/Bunia	1843	15,8
CS Bunia Cité	940	8,0
CS Lembabo	1394	11,9
CS Kindia	437	3,7
Total	11700	100

3.1.4.2. Évolution spatio-temporelle des maladies associées à l'eau

Pour les 16957 cas des maladies diagnostiqués pendant toute la période d'étude, le paludisme représente la plus grande proportion soit 7733 cas, suivi de la diarrhée/gastro-entérite avec 4168 cas, puis la fièvre typhoïde avec 3185 cas et enfin la schistosomiase intestinale avec 1871 cas. A ce niveau, le constat est que le nombre de maladies déclarées est supérieur au nombre de patient enregistré. Ceci pourrait se justifier par le fait que plusieurs pathologies aient été diagnostiquées (Figure 26).

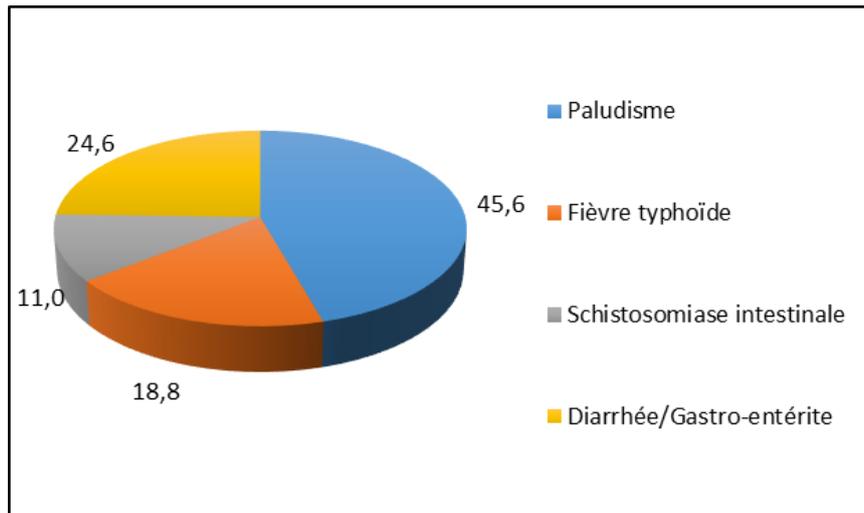


Figure 26. Répartition des maladies liées à l'eau durant les 5 ans d'étude

3.1.4.3. Maladies à transmission hydrique associées au sexe des patients

La distribution des différentes maladies liées à l'eau a été associée au sexe des patients en calculant le rapport croisé ou Odds Ratio (OR) et l'Intervalle de Confiance (IC) à 95 % (Tableau LIII). Pour le paludisme, on a observé une fréquence de 64,4 % chez les hommes contre 67,7 % chez les femmes avec un OR égale à 0,861 et un IC de (0,797 ; 0,929). Concernant la fièvre typhoïde, on a noté une fréquence de 26,5% chez les hommes et de 27,9% chez les femmes avec un OR de 0,936 et un IC de (0,863 ; 1,016). S'agissant de la diarrhée/gastro-entérite, on a enregistré une fréquence de 35,2 % chez les hommes et de 36,1 % chez les femmes avec un OR de 0,961 et un IC de (0,891 ; 1,037). Il est constaté que tous les OR obtenus sont inférieurs à 1, ce qui stipule une faible exposition des personnes de sexe masculin comparativement à celles de sexe opposé qui semblent être plus susceptibles à développer ces maladies. Toutefois, ces coefficients étant proche de 1, on peut dire que la différence d'exposition entre les deux sexes n'est pas statistiquement significative. S'agissant

de la schistosomiase l'OR égale à 1 et un IC de (0,962 ; 1,173). Par conséquent, le sexe n'est pas un facteur de risque pour contracter la schistosomiase.

Tableau LIII. Malades affectés par la morbidité hydrique selon le sexe

Sexe du malade	Présence		Absence		Total (%)	OR	(IC à 95%)
	n	%	n	%			
Paludisme							
Masculin	3656	64,4	2024	35,6	5680 (100)	0,861	(0,797- 0,929)
Féminin	4077	67,7	1943	32,3	6020 (100)		
Fièvre Typhoïde							
Masculin	1508	26,5	4172	73,5	5680 (100)	0,936	(0,863- 1,016)
Féminin	1677	27,9	4343	72,1	6020 (100)		
Schistosomiase intestinale							
Masculin	932	16,4	4748	83,6	5680 (100)	1,062	(0,962- 1,173)
Féminin	939	15,6	5081	84,4	6020 (100)		
Diarrhée/Gastro-entérite							
Masculin	1997	35,2	3683	64,8	5680 (100)	0,961	(0,891- 1,037)
Féminin	2171	36,1	3849	63,9	6020 (100)		

Note : Puisqu'on constate que tous les IC contiennent la valeur OR = 1, on peut affirmer que le sexe des malades ne constitue pas un facteur de risque pour contracter les maladies liées à l'eau. OR = Odds Ratio ; IC = Intervalle de Confiance

3.1.4.4. Évolution temporelle des maladies associées à l'eau

Les proportions enregistrées pendant les années de la période d'étude sans considération des structures sanitaires n'ont pas été uniformes (Tableau LVI). Ainsi en 2015, le paludisme avait une proportion globale de 46,9 %, contre 25,6 % pour la gastro, 14,16 % pour la schistosomiase et 13,4 % pour la fièvre typhoïde. Puis en 2016, le paludisme avait une proportion de 46,7% suivi de la gastro avec 23,4 %, de la fièvre typhoïde avec 15,6 % et de la schistosomiase avec 14,4 %. De plus en 2017, les proportions étaient de 48,2 % pour le paludisme, de 17,7 % pour la fièvre typhoïde, de 24,7% pour la gastro-entérite et de 9,3 % pour la schistosomiase. En outre en 2018, les proportions obtenues étaient de 42,8 % pour le paludisme, de 22,4 % pour la fièvre typhoïde, de 25,5 % pour la gastro-entérite et 9,3 % pour la schistosomiase. Par ailleurs, en 2019 le paludisme avait une proportion de 44 %, la fièvre typhoïde une proportion de 23,2 %, la gastro-entérite une proportion de 24,2 % et la schistosomiase une proportion de 8,5 %. En somme sur la période d'étude le paludisme avait une proportion de 45,6 %, la fièvre typhoïde une proportion de 18,8 %, gastro-entérite une proportion de 24,6 % et une proportion de 11 % pour la schistosomiase.

Tableau LIV. Évolutions temporelles des maladies liées à l'eau

Année	Paludisme		Fièvre typhoïde		Gastro-entérite		Schistosomiase		Total (%)
	n	%	n	%	n	%	n	%	
2015	1513	46,9	432	13,4	826	25,6	457	14,2	3228 (100)
2016	1609	46,7	538	15,6	805	23,4	495	14,4	3447 (100)
2017	1340	48,2	493	17,7	688	24,7	260	9,3	2781 (100)
2018	1028	42,8	538	22,4	613	25,5	224	9,3	2403 (100)
2019	2243	44,0	1184	23,2	1236	24,2	435	8,5	5098 (100)
Total	7733	45,6	3185	18,8	4168	24,6	1871	11,0	16957 (100)

Source : données des formations sanitaires de la Zone de Santé de Bunia

3.1.4.5. Evaluation des maladies à transmission hydrique

Pour l'ensemble des maladies (Figure 25), la distribution des cas a peu varié entre Juin et Septembre. Il y'a eu une augmentation de la fréquence des cas pour l'ensemble des maladies entre novembre et Décembre. Une diminution considérable des cas de paludisme a été observée entre Février et Avril. S'agissant de la gastro-entérite, on a constaté une faible variation du nombre de cas entre Janvier et Novembre. La schistosomiase a également révélé une faible variation des cas entre Mars et Décembre avec des pics observés en Février et en Décembre. La fièvre typhoïde a présenté une augmentation des cas en Juin et en Septembre. Les pics majeurs ont été observés en Décembre pour l'ensemble des maladies.

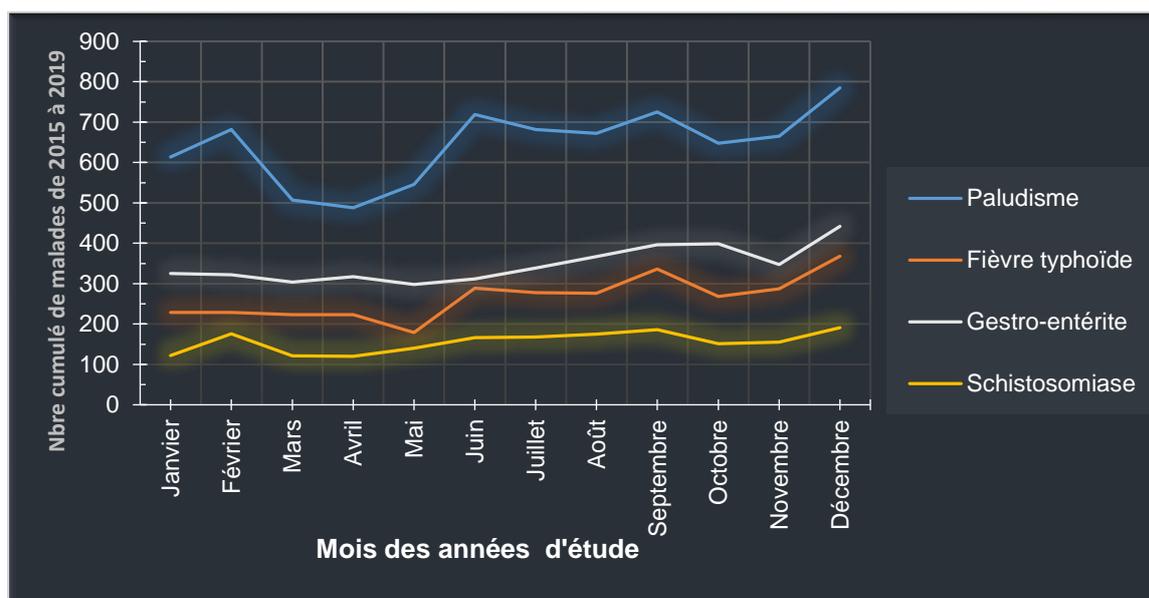


Figure 27. Courbes des maladies liées à l'eau

3.2. DISCUSSION

3.2.1. Analyse des parties prenantes liées à la gestion et approvisionnement de l'eau

L'analyse du mode de gestion et d'approvisionnement en eau potable a été faite en trois étapes. Précisément la présentation des acteurs, l'évaluation du réseau, la surveillance opérationnelle la gestion et la communication. Comme acteurs, plusieurs gestionnaires ont été identifiés, et il se trouve que 64,7 % des eaux échantillonnées provenaient des gestionnaires de types privés et des établissements paraétatiques. Ensuite, 22,4 % provenaient des communautés et des ONG d'urgence. Enfin, 13 % des échantillons d'eau provenaient des gestionnaires publics et des établissements sanitaires ou d'enseignement. Ces résultats corroborent avec ceux de l'étude qui a été menée dans les petites et moyennes villes indiennes au sujet des petits opérateurs privés dans la chaîne d'approvisionnement d'eau potable (139). Ils sont aussi similaires à l'étude qui a été réalisé à Dakar concernant les déterminants du choix d'approvisionnement en eau des ménages (140). Il faut toutefois signaler que tous ces fournisseurs ne garantissent pas en permanence la fourniture d'eau aux populations de Bunia. Cependant, le coût pour un bidon de 20 litres d'eau est compris entre zéro et 100 Francs Congolais. On est d'accord que l'augmentation de la tarification inciterait les consommateurs à faibles revenus mensuels à recourir aux sources d'approvisionnement non améliorées. Des études statistiques conduites dans différents pays européens semblent confirmer que : la hausse des prix de l'eau de boisson induit inversement l'élasticité de la demande domestique (141 ; 142 ; 143). Ce phénomène de substitution de l'eau brute à l'eau potable représente à la fois une opportunité et une source de problèmes de gestion pour les services d'eau et d'assainissement (144).

L'évaluation du réseau a révélé une exposition aux menaces des points d'approvisionnement en eau potable. Les 35 % des menaces déclarées par les parties prenantes concernent directement les actes de vandalismes contre les ouvrages hydrauliques et l'attentat à la vie du personnel chargé de la maintenance. De manière spécifique les sources les plus exposées sont celles appartenant aux gestionnaires des établissements paraétatiques puis des gestionnaires privés et aux communautés. Les menaces autour des ressources en eau à Bunia peuvent s'expliquer par des réclamations sociologiques et idéologiques de l'appropriation de ces patrimoines naturels ; des constructions anarchiques liées à l'urbanisation rapide et inadéquate de la ville ; des conflits d'intérêts des usagers et hostilités des groupes armés dans les périphériques. Le contexte sécuritaire des ouvrages hydrauliques dans la ville de Bunia est

identique à celui des différents pays frontaliers et communautés du monde en conflits. Les eaux des fleuves Tigre et Euphrate provoquent des disputes et menaces de ces pays qu'ils traversent notamment : la Turquie, la Syrie, l'Irak et l'Iran (145). Au Mexique, des conflits autour de la ressource en eau concernent les revendications de l'accès à l'eau qui, est un patrimoine commun (146). En Egypte, les craintes des conflits hydrauliques et guerres de l'eau se situent au niveau des perspectives (147). En France, le lac de Caussade est source des conflits d'usages, depuis quelques années, entre agriculteurs et écologistes en raison d'intérêts divergents. Toutefois, cela fait l'objet de la législation française et européenne qui place l'eau en tant que bien commun (148). Dans le contexte de la gestion de 25 cours d'eau transfrontaliers en Afrique de l'Ouest, les parties prenantes envisagent une coopération pour prévenir les menaces et réduire les craintes relatives aux ressources en eau à l'échelle des bassins fluviaux (149).

Il a été déterminé la position des points d'approvisionnement par rapport aux latrines et autres sources de pollution potentielle des eaux. Pour chacun des gestionnaires des sources autour desquelles aucune installation sanitaire n'est enregistrée. Toutefois, les gestionnaires dont les sources sont les plus proches des installations sanitaires sont les gestionnaires privés et paraétatiques. Le rapprochement entre la qualité des eaux et la présence des sources de pollution autour des points d'approvisionnement a été effectué. On peut en retenir que, pour les sources d'eau autour desquelles n'existent aucune installation sanitaire, 60,5 % sont de qualité optimale. Les sources d'eau dont les latrines sont proches, 66,7 % sont de qualité optimale. Les points d'eau situés à proximité des latrines et des décharges brutes sont à 66,7 % de qualité optimale. Les points d'eau situés à proximité des latrines et des décharges brutes sont, à 66,7 %, de qualité optimale. De plus, les points d'eau situés auprès des latrines, des trous à ordures et des décharges brutes sont à 40 % de qualité optimale. Enfin le point d'eau relevé à proximité des latrines, des trous à ordures, et des laveries à voiture est non potable. Cette répartition a été faite en se basant sur les résultats des analyses microbiologiques et physico-chimiques effectuées.

En outre, dans le cadre de la surveillance opérationnelle, les populations de Bunia à 96,5 % ne sont pas conscientes de la nécessité de sécuriser le réseau de distribution d'eau et d'avoir une équipe de maintenance. Aussi, 62,4 % de l'échantillon ne sont pas informés de l'existence et de la disponibilité des normes de qualité de l'eau de boisson, des documents de gestion du système d'approvisionnement (51,8 %), du programme d'analyse de la qualité de l'eau de consommation (60 %), et du programme d'entretien des sources d'eau (51,8 %). C'est donc une population qui n'est pas suffisamment informée, formée et outillée sur des questions liées à la qualité de l'eau.

Cependant, les gestionnaires ont recours à plusieurs moyens de traitement pour améliorer la qualité de l'eau. En effet, pour plusieurs sources, les gestionnaires utilisent uniquement du chlore, soit 21,2 % des sources comptabilisées. En plus du chlore, d'autres utilisent des filtres soit 3,5% des sources d'eau. Puis, en plus des deux moyens cités, il a été relevé des gestionnaires qui utilisent les dérivés du chlore soit 2,4 % des sources d'eau. Enfin, nous avons relevé des gestionnaires qui en plus du chlore utilisent aussi ses dérivés comme moyen de traitement des eaux, soit 27,1 % des points d'eau enregistrés. Ces gestionnaires disposent donc presque tous des systèmes de contrôle et de traitement des eaux.

Les populations de Bunia à 41,3 % pour s'approvisionner en eau ont recours aux forages, 39,8 % à la REGIDESO, 8,4 % aux sources aménagées et 6,3 % aux puits aménagés. Pour approvisionner les ménages en eau, le genre masculin n'est pas autant impliqué que le genre féminin. En effet, fort a été de relever que, les garçons ne représentent que 12 %, et les hommes ne sont pas concernés par cette tâche. En revanche, nous avons relevé plusieurs groupes constitués de filles, notamment le groupe de filles et mamans qui font 12 %, de filles et garçons qui font 21 %, d'enfants filles 20 % et de maman 18 %. Approvisionner les ménages en eau c'est donc une corvée dont la charge revient au genre féminin. L'analyse de l'accessibilité géographique à l'eau potable en termes de distance parcourue et de temps mis, nous permis de dire que, seule une part très faible de notre échantillon parcourt plus de 1000 m pour parvenir à un point d'eau, tandis que 94,1 % parcourent moins de 500 m. Traitant du temps mis, fort est de constater que seulement 13,7 % de la population font plus de 30 mn pour parvenir à un point d'eau, 18,5 % moins de 5 mn, cependant, 24,6 % font entre 5 et 10 mn. Autrement, il a été noté que, 95,9 % de la population parcourent moins de 500 m et 4,1% plus de 500m. En outre 75 % mettent moins de 20 mn et 25 % plus de 20 mn pour parvenir à un point d'approvisionnement en eau de boisson. En plus, il a été donné de constater de manière générale que dans chacune des communes, la grande majorité de la population parcourt moins de 500 m pour accéder à l'eau potable, et fait moins de 20 mn pour y parvenir.

L'analyse de la qualité telle que perçue de l'eau potable permet de dire que, 52,1 % de la population pensent que les points d'approvisionnement sont propres. Par ailleurs, 42,3 % des enquêtés affirment que l'eau qu'ils consomment présente un bon goût, 42,6 % pensent consommer une eau claire. C'est ainsi que, 22,7 % des enquêtés pensent qu'il n'est pas nécessaire de traiter l'eau à domicile. Une autre proportion de 15,2 % ne dispose pas de connaissance suffisante pour faire un traitement à domicile. Cependant, 21,1 % et 31,4 % des enquêtés respectivement pour traiter leur eau de boisson la font bouillir et utilisent des produits chimiques. Enfin, nous avons relevé qu'une faible proportion soit 7,2 % utilise des filtres à eau.

Dans la littérature, des études similaires à la nôtre ont été effectuées en Afrique au sud du Sahara, en termes de modes d'approvisionnement en eau potable, types de sources, distance parcourue et méthode d'amélioration de la qualité de l'eau à domicile. En Afrique Centrale, quelques études ont retenu notre attention. Précisément, dans le village Bangoua au Cameroun, des recherches ont été conduites sur la gouvernance de l'eau (150). On peut en retenir que, pour s'abreuver en eau potable, en fonction des saisons et des distances, les populations ont recours aux eaux des sources non aménagées, des rivières, des puits et des borne-fontaine. Ce qui correspond aux types de sources d'eau potable relevés dans notre étude.

Les analyses des paramètres bactériologiques et physico-chimiques ont montré une forte contamination de ces eaux, ce qui pourrait y expliquer les fortes prévalences de maladies hydriques. En plus, selon l'étude qui a été menée dans la commune de Bangangté toujours au Cameroun, pour pallier aux difficultés d'accès à l'eau potable, les populations font recours aux eaux de forages, de sources, de borne-fontaine de puits et de rivières (151). Ils ont également mis en relief une forte contamination des eaux régulièrement consommées corrélée à une vulnérabilité des populations face aux pathologies telles que la fièvre typhoïde, l'amibiase et les diarrhées. Par ailleurs, les travaux réalisés dans une localité de Yaoundé ont eu le mérite de montrer que les populations utilisent les puits non aménagés, sommairement aménagés, les sources aménagées et les borne-fontaine comme moyen d'accès à l'eau potable (152). Ces points d'approvisionnement en eau de boisson étaient très proches des latrines, des ordures ménagères et des eaux usées. C'est ainsi qu'une forte concentration des coliformes fécaux a été relevée dans ces eaux. Cette contamination explique à suffisance l'existence dans cette localité des maladies hydriques telles que la fièvre typhoïde, les vers intestinaux, les diarrhées, les parasitoses intestinales et les dysenteries amibiennes. En outre, les chercheurs ont mis en lumière les difficultés d'approvisionnement en eau potable de la population de Douala au Cameroun. Celle-ci devait recourir aux eaux de puits et de forages comme alternative à l'absence d'adduction (150). L'analyse des paramètres bactériologiques et physico-chimiques de quelques échantillons d'eau a révélé une forte contamination de ces derniers. Cette contamination pourrait expliquer la prolifération des maladies hydriques rencontrées dans l'étude (150). Enfin à Brazzaville au Congo, une étude a mis en relief la diversification des modes d'approvisionnement en eau potable, notamment les sources naturelles, les eaux de pluie et de rivières, les puits et les forages (151). Toutes ces études illustrent, à l'instar de celle-ci, comment les populations s'organisent pour s'assurer un approvisionnement en eau de boisson. Il est intéressant de constater que, les sources palliatives d'accès à l'eau potable indiquées par ces auteurs sont quasiment les mêmes que ce qui a été observé dans notre zone d'étude.

Comme en Afrique Centrale, quelques études en Afrique de l'Ouest ont été analysées. Ainsi, à Conakry pour s'approvisionner en eau, les populations avaient recours aux branchements individuels, à la borne-fontaine, à la redistribution et aux eaux de surfaces (152). En s'intéressant aux déterminants du choix d'approvisionnement en eau des ménages à Dakar, les auteurs (140) ont démontré que, les populations recourent aux systèmes d'adduction, aux puits et à plusieurs types de réseaux, tels que les branchements privés. Cela correspond dans notre étude aux : gestionnaires privés, paraétatiques ou publics, des bonnes fontaines et communautaires des ressources en eau. Traitant toujours de l'approvisionnement en eau potable, au Libéria à Monrovia, les auteurs ont identifié l'intervention de plusieurs acteurs privés pour suppléer les acteurs étatiques qui ne parviennent à satisfaire les besoins de la population en eau de boisson (153). Cela va dans le même l'ordre de grandeur que les résultats obtenus à partir de la catégorisation des gestionnaires privés dans notre étude. Par contre, l'étude réalisée à Korhogo au Nord de la Côte d'Ivoire, sur la catégorisation des sources d'approvisionnement en eau de boisson (154), n'a pas regroupé les sources de la même manière que la nôtre. Elle a déterminé les sources de l'eau potable deux groupes : les puits et les robinets. Une étude à Abidjan en Côte d'Ivoire s'était également intéressée à la question du tarif de l'eau potable en fonction de l'achat de 20 litres (155). En comparant le prix de l'eau à Abidjan, variant entre 25 et 50 FCFA par rapport à ce celui de Bunia qui varie de 0 à 100 FC, on se rend compte que ces coûts des bidons de 20 litres d'eau se rapprochent. Les populations de toutes ces villes font également recours à plusieurs sources pour s'approvisionner en eau de boisson. Il s'agit précisément du recours aux revendeurs, aux puits et ruisseaux pour les quartiers précaires (155).

