

Université de Montréal

**Facteurs environnementaux immédiats et santé des enfants dans
les zones de l'Observatoire de population de Ouagadougou
(Burkina Faso)**

Par

Franklin BOUBA DJOURDEBBÉ

Département de démographie

Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures et postdoctorales
en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph. D.)
en Démographie

Mai 2015

© Franklin BOUBA DJOURDEBBÉ, 2015

Université de Montréal

Faculté des études supérieures et postdoctorales

Cette thèse intitulée :

Facteurs environnementaux immédiats et santé des enfants dans les zones de
l'Observatoire de population de Ouagadougou (Burkina Faso)

Présentée par :

Franklin BOUBA DJOURDEBBÉ

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Solène Lardoux, présidente rapporteuse

Thomas K. LeGrand, directeur de recherche

Stéphanie Dos Santos, codirectrice de recherche

Valéry Ridde, membre du jury

Clémentine Rossier, examinatrice externe

-----, représentant du doyen de la FESP

Résumé

Comme la plupart des villes en Afrique subsaharienne, Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, a connu au cours de ces dernières décennies une croissance démographique rapide. Cette situation pose de nombreux problèmes d'ordre sanitaire et environnemental. Pourtant, les liens entre la santé et l'environnement immédiat sont encore faiblement étudiés du fait de la qualité des données qui, lorsqu'elles existent, se révèlent peu appropriées. La présente thèse vise à analyser les liens entre l'environnement immédiat et certains symptômes de maladies, plus spécifiquement la fièvre et la diarrhée ; deux problèmes majeurs de santé liés à l'environnement chez les enfants de moins de 5 ans dans les villes d'Afrique subsaharienne.

Cette étude se base sur des données de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO) recueillies entre 2009 et 2010 dans l'objectif d'étudier les inégalités de santé en milieu urbain (notamment les données de l'enquête santé portant sur 950 enfants de moins de 5 ans recueillies en 2010). La thèse décrit d'abord la santé environnementale en milieu urbain en dépassant l'opposition classique quartiers lotis/quartiers non lotis (zones d'habitation formelles/zones d'habitation informelles). Elle s'intéresse ensuite à l'évaluation plus fine des liens entre l'environnement immédiat et la fièvre en tenant compte des facteurs démographiques et socio-économiques pertinents dans l'estimation. Enfin, la thèse approfondit les analyses sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre en mettant en évidence les effets conjoints des facteurs environnementaux et démographiques.

À l'aide des analyses spatiales basées sur la distance euclidienne, des analyses factorielles et de classification, cette étude décrit le contexte sanitaire des quartiers formels et informels et analyse la pertinence de la dichotomie entre les quartiers lotis et les quartiers non lotis dans les zones suivies par l'OPO. L'étude effectue également des analyses multivariées en recourant respectivement aux modèles logit simple et ordonné pour estimer les effets propres de l'environnement immédiat sur la fièvre et la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants.

Les résultats de l'étude montrent que les risques environnementaux sont variables d'un quartier à l'autre, et que les quartiers lotis bien qu'étant les plus pourvus en services urbains de base sont les plus exposés aux dangers environnementaux. Néanmoins, ce constat ne suffit pas pour rendre compte de la vulnérabilité des enfants dans les quartiers lotis que dans les quartiers non lotis, puisque l'accès à l'eau, l'assainissement, la nature du sol, et le niveau d'éducation de la mère sont des facteurs clés dans l'occurrence des symptômes liés à l'environnement immédiat. On note également une hétérogénéité concernant la santé environnementale, notamment dans les zones non loties. En considérant les effets de l'environnement immédiat sur la fièvre chez les enfants, les résultats montrent que ces effets baissent après la prise en compte des variables démographiques, socio-économiques et du quartier de résidence. Les facteurs de l'environnement tels que la gestion des ordures ménagères et celle des eaux usées discriminent significativement la fièvre. Les enfants à Nioko 2 (quartier non loti), par exemple, ont deux fois plus de risque d'avoir eu de la fièvre par rapport à Kilwin (quartier loti). Les effets conjoints des facteurs environnementaux et démographiques sont également mis en exergue dans la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre, même si ces effets diminuent régulièrement avec le nombre des symptômes chez les enfants. Le fait d'être dans un ménage insalubre ou d'avoir le sol extérieur en terre augmente la propension de co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. En revanche, cette co-occurrence chez les enfants diminue significativement avec l'âge.

Les effets de l'environnement sur l'occurrence ou la co-occurrence des symptômes existent, quand bien même ces effets diminuent avec la prise en compte des facteurs démographiques et socio-économiques et du quartier de résidence. Les résultats de la thèse plaident pour un effort méthodologique, afin d'affiner la définition des variables de l'environnement en milieu urbain.

Mots-clés : Santé, morbidité, enfants, eau, assainissement, environnement, quartiers, ville, Burkina Faso, Afrique.

Summary

Like most cities in sub-Saharan Africa, Ouagadougou, the capital of Burkina Faso, has experienced skyrocketing demographic growth. This situation causes numerous problems from a sanitary and environmental standpoint. However, the ties between health and the immediate environment have still not been extensively studied, due to the poor quality of data which, when they exist, appear to be relatively ill-suited for such an analysis. This thesis aims to analyze the links between the environment and diseases symptoms, more specifically fever and diarrhea, two major environmentally-related health problems among children under 5 in cities in sub-Saharan Africa.

This study is based on the data from the Ouagadougou Health and Demographic Surveillance System (Ouaga HDSS), collected between 2009 and 2010 with the goal of studying health inequalities in urban environments (including health survey data on 950 children under 5 years collected in 2010). The thesis first describes environmental health in urban environments going beyond the classic opposition between formal and informal neighbourhoods. It then examines the links between the environment and fever, taking into account relevant demographic and socio-economic factors in the analysis. Lastly, the thesis expands on studies on the co-occurrence of diarrhea and fever by underscoring the joint effects of environmental and demographic factors.

Using spatial and factorial analysis followed by classifications, this study describes the health context of formal and informal neighbourhoods and analyzes the relevance of the dichotomy formal/informal neighbourhoods from the Ouaga HDSS. The study also performed multivariate analysis (simple and ordered logit models) to estimate the effects of the immediate environment of fever and the co-occurrence of diarrhea and fever in children.

The results of our study show that environmental risks vary depending on the neighbourhood and the formal neighbourhoods, while better equipped in basic urban services, are the most exposed to environmental dangers. However, this finding is insufficient to explain the difference in vulnerability in child health across formal and informal neighbourhoods, as access to clean water, sanitation, the nature of the soil, and the mother's level of education

are key factors in the occurrence of symptoms related to the environment. There is also heterogeneity in environmental health particularly in the informal areas. Considering the effects of the environment on children's fever, the results suggest that the estimated size of these effects decline after taking into account demographic and socio-economic variables and the neighbourhood of residence. Environmental factors such as household waste and wastewater management have significant effects on the occurrence of childhood fever. For example, the risk of having had a fever for the children living in Nioko 2 (an informal and the poorest neighbourhood) is twice as high as for those in Kilwin (a formal and richer neighbourhood). The study of joint effects of environmental and demographic factors is also underscored in the co-occurrence of diarrhea and fever, even though these effects regularly diminish with the number of symptoms among children. Being in an insalubrious household or having a dirt floor increase the chance of co-occurrence of diarrhea and fever. Conversely, this co-occurrence declines substantially as children grow older.

Environmental effects on the occurrence or co-occurrence of symptoms are found to exist, although their estimated importance are reduced when demographic and socio-economic factors and the neighbourhood of residence are taken into account. The results of this thesis underline the need for a methodological effort to refine the definition of environmental variables in cities in sub-Saharan Africa.

Key words: Health, morbidity, children, water, sanitation, environment, neighbourhoods, city, Burkina Faso, Africa.

Table des matières

Résumé	i
Summary.....	iii
Table des matières	v
Liste des tableaux	xii
Liste des figures.....	xiii
Liste des graphiques	xiii
Liste des cartes.....	xiv
Définition des sigles et abréviations.....	xv
Dédicace	xvii
Remerciements	xviii
Introduction générale.....	1
1. Problématique et justification de la recherche.....	1
2. Objectifs de la thèse.....	8
3. Structuration de la thèse	9
Chapitre I. Santé et environnement dans les villes en Afrique subsaharienne.....	11
Introduction	11
I.1 Généralités.....	12
I.1.1 Santé et environnement : apport de la démographie	12

I.1.2 Trois grandes approches en santé environnementale	15
I.1.3 Grands courants conceptuels de la santé urbaine	17
I.2 Problèmes de santé liés à l'environnement en Afrique subsaharienne et facteurs associés	18
II.2.1 Ampleur des problèmes liés à la santé environnementale en Afrique subsaharienne ..	18
II.2.2 État des connaissances sur les relations entre l'environnement et la santé en milieu subsaharien : problèmes conceptuels et méthodologiques	22
II.2.3 Facteurs environnementaux influençant les symptômes et maladies chez les enfants en milieu urbain d'Afrique subsaharienne	25
II.2.3.1 Milieu urbain comme facteur de risque	25
II.2.3.2 Saisonnalité	26
II.2.3.3 Quartier de résidence	27
II.2.3.4 Approvisionnement en eau de boisson	29
II.2.3.5 Risques sanitaires liés à l'assainissement	32
II.2.3.6 Hygiène domestique, alimentaire et personnelle	33
II.2.3.7 Risques sanitaires liés à la promiscuité.....	34
II.2.4 Facteurs non environnementaux et maladies influencées par des facteurs environnementaux	35
II.2.4.1 Facteurs démographiques.....	35
II.2.4.2 Facteurs socio-économiques et culturels	38
II.2.4.3 Facteurs nutritionnels et maladies.....	40

II.3 Cadre conceptuel de la thèse.....	40
II.3.1 Définition de concepts clés.....	44
II.3.2 Hypothèses de recherche.....	46
Conclusion.....	46
Chapitre II : Contexte, source des données et méthodes d'analyse.....	48
Introduction.....	48
II.1. Éléments du contexte général de Ouagadougou.....	48
II.1.1 Situation géographique, économique et démographique.....	48
II.1.2 Urbanisation de la ville de Ouagadougou, sa croissance spatiale et problèmes de santé	51
II.2. Sources des données et méthodes.....	53
II.2.1 Sources des données.....	53
II.2.2 Données de l'Observatoire de population de Ouagadougou et avantages.....	55
II.3 Évaluation des données.....	58
II.3.1 Examen préliminaire des taux de non-réponse des variables explicatives.....	59
II.3.2 Évaluation de la qualité des données sur l'âge.....	61
II.3.2.1 Évaluation de l'âge par la méthode graphique.....	61
II.3.2.2 Évaluation de l'âge par la méthode statistique.....	62
II.3.2.2.1 Évaluation de l'âge par la méthode de l'indice de Whipple.....	62

II.3.2.2.2 Évaluation de l'âge par la méthode de l'indice de Myers.....	63
II.4 Approches analytiques.....	65
II.4.1 Analyse spatiale.....	65
II.4.1.1 Application de l'analyse spatiale.....	65
II.4.1.2 Présentation de l'analyse spatiale.....	66
II.4.2 Analyse factorielle des correspondances multiples et de classification.....	67
II.4.2.1 Application de l'analyse factorielle des correspondances multiples et de classification.....	67
II.4.2.2 Présentation et justification du choix de l'analyse factorielle des correspondances multiples.....	67
II.4.3 Analyses multivariées explicatives : estimations des modèles logit simple.....	68
II.4.3 Analyses multivariées explicatives : estimations des modèles logit ordonné.....	72
II.5 Variables et construction d'indicateurs.....	74
II.5.1 Variables dépendantes.....	74
II.5.2 Variables indépendantes.....	75
II.5.3 Limites des données de l'Observatoire de population de Ouagadougou.....	79
Conclusion.....	81
Chapitre III : Morbidité des enfants en zones urbaines africaines. Le cas de l'Observatoire de population de Ouagadougou-Burkina Faso (article 1).....	83
III.1 Introduction.....	85

III.2 Méthodes	87
<i>III.2.1 Contexte d'étude et échantillon</i>	87
<i>III.2.2 Méthodes d'analyse</i>	89
<i>III.2.3 Variables</i>	91
III.3 Résultats	92
<i>III.3.1 Analyse spatiale des données géo-localisées</i>	92
1. <i>Distribution spatiale des unités collectives d'habitation autour des tas d'ordures et des points d'eau stagnante</i>	92
2. <i>Distances des unités collectives d'habitation aux tas d'ordures et points d'eau stagnante les plus proches</i>	93
3. <i>Analyse de concentration des symptômes déclarés dans les quartiers de l'OPO</i>	97
<i>III.3.2 Analyses factorielles et de classification</i>	101
1. <i>Interprétation des axes factoriels</i>	101
2. <i>Profil des quartiers par rapport aux maladies et à l'environnement</i>	101
3. <i>Profil des groupes d'enfants à risque de maladies environnementales</i>	104
III.4 Discussion et conclusion	107
Chapitre IV : Environnement immédiat et fièvre chez les enfants dans les zones de l'Observatoire de population de Ouagadougou-Burkina Faso (article 2)	112
IV.1 Introduction	114
IV.2 Methods	117