Pour améliorer la qualité de l'eau de boisson dans la commune de Lokossa au Benin, les chercheurs ont montré que les populations procèdent par la décantation et l'usage de l'eau de javel (31). Ils y ont également relevé une contamination bactériologique aux coliformes fécaux et totaux, ainsi que qu'une prolifération des maladies telles que la fièvre typhoïde, et les maladies diarrhéiques. Au Mali, les travaux axés sur l'amélioration de l'accès à l'eau potable ont permis de considérer le forage comme source pérenne d'approvisionnement à l'eau de boisson (156). Par ailleurs, les auteurs ont montré, dans leur analyse, que les ménages y parcourent des trajets variants entre 200 à 600 mètres avant d'accéder à l'eau potable. En outre, les travaux effectués dans une commune rurale du Mali, concernant l'approvisionnement en eau de boisson, ont renseigné que les populations font recours aux forages, aux puits et aux rivières (157). Et pour améliorer la qualité de ces eaux, elles pratiquent la chloration, la filtration sur linge et la décantation. En outre, les populations y parcourent en moyenne une distance

inférieure à 500 m à l'instar de ce qui a été obtenu comme résultat en termes de distance dans notre étude. On y note également une résurgence des maladies diarrhéiques.

Enfin, les auteurs (158) montrent qu'à Dakar les populations recourent aux robinets et aux pompes manuelles pour s'approvisionner en eau potable, soit respectivement 82,3 % et 70,5%. De plus, 56 % de cette population trouvent que l'eau consommée est de bonne qualité selon les paramètres organoleptiques tels que le goût et la couleur. D'après leurs résultats, les populations pour améliorer la qualité de l'eau consommée procèdent par le filtrage et la décantation pour une proportion de 21,9 %, et l'usage de l'eau de javel soit 66,7 %. En considérant le bilan des maladies d'origine hydrique (68 ; 57), on peut admettre, pour notre étude, leur conclusion selon laquelle la fréquence très élevée des maladies hydriques serait étroitement lié à la mauvaise qualité de l'eau consommée (158).

3.2.2. Altérations de la qualité d'eau de boisson

L'analyse de la qualité de l'eau et des maladies hydriques constitue l'une des préoccupations les plus importantes de santé publique évoquée par plusieurs auteurs (31 ; 151) et constitue la problématique de l'eau en RDC en général et à Bunia en particulier (17). L'évaluation de cette qualité s'est faite selon les directives prescrites en la matière par l'OMS, depuis le prélèvement des échantillons aux analyses en laboratoire (1). Ainsi, 85 sources d'approvisionnement en eau de boisson d'utilité publique ont été échantillonnées dont 82 points de prélèvement ont fait l'objet des analyses physico-chimiques et bactériologiques. Une enquête clinique préliminaire a été effectuée pour voir si l'éventualité de la consommation des eaux de qualité douteuse se traduisait par des répercussions sanitaires. L'échantillonnage a été effectué en fonction de la position des points d'eau par rapports aux différents groupes de population identifiés et selon types de sources d'approvisionnement. L'étude de la qualité évaluée de l'eau de boisson à Bunia a produit plusieurs résultats probants. Notamment, s'agissant des paramètres microbiologiques, 78 % des échantillons d'eau ne sont pas contaminés aux coliformes fécaux, 58,54 % ne sont pas contaminés aux Coliformes Totaux et 91,46 % ne sont pas contaminés aux Salmonelles. Il en découle que, un bon nombre des sources d'approvisionnement échantillonnées ont des eaux acceptables pour la consommation humaine. Toutefois, la considération de ces résultats de manière isolée ne peut pas garantir la gestion durable de la ressource en eau et la protection des milieux aquatiques. Les ressources en eau nécessitent une gestion locale dans une approche globale (160). Au niveau de la France et l'Union européenne, il y a le Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT) qui prévoit que les collectivités délimitent « les zones où des mesures doivent être prises pour limiter

l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement », ainsi que « les zones où il est nécessaire de prévoir des installations pour assurer la collecte, le stockage éventuel et, en tant que de besoin, le traitement des eaux pluviales et de ruissellement lorsque la pollution qu'elles apportent au milieu aquatique risque de nuire gravement à l'efficacité des dispositifs d'assainissement» (161).

L'analyse de tous les paramètres montre que la proportion des échantillons contaminés constitue un réel problème de santé publique pour la ville de Bunia : en se référant aux paramètres et critères microbiologiques de potabilité de l'eau en RDC (121) ; en analysant le risque sanitaire lié à la consommation de l'eau de mauvaise qualité selon les indicateurs de la contamination fécale (124 ; 154 ; 126 ; 127) ; en considérant des Critères Européens (110) ; (114) et des directives de l'OMS sur l'eau potable (130-131). On note que 84 % des échantillons issus des adductions de surface sont de qualité optimale, 70 % des échantillons provenant des eaux de surface sont non potables. Les échantillons issus des forages sont à 50 % de qualité optimale. Les échantillons provenant des puits sont à 57,9 % de qualité optimale. Enfin, 58,5% des échantillons issus des sources aménagées sont de qualité optimale. Aucun échantillon issu des sources non améliorées n'est de qualité optimale. Cependant, 64,9 % proviennent des sources améliorées et sont de qualité optimale. Ces résultats microbiologiques perçus sous l'angle des groupes de populations identifiés montrent que, 63,2 % des points d'approvisionnement desservant les populations dites stables sont de qualité optimale. Pour les populations déplacées, cinq des sept points d'approvisionnement sont de qualité optimale. Enfin pour les populations mixtes, six sur sept points d'approvisionnement sont non potable.

3.2.2.1. Qualités physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques évalués sont la turbidité, le pH, les Nitrites et les Nitrates. Selon la turbidité, aucun des échantillons analysés n'est de qualité optimale et 80,25% sont non potables. Considérant le pH, 49,38 % des eaux sont de qualité optimale. Concernant les nitrites, 91,36 % des eaux analysées de qualité optimale. Enfin toutes les eaux analysées sont de qualité optimale d'après les proportions de nitrates retrouvées dans les échantillons.

Il y a une similitude de la faible teneur des nitrites et nitrates et cette étude et celle qui s'était attelé aux Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat au Maroc (163).

Dans l'ensemble, les résultats d'analyses chimiques des eaux d'adductions, de forages, de puits, de surfaces et de sources montrent que les teneurs en nitrates sont inférieures à la concentration maximum acceptable par la norme (50mg/L) de l'OMS (130). On est d'accord

avec la déclaration de Gaëtan Sauret, dans son étude de Caractérisation hydro chimique et qualité des eaux souterraines du projet hydraulique villageois 310 forages, dans la Boucle du Mouhoun : provinces des Banwa, des Bales, du Mouhoun et de la Kossi au Burkina Faso, que la présence des nitrates et nitrites dans les eaux trouve son explication essentiellement à travers les pratiques agricoles et culturelles liées à l'utilisation de fertilisants azotés, les rejets des déchets domestiques dans la nature, l'infiltration des eaux usées publiques dans le sous-sol et leurs ruissellements dans les eaux de surface (164). Le devenir des composées azotées est un aspect non négligeable de risque pour la santé. Selon Potelon et Zysman, la consommation d'eaux riches en nitrites peut provoquer chez les nourrissons l'oxydation de l'hémoglobine en méthémoglobine, qui est une substance inapte aux transferts de l'oxygène des poumons vers les tissus. Les nourrissons dont les mères ont consommé des eaux riches en nitrates et nitrites durant la grossesse seraient prédisposés selon ces auteurs à cette maladie. Chez l'adulte, la consommation de ces eaux peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales. Ces eaux peuvent être à l'origine de la formation dans l'appareil digestif de composés N-nitrosés (nitrosamines et nitrosamides), suspectés être cancérigènes (165). Considérant le pH, les échantillons des adductions de surface sont à 68 % de qualité optimale. Les échantillons issus des eaux de rivière sont à 60 % de qualité optimale. Les échantillons provenant des forages sont à 50 % de qualité optimale. Ensuite, les échantillons issus des puits sont à 27,8 % de qualité optimale. Enfin, des six échantillons issus des sources aménagées, cinq sont non potables et un est de qualité optimale. Par rapport au caractère amélioré ou non des points d'approvisionnement en eau, concernant la turbidité, aucun échantillon d'eau n'est de qualité optimale. Pour le pH, les échantillons prélevés des sources améliorées sont à 46,6 % de qualité optimale et à 53,4% non potables. Ceux prélevés des sources non améliorées sont à 75 % de qualité optimale. Traitant des nitrites, 94,5 % des échantillons prélevés dans les sources améliorées sont de qualité optimale. Par contre, les échantillons prélevés dans les sources non améliorées sont à 62,5 % de qualité optimale.

Une analyse corrélée des paramètres bactériologiques et physico-chimiques, notamment l'*E. coli* et la turbidité montre que, 21 % des eaux qui ont un risque sanitaire faible en *E. coli* sont de qualité acceptable en termes de turbidité. Puis s'agissant des coliformes totaux pris par rapport à la turbidité, 15 % des eaux sont de qualité optimale. Ensuite, toutes les eaux polluées par les *Salmonella* sont des eaux non potables en termes de turbidité. Enfin, 21,7 % des eaux non potable en termes de pollution par les Germes à 36°C sont de qualité acceptable en termes de turbidité. Tandis que 96,2 % des eaux acceptable et polluées par les germes à 22°C sont des eaux non potables en termes de turbidité. Les teneurs élevées de turbidité dans des sources d'eaux à

Bunia trouvent leurs explications à travers, principalement, l'état vétuste du canal de conduit de la REGIDESO qui est le grand réseau d'adduction (107) ; la nature géologique de la zone d'étude (sol limono-sableux et fissuré) ; les ruissellement dans les rivières et ruisseaux des décharges brutes situées à leurs proximités et la recherche artisanale effrénée et l'exploitation anarchique des cours d'eau par les orpailleurs à Bunia. Les activités et situations énumérées ci-haut, elles sont décrites dans le document : « Évaluation des risques sanitaires liés aux situations de dépassement des limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine ». Cela figurent parmi les différentes origines qui peuvent expliquer la présence dans l'eau de substances indésirables ou de substances à des teneurs inhabituelles (166).

Au vu des résultats notre étude, l'influence de la turbidité sur la pollution microbiologique est à craindre et différents auteurs, dans leurs études, ont invoqué des risques environnementaux et sanitaires. L'étude qui a été réalisée par Elodie Robert, sur la turbidité et les risques dans le bassin versant de la Doubégué au Burkina Faso, stipule que l'accroissement d'une turbidité joue un rôle majeur sur le plan sanitaire en influençant les caractéristiques microbiologiques et de l'eau. L'auteur considère la turbidité comme un vecteur de contaminants microbiologiques et chimiques (167). Dans la publication sur les risques de pertes en terre et en eau dans le bassin versant de la Doubégué, le même auteur signale l'existence d'une forte corrélation entre l'augmentation des turbides et la concentration des éléments chimiques en orthophosphates, en nitrates et en sulfates (168). Pour Groupe scientifique canadien de l'eau, la hausse de la turbidité s'accompagne aussi d'une augmentation des bactéries et des virus qui se fixent plus facilement sur les particules lorsqu'elles sont en nombre dans l'eau (169).

L'étude conduite par Élodie Robert (167) a démontré une relation entre la turbidité et l'évolution de la flore bactérienne de l'estuaire de l'Elorn (un fleuve côtier du département du Finistère en région Bretagne) en France. Ce lien s'explique par le fait que les matières colloïdales en suspension, constituant la turbidité dans les eaux, servent de support et des nutriments indispensables à la survie des bactéries (170). Une importante corrélation a été également mise en évidence entre une forte concentration de bactéries et de parasites et certains paramètres de qualité de l'eau dont la turbidité (171).

3.2.2.2. Qualité bactériologique

Les analyses microbiologiques effectuées en 2020 et 2021 ont montré que les échantillons dans leur grande majorité ont des niveaux de contamination très élevé. Seuls les échantillons prélevés des puits et sources aménagées n'ont présentés aucune contamination aux

Salmonelles. Contrairement à la nôtre, celle focalisée à la recherche des bactéries pathogènes dans les eaux de puits à Garoua au Nord du Cameroun montre une contamination par *Salmonella* sp. et *Vibrio cholerae* est plus accentuée dans les puits de certains quartiers (exemples Ngalbidjé et Base Aérienne). La variation de cette contamination trouve son explication à travers l'élevage des bœufs et des poulets pratiqués aux alentours de ces points d'eau (172).

Pour les contaminations des eaux de surface, d'adduction et forages ; les résultats de cette étude sont assimilables à ceux qui ont été obtenus par nombreux auteurs dans les recherches antérieures. Une étude décrit la présence de Salmonelles dans les eaux de surface et les eaux usées en Lorraine. Les auteurs estiment que le facteur important, de contamination des rivières, paraît être les effluents des stations d'épuration (173). Avec des approches d'analyses multivariées, l'évaluation de la qualité des eaux de forages et de puits destinées à la consommation humaine à Rabat au Maroc, les auteurs soulignent la mauvaise qualité microbiologique de l'eau qui apparaît plus élevée (90,53 % du forage et 92 % du puits) (174), comparativement aux résultats obtenus à Bunia (134). Dans le cadre de cette évaluation, la présence élevée de Salmonelles, de streptocoques fécaux et de shigelles dans l'eau du forage, ainsi que d'*Escherichia coli*, de Coliformes Totaux et de coliformes fécaux dans l'eau du puits ; la contamination des eaux de forages et de puits est associée aux infiltrations des eaux de fosses septiques. On note que la présence élevée de *Salmonella* dans l'eau de forage suggère qu'elle pourrait contenir du sulfure d'hydrogène, responsable de ses odeurs désagréables (174).

Les paramètres bactériologique analysés dans notre étude sont utilisés comme indicateurs de contamination potentielle par le péril fécal des ressources en eau étudiées (175). Les mêmes indicateurs ont été également utilisés, en partie soit en totalité, par d'autres auteurs ((176) ; (177) ; (178) ; (179) ; (180)). Les résultats montrent une contamination fécale évidente des échantillons d'eau de rivières, des ruisseaux, des quelques points de sources d'adduction, de certains forages et puits analysés. Parmi les multiples facteurs de contamination, on peut citer les principaux. Les principaux facteurs de contamination sont : la saison des pluies, le niveau d'aménagement des zones de protection des points d'approvisionnement en eau, la qualité du sol environnant (sablonneux, poreux, fissuré) qui facilite le ruissellement de surface, et la proximité avec les installations sanitaires (latrines, décharges publiques ou encore l'insalubrité des lieux (181-182). Les activités anthropogéniques exercées directement dans les rivières, ou à leur proximité (lessives, baignades, élevages et travaux champêtres) chargent les eaux de surfaces en microorganismes, s'infiltrant dans le sol jusqu' à la nappe phréatique sans avoir bénéficié d'une filtration efficace et, cela est l'origine éventuelle des pollutions de

ressources en eau. De ce fait, l'eau souterraine d'autant plus vulnérable que celle de surface (183).

Après une analyse bactériologique des eaux de 1700 points d'approvisionnement au Burkina, l'on avait trouvé une contamination au péril fécal de 100 % pour les mares, 70 % pour les puits traditionnels, 25 % pour les puits aménagés et de 7 % pour les forages (184). De plus, pour 93 % des points d'eau alimentant environ 74 % des ménages de Nouakchott en Mauritanie étaient contaminés (185). En outre, les auteurs sur différentes études (37 ; 159 ; 185 ; 186 ; 187 ; 188 ; 189) se sont respectivement intéressés à la problématique de l'accès à l'eau potable et des potentielles maladies pouvant exister lorsque l'eau de boisson consommée est de mauvaise qualité. En procédant par des analyses microbiologiques et physico-chimiques de quelques échantillons d'eau, ils ont pu mettre en lumière une forte contamination des eaux consommées aux Coliformes Totaux et fécaux et aux Salmonelles. L'analyse des données cliniques des maladies hydriques dans ces zones d'étude leur a permis de faire le lien entre cette forte contamination et l'existence des pathologies telles que : la fièvre typhoïde, la dysenterie amibienne, les diarrhées et les parasitoses intestinales entre autres.

3.2.3. Morbidité des maladies liées à l'eau

Les maladies liées à l'eau identifiées dans les Centres de Santé de la ville de Bunia pendant la période d'étude ont été le paludisme, la fièvre typhoïde, la schistosomiase et la gastro-entérite. De loin, l'Hôpital Général de Référence (HGR) de Bunia a enregistré le plus grand nombre de ces maladies. Cependant, ces maladies pendant la durée de la recherche ont eu des proportions variantes entre elles et par rapport aux autres maladies. En effet, le maximum des cas a été obtenu aux mois de juin et le minimum aux mois de mai pour la fièvre typhoïde. L'on relève également une augmentation de la proportion passant de 20,7 % en 2015 à 37,6 % en 2019. le nombre de cas a atteint un pic en décembre et a diminué en mai. Par ailleurs, la proportion de cas de paludisme a légèrement diminué sur la période d'étude, passant de 72,5 % en 2015 à 71,1 % en 2019. L'analyse de sa saisonnalité montre que le maximum de cas a été relevé pendant les mois de décembre et le minimum pendant les mois de mai. Par ailleurs, le paludisme sur la période d'étude a vu sa proportion légèrement chuter soit, 72,5 % en 2015 et 71,1 % en 2019. Pendant toutes les années, le minimum et le maximum des cas de paludisme ont été enregistrés aux mois d'avril et de juin. Cela semble indiquer les mois pendant lesquels l'activité des anophèles est la plus et la moins intense dépendamment de la variabilité des éléments climatiques. En outre, la proportion de la schistosomiase a été en baisse pendant la durée de l'étude, notamment avec 21,9 % en 2015 et 13,8 % en 2019. Le minimum et le

maximum de cas ont été enregistrés aux mois d'avril et de décembre. Globalement, sur la période d'étude, le paludisme a eu la plus grande proportion soit 45,6 %, et la schistosomiase la proportion la plus faible soit 11 %. La fièvre typhoïde ayant une proportion globale de 18,8 % et la gastro-entérite de 24,6 %.

Dans la littérature, des résultats similaires ont été obtenus. Dans le Nord de la RDC, les auteurs ont également signalé une prévalence importante de la schistosomiase urogénitale (190). En mettant en relief une étude réalisée dans la commune d'Abobo à Abidjan (191), une forte propension des pathologies comme le paludisme et la fièvre typhoïde ont été enregistrés (192). Notamment avec un risque relatif (RR) de 5,82 et des possibilités de 63,46% pour les populations exposées de contracter le paludisme, et 14,26 % de ces malades ont contracté la fièvre typhoïde. Dans la même zone d'étude, 33,46 % des populations se plaignent de souffrir de paludisme, 30,88 % d'entre eux notifient des dermatoses et 25,37 % accusent des épisodes fréquentes des diarrhées (193). Suite aux plaintes des populations, une enquête sanitaire a été menée et ses résultats montrent l'émergence de quelques maladies liées au sein de la population : Il s'agissait du paludisme (78,8 %), des maladies diarrhéiques (7,4 %), les dermatoses (2,6 %) et de la fièvre typhoïde (2,6 %) (194). Toujours en Côte d'Ivoire, une étude comparative des quartiers a montré que le risque de contracter le paludisme et la fièvre typhoïde est plus élevé dans les quartiers insalubres que dans les quartiers salubres (192). Comme dans notre étude de Bunia, la diarrhée est le deuxième motif de consultation pour la morbidité hydrique à Abodo Sud avec 47,97 % de la population qui en souffrent (195). Une étude qui a été réalisée en Algérie présente la fièvre typhoïde, la dysenterie, l'hépatite virale de type A et les toxi-infections alimentaires figurent parmi les principales menaces pour la santé des populations. Les prévalences globales de la morbidité varient de 33 % et 25,1 % entre 2000 et 2015 dans la zone d'étude (196).

Dans la région de l'Extrême-Nord au Cameroun à Gassa, les chercheurs ont travaillé sur une épidémie de fièvre typhoïde ayant sévit dans la localité en 2011(197). À partir des prélèvements de sang et de selles effectués au sein de la population, les Salmonelles typhi ont été isolées dans la quasi-totalité des échantillons, 171 cas suspects ont été recensés et un taux d'attaque de 684/10000 a été obtenu. À Nouakchott en Mauritanie, l'étude sur les diarrhées a révélé une prévalence de 12,8 %, soit un taux inférieur à ceux obtenus dans la zone de santé de Bunia. Cela peut s'expliquer par les types d'étude et les approches méthodologiques utilisées, différentes (185).

3.2.4. Pollution des eaux de boisson et santé des populations

Une bonne qualité de l'eau est indispensable pour garantir un environnement sain et la bonne santé des êtres humains. Dans de nombreux pays, l'eau de boisson et l'assainissement n'ont pas de bonne qualité. Avec l'urbanisation rapide et le manque d'installations d'épuration des eaux usées dans les pays en développement ; les contaminations des eaux de boisson y sont observées et, elles deviennent une des principales causes de maladie (198). La plupart des germes pathogènes (*E. coli*, *Salmonella*, *vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *campylobacter jejuni*), des virus (virus de l'hépatite A, entérovirus, rotavirus, virus de Norwalk.) et des parasites (*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, *Entamoeba histolytica*, et *Dracunculus medinensis*) présents dans l'eau de boisson font courir un risque sérieux de maladies et leur élimination doit être prioritaire (199).

Pour cette étude en série de cas, l'objectif était de documenter le profil épidémiologique des maladies liées à l'eau, en termes de tendances et variations saisonnières, dans la Zone de Santé Bunia qui est se trouve dans la ville de Bunia. Les résultats obtenus montrent la présence élevée de paludisme, diarrhée, Fièvre typhoïde et schistosomiase intestinale. Globalement, la variation spatio-temporelle de ces maladies présente la tendance d'une évolution croissante (entre les années 2015-2019) avec une décroissance généralisée en 2018.

L'analyse montre également une association entre les germes pathogènes à l'origine de la contamination des ressources en eau de boisson (56 ; 67) et les maladies liées à l'eau enregistrées dans la zone de santé. La pollution des eaux de boisson à Bunia a des effets directs et indirects sur la santé des populations liés l'émergence de la morbidité hydrique qui, ont des répercussions multiples (199). Dans cette perspective, de nombreuses études similaires ont été conduite dans le même contexte et, ont enfin confirmé les tendances presque identiques que celle qui sont observées dans notre zone étude.

Une étude réalisée à Abidjan en Côte d'Ivoire a permis d'établir une relation entre l'insalubrité et les maladies infectieuses dans les quartiers précaires de Yopougon Gesco-Attié. Dans la zone d'étude, on recense des ménages situés à moins de 20 mètres des points de stagnation des eaux usées. La prolifération des dépôts d'ordures ménagères, l'envahissement des quartiers par les eaux usées, l'incinération des ordures ménagères contribuent aux risques sanitaires sur la population. Les principales maladies déclarées par les ménages sont : le paludisme (71 %), la diarrhée (14 %), la fièvre typhoïde (7 %) et les dermatoses (6 %) (186).

Au Sénégal, des populations dans des zones rurales et périurbaines utilisent les pompes Diambars et les puits qui fournissent une eau de qualité douteuse dont la consommation entraîne

des problèmes sanitaires. La santé humaine est gravement touchée par les maladies liées à l'eau (maladies à transmission hydrique, et infections transmises par des vecteurs liés à l'eau) de même que par la pollution due à des rejets de produits chimiques dans l'eau (198).

À Fès, au Maroc, une étude similaire au troisième objectif du présent travail a été réalisée sur la pollution des eaux de surface. Cette étude, similaire au troisième objectif du présent travail, a été menée dans la ville de Fès au Maroc dans le cadre de l'hydrobiologie et de l'écologie. Elle comportait deux volets : le premier consistait à déterminer les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de surface, en vue de déterminer le degré de divers polluants ainsi que leurs origines affectant la population ; le second visait à prévoir et évaluer les risques sanitaires que les polluants peuvent engendrer pour l'homme et pour la faune et la flore (200). Les résultats de leurs analyses physico-chimiques et bactériologiques ont mis en évidence une pollution microbienne de 100% des eaux, provenant des eaux de ruissellement et des eaux usées domestiques et industrielles et une pollution chimique de faible à moyenne importance dans l'ensemble des eaux des lacs étudiés, d'origine agricole et, des rejets industriels et domestiques (201).

Les concentrations des polluants chimiques et bactériologiques enregistrées ne sont pas généralisées. Elles ont une variabilité, comme à Bunia, dépendant de la géolocalisation et des types d'activités anthropiques exercées sur les ressources en eau étudiées (200). Selon la classification marocaine des eaux de surfaces, les eaux de surfaces de la ville de Fès s'avèrent entièrement chargées en germes microbiens et partiellement chargées en polluants chimiques et constituent une vraie menace pour l'environnement, en particulier pour la vie humaine et la santé de la faune et de la flore (200-201). Une étude similaire, aux présents travaux de recherche, était menée dans une localité de Dschang au Cameroun dans le but d'évaluer la qualité de l'eau consommée et son impact sur la santé des consommateurs. Elle a consisté à examiner la typologie des ressources en eau, des usages, des facteurs de risques de pollution ainsi que celle des maladies récurrentes sur la base des enquêtes. Elle a effectué la caractérisation physicochimique et microbiologique de l'eau effectués afin d'établir une relation droite entre ces déterminants (202).

Les résultats des analyses microbiologiques ont montré une forte contamination fécale d'origine animale (streptocoques fécaux, 1260 UFC/100 mL et 687000UFC/100 mL) que d'origine humaine (coliformes fécaux, 130 UFC/100 mL et 17785UFC/100 mL). Les maladies récurrentes qui ont été observées dans la zone d'étude sont fièvres typhiques (51 %), dysenteries amibiennes (22,5 %) et démangeaisons (17 %). L'étude menée dans la localité de Dschang,

comme celle qui concerne les eaux de boisson et maladies hydrique à Bunia en République Démocratique du Congo, réalisée par Ndungo et al (134), stipulent que la relation entre la pollution des ressources en eau et la récurrence des maladies hydrique semblent évidentes (202 ; 134).

3.2.5. Contribution de la thèse

Le présent travail permet de jeter les jalons de la mise en œuvre des objectifs sanitaires servant de base pour le Plan de Gestion de la Sécurité Sanitaire de l'Eau (129) en République Démocratique du Congo (RDC), En ce qui concerne la prise en charge des maladies à transmission hydrique, en mettant en exergue la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de boisson, associée à la contamination fécale en termes des pollutions spatio-temporelles. La publication correspondante est (134). Les contributions spécifiques de cette thèse sont classées en fonction des domaines dont elle découle :

Dans le domaine de la santé publique

- Cette étude fourni des renseignements relatifs aux intérêts, craintes, intentions des parties prenantes dans le secteur de l'eau ainsi que les déterminants du modèle des comportements pour la gestion durable des ressources en eau à Bunia en RDC. À notre connaissance, cette analyse des parties prenantes est la première utilisant le diagnostic participatif (communautaire) pour ressortir les déterminants socio-environnementaux de la surveillance des réseaux d'approvisionnement en eau de boisson ;

- La présente recherche fourni une analyse composite des craintes, des contraintes liées aux systèmes d'approvisionnement et des déterminants de l'intention de prise des ressources en eau ;

- Cette analyse des parties prenantes est une première dans la méthode d'intervention en santé publique. Elle est une nouvelle dynamique de mise en œuvre de l'approche participative de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (78).

Dans le domaine de l'épidémiologie clinique :

- La tendance croissante des courbes épidémiologiques des maladies liées à l'eau avec des pics épidémiques pendant les saisons pluvieuses, est un indicateur qui servira les autorités sanitaires dans la planification des interventions préventives et curatives au niveau de district de santé ;

- L'étude transversale comparative avec répétition de mesures est une méthodologie qui donne des résultats allant au-delà de la description d'une altération de la qualité de l'eau de boisson due à des microbes ou à des substances chimiques. Elle apporte une vision globale en matière de santé publique concernant la contamination permanente des ressources en eau. Ce diagnostic servira de mécanisme de collaboration entre les parties prenantes pour ce qui est de la surveillance des systèmes d'approvisionnement en eau de boisson, et non comme moyen de renforcer l'autorité politique sur les fournisseurs et les consommateurs.

Dans le domaine de l'Environnement et Santé :

- Ce travail est également pionnier en matière de qualité de l'eau de boisson associée aux activités humaines, animales et événements naturels à proximité des ressources en eau pour la prise en charge de la morbidité hydrique considérée comme principal motif de consultation dans les formations sanitaires en RDC.

- L'implication de la population au diagnostic participatif de la problématique des ressources en eau de boisson, permettra une gestion intégrée et durable des ouvrages hydrauliques.

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

En définitive, il était question dans ce travail de vérifier l'impact de la qualité de l'eau de boisson et ses répercussions sur la morbidité hydrique, en tenant compte des indicateurs de gestion intégrée et durable des ressources en eau dans la ville de Bunia (République Démocratique du Congo).

On doit retenir qu'en considérant les paramètres physico-chimiques et bactériologiques, les eaux de la ville de Bunia sont polluées et impropres à la consommation sans traitement préalable. Les maladies hydriques récurrentes qui entraînent une fréquence élevée de morbidité hydrique sont les gastro-entérites et la fièvre typhoïde causées par *E. coli* et *Salmonella sp*, respectivement. La variation des densités de ces germes dans l'eau est fonction du point d'eau considéré, de l'activité anthropique et de son gestionnaire.

L'étude socioéconomique a montré que les populations de la ville de Bunia s'approvisionnent plus auprès des eaux de forages pour leur alimentation en raison de leur apparente clarté mais dans l'ignorance de leur qualité microbiologique.

RECOMMANDATIONS

Fort des résultats obtenus, il est recommandé, de manière générale à Bunia, la mise en œuvre des activités normalement entreprises à la phase initiale de surveillance d'un approvisionnement en eau de boisson qui consistent à :

- définir les besoins pour le développement sur le plan administratif ;
- apporter une formation au personnel participant au programme de la gestion de l'eau ;
- définir le rôle des fournisseur et l'autorité de santé publique dans la surveillance ou le contrôle de la qualité de l'eau ;
- mettre sur pieds une surveillance de routine des dangers infectieux et toxiques prioritaires et assurer les inventaires des ressources en eaux ;
- limiter les contrôles aux substances connues comme sources de problèmes ;
- mettre en place des systèmes de notification, d'archivage et de communication ;
- promotion d'améliorations en fonction des priorités identifiées ;
- identifier au sein des communautés, les rôles des membres dans la surveillance et, les moyens de promouvoir leurs participations

Aux Populations de la ville de Bunia :

- éloigner les décharges et les latrines à proximité des points d'adduction d'eau potable ;

- créer des points focaux de gestion locale des points d'eau.

Aux gestionnaires des points d'adduction d'eau potable :

- remplacer les canaux de conduit vétustes de plus de 50ans d'existence ;
- développer un système national d'information sur l'eau ;
- mettre en place un mécanisme de suivi pour superviser les normes de construction.

Aux autorités des Communautés Territoriales Décentralisés :

- mettre sur pieds une surveillance de routine dans les domaines prioritaires ;
- mettre en œuvre les plans de protection des sources au niveau des bassins versants.

Au Gouvernement :

- accorder plus de financement en matière de gestion de ressource en eau ;
- renforcer les capacités des gestionnaires d'eau ;

PERSPECTIVES

Dans les travaux futurs, il est proposé :

- effectuer les mêmes travaux dans les principales villes ;
- étudier la dynamique des bactéries pathogènes d l'eau en fonction des saisons ;
- analyser la résistance des bactéries pathogènes des eaux aux antibiotiques ;
- déterminer la pollution des eaux en éléments tracés métalliques.

BIBLIOGRAPHIE

1. OMS. Directives De Qualité Pour L'Eau De Boisson Quatrième Édition Intégrant Le Premier Additif., *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2017;1:245–256 p.
2. Maamri A. Impact de l'environnement sur la santé humaine. *Ann des Sci la Santé*. 2017;10:1–9.
3. Poda J-N. Les maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta: état des lieux et perspectives. *Volta Basin Focal Proj Rep*. 2007;
4. Hruday S, Hruday E. *Safe Drinking Water: lessons from recent outbreaks in affluent*. London Int Water Assoc Publ. 2004;
5. Merhabi F, Amine H, Halwani J. Evaluation de la qualité des eaux de surface de la rivière Kadicha. *J Sci Liban*. 2019;20(1):10–34.
6. OMS. Atlas de la santé infantile. *Persée-Portail des revues scientifiques en SHS*; 2017.
7. Guillot B. L'eau à découvert chap: L'eau, omniprésente et étonnante. In: CNRS édition. 2015. 49p.
8. OMS/UNICEF. *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau*. 2019.
9. OMS/UNICEF. *Programme commun de suivi de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement. Progrès en matière d'assainissement et d'eau potable*. 2015.
10. Unies N. *Le droit à l'eau potable et à l'assainissement est un droit de l'homme essentiel*. 2010.
11. UNDP. *Rapport mondial sur le développement humain*. 2006.
12. Euzen A, Jeandel C, Mosseri R, others. *L'eau à découvert*. CNRS Éditions via OpenEdition; 2017.
13. OMS. *Discussions techniques sur les stratégies de la sante pour tous face à l'urbanisation galopante; urbanisation et sante : aperçu de la situation mondiale Genève*. CNRS Éditions via OpenEdition; 1991.
14. OSS. *Population et ressources en eau dans la zone d'action de l'OSS*. Vol. 1. Springer; 2016.
15. Hounsa AE, Sackou J, Gnaka FI, Gokpéya M, Attia R, Kouadio LP. Diarrhées infantiles: pratiques de prévention et de prise en charge dans une communauté rurale du sud-est de la Cote d'ivoire. *Rev Marocaine Santé Publique*. 2019;6(9).
16. Bourillet C. Vers le développement d'un environnement plus favorable à la santé au sens du concept international "Une seule santé." In: *Annales des Mines-Responsabilité et environnement*. 2021. Pp. 47–50.
17. Partow H. *Problématique de l'Eau en République Démocratique du Congo: Défis et Opportunités*. Rapport Technique; 2011.
18. OMS, Sékétéli A, Roungou JB. *Rapport de mission effectué en République démocratique du Congo (RDC) du 21 mai au 5 juin 1998*.
19. Nkoum BA. *Initiation à la recherche: une nécessité professionnelle*. Presses de l'UCAC;

- 2012.
20. Verhille S. Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable: interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique. Cent Collab Natl en santé environnementale. 2013;13p.
 21. Marchal D, Boireau W, Laval JM, Moiroux J, Bourdillon C. An electrochemical approach of the redox behavior of water insoluble ubiquinones or plastoquinones incorporated in supported phospholipid layers. *Biophys J*. 1997;72(6):2679–87.
 22. Holt PK, Barton GW, Mitchell CA. The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology. *Chemosphere*. 2005;59(3):355–67.
 23. Rodier J, Legube B, Merlet N. Coll 2009: L'analyse de l'eau, 9^{ème} éd. Vol. 1217, DUNOD, Paris. 2009.
 24. Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Festy B, Hartemann P, Ledrans M. Qualité de l'eau. 2003; Pp 333–68.
 25. OMS. Factsheet drinking water. ACS Publications; 2017.
 26. Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Levallois P, Payment P, Tricard D. Qualité de l'eau. *Environ Santé Publique*. 2003; Pp 332–68.
 27. Friedman DJ, Parrish RG, Hunter EL. Shaping a health statistics vision for the 21st century. Department of Health and Human Services Data Council; 2002.
 28. Lalonde M, Kanada G. Nouvelle perspective de la santé des Canadiens: un document de travail. Ministère de la santé nationale et du bien-être social Ottawa; 1974.
 29. d'enquête sur les services de santé et les services sociaux Q (Province). C, Rochon J. Rapport de la Commission d'enquête sur les services de santé et les services sociaux. La Commission; 1988.
 30. Reine B. L'accès à l'eau dans les bidonvilles des villes africaines. 2008;
 31. Sènan A, Miriac D, Senan A MD. Eau De Consommation Et Maladies Hydriques Dans La Commune De Lokossa Au Sud-Ouest De La Republique Du Benin (Afrique De L'ouest). *Eur Sci Journal, ESJ*. 2020;16(15):393–4017.
 32. Atlani-Duault L, Vidal L. Le moment de la santé globale. *Rev Tiers Monde*. 2013;215(3):7p.
 33. Laurent C, Laurence C, Oliveros-Toro G. Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines: Rapport de présentation. 2002.
 34. OMS. Directive sur les eaux de boisson. 1994.
 35. Council. Directive CEE 98/83. 1994.
 36. Moussima Yaka DA, Tiemeni AA, Zing BZ, Jokam Nenkam TLL, Aboubakar A, Nzeket AB, et al. Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines et risques sanitaires dans quelques quartiers de Yaoundé VII, Cameroun. *Int J Biol Chem Sci*. 2020;14(5):1902–20.
 37. Dégbey C, Makoutode M, Ouendo E-M, Fayomi B, De Brouwer C. La qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin. *Environnement, Risques & Santé*. 2008;7(4):279–83.

38. Schnitzer M, Kahn SU. Humic substances in the environment. 1972;
39. John PH, Donald A. Microbiologie. 2010;(3ème Édition):1216p.
40. Gouaidia L. Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de meskiana nord-est algérien. Master/These Université de Annaba-Badji Mokhtar; 2008.
41. Chapman D V. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. CRC Press; 1996.
42. Chauhan BS, Sagar SK, others. Impact of pollutants on water quality of river Sutlej in Nangal area of Punjab, India. In: Biol Forum. 2013. p. 113–23.
43. OMS. Directives De Qualité Pour L ' Eau De Boisson (Internet). Oms. 2000. 13 p. Available from: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/258887/1/9789242549959-fre.pdf?ua=1>
44. Atinkpahoun NCH. Relations entre la variabilité de la pollution des eaux usées urbaines et les contextes géographiques , socio-économiques et culturels au Bénin et en France Nelly Chrystelle Houefa Atinkpahoun To cite this version : HAL Id : tel-01883653 soutenance et mis. 2018;
45. Holt W V. Basic aspects of frozen storage of semen. Anim Reprod Sci. 2000;62(1–3):3–22.
46. Diagnostic P. Les milieux et réactifs de laboratoire Pasteur: microbiologie et immunologie. Diagnostic Pasteur, Fr 3ème édition Inst Pasteur. 1987;
47. Bartram J, Cotruvo J, Exner M, Fricker C, Glasmacher A, Water S, et al. Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health/J. Bartram...(et al.). In: Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health/J Bartram.(et al). 2003.
48. Leclerc H, Mossel DAA, Edberg SC, Struijk CB. Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. Annu Rev Microbiol. 2001;55(1):201–34.
49. Tallon P, Magajna B, Lofranco C, Leung KT. Microbial indicators of faecal contamination in water: a current perspective. Water Air Soil Pollut. 2005;166:139–66.
50. Ainsworth R, Water S, Organization WH, others. Safe piped water: managing microbial water quality in piped distribution systems/edited by Richard Ainsworth. In: Safe piped water: managing microbial water quality in piped distribution systems/edited by Richard Ainsworth. 2004.
51. Medema GJ, Payment P, Dufour A, Robertson W, Waite M, Hunter P, et al. Safe drinking water: an ongoing challenge. Assess Microb Saf Drink Water. 2003;11.
52. Wade TJ, Pai N, Eisenberg JNS, Colford Jr JM. Do US Environmental Protection Agency water quality guidelines for recreational waters prevent gastrointestinal illness? A systematic review and meta-analysis. Environ Health Perspect, 2003;111(8):1102–9.
53. Rivera SC, Hazen TC, Toranzos GA. Isolation of fecal coliforms from pristine sites in a tropical rain forest. Appl Environ Microbiol. 1988;54(2):513–7.

54. Griffiths C, Klemick H, Massey M, Moore C, Newbold S, Simpson D, et al. US Environmental Protection Agency valuation of surface water quality improvements. *Rev Environ Econ Policy*. 2012;
55. Maal-Bared R, Bartlett KH, Bowie WR. Dealing with waterborne disease in Canada: challenges in the delivery of safe drinking water. *Rev Environ Health*. 2008;23(2):119–34.
56. Delmont J. Les enjeux de santé liés à la qualité de l’eau de boisson dans les pays en développement. Atelier d’information sur la Qual l’eau dans les Proj développement des Serv d’eau potable. 2016;
57. Aubry P, Gaüzère DB-A, Vanhecke DC. *Actualités* 2022.
58. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg’s rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113:147–55.
59. Tadei WP, Santos JMM dos, Costa WL de S, Scarpassa VM. Biology of Amazonian anophelines: XII. Species of Anopheles, transmission dynamics and control of malaria in the urban area of Ariquemes (Rondonia, Brazil). *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 1988;30:221–51.
60. Assis JM. Machado de. *Obra Complet*. 2008;1p.
61. Wiefels A. Etude des relations entre la luminosité de l’eau et le paludisme dans l’État d’Amazonas en Amazonie brésilienne. Université Montpellier; 2016.
62. OMS. rapport 2018. OMS. World Health Organization; 2018.
63. Meltzer E, Schwartz E. Enteric fever: a travel medicine oriented view. *Curr Opin Infect Dis*. 2010;23(5):432–7.
64. Keddy KH, Sooka A, Letsoalo ME, Hoyland G, Chaignat CL, Morrissey AB, et al. Sensitivity and specificity of typhoid fever rapid antibody tests for laboratory diagnosis at two sub-Saharan African sites. *Bull World Health Organ*. 2011;89(9):640–7.
65. Kashosi TM, Muhandule AB, Mwenebitu DL, Mihuhi N, Mutendela JK, Mubagwa K. Antibio-résistance des souches de salmonella spp isolées d’hémocultures à Bukavu en RD Congo. *Pan Afr Med J*. 2018;29:1–8.
66. Thompson CN, Kama M, Acharya S, Bera U, Clemens J, Crump JA, et al. Typhoid fever in Fiji: a reversible plague? *Trop Med & Int Heal*. 2014;19(10):1284–92.
67. Aubry PP, Gaüzère DB. Les maladies liées à l’eau. 2021; Pp 1–10.
68. Wolff DB, Petersen WA, Tokay A, Marks DA, Pippitt JL. Assessing Dual-Polarization Radar Estimates of Extreme Rainfall during Hurricane Harvey. *J Atmos Ocean Technol (Internet)*. 2019;36(12):2501–20.
69. Baker S, Holt KE, Clements ACA, Karkey A, Arjyal A, Boni MF, et al. Combined high-resolution genotyping and geospatial analysis reveals modes of endemic urban typhoid fever transmission. *Open Biol.*, 2011;1(2):110008.
70. Njunda AL, Ndzi EN, Assob JCN, Kamga H-LF, Kwenti ET. Prevalence and factors associated with urogenital schistosomiasis among primary school children in barrage, Magba sub-division of Cameroon. *BMC Public Health.*, 2017;17(1):1–9.