<i>IV.2.1 Study area and sample</i>	117
<i>IV.2.2 Variables</i>	120
<i>IV.2.3 Analysis</i>	122
IV.3 Results	123
IV.4 Discussion and Conclusion	126
Chapitre V : Influence des facteurs environnementaux et démographiques dans la co- occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants dans cinq quartiers périphériques de Ouagadougou - Burkina Faso (Article 3)	132
V.1 Introduction	134
V.2 Cadre conceptuel	137
V.3 Données et méthodes d'analyse.....	143
<i>V.3.1 Contexte et données</i>	143
<i>V.3.3 Méthodes</i>	147
V.4 Résultats.....	149
V.5 Conclusion.....	155
Conclusion générale	158
1) Principaux résultats, apports de la thèse, originalité et limites	159
2) Perspectives.....	164
Références	167
Annexes	i

Annexe 1- Présentation de quelques variables saisies par le questionnaire sur l'état de santé,
OPO 2010 i

Annexe 2- Présentation de quelques variables saisies par l'enquête de base de l'OPO, 2009 iii

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Évolution de l'occurrence des trois maladies au cours des deux dernières enquêtes démographiques et de santé dans les villes subsahariennes entre 1996 et 2011* ...	21
Tableau 2.1 : Variables explicatives de l'analyse et taux de non-réponses (OPO, 2009 et 2010).....	60
Tableau 2.2 : Calcul des indices de Whipple et de Myers (OPO, 2009).....	64
Tableau 2.3 : Résultats du test de multicolinéarité sur les variables explicatives, OPO 2010	71
Tableau 2.4 : Variables opérationnelles de l'étude, OPO 2009 - 2010	81
Tableau 3.1 : Proximité des dangers environnementaux en comparaison avec certaines caractéristiques des quartiers (OPO, 2010)	97
Tableau 3.2 : Répartition des enfants (en pourcentage en colonne) en trois groupes issus de l'analyse de classification, OPO, 2010.....	105
Tableau 3.3 : Répartition des enfants (en pourcentage en ligne) en trois groupes issus de l'analyse de classification, OPO, 2010.....	105
Table 4.1: Occurrence of fever according to various characteristics and effects of factors that influence childhood fever in the Ouaga HDSS, 2010	125
Tableau 5.1 : Distribution des variables explicatives et probabilités de co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants, OPO 2010.....	153

Liste des figures

Figure 1.1 : Schéma conceptuel de la santé environnementale	43
Figure 5.1 : Schéma conceptuel pour l'analyse de la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre.....	142

Liste des graphiques

Graphique 2.1 : Comparaison de l'évolution de la population urbaine de Ouagadougou depuis 1960 par rapport aux autres villes principales du Burkina Faso (RGPH –Burkina Faso 1985 ; 1996 et 2006).....	50
Graphique 2.2 : Distribution de la population de Ouagadougou par année d'âge selon le sexe (INSD, 2009)	50
Graphique 2.3 : Distribution de la population de l'OPO selon l'âge et le sexe (OPO, 2009)	62
Graphique 2.4 : Évaluation graphique de la qualité de l'âge par la méthode de Myers (OPO, 2009).....	64
Graphique 3.1 : Premier plan factoriel d'une analyse des correspondances multiples sur 19 variables, 48 modalités et 950 enfants (OPO, 2010)	103
Graphique 3.2 : Projection des groupes sur le plan factoriel d'une analyse des correspondances multiples, OPO 2010.....	107

Liste des cartes

Carte 2.1 : Exemple d'un quartier loti de Ouagadougou : Tanghin (Google Earth, 2013)	52
Carte 2.2 : Exemple d'un quartier non loti de Ouagadougou : Nioko 2 (Google Earth, 2013)	52
Carte 2.3 : Situation des zones de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO)....	57
Map 4. 1. The Ouagadougou Health and Demographic Surveillance System areas of study	119
Carte 5.1 : Les zones de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO).....	144

Définition des sigles et abréviations

AFC : Analyse Factorielle des Correspondances

AFCM : Analyse Factorielle des Correspondances Multiples

AFIMESS : Ateliers de Formation Intensive de Méthodologie en Sciences Sociales

AMU : Aix-Marseille Université

APC : Analyse en Composantes Principales

CHUM : Centre Hospitalier de l'Université de Montréal

CNERS : Comité national d'éthique pour la recherche en santé

EDS : Enquête Démographique et de Santé

FESP : Faculté des Études Supérieures et Postdoctorales

FNUAP : United Nations Fund for Population Activities

HDSS : Health and Demographic Surveillance System

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

ISSP : Institut Supérieur des Sciences de la Population

Iw : Indice de Whipple

LPED : Laboratoire Population-Environnement-Développement

MICS : Multiple Indicator Cluster Survey

OMD : Objectif du Millénaire pour le Développement

OMS : Organisation mondiale de la Santé

ONU-Habitat : Programme des Nations Unies pour les établissements humains

OPO : Observatoire de Population de Ouagadougou

PAA : Population Association for America

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

PPSA : Programme Population et Santé en Afrique subsaharienne

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

SIG : Système d'Information Géographique

UCH : Unité Collective d'habitation

UN-Habitat : United Nations Human Settlements Programme

UNICEF : United Nations Children's Fund

VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine

WHO : World Health Organization

Dédicace

À mes deux parents Bouba Gongnet Djontaya et Euhbalbo Rebecca pour l'éducation que vous m'avez offerte. Puisse Dieu nous accorder une longue vie sur cette terre des hommes !

Remerciements

« Soyons reconnaissants aux personnes qui nous donnent du bonheur ; elles sont les charmants jardiniers par qui nos âmes sont fleuries ». Marcel Proust

Au terme de cette recherche et au commencement d'une nouvelle étape de ma vie, qu'il me soit permis d'adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes qui, de loin ou de près, ont contribué à la réalisation de cette thèse et ont permis par leur soutien et leurs conseils, de le mener à bien.

Je tiens tout d'abord à remercier mes deux directeurs de thèse, le Professeur Thomas K. LeGrand et la Docteure Stéphanie Dos Santos qui, malgré leurs multiples responsabilités, ont accepté de diriger de bout en bout ce travail. Professeurs, acceptez mes plus vifs remerciements pour la confiance que vous avez placée en moi et pour vos judicieux conseils et suggestions qui ont amélioré la qualité de ce travail. Grâce à vous, j'ai réalisé ce travail dans de bonnes conditions tant matérielles, techniques, scientifiques que morales. Je vous témoigne également de ma profonde gratitude pour m'avoir autorisé à effectuer deux années de recherche en Afrique, à cheval entre le Sénégal et le Burkina Faso, ce qui m'a permis de me rapprocher de ma famille et de mon pays. Le long séjour de recherche en Afrique m'a par ailleurs permis de m'intégrer facilement dans une équipe multiculturelle et multidisciplinaire. Durant mon séjour de recherche en Afrique, j'ai profité d'une mission d'apprentissage sur le système d'information géographique (SIG) à Paris, des séminaires AFIMESS à Dakar, et des ateliers sur le SIG à Ouagadougou grâce au financement de l'Institut de recherche pour le développement (IRD).

Par la même occasion, je tiens à témoigner de ma profonde gratitude aux enseignants du Département de démographie de l'Université de Montréal qui, par leurs enseignements et diverses contributions scientifiques, ont fait de moi un membre de la famille des démographes. Mes remerciements vont plus particulièrement aux professeurs Marc Termote, Norbert Robitaille, Barthélemy Kuate Defo, Solène Lardoux et Simona Bignami.

J'adresse également mes très sincères remerciements aux membres du jury de thèse pour la rapidité avec laquelle ce travail a été évalué. Leurs commentaires et suggestions m'ont été très utiles et fructueuses pour la finalisation de cette thèse. Que les professeurs Clémentine Rossier et Valery Ridde veuillent bien trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

J'adresse également mes sincères remerciements aux chercheurs de l'Institut supérieur des sciences de la population (ISSP) de Ouagadougou (Burkina Faso) et de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) de Ouagadougou pour leur collaboration dans la recherche. Une mention spéciale est faite à Dr Abdramane Bassiahi Soura et Dr Aude Nikiema.

Ce travail de thèse s'inscrit dans le Projet population et santé en Afrique (PPSA) financé par la fondation Bill et Melinda Gates. Je remercie du fond du cœur le projet PPSA pour avoir financé mes études doctorales durant quatre années. J'adresse également mes remerciements au Département de démographie, ainsi qu'à la Faculté des études supérieures et postdoctorales et le Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM) pour l'octroi des bourses complémentaires qui m'ont permis de terminer la thèse dans de bonnes conditions.

Je suis très reconnaissant envers l'ISSP pour avoir mis gracieusement à ma disposition des données de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO) et pour le séjour qu'il m'a offert. J'exprime également ma profonde gratitude au Laboratoire population, environnement et développement (LPED) de l'IRD de Dakar et à l'ISSP de Ouagadougou pour le matériel mis à ma disposition pendant le séjour de recherche.

Mes remerciements s'adressent également aux condisciples du programme de doctorat en démographie pour les échanges concernant des questions méthodologiques, et aux amis du Réseau des étudiants de l'Université de Montréal pour la recherche et la promotion du bien-être des populations en Afrique (AFRICASUM) pour l'animation de la vie associative sur le campus de l'Université. Je pense plus particulièrement à Lise Thibodeau, Anne Bourgeois, Kim Deslandes, Yentéma Onadja, James Lachaud, Fortuné Sossa, Moussa Bougma, Louis Niamba, Ayemi Lawani, Nabi Doumbia, Laity Ndiaye, Ousmane Koné, Diouldé Diallo et Romain Kadje Kenmogne. Je n'oublie pas les amis de bureau à Dakar et à Ouagadougou,

notamment Alphousseyni Ndonky, Georges Koné, Fatoumata Hane, Soufianou Moussa, Issa Sory, Pascal Nana, Joachim Kaboré, Adolphe Yemtim, Joël Gansaonré, et Esther Belemwidougou.

Je tiens également à adresser de sincères remerciements aux familles Dieudonné Soubeiga, Semingar Ngaryamngaye, Yodé Miangotar, Abdelhamit Mahamat Alim, Dakou Youssouf Seid, Mahamat Moussa Abdelkerim, Allakouba Ndintamadji, Constant Mbaïlasse, Germain Boco, Adjiwanou Vissého, Georges Guiella, Bilampoa Thiombiano, Jean-Paul Peumi, Patrick Louis Anselme Naré, Assane Amadou, Lwalaba Digali, Keumaye Ignegongba, Dibé Gali, Levi Allamaye Golbey, Giscard Neradé, Levy Madjibeye, Caleb Masbé, Arsène Ndikode, François Ganon, Votsia Djokata, Prosper Lawé Ngaïndandji, Vridaou Tao, Ngadandé Madjita, Alfred Assemal, Rogatien Somda, Mahamoudou Kaboré, Ripama Toubou, Zakaliyat Bonkougou, Lazar Gneninfo Coulibaly, Kwami Dadji, David Soubeiga, Mahamoudou Kouanda, Gapto Maï Moussa, Lansana Camara, Appolinaire Tollegbé et Fèmi Dossou. Grâce à vous, je me suis senti bien entouré pendant ce moment important de ma vie qui alternait à la fois le stress et la passion, le doute et l'espoir.

Je rends hommage à mon grand-frère Honoré Bouba Beakgoubé, à mon beau-père Ésaïe Passoua Wedjou, à ma belle-mère Jacqueline Mafouroumi pour les soins, la protection et l'attention bienveillante accordés à ma famille durant mon absence au Tchad. Recevez ma profonde gratitude pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Je ne saurais terminer enfin sans remercier très chaleureusement mon épouse Sabine Louayakba et ma fille Oriane Ehbé Rhiya Bouba Djourdebbé, la *Yennenga* du Faso, qui ont enduré certaines privations, m'ont soutenu et accompagné pendant toute la durée de cette thèse. Merci mille fois à vous, mes deux chéries, pour la plénitude que vous avez mise en moi.

Introduction générale

1. Problématique et justification de la recherche

Les questions de santé environnementale constituent une préoccupation majeure aussi bien des pays développés que des pays en développement, notamment celles touchant à la santé des enfants. Pendant que les enfants des pays développés font face aux risques dits modernes imputables au développement, ceux des pays en développement courent des risques dits traditionnels étroitement liés au manque de développement tels que la difficulté d'accès à l'eau potable de boisson, le déficit d'infrastructures d'assainissement et des insuffisances en matière d'hygiène (McMichael, 2000; Gavidia et al., 2010; Hill et al., 2014).