71. Tchouanguem HN, Fouelifack FY, Keugoung B, Fouelifa LD, Moyou RS. Situation actuelle de la schistosomiase dans l'aire de santé de Santchou,(District de santé de Santchou, Région de l'Ouest-Cameroun). *Pan Afr Med J.*, 2016;24(1).
72. OMS. Rapport 2021 sur le paludisme dans le monde Dossier d'information Principaux messages. Om (Internet). 2021;24. Available from: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/malaria/world-malaria-reports/world-malaria-report-2021-global-briefing-kit-fre.pdf?sfvrsn=8e5e915_23&download=true
73. Pennington LF, Hsieh MH. The Immunobiology of Urogenital Schistosomiasis. *Immun to Helminths Nov Ther Approaches.* 2014;2:93.
74. Carod Artal FJ. Cerebral and spinal schistosomiasis. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2012;12:666–74.
75. Tchouanguem HN, Fouelifack FY, Keugoung B, Fouelifa LD, Moyou RS. Situation actuelle de la schistosomiase dans l'aire de santé de Santchou, (District de santé de Santchou, Région de l'Ouest-Cameroun). *Pan Afr Med J.*, 2016;24:1–6.
76. Ouiles A. Analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source de la région Iferhounene. Université Mouloud Mammeri; 2021.
77. Moriarty P, Butterworth J, Batchelor C. La gestion intégrée des ressources en eau et le sous-secteur de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement domestiques. *Cah Thématique.* 2007;
78. Tricard D. L'information sur la qualité de l'eau distribuée : Relations entre les services de distribution d'eau et leurs clients. In 1998.
79. Craun GF, Berger PS, Calderon RC. Coliform bacteria and waterborne outbreaks. *J Am Waters Work Assoc.* 1993;89(3).
80. Lee Y-M, Johnson PW, Call JL, Arrowood MJ, Furness BW, Pichette SC, et al. Development and application of a quantitative, specific assay for *Cryptosporidium parvum* oocyst detection in high-turbidity environmental water samples. *Am J Trop Med Hyg.*, 2001;65(1):1–9.
81. Fewtrell L, Kaufmann RB, Kay D, Enanoria W, Haller L, Colford JM. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis.* 2005;5(1):42–52.
82. Clasen T, Schmidt W-P, Rabie T, Roberts I, Cairncross S. Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea: systematic review and meta-analysis. *Bmj.* 2007;334(7597):782.
83. Segbeaya KN. Évaluation de l'impact des déchets ménagers de la ville de Kara (Togo) sur la qualité de la rivière Kara. These Dr L'université Lome EN CO-tutelle avec l'université Limoge. 2012; Pp 1–226.
84. ONU. Accès à l'eau potable dans le monde. 2019.
85. Festy B, Tricard D. Environnement, l'eau. Brucker, G. et D. Fassin, Santé Publique, édition Ellipses, Paris 1989; Pp 595–611.
86. Baron C. Mutations institutionnelles et recompositions des territoires urbains en Afrique : une analyse à travers la problématique de l'accès à l'eau. 2006;

87. Catherine B, Mailliefert M. Une lecture institutionnaliste de la gouvernance de l'eau potable. 2011;
88. Grembo Siro DM. Croissance urbaine, un défi pour l'accès à l'eau potable et l'assainissement à Bangui (République Centre Africaine). 2017.
89. Nkengfack H, Domguia EN, Kamajou F. Analyse Des Determinants De L'Offre De L'Eau Potable Au Cameroun. 2017;
90. Guerra CA, Donfack OT, Vaz LM, Nlang JAM, Nchama LON, Eyono JNM, et al. Malaria vector control in sub-Saharan Africa in the time of COVID-19: no room for complacency. *BMJ Glob Heal* (Internet). 2020;5. Available from: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:221771003>
91. Chen J, Shao Z, Huang X, Zhuang Q, Dang C, Cai B, et al. Assessing the impact of drought-land cover change on global vegetation greenness and productivity. *Sci Total Environ*. 2022;852:158499.
92. Sessouma A. Gestion des ressources en eau et stratégies d'acteurs. Analyse des politiques locales en matière de gestion de l'eau au Burkina Faso: cas de l'Oubritenga en pays moaga. Thèse de Doctorat (PhD), Université de Mainz (Allemagne), Institut d'Ethnologie et des. Anthropologie & développement. Presses universitaires de Louvain; 2014.
93. Dos Santos S. L'accès à l'eau courante des femmes migrantes à Ouagadougou: durabilité de l'accès et effet sur la survie des enfants. *Vertigo*. 2013;13(1).
94. Mamadou I, Abdou MM, Issaka AM, Ibrahim MB, Idi M, ISSALEY N, et al. Difficultés d'accès à l'eau potable dans la ville de Zinder, Niger: causes, conséquences et perspectives. *Afr Sci*. 2016;12:99–112.
95. Kane A, Seck A, Gaye N. La problématique de l'accès à l'eau dans les îles du saloum: quelle place pour les initiatives locales dans la gouvernance de l'eau? *Sci Particip*. 2017;181.
96. Yao KA, Amani YC. La problématique de la pérennité du service public d'eau potable à Bondo (nord-est de la Côte d'Ivoire). *ELECTIONS, Gouv Dev EN AFRIQUE*. 2016;60.
97. Kambiré B, Ymba M. L'accès à l'eau potable dans les villes secondaires ivoiriennes: le cas de Gagnoa (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Rev des Sci l'Environnement*. 2017;1(14):121–44.
98. Katsongo K. Alternatives de partenariats pour la gestion de l'eau potable dans les quartiers pauvres des zones urbaines: cas de Kinshasa. 2010.
99. Ditona Tsumbu H, Cammaerts D, Adant I, Sambieni Kouagou R, Lelo Nzuzi F, Delière J-F. Acceptabilité sociale d'un système décentralisé d'approvisionnement en eau potable: le cas d'étude des Associations d'Usagers de Réseaux d'Eau Potable (ASUREP) à Kinshasa, République Démocratique du Congo. *Int J Water Sci Environ Technol*. 2020;(2).
100. Thomas Kayobola Kangombe. Approvisionnement en eau potable en milieu rural en République Démocratique du Congo face à l'Objectif 6 de Développement Durable, Exemple de la province du Maniema. 2020;162p.

101. Rosillon F, Savadogo B, Kabore A, Poda JN, Bado-Sama H, Dianou D. Estimation des teneurs en nitrates dans les eaux potables par l'utilisation de bandelettes réactives: un exercice d'éducation à l'environnement dans la vallée du Sourou au Burkina Faso. *Vertigo*. 2012;12(2).
102. Lavie E, El-Tayib NH. Du robinet au consommateur: qualité de l'eau potable dans le contexte domestique de l'agglomération de Khartoum, Soudan. *Cybergeo Eur J Geogr*. 2014;
103. Soncy K, Djeri B, Anani K, Eklou-Lawson M, Adjrah Y, Karou DS, et al. Évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de forage à Lomé, Togo. *J Appl Biosci*. 2015;91:8464–9.
104. Xue Y, Diallo I, Boone AA, Yao T, Zhang Y, Zeng X, et al. Spring Land Temperature in Tibetan Plateau and Global-Scale Summer Precipitation: Initialization and Improved Prediction. *Bull Am Meteorol Soc (Internet)*. 2022;103(12):E2756–67.
105. Vital SNC, Robert N, Benoît NM. Pollution de l'eau de consommation humaine et risques sanitaires à court terme: Cas du bassin versant de la Ménoua (Ouest-Cameroun). *Eur Sci Journal, ESJ*. 2018;14(3):96–117.
106. Tubi MK, Bizombi FT, Yelo RT. Problématique d'accès durable à l'eau potable et à l'assainissement de base dans la ville de Kinshasa. *Éducation et développement*. 2022;(35):9.
107. Bunia R. Rapport annuel. Kinshasa, Democratic Republic of Congo (DRC); 2013.
108. Pourtier R. La République démocratique du Congo face au défi démographique. *Notes l'Institut Français des Relations Int*. 2018;38.
109. R DLM. Les pathologies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau. 1997; 26p.
110. Carvalho D. An Assessment of NASA's GMAO MERRA-2 Reanalysis Surface Winds. *J Clim (Internet)*. 2019;32(23):8261–81. Available from: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/32/23/jcli-d-19-0199.1.xml>
111. Konate K. Méthode de recherche. 2021;
112. Connaissances LECAP, José EM, Oudou N. en *Recherche Médicale*. 2013;14(June):1–3.
113. Perruche F, Pourriat J-L, Claessens Y-E. Satisfaction des patients consultant aux urgences. *Mise au point. J Eur des urgences*. 2008;21(1):14–21.
114. Clément C, Schaeffer E. Évaluation de la validité sociale des interventions menées auprès des enfants et adolescents avec un TED. *Rev psychoéducation*. 2010;39(2):207–18.
115. Whashplus.org. Enquête de base sur l'eau, l'hygiène l'assainissement, et les maladies tropicales négligées y associées. 2016;
116. AFNOR E. Méthodes d'essai. *Recl des normes françaises*. 1986;64:65.
117. Hafsi R, Boutaghane H. Water quality evaluation analysis of an urban river based on self-organising maps: Annaba City (Eastern Algeria). *Int J Hydrol Sci Technol*. 2022;14(1):1–13.

118. Arreola AG, Balaban MO, Wei CI, Peplow A, Marshall M, Cornell J. Effect of supercritical carbon dioxide on microbial populations in single strength orange juice. *J Food Qual.* 1991;14(4):275–84.
119. Coulibaly PK, Diawara DA. *Physico-Chimique et Bacteriologique de l' Eau.* 2005;69.
120. Scheili A. Variabilité spatio-temporelle de la qualité de l'eau potable des petits réseaux: facteurs explicatifs et développement d'outils de gestion. Université Laval; 2015.
121. OCC. Rapport. 2013.
122. Ngô C, Régent A. Déchets et pollution: Impact sur l'environnement et la santé. 2004.
123. Koffi-Nevry, Rose and Assi-Clair, BJ and Assemmand, Emma F and Wognin, Affou S{\'}raphin and Koussemon M. Origine des témoins de contamination fécale de l'eau d'arrosage de la laitue (*lactuca sativa*) cultivée dans la zone péri urbaine d'Abidjan. *J Appl Biosci.* 2012;52:3669–75.
124. Bracken P, Werner C, Kvarnström E. Making sustainable choices--the development and use of sustainability oriented criteria in sanitary decision making. In: *Proceedings of the 3rd international ecological sanitation conference.* 2005. p. 486–94.
125. Touhari F, Guetarni H, Sadaoui S, Mehaiguene M. Water quality assessment of the ouled mellouk dam treatment plant, north western Algeria. *Agric Sci Dig Res J.* 2023;43(3):334–9.
126. Hartemann P. Eau et santé: des indicateurs pertinents avec une approche par l'évaluation des risques. *Journées de l'hydraulique.* 2004;28(1):121–6.
127. Directives de qualité pour l'eau de boisson: 4e éd. intégrant le premier additif. Organisation mondiale de la Santé; 2017.
128. Angélique T, Dylan C, François M, Loic F. Facteurs de variation de la qualité bacteriologique de l'eau en élevage de dindes. 2007;
129. Von Gunten U. Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water Res.* 2003;37(7):1443–67.
130. Empereur-Bissonnet P. L'eau de boisson dans les pays en développement "Médecine, Eau, Agriculture et Santé en milieu Tropical." édition Robert Laffont. 2007;22:290.
131. Huguiet M, Maisonneuve H, De Calan L, Franco D, Galmiche JP, Lorette G. La rédaction médicale de la thèse à l'article originale: la communication orale. Doin Editions. XI; 2003.
132. Hangi Ndungo J, Djibiekaptchouang L, Ewoti Noah O, Takougang I. Eaux de boisson et maladies hydrique à bunia (RD Congo). *Rev Espace Territ Sociétés Santé.* 2022;5(10):147–58.
133. Innocent GP, Lieven N, Baere, Katrien P, Hooydonk V, D'Aout P, et al. L'accès à l'eau potable en Ituri, RD Congo : L'eau proche de nous. CIDRI et PROTOS; 2014. p. 68.
134. Hartard C. Les bactériophages ARN F-spécifiques comme indicateurs du danger viral lié à la pollution fécale des matrices hydriques et alimentaires. 2017;(2017LORR0152). Available from: <https://theses.hal.science/tel-01768003>
135. Skrabber S. Intérêt des bactériophages en tant que témoin de contamination fécale et de

- présence de virus entériques pathogènes dans les eaux de la rivière Moselle. Université Henri Poincaré-Nancy 1; 2003.
136. Selaimia Nora BM. Évaluation de la qualité microbiologique de l'eau potable (Eau de robinet) et l'eau de quatre sources naturelles dans la région de Guelma. SNV. STU; 2023.
 137. Angueletou-Marteau A. Les petits opérateurs privés dans la chaîne d'approvisionnement d'eau potable dans les petites et moyennes villes indiennes. *Rev tiers monde*. 2010;(3):141–58.
 138. Briand A, Nauges C, Travers M. Les déterminants du choix d'approvisionnement en eau des ménages de Dakar. *Rev Econ Dev*. 2009;23(3):83–108.
 139. Alexandre O, Azomahou T. Modéliser la demande en eau potable: une étude de cas sur 115 communes de la Moselle. 2000;
 140. Hajispyrou S, Koundouri P, Pashardes P. Household demand and welfare: implications of water pricing in Cyprus. *Environ Dev Econ*. 2002;7(4):659–85.
 141. Ghini M. Demand elasticity of water supply in respect to water price change: case study in Athens. *L'Europe l'Eau, l'Eau des Eur Lille*. 2000;13.
 142. Montginoul M, Rinaudo J-D. Impact de la tarification sur les stratégies de consommation et d'approvisionnement en eau des ménages. *La Houille Blanche*. 2003;(3):107–11.
 143. Bazin M. Les eaux du Tigre et de l'Euphrate, une ressource disputée et menacée. *Diplomatie*. 2023;(120):77–9.
 144. Latargere J. Vers une nouvelle interprétation des conflits autour de la ressource en eau au Mexique: des controverses pour l'accès à l'eau aux revendications patrimoniales. *La Houille Blanche*. 2020;(2):49–62.
 145. Lasserre F. Conflits hydrauliques et guerres de l'eau: un essai de modélisation. *Rev Int Strat*. 2007;(2):105–18.
 146. Pauline B, Inès Y. L'eau, source de conflits : étude du cas du lac de Caussade. *Sci Eaux Territ*. 2023;(43):30.
 147. Niasse M. Prévenir les conflits et promouvoir la coopération dans la gestion des fleuves transfrontaliers en Afrique de l'Ouest. *Vertigo-la Rev électronique en Sci l'environnement*. 2004;5(1).
 148. Linda SDB, Yemmafouo A, Charly DNG. Problématique de l'approvisionnement en eau potable dans la "mangroville" au sud de Douala, Cameroun. *Eur Sci J*. 2020;16(2):11–29.
 149. Nkounkou CL, Louzayadio MRF, Ayessou N, Elouma NAM, Ngakegni-Limbili AC, Mar-DIOP CG, et al. Approvisionnement en eau dans la ville de Brazzaville, Congo. *Eur Sci J*. 2017;13(21):474–98.
 150. Bah AK, Diallo A, Morin R. Approvisionnement en eau des ménages de Conakry. *Afr Contemp*. 2007;221(1):225–45.
 151. Aude U, Renou Y, Plauchu V. Gouvernance "Non souveraine et régulation des services de l'eau à Monrovia" (Liberia). *Rev Tiers Monde*. 2010;(3):159–80.
 152. Kouassi RM, Koné BA, Yao ÉK, Silué B, Cissé G, Soro N. Approvisionnement en eau

- potable, qualité de la ressource et risques sanitaires associés à Korhogo (Nord-Côte d'Ivoire). *Environ Risques & Sante*. 2015;14:230–41.
153. Diabagaté A, Konan GH, Koffi A. Stratégies d'approvisionnement en eau potable dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Geo Eco Trop*. 2016;4:345–60.
 154. Miriac ASD, Noukpo A, Christophe HS. Eau De Consommation Et Maladies Hydriques Dans La Commune De Lokossa Au Sud-Ouest De La Republique Du Benin (Afrique De L'ouest). *Eur Sci Journal, ESJ*. 2020;16(15):393–4017.
 155. Traore F, Konare MA, Sossou S, Andrianisa HA, Samakea Y. Contribution A L'amélioration De L'accès A L'eau, L'hygiène Et L'assainissement Dans La Commune Rurale De Zan Coulibaly Au Mali. *Eur Sci Journal, ESJ*. 2021;17(40):196.
 156. Tchoungsi EK, Mougoue B, Tagne CT, Touoyem FM, Bonganjum NS. Approvisionnement en eau et risques sanitaires dans le bassin versant amont de l'Abiergué à Yaoundé (Cameroun). *Eur Sci J*. 2020;16(8):102–23.
 157. Vissin EW, Aimade HSS, Dougnon LD, Sohounou M, Atiye EY, Atchade GAA. Qualité de l'eau et maladies hydriques dans la commune de Toffo (Bénin, Afrique de l'ouest). *J Appl Biosci*. 2016;106:10300–8.
 158. Dörfliger N, Perrin J. Ressources en eau: une gestion nécessairement locale dans une approche globale. *Geosciences*. 2011;13:94–101.
 159. Agence, Loire-Bretagne de l'eau, Al E. Gestion durable de la ressource en eau et protection des milieux aquatiques. *Geosciences*. 2015;81:24.
 160. Kangombe TK. La qualité physico-chimique de l'eau de consommation dans la zone d'Ilheret au Kenya. *Water Sci Environ Technol*. 2022;54.
 161. Soufian. Introduction à l'Analyse de Qualité de l'Eau de Boisson. *WwwCawstOrg*. 2013;
 162. El Ouedghiri K, El Oualti A, El Ouchy M, Zerrouq F, Chahdi F, Lalami A. Risques sanitaires liés aux composés chimiques contenus dans l'eau de boisson dans la ville de Fès: Cas des ions nitrates et nitrites (Health risks of the chemicals in drinking water in the city of Fez: nitrate and nitrite ions). *J Mater Environ Sci*. 2014;5:2284–92.
 163. El Mostafa HASSOUNE AB, Koulali Y, Hadarbach D. Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc). *Bull l'Institut Sci Rabat*. 2006;(28):61–71.
 164. Sauret E. • Caractérisation hydrochimique et qualité des eaux souterraines du projet hydraulique villageois 310 forages dans la boucle du Mouhoun dans les provinces des Banwa des Balés, Mouhoun et de la Kossi (Burkina Faso). 2005;
 165. Potelon J-L, Zysman K. Guide des analyses d'eau potable. Editions de " La Lettre du Cadre Territorial"(BP 215-38506 Voiron Cedex); 1993.
 166. ARNICH N, GRIMAULT L, JOYEUX M, others. Evaluation des risques sanitaires liés aux situations de dépassement des limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Juin 2004. afssa; 2007. 252 p.
 167. Robert É. Turbidité et risques dans le bassin versant de la Doubégué (Burkina Faso). *Bull l'association géographes français Géographies*. 2014;91(91–3):355–72.
 168. Robert E. Les risques de pertes en terre et en eau dans le bassin versant de la Doubégué

- (Burkina Faso): pour une gestion intégrée. Université Michel de Montaigne-Bordeaux 3; 2011.
169. Belles-Isles J-C, Chaussé K, Chevalier P, Dion R, Jacques L, Levallois P, et al. Groupe scientifique sur l'eau. 2004;
 170. Canda S. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: document technique-la turbidité, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). In 2003. 12p
 171. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : documentation à l'appui – Les protozoaires : la Giardia et le Cryptosporidium, Bureau de la qualité de l'eau et de la santé, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des. In 2004. 12p.
 172. Djaouda M, Gake B, Zebaze Togouet SH, Wadoube Z, Nola M, Njiné T. Évaluation de la contamination par Salmonella sp. et Vibrio cholerae des eaux de puits de Garoua, Nord Cameroun. *Afrique Sci.* 2018;14(4):209–24.
 173. Mehrabian S, Paternotte P, Mougenot M, Hartemann P, Foliguet JM. Salmonelles dans les eaux superficielles et usées de la région Lorraine. *Médecine Mal Infect.* 1977;7(12):535–40.
 174. Yéo KM, Kouadio ANB, Goné DL. Evaluation de la qualité des eaux de forages et de puits destinées à la consommation humaine: Approches d'analyses multivariées. *Int J Innov Appl Stud.* 2023;40(4):1299–311.
 175. WHO. Guidelines for drinking water quality, 4th ed. 2011;
 176. Belghiti ML , Chahlaoui A, Bengoumi D, El Moustaine R. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS J.* 2013;(14).
 177. Mushi D, Byamukama D, Kirschner AKT, Mach RL, Brunner K, Farnleitner AH. Sanitary inspection of wells using risk-of-contamination scoring indicates a high predictive ability for bacterial faecal pollution in the peri-urban tropical lowlands of Dar es Salaam, Tanzania. *J Water Health.* 2012;10(2):236–43.
 178. Ayad W, Kahoul M. Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (NE-Algérie)(Assessment of physico-chemical and bacteriological quality of Well water in the region of El-Harrouch (NE-Algeria)). *J Mater Environ Sci.* 2016;7:1288–97.
 179. Kanohin F, Otchoumou E, Yapou OB, Dibi B, Bonny AC. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Bingerville. *Int J Biol Chem Sci.* 2017;11(5):2495–509.
 180. Baghel VS, Gopal K, Dwivedi S, Tripathi RD. Bacterial indicators of faecal contamination of the Gangetic river system right at its source. *Ecol Indic.* 2005;5(1):49–56.
 181. Bacci F, Chapman D V. Microbiological assessment of private drinking water supplies in Co. Cork, Ireland. *J Water Health.*, 2011;9(4):738–51.
 182. Mukhopadhyay C, Vishwanath S, Eshwara VK, Shankaranarayana SA, Sagir A. Microbial quality of well water from rural and urban households in Karnataka, India: A

- cross-sectional study. *J Infect Public Health.*, 2012;5(3):257–62.
183. Djaouda M, Lecke A, Maine MK, Wadoube Z, Liang S, Nola M, et al. Assessment of bacteriological quality of groundwater from boreholes in Maroua (Far North Cameroon). *Int J Biol Chem Sci.*, 2018;12(2):958–74.
 184. Monjour L. De nouvelles stratégies prônées pour la prévention des maladies liées à l'eau de boisson en milieu tropical. *Journées de l'hydraulique.* 2004;28(1):127–32.
 185. Sy I, Traoré D, Diène AN, Koné B, Lô B, Faye O, et al. Eau potable, assainissement et risque de maladies diarrhéiques dans la Communauté urbaine de Nouakchott, Mauritanie. *Sante Publique (Paris).*, 2017;29(5):741–50.
 186. Coulibaly M, Tuo P, Aké-Awomon DF. Insalubrité et maladies infectieuses dans les quartiers précaires de Yopougon Gesco-Attié: cas de Judé, Mondon et Ayakro (Abidjan, Côte d'Ivoire). *Rev Espac Territ Sociétés Santé.* 2018;1:46–65.
 187. Diop C, Toure A, Bah F, Lam A, Cabral M, Fedior S, et al. Approvisionnement en eau dans la commune des Parcelles Assainies de Dakar (Sénégal): perception de la qualité et pratiques des populations. *Artic Eur Sci Journal, ESJ, Ed.* 2021;17(7).
 188. Agnès FT, Aristide Y. Gouvernance de l'eau et maladies hydriques dans les campagnes des Hautes Terres de l'Ouest Cameroun:Analyse à partir du cas du village Bangoua. *Eur Sci J.*, 2020;16(17):182–205.
 189. Laurentine NE, Benoit M. Approvisionnement En Eau De Consommation Et Récurrence Des Maladies Hydriques Dans La Commune De Bangangté (Ouest-Cameroun). 2020;
 190. Claris EM, Martin MB, Claire MKNM, Olivier MM, Thomas BB, Félicien TK. Prévalence de la Schistosomiase Uro-Génitale (Bilharziose Urogénitale) dans le Nord-Ubangi: Niveau des connaissances, attitudes et pratiques des habitants des zones rurales (Cas de la zone de santé rurale de Bosobolo, Province de Nord-Ubangi, RDC). *Int J Innov Appl Stud.* 2021;31(4):785–94.
 191. Bamba MDÉ, N'Doli SDE. Assainissement et risque de maladies chez les populations de Kennedy Clouetcha dans la commune d'Abobo à Abidjan, Côte d'Ivoire. 2021;
 192. Hue Bi Broba Fulgence Kambire Bébé ADA. Insalubrité du cadre de vie et risque de maladies environnementales : cas du paludisme et de la fièvre typhoïde à Sinfra (centre-ouest de la Côte d'Ivoire). *Rev Espac Territ Sociétés Santé.*, 2021;4:59–74.
 193. Wijayarathne D, Coulibaly P, Boodoo S, Sills D. Use of Radar Quantitative Precipitation Estimates (QPEs) for Improved Hydrological Model Calibration and Flood Forecasting. *J Hydrometeorol.* 2021;22(8):2033–53.
 194. Tuo P, Yu J-Y, Hu J. The Changing Influences of ENSO and the Pacific Meridional Mode on Mesoscale Eddies in the South China Sea. *J Clim (Internet).* 2019;32(3):685–700. Available from: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/32/3/jcli-d-18-0187.1.xml>
 195. Traoré F, Konaré MA, Sossou S, Andrianisa HA, Samaké Y. Contribution A L 'amélioration De L 'accès A L 'eau , L 'hygiène Et L 'assainissement Dans La Commune Rurale De Zan Coulibaly Au Mali Improvement Of Access To Water , Hygiene And Sanitation In The Rural Commune Of Zan Coulibaly In Mali. 2021;196–214.

196. Kherifi W, Bekiri F. Les maladies à transmission hydrique en Algérie. *J Algérien des Régions Arid.* 2017;14.
197. Noire M d'Afrique. Epidémie de fièvre typhoïde à Gassa, extrême-nord Cameroun en 2011. *Médecine d'Afrique Noire.*, 2015;62(5):258.
198. Faye C. Les défis de la pollution de l'eau, une menace pour la sante publique: atouts et défauts des lois et politiques de l'eau au Sénégal. 2017;
199. OMS. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Critères d'hygiène et documentation à l'appui-Genève., 2000;2:105p.
200. Lalami AEO, Merzouki M, El Hillali O, Maniar S, Koraichi SI. Pollution des eaux de surface de la ville de Fès au Maroc: typologie, origine et conséquences. *LARHYSS J P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782.* 2011;(9).
201. Norme marocaine de qualité des eaux B officiel n°5062. Arrêté conjoint du ministre de l'équipement et du ministre charge de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n 1676-01 du 10 chaabane 1423 (du 17 octobre 2002) portant fixation des normes de qualité des eaux destiné. *Bull Off Maroc.*, 2002;(5062).
202. Nguefack CVS, Ndjouenkeu R, Ngassoum MB. Qualité de l'eau de la localité de Dschang et impact sur la santé des consommateurs. *Afrique Sci.*, 2018;14(3):96–107.

ANNEXES

ANNEXE 1. AUTORISATIONS DE RECHERCHE

Autorisation de l'Université de Yaoundé

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail - Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DE MEDECINE ET DES
SCIENCES BIOMEDICALES

Tél/Fax : 22 31 12 24

22 31 05 86

22 03 88 41

E.mail : decanatfmsb@hotmail.fr

N° 1622 /UY1/FMSB/MDRC/C&D



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace - Work - Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF MEDICINE AND
BIOMEDICAL SCIENCES

Yaoundé, 17 MARS 2021

**Le Doyen de la Faculté de Médecine
et des Sciences Biomédicales**
*The Dean of the Faculty of Medicine and
Biomedical Sciences*

AUTORISATION DE RECHERCHE

Je soussigné, **Professeur Jacqueline ZE MINKANDE**, Doyen de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé I,

Autorise le **Dr NDUNGO HANGI Jonathan**, Matricule **18M369**, Etudiant en 3^{ème} année PhD en Santé Publique à la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé I, à mener une étude intitulée : « **Evaluation de la qualité des eaux de boisson et leur répercussion sur la morbidité hydrique : indicateur de gestion intégrée et durable des ressources en eau : cas de la ville de Bunia en République Démocratique du Congo** ».

Cette enquête sera dirigée par le **Pr TAKOUGANG Innocent**, et codirigée par le **Dr NJOUMEMI ZAkariaou**.

En foi de quoi la présente autorisation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit. /-

LE DOYEN,

*de la Faculté de Médecine
et des Sciences Biomédicales
UY I*

Autorisation de la Division Provinciale de Santé

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Ministère de la Santé Publique

PROVINCE DE L'ITURI



DIVISION PROVINCIALE DE LA SANTE

BP 185

BUNIA

Bunia, le 13/01/2020

A monsieur NDUNGO HANGI Jonathan,
Candidat Doctorant Ph2, Université de
Yaoungé 1, Faculté de Médecine et
Sciences Biomédicales,
Investigateur Principal, à Bunia

Objet: Avis de la Division Provinciale de la Santé sur l'étude intitulée : « *Evaluation de la qualité des eaux de boisson et répercussion sur la Morbidité hydrique : indicateur de gestion intégrée et durable des ressources en eau. Cas de la ville de Bunia en République Démocratique du Congo* »

Monsieur l'Investigateur principal,

J'accuse réception de votre lettre du 06 janvier 2020 dont objet : Demande d'autorisation d'Investigation et vous en remercie.

Mon équipe technique a examiné votre demande ainsi que le protocole dont le titre est repris en marge.

Etant donné que l'étude proposée ne contient pas de procédures invasives sur les sujets humains, je donne mon avis favorable à la conduite de cette étude dans la ville de Bunia, néanmoins, comme le mentionne bien votre Protocole d'étude à la page 32 et 33 du Titre « Considérations Ethiques », cette autorisation administrative ne remplace pas l'approbation du Comité éthique que vous avez l'obligation d'obtenir avant d'initier votre étude et qui, au fait, devrait précéder toute autre démarche d'autorisation.

Veillez agréer, Monsieur l'Investigateur principal, l'expression de notre considération distinguée.



Le Chef de Division Provinciale de la Santé

Dr TSHULO NGANDJU Louis, MPH-HE
Chef de Division

Autorisation de la Mairie de Bunia

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO
PROVINCE DE L'ITURI

Bunia, le 14 / 01 / 2020



VILLE DE BUNIA

N° 3160/005/BUR/MV/VB/FFL/2020

Objet : Demande d'autorisation d'investigation ✓ A Monsieur NDUNGO HANGI Jonathan
« Accusé de réception » à **BUNIA**

Monsieur,

J'accuse bonne réception de votre lettre sans numéro m'adressée en date du 06/01/2020 relative à l'objet repris en marge et vous rassure avoir donné mon accord de principe favorable à votre demande pour collecter les données dont vous avez besoin au niveau de la communauté locale en vue de vous permettre d'élaborer votre travail scientifique.

Croyez, Monsieur, à l'expression de mes sentiments patriotiques.



LE MAIRE DE LA VILLE DE BUNIA


Ferdinand FIMBO LEBILYE
Directeur

Ordre de Mission de l'ISTM Nyankunde



**INSTITUT SUPERIEUR DES
TECHNIQUES MEDICALES
DE NYANKUNDE.**

E-mail address: istmnyankunde2@gmail.com
Tél: 0817488449 / 0998397656

ORDRE DE MISSION N°016/DG/ ISTM-N/04/2020

Monsieur : **Dr NDUNGO HANGI Jonathan**

Fonction : **ENSEIGNANT A L'ISTM NYANKUNDE**

Est chargé de la mission suivante : **REALISATION D'UNE ENQUETE SCIENTIFIQUE**

Sujet : **EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX DE BOISSON ET LEUR REPERCUSSION SUR LA MORBIDILITE HYDRIQUE: INDICATEUR DE GESTION INTEGREE ET DURABLE DES RESSOURCES EN EAU: CAS DE LA VILLE DE BUNIA EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO.**

Est accompagné de: **liste en annexe**

Lieu : **VILLES DE BUNIA-BUTEMBO**

Début de la mission : **15 MARS 2020**

Fin de la mission : **31 DECEMBRE 2020**

Durée : **9 MOIS ET 2 SEMAINES**

Moyen de transport : **VEHICULE/MOTO/VELO**

Imputation budgétaire : **PORTEUR DU PRESENT ORDRE**

Nous prions aux autorités tant civiles que militaires de leur apporter assistance, en cas de nécessité, pour la réalisation de cette mission.

Fait à Bunia, le 04.04.2020

Le Directeur Général

AGENONG A URWODHI Robert





INSTITUT SUPERIEUR DES TECHNIQUES MEDICALES DE NYANKUNDE.

E-mail address: istmnyankunde2@gmail.com
Tél: 0817488449 / 0998397656

LISTE DES ENQUETEURS DU TERRAIN DANS LE CADRE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

Fait à Bunia, le 04.04.2020

Le Directeur Général

AGENONG A URWODHI Robert



ANNEXE 2. LES PROCEDURES

Demande de de clairance éthique

Ndungo Hangi Jonathan
Licence/Master, Doctorant PhD1
Matricule : 18M369 ; UY1/FMSB/SP
Téléphone : 222314926
Mobiles : +237653812007
Mail : ndungojonathan@gmail.com
S/C Pr TAKOUGANG Innocent
Faculté de Médecine et de Sciences
Biomédicales de Yaoundé (FMSB)

Yaoundé, le 24/07 /2019

A

Monsieur le Président

Objet : Demande de clairance éthique

Monsieur le Président,

Je viens respectueusement auprès de votre haute bienveillance solliciter une clairance éthique dans le cadre d'un travail de recherche sur un problème de santé publique.

En effet, je suis expert en santé publique, titulaire d'une Licence/Master en sciences de la santé publique (orientation Promotion de la santé), obtenu à la Faculté de Médecine de l'université de Liège en Belgique. Je souhaite mener une étude en vue de l'obtention de mon PhD de santé publique, intitulée : « Evaluation de la qualité des eaux de boisson et répercussions sur la morbidité hydrique : indicateurs de gestion intégrée et durable des ressources en eau. Cas de la ville de Bunia en République Démocratique du Congo ».

Mené sous la supervision du Professeur TAKOUGANG Innocent, ce travail a pour but de contribuer à la documentation de la littérature sur les problèmes de santé et environnemental liés à la gestion de l'eau, une matière abondante mais parfois rare qui, constitue un enjeu majeur de développement en milieu urbain, (particulièrement en ville de Bunia).

L'étude vise déterminer les facteurs socio-économiques qui influencent négativement la qualité l'eau de boisson consommée par la population cible et d'établir la relation entre la qualité de ces eaux et la morbidité hydrique.

Veillez agréer, Monsieur le Président, de la part de toute l'équipe de travail, nos salutations les plus dévouées.

Pièce jointe : Protocole de recherche

NDUNGO HANGI Jonathan

Demande d'autorisation d'investigation

Ndungo Hangi Jonathan

Bunia, le/..../20...

Licence/Master, Doctorant PhD1

*Matricule : 18M369 ; UY1/FMSB/SP

Téléphone : 222314926

Mobiles : +237653812007

Mail : ndungojonathan@gmail.com

S/C Pr. TAKOUGANG Innocent

Faculté de Médecine et de Sciences

Biomédicales de Yaoundé (FMSB)

A Monsieur le Directeur de la
Division Provincial de Santé de l'Ituri à
Bunia

Objet : Demande d'autorisation
D'investigation

Monsieur le Directeur,

Je viens respectueusement auprès de votre haute personnalité solliciter une autorisation de recherche au sein de votre aire de santé.

En effet, je suis expert en santé publique, titulaire d'une Licence/Master en sciences de la santé publique (orientation Promotion de la santé), obtenu à la Faculté de Médecine de l'université de Liège en Belgique. Je souhaite mener une étude en vue de l'obtention de mon PhD en santé publique, intitulée : « Evaluation de la qualité des eaux de boisson et répercussion sur la morbidité hydrique : indicateur de gestion intégrée et durable des ressources en eau. Cas de la ville de Bunia en République Démocratique du Congo ».

Ce travail conduit sous la supervision du Professeur TAKOUGANG Innocent a été initié dans l'optique d'enrichir d'avantage la littérature et de rechercher d'éventuelles solutions à ce problème de santé publique.

C'est ainsi que nous voulons obtenir, de votre part, une autorisation administrative qui nous permettra d'intégrer la communauté en vue d'atteindre nos objectifs car la Direction Provinciale de la Santé (chargée de la coordination, du contrôle, de l'inspection et de l'évaluation de l'ensemble des activités de santé), où va s'opérer les activités de notre recherche (en ville de Bunia), incombe à votre responsabilité.

Veillez agréer, Monsieur le Directeur, de la part de toute l'équipe de travail, nos sentiments et salutations respectueux.

Pièce jointe : Protocole de Mémoire

NDUNGO HANGI Jonathan

Attestation de présence effective

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail - Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DE MEDECINE
ET DES SCIENCES BIOMEDICALES



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace - Work - Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF MEDICINE AND
BIOMEDICAL SCIENCES

N° 1623 /UYI/FMSB/VDRC/CSD

ATTESTATION DE PRESENCE EFFECTIVE

Je soussigné(e),
I the undersigned,

Professeur ZE MINKANDE Jacqueline

Doyen de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales (F.M.S.B.) de l'Université de Yaoundé I
Dean of the Faculty of Medicine and Biomedical Sciences (F.M.B.S.) of the University of Yaoundé I

Certifie que, **Dr NDUNGO HANGI Jonathan**
Certify that, Dr

Né(e) le **16/09/1968** **A KIKINGI**
Born on At

Matricule N° : **18M369**
Registration N°:

Est régulièrement inscrit(e) et présent à la F.M.S.B. en qualité d'étudiant chercheur au titre de l'année académique 2020/2021

Is regularly registered and present in the Faculty of Medicine and Biomedical Sciences, for the academic year 2020/2021

Niveau: Ecole Doctorale PhD 3
Level Post graduate school: PhD3

Filière : Santé et Environnement
Discipline: Health and environment

Discipline : SANTE PUBLIQUE
Specialty: PUBLIC HEALTH

En foi de quoi la présente Attestation lui est délivré pour servir et valoir ce que de droit.
In witness whereof this attestation has been issued to serve where and when necessary.

Yaoundé, le...**1.7. MARS**...2021



NB

Il ne peut être délivré qu'une seule Attestation de Présence effective, des copies conformes peuvent être tirées et certifiées par le Doyen de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales

The attestation shall be delivered only once in the interest of the holder to make as many certified true copies as he/she may desire

ANNEXE 3. CERTIFICATS DE SCOLARITE

Certificat de scolarité N°1669

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN Paix - Travail - Patrie UNIVERSITE DE YAOUNDE I FACULTE DE MEDECINE ET DES SCIENCES BIOMEDICALES		REPUBLIC OF CAMEROON Peace - Work - Fatherland THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I FACULTY OF MEDICINE AND BIOMEDICAL SCIENCES
--	---	---

N° 1669 /UYI/FMSB/VDS/SS/DAASR/CSS/mam

CERTIFICAT DE SCOLARITE SCHOOL ATTENDANCE CERTIFICATE

Je soussignée, **Professeur ZE MINKANDE Jacqueline**
I the undersigned
Doyen de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales (F.M.S.B.), de l'Université de Yaoundé I
Dean of the Faculty of Medicine and Biomedical Sciences (F.M.B.S.), of the University of Yaoundé I

Certifie que, **M NDUNGO HANGI Jonathan**
Mr

Certify that

Née le **16/09/1968** A **KIKINGI**
Born on At

Nationalité : CONGOLAISE (RDC)
Nationality :

Matricule N°: 18M369
Registration N°:

Est régulièrement inscrite à la F.M.S.B. au titre de l'année académique 2020-202021
Is regularly registered in the Faculty of Medicine and Biomedical Sciences, for the academic year 2020-2021

Niveau : ECOLE DOCTORALE –DOCTORAT /PHD 3 (OPTION : Santé Publique)
Level.

En foi de quoi le présent certificat lui est délivré pour servir et valoir ce que de droit.
In witness whereof this attestation has been issued to serve where and when necessary.

Yaoundé, le... **1.9 MARS 2021**
Yaounde, the


Minkande Jacqueline
Doyen de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales
UY I

N.B. Il ne peut être délivré qu'un seul Certificat, des copies conformes peuvent être tirées et certifiées au commissariat de Police.

N.B. Only one copy of this school attendance Certificate shall be delivered. It is in the interest of the holder to make as many certified true copies as he/she may desire

Certificat de scolarité N° 9989

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN
Pais - Travail - Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDE I

FACULTÉ DE MÉDECINE ET
DES SCIENCES BIOMÉDICALES

CENTRE DE RECHERCHE ET FORMATION
DOCTORALE SCIENCE DE LA VIE, SANTÉ
ENVIRONNEMENT
Tél/Fax : (237) 222 310 565
E-mail : decanat@msb@hotmail.fr



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace - Work - Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF MEDICINE AND
BIOMEDICAL SCIENCES

POST GRADUATE SCHOOL FOR LIFE SCIENCES,
HEALTH AND ENVIRONMENT

N° 9989 /FMSB/VDSS/ DAASR/CSS/CS&A/mam

Yaoundé, le 04 NOV 2023

CERTIFICAT DE SCOLARITE
SCHOOL ATTENDANCE CERTIFICATE

Je soussignée, Professeur **ZE MINKANDE Jacqueline**
I undersigned

Doyen de la Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales (F.M.S.B.), de l'Université de Yaoundé I
Dean of the Faculty of Medicine and Biomedical Sciences (F.M.B.S.), of the University of Yaounde I

Certifie que, M /Mme **NDUNGO HANGI JONATHAN**
Certify that Mr/ Miss

Né le 16 SEPTEMBRE 1968
Born on

A KIKINGI
At

Région: NORD-KIVU

Region

PAYS: REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

COUNTRY

Matricule N° : 18M 369

Registration

Est régulièrement inscrit (e) à la F.M.S.B. au titre de l'année académique 2023-2024
Is regularly registered in the Faculty of Medicine and Biomedical Sciences, for the academic year 2023-2024

Niveau: **PhD3**

Level

Filière: **SANTE PUBLIQUE**

Discipline

En foi de quoi le présent certificat lui est délivré pour servir et valoir ce que de droit.
In witness whereof this attestation has been issued to serve where and when necessary. /.



LE DOYEN
The Dean

Ze Minkande Jacqueline
Doyen de la Faculté de Médecine
et des Sciences Biomédicales
UJI

*Il n'est pas à être délivré qu'un seul Certificat de scolarité.
Only one copy of this school attendance certificate shall be delivered.*

ANNEXE 4. CLAIRANCE ETHIQUE ET CONSENTEMENT ECLAIRE

Clairance éthique de CIER/FMSB/UY1

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I FACULTÉ DE MÉDECINE ET DES SCIENCES BIOMÉDICALES COMITÉ INSTITUTIONNEL D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE Tel/ fax : 22 31-05-86 22 311224 Email: decanatfmsb@hotmail.com		THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I FACULTY OF MEDICINE AND BIOMEDICAL SCIENCES INSTITUTIONAL ETHICAL REVIEW BOARD
Ref. : N° <u>152</u> /UY1/FMSB/VDRC/CSD		
CLAIRANCE ÉTHIQUE 28 AVR 2022		
Le COMITÉ INSTITUTIONNEL D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE (CIER) de la FMSB a examiné La demande de la clairance éthique soumise par :		
M.Mme: Mr NDUNGHO HANGI Jonathan		Matricule: 18M369
Travaillant sous la direction de :		
<ul style="list-style-type: none">• Pr TAKOUGANG Innocent• Dr NJOUMEMI ZAKARIAOU		
Concernant le projet de recherche intitulé : QUALITÉ DE L'EAU DE BOISSON ET RÉPERCUSSIONS SUR LA MORBIDITÉ HYDRIQUE: INDICATEUR DE GESTION INTÉGRÉE ET DURABLE DES RESSOURCES EN EAU À BUNIA, RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO		
Les principales observations sont les suivantes		
Evaluation scientifique		
Evaluation de la convenance institutionnelle/valeur sociale		
Équilibre des risques et des bénéfices		
Respect du consentement libre et éclairé		
Respect de la vie privée et des renseignements personnels (confidentialité) :		
Respect de la justice dans le choix des sujets		
Respect des personnes vulnérables :		
Réduction des inconvénients/optimalisation des avantages		
Gestion des compensations financières des sujets		
Gestion des conflits d'intérêt impliquant le chercheur		
Pour toutes ces raisons, le CIER émet un avis favorable sous réserve des modifications recommandées dans la grille d'évaluation scientifique.		
L'équipe de recherche est responsable du respect du protocole approuvé et ne devra pas y apporter d'amendement sans avis favorable du CIER. Elle devra collaborer avec le CIER lorsque nécessaire, pour le suivi de la mise en œuvre dudit protocole. La clairance éthique peut être retirée en cas de non-respect de la réglementation ou des recommandations sus-évoquées.		
En foi de quoi la présente clairance éthique est délivrée pour servir et valoir ce que de droit		
		 LE PRÉSIDENT DU COMITE ETHIQUE PROFESSEUR <i>M. E. A. Ouma</i>



INSTITUT SUPERIEUR DES TECHNIQUES MEDICALES DE NYANKUNDE

E-mail address: istmnyankunde28@gmail.com

Tel: +243 826016200
+243 813909477
+243 823193032

COMITE D'ETHIQUE DE LA RECHERCHE

CLAIRANCE ETHIQUE N° 003/2020

Je soussigné, Professeur TASILE MAWA Paul Roméo, Président du Comité d'Ethique de la Recherche (CER) de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyankunde, atteste que Monsieur NDUNGO HANGI Jonathan a soumis un projet de recherche intitulé : « Evaluation de la qualité des eaux de boisson et répercussion sur la morbidité hydrique : Indicateurs de gestion intégrée et durable des ressources en eau, Cas de la ville de Bunia en République Démocratique du Congo ».

Après une analyse approfondie du protocole d'enquête, le Comité a estimé que les principales observations étaient très bien suivies, notamment la convenance institutionnelle et la valeur sociale, l'équilibre des risques et des bénéfices, le respect de consentement libre et éclairé, le respect de la vie privée et les renseignements personnels, le respect des personnes vulnérables ensuite le CER confirme qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt impliquant le chercheur.

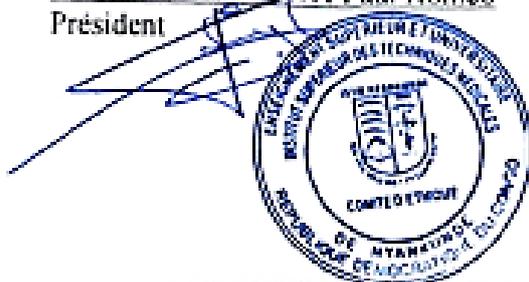
Au regard de toutes les raisons susmentionnées, le Comité d'Ethique de la Recherche de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyankunde émet **un avis favorable**.

En foi de quoi, la présente clairance éthique lui est délivrée.

Fait à Bunia, le 23 Mars 2020

Au nom du Comité d'Ethique de la Recherche de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyankunde :

Prof. TASILE MAWA Paul Roméo
Président



Consentement éclairé (Formulaire)

Je soussignée M/Mme/ML
le.....

Accepte de participer librement et volontairement à l'étude intitulée : « **Evaluation de la qualité des eaux de boisson et répercussion sur la morbidité hydrique : indicateur de gestion intégrée et durable des ressources en eau. Cas de la ville de Bunia en République Démocratique du Congo** ».

Étant entendu que :

- L'investigateur m'a informé et a répondu à toutes mes questions
- L'investigateur m'a précisé que ma participation est libre, non rémunérée, et que mon droit de retrait de cette recherche peut s'effectuer à tout moment, ceci sans porter préjudice à mes relations avec l'équipe consultante et la société dans laquelle je vie.

J'accepte que les données enregistrées à l'occasion de cette recherche puissent faire l'objet d'une thèse soutenue publiquement. Je pourrai exercer à tous mon droit de rectification et d'opposition auprès de ce même investigateur.

Fait à Bunia, le20.....

Signature du Participant

Signature de l'investigateur

ANNEXE 5. Supports de collecte des données

Fiche de collecte des échantillons d'eau.

Point de collecte
 N° date...../...../20....

Type de source Propriétaire

Commune..... Quartier.....
 Avenue.....

Noms de
 collecteurs.....