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) estime que 24% de la charge mondiale de morbidité et 23% de mortalité sont dues à des facteurs de l'environnement (WHO, 2009; WHO, 2010). Cette charge de morbidité dans le monde est inégalement répartie, et elle est beaucoup plus lourde dans les pays en développement (Gavidia et al., 2010). Bien que tous les âges soient concernés par les menaces environnementales, les enfants présentent une plus grande vulnérabilité que les adultes, notamment durant les 5 premières années de vie (Bearer, 1995; Chevalier et al., 2003). La vulnérabilité spécifique des enfants s'explique par leur exposition disproportionnée et leur sensibilité biologique (déficit d'immunité, moindre résistance aux maladies) (Schaaf et Marais, 2011; Chapman et Hill, 2012). En effet, adultes et enfants sont exposés à des types différents de risque, parce qu'ils n'ont pas la même activité (PNUD, 2011). Les enfants ont une préférence pour les jeux, ils sont couramment en contact avec le sol et ont peu de notions d'hygiène ; ils sont ainsi plus enclins à entrer en contact avec le sol jonché d'excréments, la principale source de maladies diarrhéiques (Bartlett, 2003; Phan et al., 2012). À cela s'ajoutent les effets cumulatifs de la précarité du logement, du surpeuplement, de la contamination de l'eau, et de l'insuffisance de l'hygiène (Walker et al., 2013). L'enfance reste ainsi la période la plus dangereuse de la vie (Du Loû et al., 1996; Mutua et al., 2011; Shibata et al., 2014).

La morbidité et la mortalité liées à l'environnement demeurent toujours élevées dans le monde, même si elles ont connu une baisse notable¹ au cours de ces dernières décennies (UNICEF, 2012a). Chaque année, plus de 4 millions d'enfants dans le monde meurent des suites de maladies liées à l'environnement (WHO, 2010). Le monde est loin d'atteindre le 4^e Objectif du millénaire pour le développement (OMD) qui consiste à réduire de deux tiers le taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans entre 2000 et 2015. Le paludisme, la diarrhée et les infections respiratoires aiguës constituent des problèmes de santé environnementale les plus importants, contribuant ainsi à 26% des décès des enfants dans le monde (WHO, 2007; WHO et UNICEF, 2014). Ces problèmes de santé sont parfois aggravés par la malnutrition et la rougeole, ce qui affaiblit dangereusement les enfants (Rice et al., 2000; Mahamud et al., 2013; Kumar et al., 2014).

Dans les villes africaines, la croissance rapide de la population et l'urbanisation non maîtrisée par les pouvoirs publics favorisent les mauvaises conditions d'évacuation des ordures ménagères et des eaux usées, qui ont des conséquences sur la santé des populations (Fournet et al., 2010; Yongsi, 2010; Fink et Hill, 2013). Ainsi, les problèmes de santé liés à l'approvisionnement en eau de boisson, à l'assainissement et à l'hygiène sont l'une des préoccupations les plus importantes dans les villes en Afrique (Tumwine et al., 2002), notamment dans les capitales du fait de la démographie galopante (Hardoy et al., 2014). Près d'un citoyen dans les villes africaines sur cinq, par exemple, n'a pas accès à de meilleures sources d'approvisionnement² en eau potable, et un sur deux ne dispose

¹ La tendance est à la baisse pour quasiment tous les indicateurs liés à la morbidité environnementale chez les enfants saisis par les données des enquêtes démographiques et de santé de nombreux pays en Afrique subsaharienne. cf. tableau 11 de la thèse.

² Le Programme conjoint de suivi de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement de l'OMS/UNICEF utilise le système de classification officiel des Objectifs du millénaire pour le développement (OMD) pour définir les modalités de la source d'approvisionnement comme suit: 1) sources d'eau améliorées (un robinet dans l'habitation ou la parcelle et raccordé au réseau de distribution, une borne-fontaine, un forage, un puits ou une source protégés ou le stockage de l'eau de pluie) ; et 2) sources d'eau non améliorées (les puits et les sources non protégés, c'est-à-dire les eaux de surface non traitées telles que la rivière, le barrage, canaux d'irrigation, etc., de même que l'eau provenant des revendeurs ambulants ou des citernes). Cf. OMS/UNICEF. 2012. Un aperçu de la situation de l'eau et de l'assainissement en Afrique-Mise à jour en 2012. Caire, OMS/UNICEF, 20 p.

pas d'un mode d'assainissement approprié (Banque mondiale, 2012; PNUD, 2012). Dans les villes africaines, les enfants vivent souvent dans des conditions environnementales difficiles (Sy et al., 2011). Si la situation des enfants est en moyenne meilleure en milieu urbain comparativement au milieu rural, toutefois ces dernières années, suite à la crise économique, certaines sous-populations urbaines connaîtraient une morbidité et une mortalité supérieures à celles observées en milieu rural (Bartlett, 2003; Montgomery, 2009; Fink et Hill, 2013).

Dans les capitales en Afrique francophone de l'Ouest, on assiste à un développement de quartiers d'habitat informel appelés couramment des quartiers non lotis (en opposition aux quartiers dits lotis) privés des services urbains de base (Beauchemin et Bocquier, 2004; Phillips, 2014). Les mauvaises conditions de santé des enfants sont en partie attribuées à l'insalubrité dans les quartiers informels (Sy et al., 2011). De par ses composantes physiques, économiques et sociales, le quartier de résidence peut avoir des effets positifs ou négatifs sur la santé (Chaix et al., 2009). Les composantes physiques dans un quartier peuvent avoir des effets néfastes sur la santé des populations dans la mesure où ces dernières sont exposées aux dangers liés à l'environnement (polluants dans l'air, eaux insalubres, etc.) (Vlahov et al., 2007). Alors que l'accessibilité aux services urbains de base ou leur proximité dans un quartier peut avoir des effets positifs sur la santé (Ouendo et al., 2004; Montgomery et Hewett, 2005; Olvera et al., 2005).

La littérature sur la santé dans les établissements informels (spontanés) indique que les zones informelles abritent une proportion importante de la population urbaine en Afrique subsaharienne: 62% des habitants des villes vivent dans des quartiers informels (Sverdlik, 2011; UN-Habitat, 2013). À partir des données des enquêtes démographiques et de santé (EDS) de plusieurs pays en Afrique subsaharienne, des études montrent que les enfants dans les bidonvilles ont une meilleure santé que ceux vivant dans les milieux ruraux, mais pire que celle des enfants dans les quartiers aisés des mêmes agglomérations urbaines (Günther et Harttgen, 2012; Fink et al., 2014). Ce sont les cas, par exemple, de Bonaberi à Douala (Cameroun), Camp Luka à Kinshasa (République Démocratique du Congo), Kanu à Abuja (Nigeria), Kibera à Nairobi (Kenya), et Soweto à Johannesburg (Afrique du Sud) (Fink et Hill, 2013; UN-Habitat, 2014). Une part importante des

différences de santé observées semble s'expliquer par des différences marquées dans l'éducation maternelle, la richesse des ménages, et l'accès aux services de santé selon le milieu de résidence (Fink et al., 2011; Fink et Hill, 2013; Soura et al., 2014). À Nairobi, la capitale du Kenya, la mortalité estimée des enfants est deux fois plus élevée dans les bidonvilles que dans d'autres quartiers de la ville (Ndugwa et Zulu, 2008; Kimani-Murage et al., 2011; Mutua et al., 2011).

L'une des caractéristiques sanitaires en milieu urbain d'Afrique subsaharienne est la fièvre chez les enfants de moins de 5 ans, bien que celle-ci connaisse une baisse dans un certain nombre d'années (Houéto, 2007; Yaro et al., 2010; Brasseur et al., 2014). La fièvre est considérée comme un important signe de maladie dans l'enfance, et est provoquée par plusieurs causes (Mallé Samb et al., 2013; Walker et al., 2013; Swoboda et al., 2014). En Afrique subsaharienne, plus particulièrement dans le Sahel, la fièvre est en général provoquée par le paludisme, la fièvre typhoïde, les maladies diarrhéiques, les infections respiratoires aiguës, etc. (Page et al., 2013; Trape et al., 2014). Dans de nombreux pays d'endémie palustre, la fièvre est le symptôme le plus souvent utilisé pour le diagnostic présomptif du paludisme à domicile (D'Alessandro et Buttiens, 2001; Brasseur et al., 2014). Il est reconnu de nos jours que la prise en charge précoce et adéquate de la fièvre chez l'enfant réduit considérablement l'incidence du paludisme grave (William et al., 2011; Nonvignon et al., 2012). L'eau joue un rôle important dans l'explication de la fièvre chez les enfants (McMichael, 2000; Pickering et Davis, 2012; Teixeira et al., 2012). En consommant l'eau de surface, des vendeurs ambulants, et parfois l'eau de borne-fontaine, les enfants sont directement exposés aux risques sanitaires à cause de la contamination (liée à la présence des agents pathogènes) (Dégbey et al., 2008; Rufener et al., 2010). L'eau peut indirectement constituer des dangers permanents en créant des gîtes larvaires propices au développement des vecteurs de maladies (Muriu et al., 2013; Maes et al., 2014). Les moustiques transmettent, par exemple, le paludisme, la dengue, la fièvre jaune et la filariose (McMichael, 2000; Mangold et Reynolds, 2013). L'eau de moins bonne qualité est associée à un risque plus élevé de fièvre chez l'enfant en bas âge (Kojima, 2006). La fièvre est souvent associée à un certain nombre de facteurs de risque, notamment les soins inadéquats, la non utilisation de moustiquaire, les facteurs environnementaux qui affectent la santé de

l'enfant dans les premières années de la vie ainsi que différentes variables bio-démographiques et socio-économiques (McMichael, 2000; Das et al., 2013; Mangold et Reynolds, 2013).

Une autre caractéristique sanitaire en milieu urbain d'Afrique subsaharienne est la co-occurrence des symptômes, c'est-à-dire la survenue concomitante de deux ou plusieurs symptômes de maladies chez un même enfant (Becker et al., 1991; Mosley et Becker, 1991; Fenn et al., 2005). La co-occurrence des symptômes n'est pas souhaitable puisqu'elle peut provoquer des gênes, la souffrance et la gravité des complications liées à la déshydratation, et expose à un risque accru de décès chez les enfants (Fenn et al., 2005; Mulholland, 2005; Fobil et al., 2011). Le fait d'être en moins bonne santé pourrait être la résultante des facteurs défavorables (conditions d'habitat insalubres, faible niveau de vie du ménage, etc.) et d'un mauvais accès aux services de santé, rendant ainsi les enfants plus à risque de contracter divers problèmes de santé (corrélation entre la survenue de deux ou plusieurs symptômes) chez l'enfant. Les symptômes multiples chez l'enfant seraient associés à la gravité d'un problème de santé (un plus mauvais état de santé). La prise en compte de la co-occurrence des symptômes pourrait permettre de mieux orienter les politiques de santé, afin de réduire efficacement la morbidité chez les enfants.

Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, n'échappe pas aux problèmes de santé liés aux facteurs environnementaux. On estime à 20%, 18% et 4%³ l'occurrence respective de la fièvre, de la diarrhée et des infections respiratoires aiguës chez les enfants de moins de 5 ans à Ouagadougou au cours d'une période des deux semaines avant l'enquête (INSD et ICF International, 2012). La ville de Ouagadougou compte environ 2 000 000 habitants en 2010 (Guengant, 2011; INSD et ICF International, 2012). Cette ville a connu un fort taux de croissance moyen de 7,6% par an entre 1996 et 2006 (INSD, 2009). Comme la plupart des villes subsahariennes, la forte croissance démographique et l'urbanisation de Ouagadougou soulèvent d'énormes défis à relever concernant les risques sanitaires liés à l'environnement immédiat. On voit donc l'intérêt d'analyser les relations entre les

³ Ces proportions différentes de celles du tableau 1.1 concernent essentiellement la ville de Ouagadougou (non tout l'ensemble urbain du Burkina Faso).

facteurs environnementaux et la santé, particulièrement dans cette ville soumise à une forte croissance urbaine depuis les années 1960.

L'OMS considère que l'environnement est « la clé d'une meilleure santé ». D'après ce postulat de base, pour améliorer la santé il faut agir sur trois domaines principaux : le mode de vie, l'environnement et les soins de santé (Van Steenberghe et Doumont, 2005). En se basant sur les estimations⁴ quantifiées en fonction d'années de vie ajustées sur l'incapacité (mesure pondérée de la mortalité, de la morbidité et de l'incapacité), l'OMS attribue près d'un quart des décès et de la charge mondiale de morbidité (WHO, 2007; WHO et UNICEF, 2014)⁵ à l'environnement. Ainsi, l'OMS saisit la charge globale de morbidité imputable aux facteurs environnementaux (les effets indirects de l'environnement sur la santé), en calculant le nombre des décès et des cas de maladie provoqués par des facteurs essentiels tels que la contamination de l'eau de boisson, l'insalubrité et la pollution atmosphérique à l'intérieur comme à l'extérieur des habitations (OMS, 2007). Ces estimations permettent d'orienter les décideurs politiques dans l'élaboration de stratégies sanitaires de prévention susceptibles non seulement de réduire la morbidité, mais aussi les coûts du système de santé.