Tab. XI. Analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau de boisson

N°	Altérations et Indicateurs	Unités	Echantillon de Février 2020	Echantillon de Mai 2020	Echantillon d'Août 2020	Echantillon de Novembre 2020
I	Paramètres physiques et organoleptiques					
1	Matières en suspension totales*	mg/L				
2	Odeur	Seuil à 25°C				
3	Couleur *	mg/L Pt				
4	Turbidité*	NTU				
5	pH*					
II	Paramètres indicateurs de pollution					
6	Conductivité électrique à 25°C*	Ms/cm				
7	Ammonium*	mg/L NHO4				
8	Nitrites*	mg/L NO2				
9	Oxydabilité au (KMnO4) à chaud*	mg/L O2				
10	Demande chimique en oxygène					
11	Demande biologique en oxygène					
12	Chlorures*	mg/L				
13	Sulfates*	mg/L				
14	Nitrates*	mg/L NO3				
15	Calcium*	mg/L				
III	Paramètres d'éléments indésirables					
16	Potassium	mg/L				
17	Sodium	mg/L				
18	Fer*	µg/l				
19	Manganèse*	µg/l				
IV	Contrôle désinfection et décontamination microbienne					
20	Chlore résiduel libre	µg/l				

Fiche de collecte des échantillons de l'eau.

Point de collecte N° Date
/...../20.....

Type de source
Propriétaire.....

Commune..... Quartier.....
 Avenue.....

Noms de
 collecteurs.....
 ...

Tab. XI. Analyses des paramètres Bactériologiques de l'eau de boisson

N°	Paramètres Indicateurs de pollution par matières fécales et Germes pathogènes spécifiques	Unités	Echantillon de Février 2020	Echantillon de Mai 2020	Echantillon d'Août 2020	Echantillon de Novembre 2020
	<i>Escherichia coli</i> ou coliformes thermotolérants	N/100mL				
	Entérocoques ou Streptocoques fécaux	N/20mL				
	Coliformes totaux	N/100mL				
	Germes aérobies à 36°C	N/100mL				
	Germes aérobies à 22°C	N/100mL				
	Anaérobies sulfite réducteurs	N/100mL				
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	N/100mL				
	<i>Salmonella</i> spp	N/100mL				

Fiche d'enquête sur l'approvisionnement en eau de boisson

Fiche d'enquête N°.....		Date.././20....
Noms d'enquêteurs.....et.....		
Commune..... Quartier..... Avenue		
Tab. X. QUESTIONNAIRE D'ENQUETE EN USAGE DE GUIDE D'INTERVIEW		
Question	1^{ère} Dimension : INFORMATIONS GENERALES SUR LE MENAGE (IM)	
N°	1. Composante relative aux statuts des chefs des ménages	CODES
Q101	Quel est le Sexe du chef de ménage? 1=Masculin, 2=Féminin	/_/_
Q102	Quel est l'âge du chef de ménage (en années) ? R _____ ans	/_/_/_
Q103	Quelle est la religion que vous pratiquez ? 1= Catholique, 2= Musulmane, 3=Protestante, 4=Eglise de réveil, 5=Animiste/traditionnelle, 6=Autres, à préciser-----	/_/_
Q104	Quel est le statut marital du chef de ménage ? 1=Célibataire, 2=Marié, 3=Divorcé/séparé, 4=Union libre, 5=Veuf/Veuve	/_/_
Q105	Quel est le régime matrimonial du chef de ménage ? 1=Monogamie, 2=Polygamie	/_/_
Q106	Quel est le niveau d'étude du chef de ménage ? 1=Sans niveau, 2=Primaire, 3=Secondaire, 4=Supérieur	
Q107	Quelle est l'occupation principale du chef de ménage ? 1=Agriculteur, 2= Commerçant, 3= Fonctionnaire, 4= Chauffeur, 5=Technicien, 6=Artisan, 7=Autres à préciser.....	/_/_
Q108	Quel est l'estimation de revenu moyen mensuel du chef de ménage en franc Fiscal (FF)? (1FF= 1USA) Réponse -----FC	/_/_/_
Q109	Quel est l'effectif des membres de votre ménage ? Réponse ----- personnes	/_/_/_
Q110	Quel est le nombre des enfants <5ans que compte votre ménage ? Réponse :------ Enfants	/_/_/_/_
2^{ème} Dimension : Eau et Assainissement (WS)		
2. Composante relative à la disponibilité de l'eau de boisson		CODES
Q201	Quel est le principal mode d'approvisionnement de votre ménage en eau de boisson ? 1=Eau de REGIDESO, 2=Source aménagée, 3=Forage, 4=Pluies, 5=Puits aménagé, 6=Rivière, 7=Autres, à préciser -----	/_/_
Q202	Quelle raison vous pousse à utiliser cette source d'approvisionnement ? 1=Proximité, 2=Qualité, 3=Faible fréquentation, 4=Elle est protégée, 5=Seule possibilité, 6=Autres, à préciser-----	/_/_
Q203	Le mode d'approvisionnement en eau de boisson dans votre ménage varie-t-il en fonction des saisons ? 1=Oui, 2= Non ; Si Oui, en quoi ? A préciser-----	/_/_
Q204	Quel est votre principal mode d'approvisionnement en eau pour l'usage domestique ? 1=Puits aménagé, 2=Puits non aménagé, 3=Source, 4=Rivière, 5=Forage, 6= Eau de REGIDESO,7=Autres, à précise-----	/_/_

Q205	Quel est le meilleur moment de s'approvisionner en eau de boisson dans votre quartier ? 1=Tôt matinale, 2=Fin de matinée, 3=Après-midi, 4=En soirée, 5=Autres,	/_/_/
Q206	Quel est la raison de choix du moment de votre ravitaillement en eau de boisson? 1=Point d'eau libre, 2=Point d'eau ouvert au public, 3=Peu de personnes à la source, 4=Enfants sont à retour des classes, 5=L'eau est plus propre, 6=Pour éviter de piqûres d'insectes, 7=Autres, à préciser-----	/_/_/
Q207	Quelle quantité d'eau utilisez-vous d'habitude, par jour, pour des besoins domestiques ? Réponse :..... litres.	/_/_/_/_/
Q208	Quelle quantité d'eau utilisée d'habitude, dans votre ménage, pour les besoins de boisson seuls ? Réponse :..... litres	/_/_/_/_/
Q209	Quel montant payez-vous par mois, dans votre ménage, pour avoir l'eau de boisson (en FF)? (1FF=1USA) Réponse :..... Francs Congolais (FC)	/_/_/
3. Composante relative à l'accessibilité à l'eau de boisson		
Q301	Depuis combien de temps êtes-vous installés ici ? R..... MOIS	/_/_/_/_/
Q302	A quelle distance est située la source d'approvisionnement en eau pour l'usage domestique de votre ménage ? Réponse :m	/_/_/_/
Q303	Combien de temps passe-t-on pour faire un aller et retour au point d'eau de boisson le plus proche ? Réponse :..... Minutes	/_/_/_/
Q304	Quelle est l'estimation de la distance qui sépare votre ménage de la source d'eau de boisson ? Réponse :..... m	/_/_/_/_/
Q305	Qui sont chargés d'habitude d'approvisionner votre ménage en eau de boisson ? 1=Enfants filles, 2=Enfants garçons, 3=Les domestiques, 4= Filles et garçons, 5=La maman 6=Filles et maman, 7=Autres, à préciser.....	/_/_/_/
Q306	Quel récipient utilisez-vous dans votre ménage pour le stockage de l'eau de boisson ? 1=Bidon, 2=Pot/Dumu, 3=Filtre, 4=Bouteille/plastic, 5=Marmite/Métallique, 6=Autres, à préciser	/_/_/_/
Q307	A quelle fréquence, d'habitude, vous videz vos récipients de stockage d'eau de boisson ? 1=Pas de précision, 2=Par 3jours, 3=Par 5jours, 4=par 7jours, 5=Entre 8 à 14 jours, 6= Entre 15 à 21 jours, 7=Au-delà de 21jours	/_/_/_/
4. Composante relative à la perception de la qualité d'eau de boisson		
Q401	Quel est l'appréciation de votre ménage concernant le point de source en eau de boisson ? 1=Rien à signaler, 2= Propre, 3= Non propre, 4= Mérite être entretenu, 5= Autres, à préciser.....	/_/_/_/
Q402	Comment appréciez-vous le goût de votre eau de boisson ? 1=bon goût, 2=goût acceptable, 3=Mauvais goût, 4=Je ne sais pas	/_/_/_/
Q403	Comment appréciez-vous la couleur/clarté de votre eau de boisson ? 1=très claire, 2=clarté acceptable, 3=Pas claire, 4=autre, à préciser.....	/_/_/_/
Q404	Pensez-vous que votre eau de boisson peut vous rendre malade ? 1=Oui, 2=Non, 3=Je ne sais pas	/_/_/_/
Q405	Trouvez-vous que la qualité des eaux de consommation dans votre quartier s'est détériorée avec le temps ? 1=Oui, 2=Non, 3=Je ne sais pas	/_/_/_/

Q406	Les récipients dans lesquels vous conservez de l'eau de boisson sont-ils toujours couverts ? 1=où, 2=non, 3=pas toujours ouverts	
Q407	Souhaitez-vous que votre eau soit traitée avant de la consommer? 1=Où, 2=Non, 3=Je ne sais pas	/ _ / _ /
Q408	Quelle méthode utilisez-vous à domicile pour améliorer la qualité de votre eau de boisson ? 1=Pas nécessaire, 2=Pas de connaissance, 3=Ébullition, 4=Produits Chimiques, 5=Filtres, 6=Autres, à préciser.....	
Q409	Quelle somme d'argent, en Franc Fiscal, estimez-vous dépenser par an, pour la santé de votre famille ? (1FF=1USA) Réponse: FC	/ _ / / _ /
Q410	Quelle contribution êtes-vous prêt à consentir pour participation à l'entretien de sources d'eau de votre quartier ? 1=En espèce, 2=En matériel, 3=En main d'œuvre, 4=Espèce et matériel, 5= Espèce et main d'œuvre, 6= Matériel et main d'œuvre, 7= pas d'intentions à contribuer	/ _ /
Q412	Selon vous, quels sont les principaux facteurs ou éléments qui souillent les ressources en eau de boisson dans la ville de Bunia ? Réponse: 1=....., 2=..... 3=.....	
Q413	Au niveau domestique, Selon vous, quelles sont les principaux facteurs ou éléments qui salissent l'eau de boisson ? Réponse: 1=....., 2= 3=..... Quelles sont vos propositions pour l'amélioration de l'accès des populations à l'eau de bonne qualité dans votre quartier ? Réponse: 1=....., 2=....., 3=....., 4 =....., 5= , 6=.....	

Je vous remercie pour votre collaboration !

00. COMPOSITION DE L'EQUIPE D'ENQUETE		
A. RENSEIGNEMENT SUR LA COLLECTE		
Q001	Enquêteur	
Q002	Date d'enquête	
Q003	Durée d'enquête	
Q004	Contrôleur	
Q005	Superviseur	
Q006	Résultat de la collecte des données auprès des enquêtés: 1=Entièrement rempli, 2=Partiellement rempli, 3=Pas présent, 4=Refus, 5=Logement vide/pas de logement à l'adresse, 6=Autres, à préciser.....	
Q007	Numéro du questionnaire	
B. RENSEIGNEMENT SUR LA SAISIE		
Q008	Contrôleur de saisie	
Q009	Agent de saisie	
Q010	Date de saisie	

NB : L'enquêteur encercle le chiffre qui correspond le mieux à l'opinion de l'enquêté,

Signature de l'enquêteur :

Questionnaire sur la morbidité hydrique dans ZS de Bunia

MORBITE HYDRIQUE DANS LES STRUCTURES SANITAIRES DE LA ZONE DE SANTE (DISTRICT DE SANTE) DE BUNIA 2015 - 2019

Noms d'Enquêteurs :						N° de FICHE.....			
N° Cas	Identité des malades		Str. Staire	Année	MOIS	Morbidité hydrique			
	sexe: 1=Fém. 2=Masc.	âge: 1=< 5ans 2=5- 14ans 3=15- 24ans 4=25- 64ans 5= ≥ 65ans	1=HGR 2= CME/Bunia 3=CS Bunia Cité 4=CS Lembabo 5=CS Kindia	1=2015 2=2016 3=2017 4=2018 5=2019	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12	Fièvre typhoïde	Paludisme/ Malaria	Schistosomiase /Bilharziose	Diarrhée/ gastro-entérite
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Sondage auprès des fournisseurs sur la gestion des ressources en eau

Variable :

IDENTIFICATION DES RESSOURCES D'EAU DE BOISSON DANS LA VILLE DE BUNIA

A

Codes	IS02	IS03	IS04	IS05	IS06		IS07	IS08	IS009	IS010	IS011
Composantes	Noms de sources	Type de ressource en eau	Noms des Gestionnaires de ressources en eau	COMMUNE	QUARTIER		Latitude	Longitude	Altitude	Maîtres d'œuvre des systèmes	Année d'installation du système
		1 = Source aménagée		1=Mbunya	1=Bankoko	13=Bakon golo				1 = SNHR	
Réponses		2 = Source non aménagée		2=Nyakasanza	2=Lumumba	14=Dele Babuchuka				2 = MONUSCO	
		3 = Eau de Surface/rivière		3=Shari	3=Ngezi	15=Hoho				3 = OXFAM	
		4 = Puits			4=Kindia	16=Opasi				4 = MSF	
		5 = Forage			5=Nyakasanza	17=Yambi Yaya				5 = SOLIDARITE	
		6 = Adduction de Surface			6=Rwambuzi B	18=Nyakasanza II				6 = PPSSP	
		7 = Adduction de Forage			7=Saio	19=Rwambuzi F				7 = MUSACA	
		8=Eau à domicile			8=Salongo	20=Rwankole				8 = CIDRI	
					9=Sukisa	21=BEMBEY				9 = CARITAS	
					10=Lembabo	22=Bigo				10 = ONG INCONNUE	
					11=Mudzi Pela	23=Kasegwa				11 = PARTICULIER	
					12=Simbililyabo	24=Ndibakodu				12 = AUTRES	
N°											
1											
2											

**CARACTERIQUES, UTILITES,
MODE DE PUISAGE ET
ENVIRONNEMENT DES
RESSOURCES D'EAU DE BOISSON
DANS LA VILLE DE BUNIA**

Variable : B

Codes	CS12	CS13	CS14	CS15	CS16
Composantes	Outil utilisé pour installation de systèmes	Profondeur de l'ouvrage pour sources souterraines en m	Type d'installations sanitaires à distance \pm 50 m de la source	Existence couvercle sur source (puit)	USAGE
Réponses	1 = Machine à Moteur 2 = Manuel 3 = Manuel + Marteau piqueur 4 = Pas nécessaire	1 = Moins de 5 m 2 = 5 à 10 m 3 = 11 à 15 m 4 = 16 à 20 m 5 = 21 à 25 m 6 = 26 à 30 m 7 = 31 à 35 m 8 = 36 à 40 m 9 = 41 à 45 m 10 = 46 à 50 m 11 = Supérieur à 50 m 12 = Pas nécessaire	1 = Pas d'installation 2 = Latrine (WC) 3 = Trou à ordure 4 = Décharge Brute 5 = Trou à placenta 6 = 2 installations 7 = 3 installations 8 = supérieur à 3 instal. 9 = Pas nécessaire	1 = OUI 2 = NON 3 = Pas nécessaire	1 = Boisson 2 = Cuisson 3 = Vaisselle 4 = Autres 5 = 3 premiers 6 = Boisson et cuisson 7 = Boisson et vaisselle 8 = cuisson et vaisselle
N°					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

Variable :
C

BESOINS RESENTIS/EXPRIMES PAR LES GESTIONNAIRES CONCERNANT LEUR SYSTEME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DANS LA VILLE DE BUNIA.

Code s	BG17	BG18	BG19	BG20	BG21	BG22	BG23	BG24	BG25	BG26	BG27
Composantes	Besoins financiers	Besoins d'augmenter la quantité	Besoins de matériel pour gestion system.	Besoins de formation sur gestion system.	Protection contre déchets agro-pastoraux	Besoins de faire sport avec sa RES.	Besoins communautaires	Besoins sécuritaires (réseau et équipe)	Besoins d'analyse (analyse de labo)	Besoins de traitement (eau)	Besoins de collaborer
Réponses	1 = OUI 2 = NON	1 = OUI 2 = NON	1 = OUI 2 = NON	1 = OUI 2 = NON	1 = OUI 2 = NON	1 = OUI 2 = NON	1 = Ne sait pas 2 = Prix bas 3 = Analyse d'eau 4 = Traiter l'eau 5 = Analyse et traiter eau 6 = Quantité élevés 7 = Propreté source	1 = OUI 2 = NON	1 = OUI 2 = NON	1 = OUI 2 = NON	1 = NON 2 = Gestionnaires d'eau 3 = Labo d'analyse 4 = Etat 5 = Formateurs 6 = Fournisseur 7 = Etat et gestionnaires 8 = Etat et Formateurs 9 = Labo et Fournisseur 10 = Avec tous 11 = Consommateurs 12 = Autres
N°											
1											
2											

Variable: D	GESTION ET PROTECTIONS DES RESSOURCES D'EAU DE BOISSON DANS LA VILLE DE BUNIA																		
	Codes	BS28	BS29	BS30	BS31	BS32	BS33	BS34	BS35	BS36	BS37	BS38	BS39	BS40	BS41	BS42	BS43	BS44	BS45
Composantes	Objetif de création de la ressource	Période de fourniture d'eau la journée,	Fréquence de fourniture d'eau par semaine,	Prix du bidon de 20 litres d'eau	Raisons de fourniture non permanent	Types des déchets jetés dans les rivières/ruisseaux	Traitement source d'adduction : Méthodes utilisées	Raisons de non traitement source	Existence des menaces sur installations	Disponibilité des normes de qualité d'eau de boisson	Existence des documents sur système. Gestion d'eau	Contrôle des fuites d'eau sur le réseau	Existence de Programme d'Analyse de qualité	Fréquence d'Analyses bactériologiques	Fréquence d'Analyses physico-chimiques	Raisons de faire les Analyses d'eaux que vous gérez	Existence Progr d'entretien de son de ressource en eau	Fréquences d'entretien de son réseau de Ressource en eau	Communication sur qualité d'eau de son installation
	1 = gain financier	1 = toute la journée	1 = chaque jour	1 = Gratuit	1 = quantité d'eau insuffisante	1 = déchets d'industrie	1 = sans traitement	1 = confiance à la qualité	1 = OUI	1 = OUI	1 = OUI	1 = pas du tout	1 = oui et suivi	1 = Pas du tout	1 = Pas du tout	1 = Ne sais pas	1 = oui et suivi	1 = Pas du tout	1 = OUI
Réponses	2 = répondre aux besoins de population	2 = matin	2 = 5 à 6 fois/Se maine	2 = <50 FC	2 = Personnel non disponible	2 = déchets de WC	2 = chlore	2 = altération du goût	2 = NON	2 = NON	2 = NON	2 = par circons tance	2 = oui/ pas suivi	2 = Occasi onnelle	2 = Occasi onnelle	2 = habi tudes	2 = oui /pas suivi	2 = Occasi onnelle	2 = NON
	3 = besoins propres	3 = midi	3 = 3 à 4 fois/Se maine	3 = 50 FC	3 = disponibilité population	3 = décharge publique	3 = dérivés de chlore	3 = coût élevé des produits				3 = par semaine	3 = Non	3 = Souve nt	3 = Souve nt	3 = Mat ériel disponible	3 = Non	3 = Souve nt	
	4 = finance et besoins propres	4 = soir	4 = 1 à 2 fois/Se maine	4 = 100 FC	4 = autres	4 = déchets de Lessive	4 = filtration	4 = indispo nibilité de produits				4 = par Mois	4 = Pas néces saire	4 = Par semaine	4 = Par semaine	4 = Part enaire	4 = Pas néces saire	4 = Par semaine	
	5 = demande population et finance	5 = matin et soir	5 = occasion nelle	5 = 150 FC	5 = pas nécess aire	5 = déchets ménagers	5 = autres produits	5 = difficulté d'usage				5 = Par trimestre	5 = Par mois	5 = Par mois	5 = Par mois	5 = Etat	5 = Par mois	5 = Par mois	
	6 = autres			6 = 200 FC		6 = déchets agricoles	6 = pas nécess aire	6 = autres raisons				6 = par semestre	6 = Par trimestre	6 = Par trimestre	6 = Par trimestre	6 = Autr es	6 = Par trimestre	6 = Par trimestre	
				7 = < 200 FC		7 = déchets d'élevage		7 = Pas nécess aire				7 = annuel	7 = Par semestre	7 = Par semestre				7 = Par semestre	
						8 = toute sorte						8 = Pas nécess aire	8 = Par année	8 = Par année				8 = Par année	
						9 = aucun déchet													

						10 = pas nécessair e													
N0																			
1																			
2																			

ANNEXE 6. Iconographies de la collecte des échantillons d'eau



ANNEXE 7. Formations et certificats obtenus aux recherches spécifiques

Méthodes de recherches fondées sur les données probantes



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

daté : 2 octobre 2019

La présente certifie que :
NDUNGO HANGI JONATHAN
a complété avec succès le module d'apprentissage en ligne intitulé :
Prise de décisions fondée sur des
données probantes (PDFDP)

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

daté : 3 octobre 2019

La présente certifie que :
NDUNGO HANGI JONATHAN
a complété avec succès le module d'apprentissage en ligne intitulé :
Modèles de recherche quantitatifs 101
S'attacher aux questions de santé publique fondées sur la pratique

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

dated: 4 octobre 2019

This certifies that:

NDUNGO HANGI JONATHAN

has successfully completed the NCCMT online learning module entitled:

**Évaluation critique d'examens systématiques
d'interventions de traitement ou de prévention**

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

dated: 4 octobre 2019

This certifies that:

NDUNGO HANGI JONATHAN

has successfully completed the NCCMT online learning module entitled:

**Évaluation critique d'examens systématiques
d'interventions de traitement ou de prévention**

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

dated: 4 octobre 2019

This certifies that:

NDUNGO HANGI JONATHAN

has successfully completed the NCCMT online learning module entitled:

**Évaluation critique d'examens systématiques
d'interventions de traitement ou de prévention**

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

daté : 8 octobre 2019

La présente certifie que :

NDUNGO HANGI JONATHAN

a complété avec succès le module d'apprentissage en ligne intitulé :

Évaluation critique d'études sur les interventions

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

dated: 9, octobre 2019

This certifies that:

NDUNGO HANGI JONATHAN

has successfully completed the NCCMT online learning module entitled:

**Mettre en œuvre des stratégies
d'AC en santé publique**

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

dated: 9, octobre 2019

This certifies that:

NDUNGO HANGI JONATHAN

has successfully completed the NCCMT online learning module entitled:

**Évaluation de l'applicabilité et de la transférabilité
des données probantes**

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

daté : 10 octobre 2019

La présente certifie que :

NDUNGO HANGI JONATHAN

a complété avec succès le module d'apprentissage en ligne intitulé :

L'essentiel de la PDFDP : éléments clés de la prise de décisions fondée sur des données probantes

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

daté : 10 octobre 2019

La présente certifie que :

NDUNGO HANGI JONATHAN

a complété avec succès le module d'apprentissage en ligne intitulé :

Le changement organisationnel

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

dated: 10, octobre 2019

This certifies that:

NDUNGO HANGI JONATHAN

has successfully completed the NCCMT online learning module entitled:

Évaluer des stratégies d'AC en santé publique

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



National Collaborating Centre
for Methods and Tools
Centre de collaboration nationale
des méthodes et outils

daté : 10 octobre 2019

La présente certifie que :

NDUNGO HANGI JONATHAN

a complété avec succès le module d'apprentissage en ligne intitulé :

Prise de décisions fondée sur des données probantes pour les gestionnaires

The National Collaborating Centre for Methods and Tools is funded by the Public Health Agency of Canada.
Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.