Cependant, lier environnement et santé demeure encore un défi pour les connaissances scientifiques du fait que l'enchaînement de causalité entre les facteurs environnementaux et la maladie qui en résulte est complexe (Etchelecou, 2010). Certains auteurs établissent des liens statistiques entre la santé et l'environnement, tandis que d'autres aboutissent à des conclusions opposées. Pour les premiers, il existe un lien causal entre l'environnement et la santé, même lorsque les facteurs socio-économiques sont pris en compte (Victora et al., 1988; Woldemicael, 2000). L'effet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la réduction de la morbidité et de la mortalité dues à la diarrhée est de plus en plus reconnu (Bartlett, 2003), ce qui renforce l'importance accordée par l'OMS pour la

⁴ Les estimations sont effectuées à partir d'une évaluation systématique de la documentation relative à toutes les catégories de maladies visées et également à partir d'une enquête faite par plus d'une centaine d'experts du monde entier.

⁵ La charge de morbidité est mesurée en nombre de décès pour 100 000 habitants.

nécessité de désinfecter de l'eau de boisson à domicile pour prévenir l'incidence de la diarrhée (WHO, 2002). Il est également reconnu que l'eau propre disponible en quantité suffisante est essentielle pour réduire les risques de voir se développer les maladies de la peau et des yeux chez les enfants (Esrey, 1996; Haines et al., 2012). Pour les seconds, en revanche, l'effet de l'environnement sur la santé s'estompe avec la prise en compte des facteurs socio-économiques (Tumwine et al., 2002; Cairncross et al., 2004; Cairncross et al., 2010). La mesure de l'approvisionnement en eau de boisson sur la santé, par exemple, est considérablement controversée pour des raisons tant théoriques que méthodologiques (Dos Santos et LeGrand, 2007). Les liens entre l'assainissement et la santé ne sont pas également exempts de controverses (Cairncross et al., 2004). Toutefois, l'amélioration de l'assainissement semble conférer des avantages sanitaires beaucoup plus importants que l'amélioration de l'accès à l'eau de boisson (Esrey, 1996).

Ce n'est pas parce que les liens statistiques entre environnement et santé sont controversés qu'il n'y a pas des liens conceptuels. Ces controverses ne remettent nullement en cause l'importance que l'OMS accorde au rôle joué par les facteurs de l'environnement dans plus de 80% des maladies (OMS, 2007). Par ailleurs, les effets de l'environnement sont d'autant plus difficiles à estimer que les facteurs socio-économiques et démographiques qui médiatisent ces liens (Mosley et Chen, 1984; Kandala et al., 2008). Un effet de l'environnement peut être mis en évidence, alors qu'il n'est que la résultante de variables socio-économiques et démographiques omises (Dongo et al., 2008; Kandala et al., 2008). Au-delà des controverses sur l'accès à l'eau, l'assainissement et la santé qui soulèvent donc la difficulté de trancher clairement la question entre les études, nous posons l'hypothèse que l'environnement immédiat a un effet sur la morbidité chez les enfants de moins de 5 ans à Ouagadougou en dehors des variables démographiques et socio-économiques.

L'état actuel des connaissances ne permet pas de clore le débat sur l'importance des liens entre l'environnement et la santé des enfants. Les questions liées à la santé environnementale dans les villes africaines sont mal connues et peu étudiées (Salem, 1998; Ngwé et Banza-Nsungu, 2007; Sy et al., 2011). Les études populationnelles sur les facteurs environnementaux et les symptômes de maladies demeurent encore

fragmentaires et peu abondantes à cause du manque de données pertinentes. Bien souvent, les chercheurs recourent aux données disponibles des recensements généraux de la population et de l'habitat et des enquêtes démographiques et de santé, qui collectent des informations relativement limitées sur les variables de l'environnement. Également, les rares enquêtes spécifiques à ce sujet se distinguent faiblement des enquêtes démographiques et de santé en raison du nombre limité de variables de l'environnement. De plus, l'analyse des liens entre santé et environnement est sujette à des difficultés théoriques et méthodologiques que ces données ne peuvent surmonter. L'une des difficultés se trouve dans le caractère plurifactoriel des maladies et de diverses variables de l'environnement qui opérationnalisent l'accès à l'eau de boisson, l'assainissement et l'hygiène (Thiltgès, 1998; Chevalier et al., 2003; Dos Santos et LeGrand, 2007; Ngwé et Banza-Nsungu, 2007). Trop souvent les études qui existent contrôlent faiblement les effets de l'environnement sur la santé des enfants par les variables démographiques et socio-économiques pertinentes. Pourtant, la non-prise en compte de ces variables pourrait conduire à des conclusions fallacieuses sur l'existence d'un lien entre un facteur de l'environnement et l'occurrence d'une maladie donnée.

2. Objectifs de la thèse

La thèse propose de tester les liens entre l'environnement immédiat et les symptômes de maladies, plus particulièrement la fièvre et la diarrhée, deux problèmes de santé importants chez les enfants de moins de 5 ans dans les villes de l'Afrique subsaharienne. Elle utilise les données sur cinq quartiers collectées par l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO) pour l'analyse de la santé. Les résultats de l'étude permettraient de disposer des données probantes sur les liens causaux entre environnement et santé, afin de guider les orientations en santé publique urbaine aussi bien dans la ville de Ouagadougou que dans d'autres villes en Afrique subsaharienne. De façon spécifique, il s'agit de : 1) décrire finement le contexte sanitaire des quartiers formels (zones loties) et informels (zones non loties) en milieu urbain africain à partir des données de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO), et tester si la dichotomie entre les zones loties et non loties constitue une grille d'analyse pertinente à Ouagadougou, en analysant des variations entre les zones loties et non loties, et des variations dans les

zones loties et non loties (article 1) ; 2) analyser l'effet de l'environnement immédiat sur l'occurrence de la fièvre chez les enfants (article 2) ; et 3) étudier l'influence des facteurs environnementaux et démographiques sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre (article 3).

3. Structuration de la thèse

La thèse comprend cinq chapitres. Les trois derniers chapitres sont des chapitres d'analyse rédigés sous forme d'articles scientifiques.

Le premier chapitre porte sur la synthèse de la littérature sur la santé environnementale en milieu urbain en Afrique subsaharienne. Ce chapitre présente d'abord les généralités sur les apports de la démographie à la santé publique. Il décrit ensuite l'ampleur des problèmes de santé liés à l'environnement, puis les problèmes conceptuels et méthodologiques, ainsi que les facteurs associés. Il propose enfin un cadre conceptuel pour l'analyse de la santé environnementale.

Le deuxième chapitre situe le contexte de l'étude, en décrivant la situation géographique, économique, démographique et sanitaire de Ouagadougou. Ce chapitre décrit également l'ensemble des données utilisées dans l'étude, leurs avantages et limites, ainsi que les méthodes d'analyse.

Le troisième chapitre (premier article) décrit la santé environnementale en milieu urbain en cherchant à aller au-delà de la dichotomie quartiers lotis/quartiers non lotis (zones formelles/zones informelles). Ce chapitre explore les relations entre l'environnement immédiat et les symptômes de maladies à savoir la fièvre, la diarrhée, la toux, les infections de la peau et des yeux, ainsi que la malnutrition simple et sévère. Il est en effet question de tester les relations entre environnement et santé à travers plusieurs symptômes, afin de pousser plus finement les analyses sur certains symptômes, plus spécifiquement la fièvre isolément et la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre.

Le quatrième chapitre (deuxième article) se consacre à l'examen des effets de l'environnement sur la fièvre chez les enfants dans cinq quartiers périphériques nord de Ouagadougou. Les effets de l'environnement sur la fièvre chez les enfants sont estimés

en contrôlant pour les effets des variables démographiques et socio-économiques pertinentes. Ce chapitre met un accent particulier sur l'effet de quartier de résidence dans l'occurrence de la fièvre chez les enfants.

Le cinquième chapitre (troisième article) estime l'influence de l'environnement et des facteurs démographiques sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Les effets des facteurs environnementaux et démographiques sont contrôlés par les variables démographiques, socio-économiques et l'état nutritionnel de l'enfant, variables à même d'exercer un rôle clé sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre.

La thèse se termine enfin par une conclusion générale qui énumère les résultats clés et discute de leur importance, et dégage des perspectives de recherche.

Chapitre I. Santé et environnement dans les villes en Afrique subsaharienne

« La connaissance commence par la tension entre savoir et non-savoir : pas de problème sans savoir – pas de problème sans non-savoir » (Hervé Dumez, 2010, p. 9).

Introduction

Les risques sanitaires liés à l'environnement restent une préoccupation dans les villes d'Afrique subsaharienne qui s'urbanisent très rapidement. Cette croissance démographique rapide pose plus généralement des problèmes d'accès aux services et équipements urbains de base, de même que les maladies dues aux mauvaises conditions de logement et à la mauvaise qualité du système d'assainissement (UN-Habitat, 2014). La rapide croissance de la population urbaine s'accompagne d'un développement spatial qui échappe au contrôle des pouvoirs publics (Dos Santos, 2013; Ngnikam et al., 2014). En raison de l'insuffisance de la croissance économique et de l'absence de politiques de développement bien conçues dans de nombreux pays d'Afrique, le déploiement des infrastructures nécessaires au développement durable des villes ne suit pas l'expansion démographique (Fournet et al., 2010).

L'objectif de ce chapitre est de faire une synthèse de la littérature sur la santé environnementale en milieu urbain en Afrique subsaharienne dans le but d'identifier les facteurs associés, et d'élaborer le cadre conceptuel de la recherche. Le chapitre se structure autour de trois sections principales. La première section se consacre aux généralités concernant les apports de la démographie en santé publique, les approches en santé environnementale et les grands courants conceptuels de la santé urbaine. La deuxième section expose l'ampleur des problèmes de santé liés à l'environnement puis les problèmes conceptuels et méthodologiques, ainsi que les facteurs associés. La troisième et dernière section propose un cadre conceptuel pour l'analyse de la santé environnementale dans cette thèse.

I.1 Généralités

I.1.1 Santé et environnement : apport de la démographie

Le premier point de vue environnemental de la santé découle de l'œuvre d'Hippocrate (Forbat, 2014). Pour le père de la médecine, il faut prendre en compte les saisons, la qualité des eaux et des vents, analyser la nature du sol et le mode de vie des populations. Suite à la révolution scientifique du XVII^e siècle, des méthodes scientifiques ont été développées et des liens entre milieu de vie et santé ont été suggérés (Faucheux et Froger, 1994; Skinner et al., 2014). Dans les pays développés, les relations entre environnement et santé ont été au cœur de l'hygiénisme à la fin du XVIII^e siècle (Jordan, 2012; Béguin, 2013). Par après, la communauté scientifique a reconnu que le maintien de la santé passe par une rectification du milieu (Barles, 2010). La préoccupation concernant la santé environnementale a conduit à la mise en place de système d'informations pour examiner la qualité de l'air, de l'eau et des aliments (Bolduc et al., 2005). La mise en place des premiers concepts de la méthode d'évaluation des risques sanitaires remonte au milieu du XX^e siècle avec l'élaboration de « seuils d'exposition » à ne dépasser pour préserver la santé (INERIS, 2006). Vers les années 1940, les toxicologues ont élaboré grâce aux observations expérimentales, le principe selon lequel toutes les substances chimiques sont susceptibles d'être nocives lorsque les doses d'exposition vont au-delà de certains seuils (Chevalier et al., 2003; Van Steenberghe et Doumont, 2005; INERIS, 2006). Ainsi, les toxicologues ont porté un intérêt sur l'établissement des seuils d'exposition aux substances dangereuses.

En 1983, le *National research council* (NRC) proposa une évaluation de risque en quatre grandes étapes toujours en vigueur. Il s'agit de l'identification des dangers (utilisation des données épidémiologiques, données des expériences basées sur les animaux ou des données d'études à court terme), de la définition des relations dose-réponse (l'effet d'une exposition ou d'une dose donnée d'un cancérogène), l'évaluation de l'exposition (estimation de l'intensité, de la fréquence et de la durée de l'exposition humaine à une nuisance nocive), et la caractérisation des risques (estimation de l'incidence des effets dans une population en fonction des conditions d'exposition définies). De nombreux

postulats ont été formulés concernant à ces quatre étapes de l'évaluation des risques sanitaires des substances dangereuses. Par exemple, en ce qui concerne l'identification des dangers, l'*Environmental protection agency* (EPA) postule que toutes les études sur la cancérogénicité d'une substance, qu'elles indiquent des réponses positives ou négatives, doivent être incluses dans la démarche d'évaluation du potentiel cancérogène de cette substance (INERIS, 2006). Quant à la définition des relations dose-réponse, l'EPA considère que lorsque des estimations basées sur des études épidémiologiques existent, elles doivent être préférées aux estimations basées sur des données obtenues par des expériences sur les animaux. S'agissant de l'évaluation de l'exposition, l'EPA retient que la dose cumulée reçue pendant la vie entière, exprimée comme une exposition moyenne journalière au prorata de la vie entière est la mesure appropriée de l'exposition à une substance cancérogène. Concernant la caractérisation des risques, l'EPA considère que lors d'une exposition cumulée à plusieurs substances cancérogènes, les risques liés aux substances cancérogènes sont additionnés, sous l'hypothèse d'indépendance d'action (autrement dit, la réponse biologique à une substance cancérogène est la même quelle que soit la présence ou non d'autres substances cancérogènes).