UNIVERSITE CATHOLIQUE DU GRABEN
**LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE-CLIMATOLOGIE-
GÉOMORPHOLOGIE-GÉOMATIQUE**

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Nous attestons que

NDUNGO HANGI Jonathan

a participé à la formation en cartographie numérique avec QGIS au sein
du laboratoire d'Écologie-Climatologie-Géomorphologie- Géomatique
de l'Université Catholique du Graben
du 21 au 25 Janvier 2020.

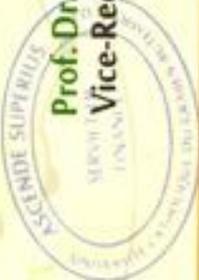
Butembo, le 25 Janvier 2020

Msc. Ir. MBUSA WASUKUNDI MUYISA
Formateur

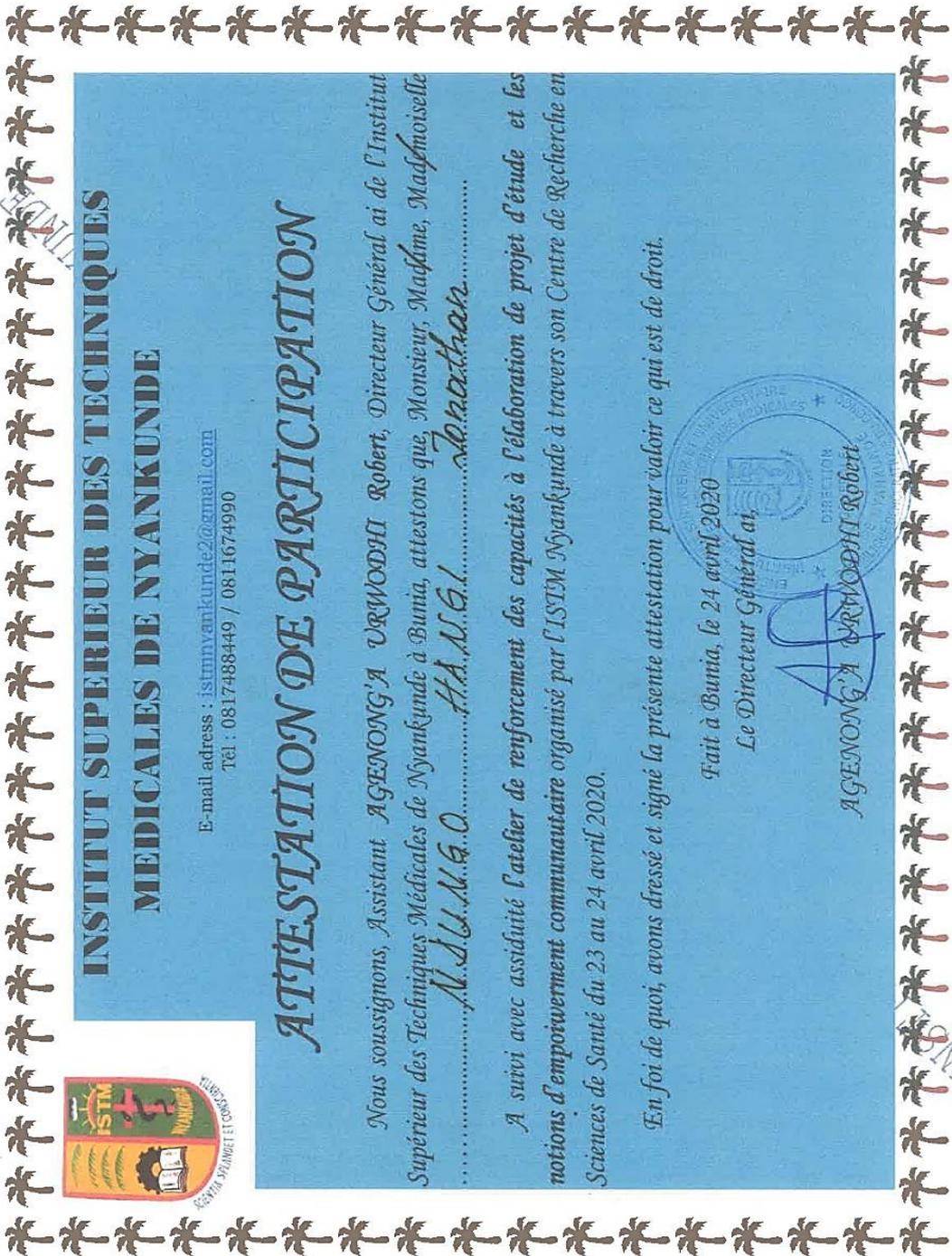
Ir. KAYITOGHERA MULONDI GLOIRE
Formateur

Prof. Dr. Ir. MUHINDO SAMANI WALERE
Directeur

Prof. Dr. MUHINDO MALONGA TÉLESOPHORE
Vice-Recteur



Certificat de participation aux conférences sur l'élaboration de projet d'étude et Empowerment communautaire



**INSTITUT SUPÉRIEUR DES TECHNIQUES
MÉDICALES DE NYANKUNDE**

E-mail address : istmnyankunde2@gmail.com
Tél : 0817488449 / 0811674990

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Nous soussignons, Assistant *AGENONG'A URWOODHI Robert*, Directeur Général ai de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyankunde à Bunia, attestons que, *Monsieur, Madame, Mademoiselle*
N.A.U.N.G.O. H.A.U.G. N. K. A. T. H. A. N......

A suivi avec assiduité l'atelier de renforcement des capacités à l'élaboration de projet d'étude et les notions d'empowerment communautaire organisé par l'ISTM Nyankunde à travers son Centre de Recherche en Sciences de Santé du 23 au 24 avril 2020.

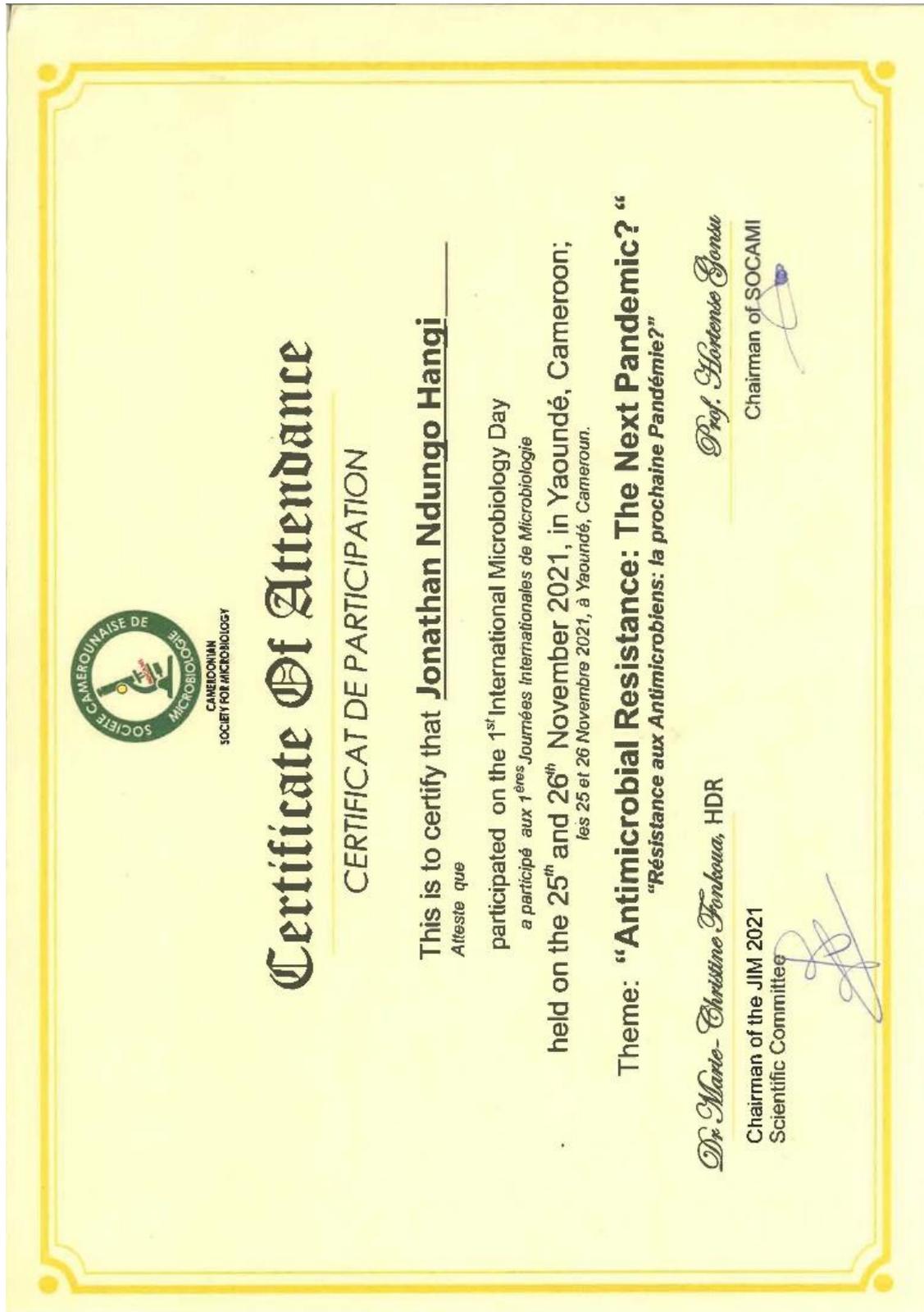
En foi de quoi, avons dressé et signé la présente attestation pour valoir ce qui est de droit.

Fait à Bunia, le 24 avril 2020

Le Directeur Général ai,



AGENONG'A URWOODHI Robert



Certificat de participation Forum mondiale de l'eau



9^{ème} FORUM MONDIAL
DE L'EAU | DAKAR 2022



Certificat de Participation

Décerné à

NDUNGO HANGI JONATHAN

Pour sa participation au 9^{ème} Forum mondial de l'eau,
organisé du 21 au 26 mars 2022 à Dakar/SENEGAL

Dakar, le 26 avril 2022



Mr Abdoulaye SENE
Secrétaire exécutif du 9^{ème} FME
Le Secrétaire
exécutif



Certificat de formation à la Bioéthique



Zertifikat Certificat

Certificado Certificate

Promouvoir les plus hauts standards éthiques dans la protection des participants à la recherche biomédicale
Promoting the highest ethical standards in the protection of biomedical research participants

Certificat de formation - Training Certificate

Ce document atteste que - this document certifies that



Jonathan Ndungo Hangi

a complété avec succès - has successfully completed

Introduction to Research Ethics

du programme de formation TRREE en évaluation éthique de la recherche
of the TRREE training programme in research ethics evaluation

Release Date: 2022/11/24
CID: pqPLTRIDF

Professeur Dominique Sprumont
Coordinateur TRREE Coordinator



Programmes de formation continue (2 crédits)
Continuing Education Programs (2 credits)

Foederatio
Pharmaceutica
Helveticae

FPH

Programmes de formation continue
Continuing Education Programs
Programmes de formation
postgraduée et continue

Activer Windo
Accédez aux param

Ce programme est soutenu par - This program is supported by :

European and Developing Countries Clinical Trials Partnership (EDCTP) (www.edctp.org) - Swiss National Science Foundation (www.snf.ch) - Canadian Institutes of Health Research (<http://www.cihr-isc.gc.ca/2891.html>) -
Swiss Academy of Medical Science (SAMS/ASSM/SAMW) (www.sams.ch) - Commission for Research Partnerships with Developing Countries (www.kfpe.ch)

[REV : 20220217]

Certificat de participation à la conférence internationale de la société pour la priorité dans la santé

13th International Society for Priorities in Health Conference, 2022

Fair Priorities in Unjust Circumstances : Emergencies, Universal Health Coverage and High-Cost Interventions

Ref: 080A7 HEREG/CD/13th ISPHC2022/CMH-HUB/DPP/RA

ATTESTATION OF PARTICIPATION - CAMEROON – HUB

THE CAMEROON-HUB ORGANIZER'S HEREG CERTIFIES THAT

Mr. Jonathan NDUNGO HANGI

HAS SUCCESSFULLY ATTENDED ALL THE SESSIONS ONLINE AND PARTICIPATED IN PERSON ON:
FAIR PRIORITY SETTING IN ALIGNING RESULT-BASED FINANCING MECHANISMS WITH PUBLIC
FINANCIAL MANAGEMENT TOWARDS UNIVERSAL HEALTH COVERAGE IN RESOURCES LIMITED
COUNTRIES.

Venue/Lieu: CONFERENCE ROOM HEREG-YAOUNDE
28, 29, 30 APRIL 2022

The Cameroon-Hub ORGANIZER'S COORDINATOR



Dr Zakariaou NJOUMEMI



B:CEPS A:CEPS
• BERGAL CENTRE
• FOR ETHICS AND
• PRIORITY SETTING
• IN HEALTH

Haukeland
University Hospital





CERTIFICAT DE PARTICIPATION ATTENDANCE CERTIFICATE

DÉCERNÉ À
AWARDED TO

M. NDUNGO HANGI Jonathan

Pour sa participation du 03 au 05 mars à l'atelier de formation sur :
For his participation from March 03rd to 05th, 2023 in the training workshop on:

**«COMMENT DEVENIR CONSULTANT DE SANTÉ PUBLIQUE ?»
«HOW TO BECOME A PUBLIC HEALTH CONSULTANT »**



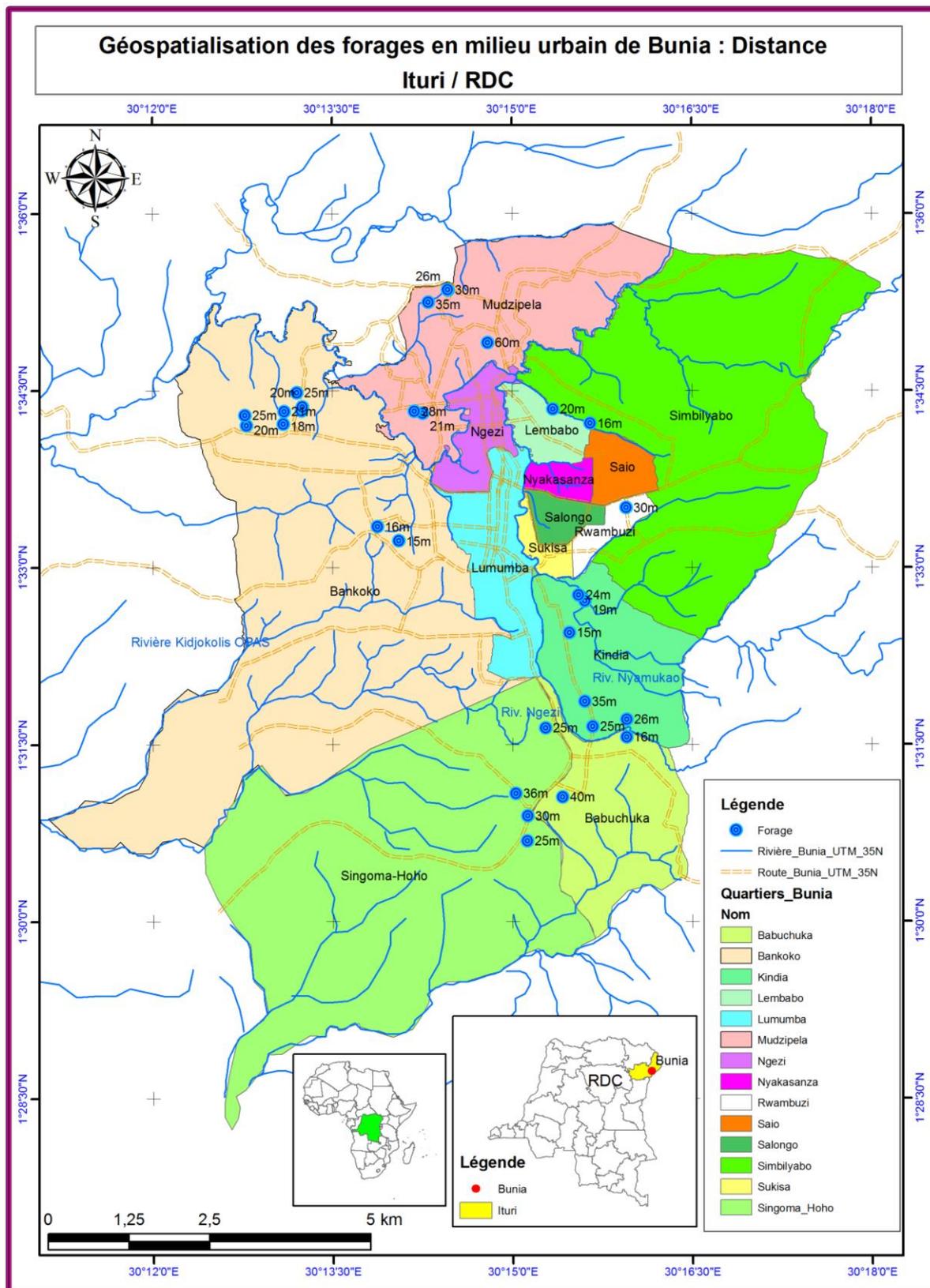
Yaoundé, le 04 mars 2023
Yaounde, March 04th, 2023



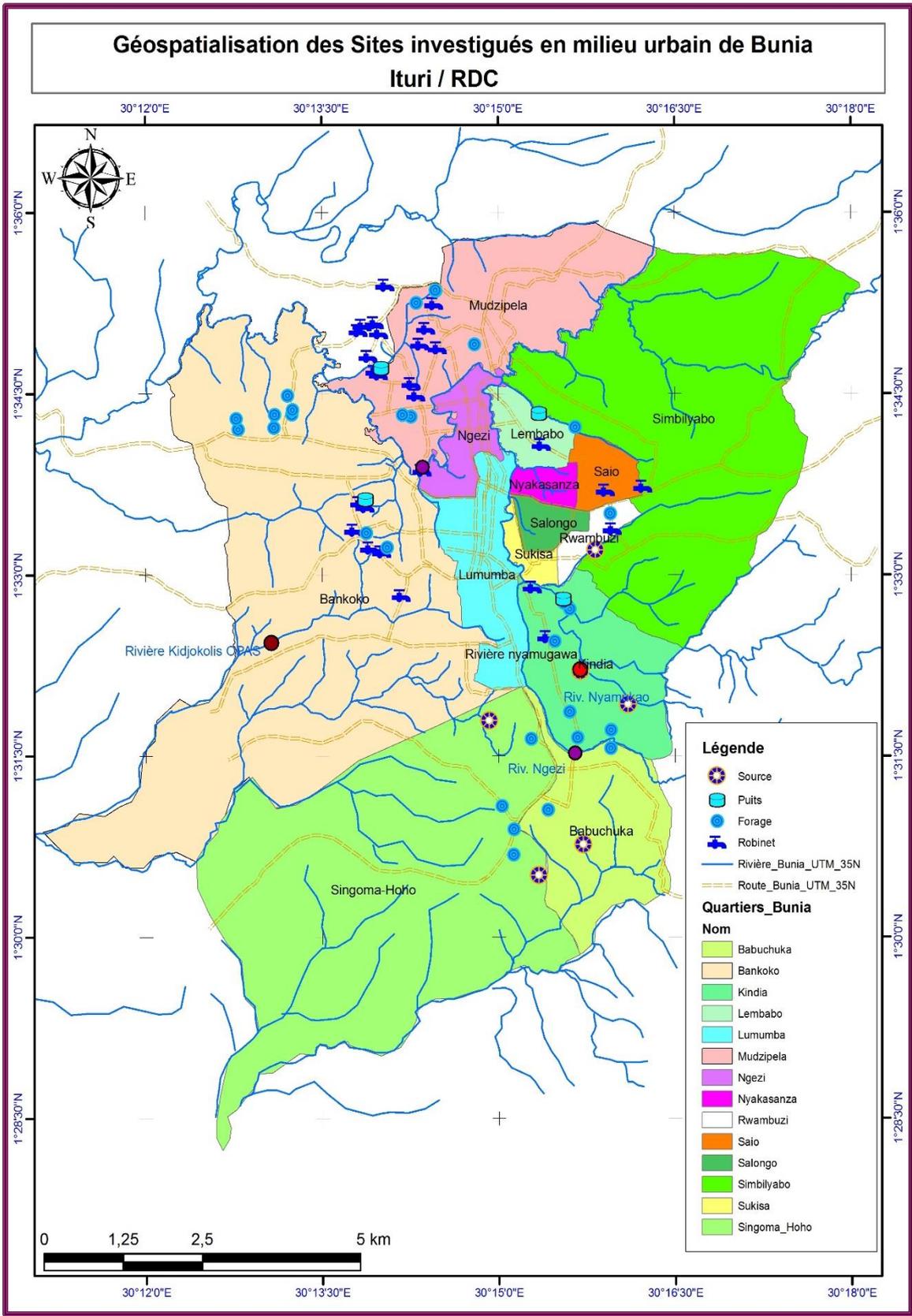
Le Coordonnateur
The Coordinator

Dr NGO LIKENG, Julienne Louise

Géospatialisation des points d'approvisionnement en eau de boisson



Source : Laboratoire d'Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l'Université Catholique de Graben (UCG)



Source : Laboratoire d'Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l'Université Catholique de Graben (UCG)