Trois principaux agents sont reconnus comme susceptibles de nuire à la santé : agents biologiques, chimiques et physiques (Vergriette, 2006; Masion et al., 2012; OMS, 2012). Les agents biologiques, tels que les bactéries, les virus et les parasites qui peuvent causer des infections, et sont à même de contaminer l'air, l'eau ou les aliments, ou se transmettre directement d'une personne à l'autre (Gwana et al., 2014). Les agents chimiques qui proviennent soit de substances inorganiques comme les métaux, soit de substances organiques comme les hydrocarbures (Chevalier et al., 2003; Gorini et al., 2014). Les agents physiques concernent, par exemple les rayonnements ionisants ou le bruit (Mothersill et Seymour, 2014). De nos jours, l'origine environnementale de certains types de cancer est bien connue (Raaschou-Nielsen et al., 2013; Vineis et Wild, 2014). Dans les pays en développement, la santé environnementale est un sujet mal connu et non maîtrisé (Banza-Nsungu, 2004; Ngwé et Banza-Nsungu, 2007). Jusqu'à récemment, peu de mesures ont été prises pour tenir compte des facteurs environnementaux, même s'ils ont un impact sur la santé des populations (Fournet et al., 2010; Micheau et al., 2012).

Plusieurs disciplines en sciences sociales s'intéressent à étudier la santé environnementale en recourant aux différentes méthodes. La géographie de la santé détermine les facteurs de risque liés à la répartition spatiale des problèmes de santé (à l'aide de la cartographie et des analyses spatiales) (Kientga, 2008; Yonshi et al., 2008; Aschan-Leygonie et al., 2013). Cette démarche bien que descriptive offre une possibilité d'approfondir les analyses ultérieures. La sociologie de la santé environnementale, quant à elle, utilise l'approche qualitative pour analyser les perceptions de risque, et identifier les enjeux entourant la santé environnementale, en mettant l'accent sur l'incertitude scientifique et les questions d'éthique (Chevalier et al., 2003; Hannigan, 2014). Par ailleurs, l'anthropologie insiste particulièrement sur la culture pour cerner la relation homme-environnement-santé à partir des méthodes anthropologiques (Milton, 2013; Satterfield et al., 2013).

Dans les analyses démographiques classiques, les variables de l'environnement sont rarement prises en compte à cause du manque des données sur l'environnement et la santé (Eso Lame, 2013; Soura et al., 2014). Néanmoins, il ne faudrait pas sous-estimer l'apport de la démographie en santé environnementale. La démographie, en tant que discipline traitant principalement des questions de population du point de vue quantitatif, permet de comprendre la santé environnementale à partir des données empiriques (enquêtes démographiques et recensements). L'apport de la démographie le plus connu concerne la production des indicateurs de santé (taux de mortalité selon l'âge et selon les causes de décès en rapport avec les facteurs de l'environnement) (Desgrées du Loû, 2011; Kanté et Pison, 2011; Cambois et Robine, 2014). Les recherches démographiques ont, par ailleurs, contribué à analyser la saisonnalité de décès et d'identifier l'assainissement du milieu comme l'un des déterminants de la santé et de la mortalité (Bocquier et al., 2011; Fink et al., 2014).

Bien que l'analyse des liens entre l'environnement et la santé des populations reste à approfondir, l'environnement s'intègre dans les recherches démographiques en tant que facteur de morbidité et de mortalité (Tabutin et Thiltgès, 1992; Van de Poel et al., 2009). La santé environnementale ne se restreint pas à une seule discipline : c'est un domaine de recherche au carrefour de plusieurs disciplines dont la contribution est enrichissante et

complémentaire (Friel et al., 2011; Azapagic et al., 2013). La démographie devrait davantage contribuer à analyser les liens entre la santé et l'environnement pour saisir l'impact des facteurs environnementaux sur la santé des populations, afin de combler le retard empirique sur la théorie (Thiltgès, 1998; André et al., 2003; Chevalier et al., 2003). Des études empiriques doivent être réalisées pour nourrir la réflexion sur les liens entre l'environnement et la santé. Ce qui suppose l'intégration des variables de l'environnement dans les analyses en recourant aux données transversales et longitudinales. La démographie devrait également s'intéresser à l'analyse des influences de comportements démographiques sur la santé environnementale. Au-delà la production d'indicateurs des risques sanitaires, la démographie devrait davantage poursuivre sa contribution à la connaissance des liens entre environnement et santé en rapport avec l'élaboration des politiques publiques.

I.1.2 Trois grandes approches en santé environnementale

Dans la littérature, Le Moal (2003) identifie trois approches majeures en santé environnementale : l'approche par lieux de vie et milieux, l'approche par agents et l'approche par pathologies. L'approche par lieux de vie et milieux se propose de maîtriser les milieux potentiellement dangereux auxquels les humains sont exposés (Le Moal, 2003). Pour l'approche par lieux de vie et milieux, divers milieux tels que l'eau, l'air, les sols, les déchets, le bruit, les rayonnements et l'habitat constituent des priorités (Momas, 2010). Le désavantage de cette approche est qu'elle donne l'illusion que les agents polluants responsables de la maladie sont maîtrisables, si l'on s'en tient aux normes environnementales ou sanitaires (Le Moal, 2003). Pourtant, cela n'est pas toujours facile du fait de la complexité des lieux de vie et milieux. L'approche par agents distingue les agents physiques (ondes, rayonnements), biologiques (agents pathogènes) et chimiques dans l'environnement. La limite de cette approche est que les différents types d'agents peuvent interagir sur la santé et la mortalité des populations (D'Amato, 2011; Colditz et Wei, 2012). L'approche par pathologies complète les deux précédentes approches, mais est encore peu développée (Le Moal, 2003). À partir des méthodes de diagnostic et de traitement, des liens ont été établis entre certaines pathologies (cancers, allergies, etc.) et

environnement (Lebel, 2003). Néanmoins, cette approche ne prend pas suffisamment en considération les facteurs socio-économiques, les caractéristiques démographiques et le contexte dans lequel se produit la maladie (Potrykowska, 1992). C'est le cas, par exemple, de certaines études récentes: Kouamé et al. (2014), Ngnikam et al. (2014) et Sy et al. (2014).

Compte tenu des interactions complexes des facteurs en santé environnementale, on voit que les différentes approches sont interdépendantes et complémentaires. Ces approches doivent être considérées comme un tout. La maîtrise des questions liées à la santé environnementale nécessite une démarche interdisciplinaire. Il importe par ailleurs de développer davantage l'approche par pathologies en mettant un accent sur les facteurs démographiques et socio-économiques dans le contrôle des effets de l'environnement. Cela revient à tenir compte de la dimension populationnelle en santé environnementale, afin de mettre en évidence les facteurs de risque associés aux conditions de vie des populations dans l'occurrence des maladies. Cette démarche passe nécessairement par la collecte des données appropriées. Des enquêtes en population générale doivent être encouragées pour recueillir des données exhaustives sur l'environnement et la santé à cet effet. Dans cette thèse, nous tentons de mettre en exergue les liens entre l'environnement et la santé en considérant des facteurs démographiques et socio-économiques importants pour éclairer les résultats de recherche en santé environnementale, ce qui permet en partie de combler les lacunes de l'approche par pathologies qui porte peu d'attention aux effets des facteurs démographiques et socio-économiques et culturels (Aschan-Leygonie et al., 2013). Vu que la santé urbaine est devenue un objet d'étude autant que la santé environnementale (Banza-Nsungu, 2004; Ngwé et Banza-Nsungu, 2007), il est important de dégager les grands courants conceptuels de la santé urbaine, avant de passer en revue l'ampleur des problèmes de santé liés à l'environnement et les problèmes conceptuels et méthodologiques, ainsi que les facteurs associés.

I.1.3 Grands courants conceptuels de la santé urbaine

Les recherches sur la santé urbaine connaissent un intérêt grandissant dans la littérature. Quatre grands courants conceptuels de la santé urbaine peuvent être identifiés dans la littérature. L'approche *urban health penalty* postule que les pauvres en ville sont plutôt victimes d'une pénalité urbaine que bénéficiaires des avantages urbains (Goebel et al., 2010; Satterthwaite, 2011; Van de Poel et al., 2012). Cette approche attire l'attention sur les mauvaises conditions de santé dans les centres-villes (à travers la mise en évidence des poches de pauvreté dans les villes), et insiste sur la nécessité d'améliorer les conditions sanitaires des citoyens défavorisés (Vlahov et al., 2005). Cependant, elle a tendance à sous-estimer les nombreux aspects positifs en ville tels que l'offre de soins abondante, et ne prend pas en compte les caractéristiques spécifiques des villes pouvant être associées à une mauvaise santé ; de multiples facteurs ne se limitant pas seulement à la pauvreté. L'approche dite *urban sprawl* tient compte des effets néfastes de l'étalement urbain sur la santé au-delà des particularités des centres-villes, et pose des questions plus générales liées au développement durable des infrastructures et à la santé des populations dans les régions métropolitaines densément peuplées (Vlahov et al., 2004; Freudenberg et al., 2005). Partant, l'approche néglige souvent le centre-ville et bien d'autres caractéristiques sociales de la vie urbaine et l'environnement physique susceptibles d'influencer la santé (Daramola et Ibem, 2010; Smit et al., 2011; Alsharif et Pradhan, 2014). L'approche *urban health advantage*, quant à elle, met l'accent sur les avantages de la santé en milieu urbain liés au biais urbain (concentration des infrastructures et investissements publics en ville) au détriment du milieu rural (Montgomery, 2009). Certains indicateurs de santé ne sont pas seulement meilleurs en milieu urbain qu'en milieu rural, mais les pauvres urbains sont généralement en meilleure santé que les pauvres non urbains (Lalou et LeGrand, 1997; Günther et Harttgen, 2012; Fink et al., 2014). Les villes offrent un potentiel de mobilisation politique, syndicale et sociale permettant de favoriser la mise en place des programmes d'investissements pour la santé (Vlahov et al., 2005; Fink et al., 2014). Enfin, l'approche *urban living conditions* s'appuie sur les risques encourus par les individus et insiste sur tous les aspects d'un phénomène complexe dans lequel divers facteurs interagissent dans l'occurrence des

maladies en considérant les caractéristiques des quartiers pour affiner les analyses (Freudenberg et al., 2005).

Cette dernière approche est intéressante, car elle appréhende un cadre plus complet tenant compte de l'ensemble de conditions de vie urbaine, permettant une meilleure compréhension de l'influence du contexte urbain sur la santé. L'approche *urban living conditions* peut être mise en œuvre à partir des données de l'OPO, en caractérisant les quartiers les plus à risque en matière de santé environnementale chez les enfants en bas âge (fièvre, diarrhée, toux, infections de la peau et des yeux, malnutrition simple et sévère).

I.2 Problèmes de santé liés à l'environnement en Afrique subsaharienne et facteurs associés

II.2.1 Ampleur des problèmes liés à la santé environnementale en Afrique subsaharienne

Le rapport de l'OMS estime que l'environnement influe de manière directe ou indirecte sur plus de 28% des maladies en Afrique (WHO, 2012a). En Afrique subsaharienne, le paludisme, les maladies diarrhéiques, les infections respiratoires aiguës sont pour la plupart liés aux aspects de l'environnement et sont comptés parmi les principales causes de décès des enfants de moins de cinq ans (Vong et al., 2013; Goka et al., 2014). En examinant les données des enquêtes démographiques et de santé, comme le montre bien le tableau 1.1, on observe une tendance à la baisse pour quasiment tous les indicateurs liés à la morbidité environnementale chez les enfants.

Bien qu'il y ait eu une baisse rapide de la mortalité du paludisme en raison de l'intensification des activités de contrôle entre 1980 et 2010 (Murray et al., 2012), d'après les estimations de l'OMS, chaque année, 219 millions de cas de paludisme sont enregistrés dont près de 2 millions de décès d'enfants, principalement en Afrique subsaharienne (WHO, 2012a). Les pays d'Afrique subsaharienne regroupent 90% des décès par paludisme (WHO, 2012a). Le Nigéria et la République démocratique du Congo, deux pays les plus touchés au sud du Sahara, concentrent environ 40% du nombre

total de décès par paludisme dans le monde (WHO, 2012a). Mises à part les pertes en vies humaines, le paludisme occasionne des dépenses énormes⁶ pour les pays d'endémie palustre, représentant ainsi un facteur exacerbant la pauvreté, cause d'inégalité et obstacle au développement (Admassie et Abebaw, 2014).

En Afrique subsaharienne, la diarrhée est une cause majeure de morbidité et de mortalité chez les enfants de moins de 5 ans (Nataro, 2012). On estime à cinq la moyenne annuelle des épisodes de diarrhée chez les enfants (Wilson et al., 2012). Au Burkina Faso, par exemple, il y a environ 3,5 épisodes de diarrhée par an par enfant (Walker et al., 2013). Seulement 35% des enfants de moins de 5 ans souffrant de diarrhée ont accès aux traitements en Afrique subsaharienne (Black et al., 2003). Environ un décès sur dix chez les enfants en Afrique subsaharienne est causé par la diarrhée (OMS, 2013). Bien que le nombre de décès dus à la diarrhée soit en baisse de 4% annuellement, près de 800 000 enfants meurent encore chaque année en Afrique subsaharienne (UNICEF, 2012a). Chacun de ces épisodes de diarrhée constitue une menace pour la croissance des enfants du fait de la privation des éléments nutritifs (Bain et al., 2014; Dereje, 2014). Cette mortalité diarrhéique est fréquemment associée à la malnutrition ou à la rougeole (Kumar et al., 2014; Sanghvi et al., 2014). Les enfants malnutris ont également une plus grande propension à la diarrhée (Walker et al., 2013). La malnutrition chez les enfants en Afrique subsaharienne est ainsi un facteur sous-jacent lié à environ 45% de décès (UNICEF, 2012a).