Topographie des points de prélèvement des échantillons d'eau

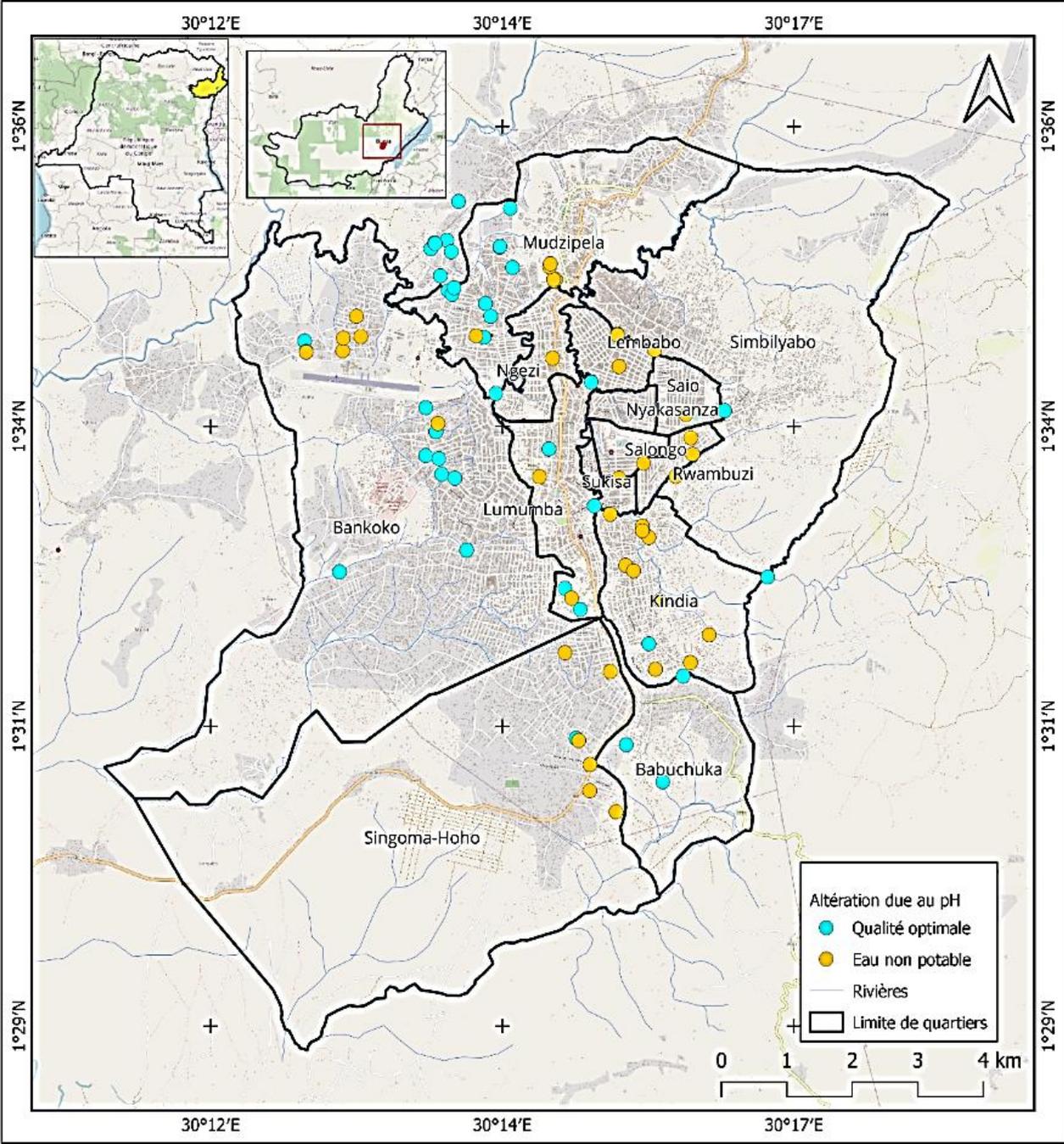
N°	Types et Noms des sources	Géolocalisation			Quartier
		Latitude	Longitude	Altitude	
	ADDUCTION DE SURFACE				
1	Regideso saio BF/ Bwazoka	1,5616	30,2652	1332,6	Saio
2	Regideso Rwambuzi Fichama	1,5551	30,2594	1297,0	Rwambuzi F
3	Regideso Simbiliabo	1,5621	30,2705	1306,3	Simbiliabo
4	Regideso Marché public	1,5691	30,2469	1271,2	Lumumba
5	Regideso Rwambuzi	1,5563	30,2661	1325,3	Rwambuzi B
6	Regideso Lembabo	1,5680	30,2560	1271,9	Lembabo
7	Regideso Bureau Kindia	1,5415	30,2569	1299,9	Kindia
8	Regideso Kindia	1,5483	30,2548	1258,6	Kindia
9	Regideso Kanyasi	1,5644	30,2391	1185,6	Bigo
10	Cidri Papa Likambo	1,5837	30,2302	1218,5	Bigo
11	Kiosque Cidri n°1	1,5900	30,2340	1241,3	Bigo
12	Kiosque Cidri n°2	1,5801	30,2315	1220,9	Bigo
13	Kiosque Cidri n°3	1,5781	30,2326	1224,4	Bigo
14	Kiosque Cidri n°14	1,5593	30,2309	1256,9	Bankoko
15	Kiosque Cidri n°9	1,5561	30,2295	1260,2	Bankoko
16	Kiosque cidri°12	1,5625	30,2295	1253,4	Bankoko
17	Kiosque CIDRI n°10	1,5536	30,2317	1270,3	Bankoko
18	Kiosque Cidri n°11	1,5531	30,2335	1259,8	Bankoko
19	Robinet NGONGO n°1 Mudzipela	1,5839	30,2396	1257,0	Mudzipela
20	Robinet Ngongo Candipe	1,5840	30,2397	1227,5	Mudzipela
21	Robinet Ngongo 6	1,5747	30,2384	1268,9	Bigo
22	Robinet Ngongo Kolomani	1,5848	30,2324	1238,1	Bigo
23	Robinet Ngongo N°7	1,5764	30,2377	1229,5	Mudzipela
24	Robinet Ngongo 2	1,5812	30,2414	1237,6	Mudzipela
	FORAGE				
1	Forage ISTM Nyankunde	1,5356	30,2507	1274,7	Yambi Yaya

2	Forage CME/Bunia	1,5384	30,2486	1285,8	Yambi Yaya
3	Forage Shalom	1,5533	30,2451	1269,1	Lumumba
4	Forage Oasis Bankoko	1,5557	30,2313	1264,1	Bankoko
5	Forage site de déplacés à Mudzipela	1,5891	30,2411	1242,2	Mudzipela
6	Forage Mont Fleuri Bankoko	1,5604	30,2312	1252,0	Bankoko
7	Forage Sofepadi	1,5701	30,2181	1194,0	Bigo
8	Forage complexe scolaire Kanyasi concasseur	1,5714	30,2129	1220,6	Bigo
9	Forage Musaca Site de déplacés HGR	1,5719	30,2375	1248,3	Mudzipela
10	Forage d'Ivonne Kanyasi/centre de santé	1,5747	30,2200	1217,4	Bakongolo
11	Forage Mme George	1,5700	30,2131	1244,8	Bigo
12	Forage AEPHA Kanyasi	1,5718	30,2182	1220,3	Bakongolo
13	Forage Musaca cite de déplacés à l'ISP	1,5817	30,2466	1266,8	Mudzipela
14	Forage SONAS Kanyasi	1,5720	30,2206	1247,6	Bakongolo
15	Forage Oxfam site déplacés HGR	1,5721	30,2364	1211,6	Mudzipela
16	Forage de Magistrat KISEMBO Kanyasi	1,5699	30,2131	1226,0	Bigo
17	Forage Centre Hospitalier Bunia Cité	1,5531	30,256	1275,6	Sukisa
18	Forage Belle 7 Royal	1,5285	30,2658	1303,8	Kindia
19	Forage John kabagambe	1,5776	30,2331	1202,4	Bigo
20	Forage de Papa Ali Muhamed Lengabo	1,5184	30,2501	1293,0	Lengabo
21	Forage CE39 Ville	1,5570	30,2464	1260,0	Lumumba
PUITS					
1	Puit n°1 Ndibakodu	1,5723	30,2558	1232,0	Ndibakodu

2	Puits Ndibakodu n°2	1,5722	30,2558	1237,0	Ndibakodu
3	Puits du Pasteur EVA Bigo Kolomani	1,5845	30,2307	1226,0	Bigo
4	Puits Antoine Justin	1,5833	30,233	1241,4	Bigo
5	Puits Damzo Kalenghya	1,5785	30,2334	1189,0	Bigo
6	Puits Kasenda Kitina Kindia	1,5452	30,2601	1271,9	Kindia
7	Puits Kathaliko Kindia	1,5276	30,2610	1299,4	Kindia
8	Puits de Sadiki Kazadi/ Salongo n°16	1,5585	30,2658	1305,0	Salongo
9	Puits Tebele	1,5407	30,2580	1259,7	Kindia
10	Puits Muhindo Thahoya Kindia	1,5467	30,2592	1250,0	Kindia
11	Puits Daniel Kindia	1,5461	30,2592	1272,4	Kindia
12	Puits Israel Mushambera Lengabo	1,5181	30,2505	1281,2	Hoho
13	Puits Eyngoli Lengabo	1,5114	30,2520	1291,4	Hoho
14	Puits du Procureur Bofoa Legabo Avenu Procueure Bofoa	1,5149	30,2520	1301,0	Hoho
15	Puits Mania Elisée police de frontière	1,5273	30,2548	1288,6	Yambi Yaya
16	Puits de Papa Mayani Dele Kinama	1,5176	30,2570	1296,0	Dele Babuchuka
17	Puits Hewa	1,5702	30,2609	1269,7	Ndibakodu
18	Puits Eli Musafiri	1,5844	30,2308	1246,9	Bigo

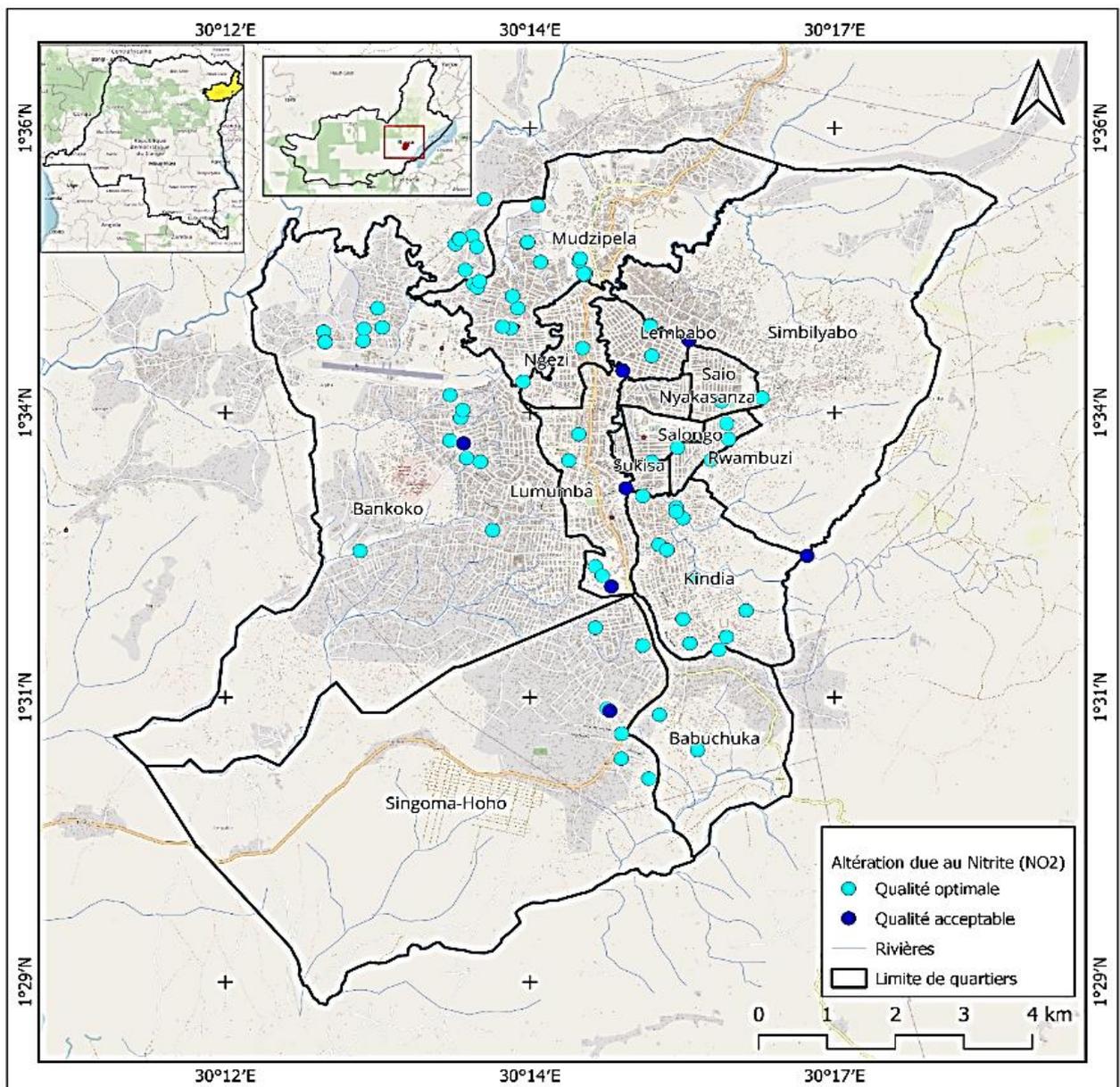
Géolocalisation des altérations physicochimiques et bactériologiques

Pollution due au pH



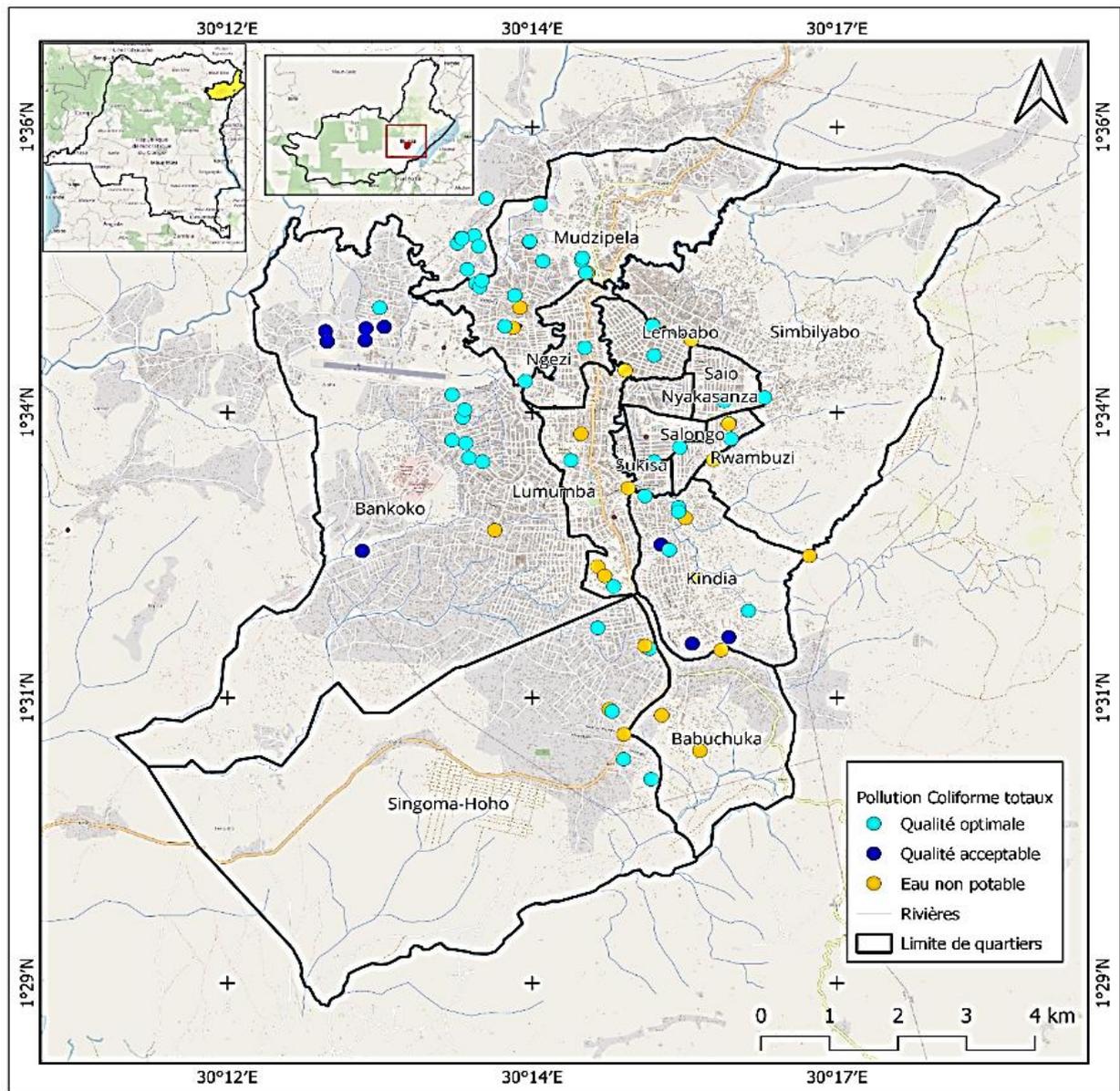
Source : Laboratoire d'Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l'Université Catholique de Graben (UCG)

Pollution due aux Nitrites



Source : Laboratoire d'Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l'Université Catholique de Graben (UCG)

Pollution due aux Coliformes Totaux



Source : Laboratoire d'Écologie, Géomorphologie et Géomatique de l'Université Catholique de Graben (UCG)

ANNEXE 9. Extraits de texte de loi et de règlements

Champ du contexte global de déterminants de la santé

Contexte politique et législatif Contexte économique

- Système politique, culture politique :
 - régime politique, institutions politiques
 - gouvernance
 - participation citoyenne
- Politiques publiques :
 - sociales (travail, habitation, éducation...)
 - économiques (fiscales, monétaires, développement économique...)
 - de santé (touchant les services sociaux et de santé, la salubrité des aliments, l'alcool, les drogues et les jeux de hasard, les médicaments...)
 - environnementales (eau, air, sol...)
 - de sécurité (armes à feu...)
- Instruments des politiques (lois et règlements, application des politiques...)
- Droit international, traités internationaux

Contexte économique

- Mondialisation des marchés
- Structure économique (ex. : importance des différents secteurs économiques)
- Conjoncture économique : croissance économique ou récession (variations du PIB), croissance de la rémunération réelle
- Marché du travail : création et pertes d'emplois, niveau du chômage...
- Distribution de la richesse et des revenus
- Niveau d'endettement des ménages, accès au crédit
- Coûts des biens de consommation (ex. : coût du logement, des biens essentiels...)

- Pratiques de commercialisation (ex. : stratégies de marketing)

Contexte démographique

- Mouvements migratoires : mouvement de population, immigration, exode rural, embourgeoisement (*gentrification*), voyages...
- Natalité et fécondité
- Structure de la population (distribution selon l'âge et le sexe)

Contexte social et culturel

- Normes et valeurs
- Religions
- Préjugés et discrimination
- Coopération et compétition
- Stratification sociale (selon le revenu, la scolarité, l'emploi, l'origine ethnique, le genre...)
- Arts et culture
- Médias de masse, campagnes publicitaires
- Changements sociaux
- Diversité ethnoculturelle
- Situation linguistique

Environnement naturel et écosystèmes Contexte technologique et scientifique

- Climat et changements climatiques
- Topographie, latitude, étendue du territoire et autres caractéristiques physiques
- Contaminants (air, eau, sols...)
- Animaux et plantes
- Vecteurs biologiques et agents pathogènes
- Niveaux de risque de sinistres
- Radiations

- Nuisances
- Provision et régulation issues des écosystèmes
- Champs électromagnétiques

Contexte technologique et scientifique

- Informatisation
- Technologies de l'information et de la communication
- Technologies et modes d'intervention en santé (appareils et équipements, procédures médicales et chirurgicales...)
- Évolution de la pharmacologie
- Innovation en génomique, en biotechnologie et en nanotechnologie
- Connaissances et innovations dans le domaine social

Maladies à transmission hydrique

Classification des maladies liées l'eau

On entend par « maladies liées à l'eau celles contractées par ingestion, par contact

direct ou encore les maladies pour lesquelles l'eau est le milieu de vie d'hôtes de larves ou de parasites » (67).

a) Les maladies du péril fécal par transmission directe en consommant l'eau ou les aliments contaminés, soit par ingestion des microbes à partir des mains sales. Les maladies du péril fécal très fréquentes sous les tropiques sont :

- le choléra et tous les syndromes cholériques
- des virus gastroentériques (les rotavirus)
- les dysenteries bacillaires ou shigelloses,
- les campylobactérioses,
- les yersiniose,
- les colibacillose,
- l'amibiase colique.
- les salmonellose dont la fièvre typhoïde,
- les hépatites virales A et E,
- la poliomyélite,
- les leptospirose,

b) Les maladies d'origine hydrique transmises par voie transcutanée :

- Pénétration de larves de parasites : schistosomose, anguillulose, ankylostomiase,
- Pénétration microbienne : mycobactériose atypiques (Ulcère de Buruli)

c) Les maladies d'origine hydrique transmises par voie respiratoire :

- Légionellose (aérosols)

d) Les maladies d'origine hydrique transmises par ingestion :

- eau de boisson contenant un hôte intermédiaire : dracunculose
- ingestion accidentelle de Cyclops

e) Les maladies à transmission vectorielle (un mécanisme indirect) :

- pique par les vecteurs du paludisme
- pique par les vecteurs de l'onchocercose

Risques chimiques avec conséquences à long terme

- Arsenic (imprégnation des sols) : cancérigène
- Fluor : fluorose dentaire et osseuse
- Nitrates / nitrites : méthémoglobinémie
- Pesticides : toxicité neurologique, perturbations endocriniennes, cancérigène
- Résidus de produits pharmaceutiques (56)

Résistances de quelques microorganismes dans le milieu extérieur (56)

Bactéries :

- Salmonelles : 10 jours dans l'eau
- Vibrio cholerae : 15 jours dans l'eau à 20°C ; 4 jours dans les selles à l'ombre

Virus :

- Poliovirus : 200 jours dans une selle à l'ombre
- VHA : 90 jours dans eau minérale préalablement stérile à 20°C

Parasites :

- Kystes d'amibes : 15 jours dans l'eau à 18°C ; 10 jours dans les selles
- Oocystes de cryptosporidies présents dans 65 à 97% des eaux de surface aux USA

ANNEXE 10. Publications des travaux de recherches

1. Hangi Ndungo J, Djibiekaptchouang L, Ewoti Noah O, Takougang I. Eaux de boisson et maladies hydrique à Bunia (RD Congo). *Rev Espac Territ Sociétés Santé*. 2022 ; 5(10) : 147–58.
2. Kanyere Londo J, Ndungo Hangi J, Ngo Likeng JL. Connaissances, attitudes et pratiques relatives à l'éducation, à la sexualité des adolescents de 16-19 ans du Collège Djonou à Yaoundé. *Rev Africaniste Inter-Disciplinaire*. 2022 ; sv (32) :21–40
3. Kanyere Londo J, Ndungo Hangi J, Ngo Likeng JL. Lien entre connaissances, attitudes et pratiques relatives à l'éducation, a la sexualité des adolescents de 16-19 ans du collège Djonou-Yaoundé. *Rev Africaniste Inter-Disciplinaire*. 2023 ; sv (38) : 165–176.
4. Cheuyem FZL, Ndungo JH, Lyonga EE, MBOPI--KEOU F--X, Takougang I. Circumstances of Occurrence and Factors Associated with Occupational Exposure to Body Fluids in District Hospitals (Yaoundé, Cameroon). 2023 ; 1(2) : 64–72.