Chaque année, on estime à environ 75 millions d'enfants touchés par les infections respiratoires aiguës en Afrique subsaharienne, et près d'un million et demi de décès (WHO, 2010). La plus meurtrière de ces infections est la pneumonie qui totalise à elle seule 80% de décès (UNICEF, 2012a). Les infections respiratoires aiguës sont exacerbées par d'autres problèmes de santé, surtout la malnutrition, la rougeole, le VIH/Sida et l'insuffisance pondérale à la naissance (Chopra et al., 2013; Walker et al., 2013).

⁶Selon le Plan d'action mondial contre le paludisme publié par Roll Back Malaria en 2014, on estime à 12 milliards de dollars par an de pertes directes ; au niveau du PIB, perte de 1,3% de croissance par an en Afrique.

Quoique les données statistiques sur d'autres maladies influencées par le contexte environnemental soient incomplètes et peu détaillées⁷, des travaux montrent plus particulièrement que les infections de la peau et des yeux constituent une préoccupation majeure de santé publique en Afrique subsaharienne, puisqu'elles figurent parmi les dix premières causes de morbidité chez l'enfant et représentent l'un des principaux motifs de consultation des services sanitaires (Schémann, 2006; Hay et al., 2014). Plus du quart des personnes ayant un trachome⁸ vivent en Afrique subsaharienne ; et dans certains pays d'Afrique de l'Ouest, le trachome touche un tiers des enfants de moins de dix ans (OMS, 2011; WHO, 2012b). Le trachome est responsable de la perte d'environ 1,3 millions d'années de vie ajustées sur l'incapacité, principalement en Afrique subsaharienne (Smith et al., 2011).

Les infections des yeux et de la peau méritent qu'une attention particulière leur soit accordée, en raison de leurs effets néfastes sur la qualité de vie des personnes atteintes (Peumi, 2012). Les rares travaux sur les maladies de la peau et des yeux ont été l'œuvre des professionnels de santé dont l'accent a été mis sur les aspects thérapeutiques et cliniques. Ces travaux sont limités à la fois par des problèmes de sélection et de représentativité, et ne permettent pas de disposer des données de recherche fines sur les facteurs environnementaux associés aux maladies de la peau et des yeux. Pourtant, il s'avère donc important de s'intéresser aux liens entre les maladies de la peau et des yeux en Afrique subsaharienne pour une mise en place des politiques et programmes de santé basés sur des données probantes, afin de lutter contre ces problèmes de santé. L'un des

⁷ L'OMS estime que 6 millions de personnes dans le monde sont aveugles du fait du trachome. Le trachome cécitant est répandu en Afrique subsaharienne, dans des parties du sous-continent indien, en Asie du Sud et en Chine. Environ 200 millions sont infectées par la schistosomiase dans le monde, dont 80% de la transmission surviennent en Afrique sub-saharienne. WHO et UNICEF. 2014. Progress on drinking water and sanitation, WHO/UNICEF, 78 p.

⁸ Une maladie infectieuse des yeux provoquée par un micro-organisme qui se transmet par le contact avec les sécrétions oculaires de la personne infectée par le truchement des serviettes, des mouchoirs, les doigts, etc. et par des mouches. Cf. ZAREI-GHANAVATI, S., ESLAMPOOR, A., ABRISHAMI, M. et al. 2014. «Trachoma», dans M. A. McDowell et S. Rafati (dir.), *Neglected Tropical Diseases-Middle East and North Africa*. New York, Springer: 91-116.

apports de cette thèse sera de mettre en évidence les liens entre les maladies de la peau et des yeux.

Tableau 1.1 : Évolution de l'occurrence des trois maladies au cours des deux dernières enquêtes démographiques et de santé dans les villes subsahariennes entre 1996 et 2011*

Pays	Fièvre (%)		Diarrhée (%)		Infections respiratoires aiguës (%)	
Bénin	47,0 (1996)	24,1 (2006)	24,2 (1996)	7,8 (2006)	12,0 (1996)	9,0 (2006)
Burkina Faso	28,5 (2003)	22,6 (2010)	21,1 (2003)	16,3 (2010)	8,0 (2003)	2,9 (2010)
Côte d'Ivoire	31,8 (1999)	- (2005)	16,9 (1999)	- (2005)	14,6 (1999)	- (2005)
Ghana	22,4 (2003)	19,0 (2008)	- (2003)	17,4 (2003)	- (2003)	5,1 (2008)
Guinée Conakry	39,2 (1999)	28,8 (2005)	17,8 (1999)	15,4 (2005)	14,4 (1999)	7,3 (2005)
Libéria	45,5 (2000)	28,8 (2007)	36,3 (2000)	18,8 (2007)	35,4 (2000)	6,7 (2007)
Mali	24,0 (2001)	15,8 (2006)	13,1 (2001)	9,2 (2006)	9,3 (2001)	5,3 (2006)
Niger	40,3 (1998)	23,4 (2006)	31,6 (1998)	17,5 (2006)	14,2 (1998)	12,5 (2006)
Nigéria	27,0 (2003)	12,8 (2008)	14,5 (2003)	7,9 (2008)	7,8 (2003)	2,2 (2008)
Sénégal	30,4 (2005)	28,6 (2011)	22,2 (2005)	23,1 (2011)	16,3 (2005)	7,3 (2011)
Sierra Léone	-	25,2 (2008)	-	10,9 (2008)	-	4,0 (2008)
Togo	38,6 (1988)	- (1998)	26,8 (1988)	- (1998)	8,3 (1988)	- (1998)

* Entre les parenthèses les années d'enquête.

Source : Enquêtes démographiques et de santé (EDS). Bénin EDS-I 1996 et EDS-II 2006 ; Burkina Faso ED-III 2003 et EDS-IV 2010 ; Côte d'Ivoire EDS-II 1999 et EDS-III 2005 ; Ghana EDS-IV 2003 et EDS-V 2008 ; Guinée Conakry EDS-II 1999 et EDS-III 2005 ; Libéria EDS-II 2000 et EDS-III 2007 ; Mali EDS-III 2001 et EDS-IV 2006 ; Niger EDS-II 1998 et EDS-III 2006 ; Nigéria EDS-III 2003 et EDS-IV 2008 ; Sénégal EDS-III 2005 et EDS-IV 2011 ; Sierra Léone EDS-I 2008 ; Togo EDS-I 1988 et EDS-II 1998.

II.2.2 État des connaissances sur les relations entre l'environnement et la santé en milieu subsaharien : problèmes conceptuels et méthodologiques

Les villes subsahariennes présentent certaines spécificités (promiscuité, conflit d'espace entre les activités et la population, et les pollutions y afférentes) pouvant favoriser des pathologies telles que la fièvre, la diarrhée, la toux et les infections de la peau et des yeux (Reyes et al., 2013; Unger, 2013). Cette problématique est encore mal étudiée dans ces villes. Les données disponibles issues des recensements généraux et de l'habitat ou des enquêtes démographiques et de santé ne permettent pas de bien cerner les liens entre l'environnement et la santé, faute de données détaillées sur les facteurs environnementaux. Même lorsque les enquêtes spécifiques existent, elles sont fortement calquées sur les enquêtes démographiques et de santé et saisissent un nombre limité des variables de l'environnement immédiat.

Les recherches populationnelles sur les liens entre l'environnement immédiat et la santé chez les enfants se confrontent à plusieurs difficultés d'ordre conceptuel et méthodologique. L'un des plus importants problèmes réside dans l'estimation de l'exposition. L'exposition aux facteurs environnementaux peut être aiguë, chronique, discontinue ou continue et altérée (Lim et al., 2013). De même, il existe une grande variabilité spatio-temporelle de l'exposition aux facteurs environnementaux et une forte hétérogénéité au sein des populations. Ce qui rend également complexe l'estimation de l'exposition. Un autre facteur de complexité touche la période de latence. La plupart du temps, cette période de latence sévit entre l'exposition et la survenue d'une maladie ou d'un symptôme de maladie (Magori et Drake, 2013). Également, le caractère multifactoriel des déterminants de maladies en plus des facteurs environnementaux vient brouiller l'établissement du lien de nature causale (Thiltgès, 1998; Chevalier et al., 2003; Louis, 2006). Une fièvre, par exemple, peut être causée par de nombreuses maladies dont le paludisme, la dengue ou les maladies diarrhéiques (Mallé Samb et al., 2013; Mangold et Reynolds, 2013; Feleke et al., 2015). Les difficultés concernent également les multiples définitions des variables de l'environnement (accès à l'eau de boisson, assainissement et hygiène) (Thiltgès, 1998; Dos Santos et al., 2014).

Si les corrélations sont couramment observées entre un facteur environnemental et une maladie donnée, l'établissement des liens causaux se heurte au respect des critères de causalité proposés par Hill (1965) qui sont, entre autres, la force de l'association, la reproductibilité des résultats, la plausibilité, la cohérence, la présence de données expérimentales et l'analogie. Lier santé et environnement demeure encore un défi pour la connaissance (Etchelecou, 2010), notamment quand il s'agit des données populationnelles puisqu'il est ainsi difficile de parvenir à établir toutes les dimensions de la causalité (on a du mal à séparer les effets d'exposition survenant de manière conjointe), compte tenu de la difficulté de réaliser des études expérimentales. Cela limite de tirer des conclusions plus fortes et définitives sur les liens entre l'environnement et la santé. Toutefois, la faible démonstration des liens statistiques entre santé et environnement ne contredit pas l'importance accordée à l'eau potable, à l'assainissement et à l'hygiène (Cairncross et al., 2004; Etchelecou, 2010; Dos Santos, 2013). Or la toxicologie, par exemple, fournit des données probantes basées sur l'expérience de la nocivité des substances à partir des animaux (souris, chats, chiens, singes, etc.), mais loin des conditions réelles d'exposition humaine (Bouyer et al., 2003; Chapman et al., 2013; Gay, 2013).

Il se pose également des problèmes d'analyses multivariées où interviennent plusieurs variables explicatives dont certaines sont très souvent corrélées entre elles. L'on est conforté à des problèmes statistiques de choix de variables, de choix de modèles, et de multicollinéarité (Richardson, 2000). Ainsi, le choix d'un modèle d'analyse austère introduit un biais fort et une variance faible. Aussi, une multicollinéarité rend plus difficile la tâche d'estimer avec précision des effets, ainsi diminuant les chances d'avoir les résultats statistiquement significatifs. Des problèmes méthodologiques peuvent aussi concerner l'inférence écologique du fait de l'utilisation des données agrégées. La thèse ne prétend nullement contourner toute la complexité entourant la modélisation des causes et effets ; toutefois serait-il particulièrement intéressant de soulever ces problèmes concernant la causalité en sciences sociales en général et particulièrement en démographie. Cela revêt une importance méthodologique capitale, afin ne pas tomber dans des pièges quant à l'interprétation des coefficients de régressions (tout en suggérant l'intérêt de faire un grand effort à la fois théorique et conceptuel).

D'un autre point de vue, très peu d'études contrôlent les effets de l'environnement sur la santé des enfants par les variables démographiques et socio-économiques pertinentes. Or, on sait que l'omission des variables explicatives corrélées rendrait biaisés les résultats des régressions multivariées. Ainsi, la prise en compte de ces variables pourrait remettre en question les résultats obtenus par les études précédentes. Par ailleurs, de nombreuses inconnues existent en ce sens que l'on ne sait pas encore si l'effet de l'environnement immédiat sur la fièvre demeure important après contrôle des facteurs démographiques et socio-économiques. On ignore aussi le rôle joué par l'environnement immédiat et les facteurs démographiques dans la co-occurrence des symptômes.

Dans le contexte de Nairobi, par exemple, la morbidité est deux fois plus élevée dans les quartiers informels que dans d'autres quartiers (Egondi et al., 2013). À Ouagadougou, la morbidité des enfants serait plus grande dans les quartiers non lotis à cause de conditions de vie insalubres (une probabilité de fièvre, par exemple, est 1,4 fois plus grande dans les zones non loties comparées aux zones loties) (Rossier et al., 2011). En raison de l'hétérogénéité spatiale couramment observée en milieu urbain, on peut penser qu'il y ait des poches de vulnérabilité en matière de morbidité environnementale à Ouagadougou. Il est ainsi nécessaire de recourir aux données désagrégées pour analyser plus finement des contextes urbains (Montgomery, 2003), en particulier à Ouagadougou, capitale du Burkina Faso.

Au-delà de l'analyse des associations entre les facteurs de l'environnement immédiat et les symptômes déclarés de maladies à Ouagadougou, il importe également d'examiner en profondeur les effets des aspects de l'environnement spécifiquement sur la fièvre, puisque la fièvre est non seulement un symptôme important de nombreuses maladies (Choge et al., 2014; Zhang et al., 2014), mais elle est également le premier indicateur du mauvais état de santé de l'enfant. D'autre part, les données de la dernière enquête démographique et de santé du Burkina Faso indiquent qu'environ 23% des enfants de moins de 5 ans sur cinq ont eu de la fièvre au cours des deux semaines ayant précédé l'enquête (alors que cette proportion est de 16% et environ 4% respectivement pour la diarrhée et les infections respiratoires aiguës) (INSD et ICF International, 2012).

La diarrhée et la fièvre sont deux principaux indicateurs de mauvais état de santé les plus étroitement liés à l'environnement immédiat. Étant donné que la diarrhée et la fièvre sont des problèmes de santé environnementale à Ouagadougou, il est également important d'étudier l'influence des facteurs de l'environnement immédiat sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. La littérature fait état de l'effet des facteurs environnementaux sur la diarrhée et la fièvre isolément (Curtis et al., 2001; Dos Santos et al., 2014); on s'attend à ce qu'un effet similaire soit observé sur la co-occurrence de ces deux symptômes de maladie.

II.2.3 Facteurs environnementaux influençant les symptômes et maladies chez les enfants en milieu urbain d'Afrique subsaharienne

La littérature fait état de divers facteurs de l'environnement dont le milieu urbain, le climat, l'accès à l'eau de boisson, l'assainissement et l'hygiène (Gavidia et al., 2010; Kafando et al., 2013; Kouamé et al., 2014).

II.2.3.1 Milieu urbain comme facteur de risque

Compte tenu de ses caractéristiques morphologiques liées à la qualité du bâti (matériaux et techniques de construction et type d'habitat) et des infrastructures (barrages, canaux, voiries et industries), le milieu urbain peut parfois favoriser l'apparition et la propagation des maladies (Hardoy et al., 2014; Tanner, 2014). Ces caractéristiques morphologiques peuvent varier d'une ville à l'autre (Baudet-Michel et Aschan-Leygonie, 2009). Levy et al. (2014) montrent que les villes créent des richesses, mais elles engendrent également la pauvreté, les inégalités et des risques en matière de santé environnementale. L'urbanisation rapide des villes en Afrique subsaharienne favorise une grande concentration de la population dans quelques villes, plus principalement dans les capitales, ce qui amène les populations à vivre dans les conditions environnementales susceptibles d'influencer la santé (Fink et Hill, 2013; UN, 2014).

II.2.3.2 Saisonnalité

La plupart des maladies ont un profil saisonnier qui suggère leur sensibilité aux conditions climatiques (Petkova et al., 2013; Dos Santos et al., 2014). Il existe des maladies de mois secs (rougeole, diarrhée, déshydratation et méningite) et des maladies de mois pluvieux (paludisme) (Sawa et Buhari, 2011; Henry et Dos Santos, 2013; Shibata et al., 2014). Les vecteurs des maladies infectieuses sont étroitement liés aux conditions climatiques, qu'il s'agisse de parasites ou de bactéries (Sena et al., 2014). Diverses études en milieu tropical montrent que les précipitations saisonnières et annuelles ont un impact sur la santé et peuvent causer des décès (Cantrelle, 1996; Besancenot et al., 2004; Cantrelle et al., 2007; Henry et Dos Santos, 2013). Les nuits froides, en l'absence de couverture nuageuse pendant la période allant de décembre à mars, sont responsables de l'occurrence élevée des infections respiratoires aiguës chez les enfants (Lee et al., 2012). La mortalité dans l'enfance est également plus importante à la fin de la saison chaude et humide (Barnett et al., 2010). Certaines variations annuelles de pluies expliquent la variation du niveau de mortalité chez les enfants passant du simple au double, comme c'est le cas en milieu urbain au Sénégal (Cantrelle, 1996).

La relation entre les saisons et les maladies liées à l'environnement peut fluctuer au sein d'un espace urbain (Sy, 2009), et changer au fil de temps. Dans certaines villes en Afrique subsaharienne, comme à Yaoundé, Ngwé et ses collaborateurs (2002) constatent que les grandes saisons sèches (janvier-mars) et les grandes saisons des pluies (septembre-novembre) riment avec une occurrence élevée de diarrhée. Pour cette même ville, Gaigbé-Togbé (1988) a établi un autre profil saisonnier associé à l'occurrence élevée de diarrhée à Yaoundé : petite saison des pluies (avril-mai) et la grande saison pluvieuse (septembre, octobre et novembre). Si on observe des profils saisonniers liés aux maladies, il est quasiment impossible d'isoler l'influence des conditions climatiques sur l'occurrence des maladies.

La température joue un rôle crucial à la base de la saisonnalité. Les mois chauds sont favorables aux germes pathogènes de nature bactérienne, et sont aussi ceux où les germes se multiplient rapidement dans les aliments entreposés (Mosley et Chen, 1984; Hopkins, 1988). Ces mois chauds augmentent la propension de développer une diarrhée associée à

ces germes (Abu-Elyazeed et al., 2004; Bandyopadhyay et al., 2012). Pendant la saison des pluies, lorsque la température ambiante augmente, le degré de contamination augmente également (Fisman, 2012). En plus de ces facteurs physiques (saison, température, etc.), il existe bien d'autres facteurs tels que le quartier de résidence, l'approvisionnement en eau potable, l'assainissement, l'hygiène, etc. qui exercent une influence sur la santé humaine dont il est question de présenter dans les lignes suivantes.

II.2.3.3 Quartier de résidence

La littérature rapporte l'importance du quartier de résidence sur la santé. Des études montrent qu'une part significative de la variation de la santé s'explique par le quartier indépendamment des différences dans les caractéristiques des individus (Dave, 2011; Adebayo et al., 2013). Le quartier peut influencer la santé à travers ses composantes physiques, économiques et sociales (Arku et al., 2013). Un accès inadéquat aux infrastructures et services urbains de base dans certains quartiers peut avoir des effets néfastes sur la santé (Galster, 2012). L'interaction des groupes sociaux dans un quartier, ainsi que les perceptions que les individus ont de leur quartier peuvent aussi avoir des effets sur la santé (Chola et Alaba, 2013; Vyncke et al., 2013). Les attributs des quartiers peuvent influencer les comportements des individus en matière de santé (Sastry et Pebley, 2003; Bacqué et Fol, 2007). Les actions individuelles peuvent également exercer des effets sur les attributs des quartiers (Bacqué et Fol, 2007). Par exemple, l'existence des centres de santé dans un quartier peut amener les individus à utiliser les services de soins. À l'opposé, des personnes plus éduquées et nanties des ressources économiques auront plus de facilité à utiliser les services de soins et à influencer les décisions allant le sens de renforcer des infrastructures dans leur quartier.

L'effet estimé de quartier varie cependant selon l'objet d'étude et les variables retenues pour apprécier le contexte. L'un des problèmes des études empiriques résulte de la difficulté à dissocier les effets de quartier de ceux d'autres facteurs socio-économiques. Un autre problème se rapporte à l'échelle d'analyse, puisque pour cerner l'effet de quartier, il importe d'avoir des données au niveau de quartier (les données ne sont pas souvent disponibles à la même échelle). Pourtant, la définition d'un quartier peine à

trouver un consensus entre les chercheurs. Au-delà des problèmes liés aux limites de quartier, certaines personnes qui résident dans un quartier passent l'essentiel de leur temps dans un autre quartier (pour le travail, l'école, etc.). Aussi, rares sont les enquêtes qui considèrent la durée d'exposition au voisinage, alors que la dimension temporelle s'avère importante pour l'analyse des effets de quartier (Vallet, 2005). On n'arrive pas également à mettre de manière claire les causalités à la base des corrélations (Galster, 2007; Galster, 2012). Les études ne parviennent pas déterminer les seuils à partir desquels les effets produits seront néfastes ou avantageux (Houard, 2011).

Dans les quartiers périphériques des villes en Afrique subsaharienne, on y trouve de nombreux périmètres maraichers qui constituent des endroits propices pour la propagation des vecteurs de maladies (moustiques, mouches, rats, insectes, cafards, etc.) et la transmission de la maladie (Kanda et al., 2009; Tano et al., 2011; Brondeau, 2014). Les jardins potagers ou les plantes extérieures sont parfois entretenus dans les concessions (unités collectives d'habitation) (Yongsi et Mimché, 2014). Concernant les maladies diarrhéiques par exemple, les eaux utilisées pour l'irrigation peuvent également être à l'origine de la contamination directe, soit microbiologique (coliformes, parasites), soit physico-chimique (pesticides) (Parent et al., 2002; Poda, 2007).

Environ 70%⁹ de la population dans les villes africaines résident dans les quartiers informels (bidonvilles) caractérisés par une zone d'habitat dense, précaire et insalubre (Egondi et al., 2013; Sanbata et al., 2014; UN-Habitat, 2014). Des études antérieures mettent en exergue des niveaux de morbidité et de mortalité des enfants plus élevés dans les bidonvilles (Montgomery, 2009; Kimani-Murage et al., 2011). À Nairobi, par exemple, où 60% de la population vivent dans des *slums* (bidonvilles), la mortalité y est plus élevée que dans d'autres quartiers formels (riches) de la ville (UN-Habitat, 2014). En s'appuyant sur les données des enquêtes démographiques et de santé sur plusieurs pays en développement, une étude plus récente montre cependant que même si les enfants des quartiers informels sont désavantagés en matière de santé que ceux des quartiers formels, ils ont une santé meilleure par rapport aux enfants du milieu rural (Fink et al., 2014). Le risque pour la santé plus élevé dans des bidonvilles semble être compensé par

⁹ Soit la plus forte proportion du monde.

un meilleur accès aux services de santé dans les bidonvilles par rapport au milieu rural (Günther et Harttgen, 2012).

Plus classiquement, les études montrent que les quartiers informels (ou non lotis) sont plus à risque de maladies par rapport aux quartiers lotis à cause des problèmes liés à l'assainissement et à l'accès à l'eau potable de boisson et au défaut des services urbains de base (Martinez et al., 2008; Rossier et al., 2011; Unger, 2013). Toutefois, le fait que les études montrent que les enfants dans les quartiers informels en Afrique urbaine sont en moins bonne santé ne suggère pas que les zones informelles sont homogènes (Soura et al., 2014; UN-Habitat, 2014). La pauvreté, la pollution, la criminalité, et la surpopulation ainsi que les types de maladies peuvent varier entre les zones informelles (UN-Habitat, 2003). À Ibadan au Nigeria, par exemple, les *shums* périphériques sont beaucoup plus hétérogènes en termes d'ethnicité, de la religion ou de la profession (Ochieng et al., 2011).

II.2.3.4 Approvisionnement en eau de boisson

Alors que l'eau de boisson est un élément indispensable de la vie, l'Afrique subsaharienne est la région du monde où l'accessibilité à cette ressource vitale reste préoccupante : entre 1990 et 2004, le nombre de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable y a augmenté de 23% (OMS/UNICEF, 2007). Les femmes et les enfants parcourent chaque jour 6 kilomètres pour chercher de l'eau (soit près de deux heures de marche) (OMS/UNICEF, 2007; OMS/UNICEF, 2012), une moyenne largement au-dessus des normes de l'OMS¹⁰. En milieu urbain subsaharien, l'accès à l'eau propre de boisson est aussi loin d'être universel. Même dans les cas où une eau potable est disponible, elle n'est souvent pas à la portée des urbains pauvres (Ramin, 2009). Selon un rapport conjoint publié par l'OMS et l'UNFPA (2012), on estime à 83%, la population ayant accès à l'eau de boisson, et cette proportion cache d'énormes disparités entre les

¹⁰ Le point d'approvisionnement ne devrait pas dépasser 1 kilomètre et le temps d'attente 30 minutes puisqu'au-delà ces normes, l'impact sanitaire diminue considérablement. CAIRNCROSS, S., O'NEILL, D., MCCOY, A. et al. 2004. *La santé, l'environnement et le fardeau des maladies*, Department for International Development, 61 p.

pays et l'intérieur d'un même pays (allant de 52 à 100% respectivement en milieu urbain en Mauritanie et Égypte). Les ménages ne disposent souvent pas de l'eau en quantité et qualité suffisantes. La quantité d'eau disponible dans le ménage est déterminée par la distance, le temps d'attente au point d'eau et le coût dans la plupart des ménages (Howard et Bartram, 2003). Dans certains pays, comme au Kenya et en Ouganda, la couverture en termes d'approvisionnement en eau de boisson a baissé en milieu urbain (Tumwine et al., 2002; AfDB, 2014).

L'amélioration de l'approvisionnement en eau pourrait influencer la santé humaine de plusieurs manières (Woldemicael, 2000; Prüss-Ustün et al., 2014). La littérature médicale met en évidence l'impact direct de l'eau contaminée par des excréments humains ou animaux (qui contiennent des micro-organismes) dans l'apparition des maladies hydriques (diarrhée, choléra, dysenterie, fièvre typhoïde, maladie du ver de Guinée et hépatites A et B) (White et al., 1972; Prüss-Ustün et al., 2014). Les maladies transmises par l'eau peuvent être également causées par la pollution de l'eau liée aux produits chimiques (Zhou et al., 2014). Les infections des yeux et de la peau (telles que la gale, le trachome), par exemple, peuvent être provoquées par le manque d'eau pour se laver (White et al., 1972; Schémann, 2006). Il existe également des maladies causées par des parasites dont le gîte est l'eau contaminée. Dans cette catégorie de maladies, on peut citer notamment la schistosomiase et la dracunculose (White et al., 1972). Enfin, les maladies liées à l'eau (paludisme, onchocercose, trypanosomiase et fièvre jaune) causées par des insectes vecteurs, en particulier les moustiques, qui reproduisent ou se nourrissent à proximité de l'eau contaminée (Woldemicael, 2000; Ocheri et al., 2012). Toutefois, les moustiques (*Aedes aegypti*) qui transmettent ne se reproduisent pas dans des eaux stagnantes et sales mais propres (Ponlawat et al., 2005; Naing et al., 2011).

Dans les pays développés, l'amélioration de l'approvisionnement en eau propre est reconnu pour avoir joué un rôle crucial dans le déclin de mortalité en Occident au XIX^e siècle, en réduisant l'exposition à des maladies liées à l'eau, notamment les maladies diarrhéiques (Gaspari et Woolf, 1985; McMichael, 2000). C'est le cas des États-Unis et des pays en Europe. En revanche, dans les pays en développement, en milieu urbain, les chercheurs ont tenté de saisir les liens entre l'accès à l'eau, la santé et la mortalité chez

les enfants (Woldemicael, 2000; Bartlett, 2003; Dos Santos et LeGrand, 2007). Mais ce sujet reste controversé, et les études font face aux difficultés méthodologiques concernant la pluralité des mécanismes en présence, les sources de données couramment utilisées, ainsi que les méthodes d'analyse nombreuses et variées (Dos Santos et LeGrand, 2007).

Les controverses sur l'importance des liens entre l'accès à l'eau, la santé et la mortalité dans les pays en développement posent ainsi la difficulté de trancher clairement la question entre les études. Les résultats et les conclusions controversés des études peuvent également dépendre du contexte. Certaines études ont ainsi établi des liens entre la santé et certains facteurs de l'environnement, même lorsque les variables socio-économiques sont prises en compte (Victora et al., 1988; Woldemicael, 2000; Bampoky, 2013). Tel est le cas de l'amélioration de l'eau dans la réduction de la morbidité et la mortalité liées à la diarrhée, par exemple (Bartlett, 2003; Hunter et al., 2010). La littérature montre que les raccordements des ménages augmentent considérablement la consommation d'eau domestique, et une partie de cette eau est utilisée pour l'hygiène, alors que le manque d'eau favoriserait la diarrhée endémique et le trachome (Haines et al., 2012). De même, une eau propre disponible en quantité suffisante empêche les infections de la peau (Esrey et al., 1991; Ofoumé-Berton, 2010). Néanmoins, de nombreuses études n'aboutissent pas à la conclusion selon laquelle seule l'amélioration de la quantité d'eau produit des avantages sur le plan sanitaire (Thompson et al., 2002; Dos Santos, 2012).

D'autres études montrent que l'effet de l'approvisionnement en eau de boisson s'estompe totalement lorsque les facteurs socio-économiques sont considérés dans les analyses (Dos Santos et LeGrand, 2007). Quelques études montrent que la quantité d'eau consommée varie de façon non linéaire et est inversement proportionnelle à la distance qui sépare le point d'eau du ménage (Cairncross et al., 2004; Dos Santos, 2006; Hunter et al., 2010). Quand la distance entre la source et la résidence dépasse 200 mètres, l'impact sanitaire se réduit considérablement (Prost, 1996). Par ailleurs, la dépendance du voisin dans l'approvisionnement en eau constitue un risque sanitaire supplémentaire, en raison de la pollution microbiologique au cours du processus de transport (Sy, 2005). La faiblesse des liens statistiques ne doit pas être interprétée comme l'inefficacité sanitaire de l'adduction d'eau comme une contribution à la nécessité d'une meilleure définition du concept

d'accès à l'eau (Dos Santos et LeGrand, 2007). Même s'il n'y a pas des liens statistiques, il existe quand même des liens conceptuels entre l'accès à l'eau et la santé. Des efforts méthodologiques doivent être plutôt effectués pour définir plus finement le concept d'accès à l'eau (Dos Santos et LeGrand, 2013).

II.2.3.5 Risques sanitaires liés à l'assainissement

Les questions liées à l'assainissement sont encore des défis dans les villes africaines, en raison du faible accès au système d'assainissement, des inégalités de services de gestion des ordures, ainsi qu'aux risques sanitaires associés (ONU-Habitat, 2011; Sory, 2013; UN-Habitat, 2013). Les mauvaises conditions d'assainissement (gestion des ordures et eaux usées) constituent des dangers environnementaux abritant des gîtes favorables à la multiplication de vecteurs de maladies (McMichael, 2000) et à la contamination de l'eau de boisson et des autres ressources en eau (Vennetier, 1988; Pickering et al., 2010). Par exemple, les moustiques transmettent le paludisme, la fièvre jaune, la dengue et la filariose (Smith et al., 2014). Des recherches montrent que la mauvaise gestion des ordures est associée aux risques de maladies diarrhéiques, des trachomes, et bien d'autres maladies d'origine environnementale dans les villes africaines (Woldemicael, 2000; Wéthé et al., 2003; Schémann, 2006; Yongsi et al., 2007; Sy et al., 2011).

En améliorant l'assainissement, à travers l'enlèvement des ordures et l'évacuation des eaux usées, on ferait reculer de 32% les maladies diarrhéiques chez l'enfant (OMS/UNICEF, 2012). Bien que les liens entre l'assainissement et la santé ne soient pas définitivement tranchés, une étude constate que l'amélioration de l'assainissement confère des avantages sanitaires beaucoup plus importants que l'amélioration de l'accès à l'eau de boisson (Esrey, 1996). Les latrines privent plus principalement les mouches de leur milieu de reproduction en diminuant leur nombre (Emerson et al., 2004). Ainsi, certaines recherches insistent sur l'importance d'encourager les enfants à utiliser régulièrement les latrines du fait que les matières fécales de l'enfant contiennent plus d'agents pathogènes relativement à celles de l'adulte (Cairncross et al., 2004). Le principal obstacle est que les enfants utilisent rarement les latrines avant 6 ans de peur qu'ils ne tombent dans la fosse (Curtis et al., 1995). Pourtant, la propension à être en

contact avec les agents pathogènes devient plus importante lorsque l'enfant défèque à même le sol (Ngwé et Banza-Nsungu, 2007). Toutefois, il ne suffit pas seulement de posséder les latrines, mais encore de bien les utiliser correctement. Le fait de partager les latrines, par ailleurs, est associé à une occurrence élevée des parasitoses intestinales chez l'enfant dans de nombreuses zones urbaines en Afrique subsaharienne (Dagoye et al., 2003; Harpham, 2009). De plus, lorsque les fosses septiques sont disponibles dans certaines villes en Afrique subsaharienne, elles n'ont pas en général d'élément d'épuration comportant un lit bactérien, attirent les insectes et laissent échapper des eaux usées dans la rue (Yongsi et al., 2007).

II.2.3.6 Hygiène domestique, alimentaire et personnelle

La mauvaise hygiène domestique, alimentaire et personnelle est susceptible d'exposer aux maladies liées à l'environnement. La mauvaise qualité de l'air (tabagisme, fumée domestique), l'humidité ou la présence des moisissures dans le logement, par exemple, sont autant de facteurs de risque des symptômes respiratoires (Zhou et al., 2011; Ezzati, 2012). Les mains sales peuvent véhiculer des germes fécaux des toilettes et contaminer toute la maison, notamment les ustensiles de cuisine, l'eau de boisson et les aliments (Curtis et Cairncross, 2003; Pickering et al., 2010). Pour certaines maladies comme la tuberculose, la transmission des germes peut se faire de la bouche à la main. La promotion de l'hygiène permet ainsi de prévenir de nombreuses maladies des mains sales, telles que la fièvre typhoïde, le choléra, la dysenterie et autres formes de diarrhée aiguë, la gale et le trachome (Borghini et al., 2002; Tumwine et al., 2002; Tumwine et al., 2003; Niang et al., 2008). Le plus souvent, les diarrhées endémiques ne sont pas transmises par l'eau, mais surtout de personne à personne suite aux mauvaises pratiques d'hygiène (Curtis et al., 2003; Johnson et al., 2014). Le lavage des mains avec du savon¹¹ au bon moment, après avoir utilisé les toilettes et avant de manipuler des aliments ou de prendre un repas, peut réduire l'incidence des maladies liées à l'environnement chez les enfants (Curtis et Cairncross, 2003; Cairncross et al., 2010; Pickering et al., 2010). Se

¹¹ Le lavage des mains avec du savon peut réduire l'incidence des diarrhées simples de 40 % et des diarrhées graves (choléra, dysenterie, et autres formes de diarrhée aiguë) de 50 %. . Ibid.

laver avec du savon nécessite un accès fiable à l'eau (Pickering et al., 2010), alors que les populations en milieu urbain d'Afrique n'ont pas toutes accès à l'eau courante. Compte tenu de l'impact sanitaire du désinfectant pour les mains comparé au savon, une étude effectuée à Dar Es Salam met l'accent sur le désinfectant comme alternative pour les milieux limités en eau (Pickering et al., 2010).

II.2.3.7 Risques sanitaires liés à la promiscuité

Le logement collectif et la densité des habitations entraînent la promiscuité (Vlahov et al., 2007). La promiscuité est un facteur essentiel de la propagation des maladies transmissibles. Le péril fécal constitue un milieu propice pour les vecteurs de maladies dans la promiscuité (Banza-Nsungu, 2004; Fournet et al., 2010; Ngnikam et al., 2012). La promiscuité est également un frein à un système d'assainissement adéquat, ce qui amène les ménages à utiliser les rues et les terrains vagues comme mode d'évacuation des eaux usées (Dong et al., 2008; Ngnikam et al., 2014). Les maladies dont le cycle est féco-oral sont étroitement liées à la promiscuité (Banza-Nsungu, 2004; Alirol et al., 2011). La grippe, la tuberculose, la méningite et la dermatose sont quelques-unes de ces maladies (Sy et al., 2014). De fortes concentrations de personnes sous un même toit favorisent l'exposition à des agents pathogènes (Bartlett, 2003). Les études épidémiologiques ont souvent mis l'accent sur le fait que la rougeole est surtout grave dans les logements surpeuplés (Edorh, 2006). Les fortes concentrations de personnes sont également à l'origine de l'apparition de maladies à tendance épidémique comme la coqueluche et la grippe (Unger et Riley, 2007; Patel et Burke, 2009). L'hygiène et la vaccination sont considérées comme des moyens pouvant limiter les risques de santé liés à la promiscuité.

II.2.4 Facteurs non environnementaux et maladies influencées par des facteurs environnementaux

Il est important de s'intéresser aux facteurs démographiques, socio-économiques, culturels et nutritionnels pour mieux appréhender les effets de l'environnement sur la santé. Ces divers facteurs peuvent être fortement corrélés avec les facteurs de l'environnement.

II.2.4.1 Facteurs démographiques

L'âge et le sexe ont été classiquement reconnus comme facteurs démographiques clés de survenue des symptômes chez les enfants. La diarrhée, par exemple, est très fréquente particulièrement chez les enfants de 6 à 11 mois (Scharf et al., 2014). L'occurrence de la diarrhée s'observe plus au cours du second semestre après la naissance, avant de chuter progressivement au fil de la croissance, du fait de l'acquisition d'une immunité causée par l'exposition aux germes pathogènes (MacRitchie et al., 2013). L'âge au-delà du 2^e semestre est celui de l'introduction des aliments complémentaires préparés parfois dans des conditions d'hygiène très peu adaptées, et aussi à cet âge, les enfants sont plus mobiles (en rampant ou jouant par terre) (Lalou et LeGrand, 1997; Banza-Nsungu, 2004). Les enfants qui, jusqu'ici n'ont pas été nourris qu'au lait maternel, peuvent être exposés à des doses infectantes de germes pathogènes d'origine alimentaire (Lamberti et al., 2013). Ce qui suggère la nécessité de mettre plus l'accent sur la qualité des aliments (Banza-Nsungu, 2004). Même si parfois le lait maternel comme le lait de vache utilisé comme base des laits infantiles peut aussi contenir des toxines (Davies-Adetugbo, 1997), il est en général sans danger (Omondi et al., 1990; Stearns, 1999; Bertini et al., 2003). Le lait maternel contribue à diminuer la gravité des maladies diarrhéiques, et a un effet encore plus déterminant sur la prévention des décès qui y sont associés (Motarjemi et al., 1995). Il existe des données probantes selon lesquelles le lait maternel protège même au-delà de 3 ans (Faveau, 1990). Par la suite, son effet diminue graduellement, ce qui entraîne une plus grande vulnérabilité aux autres maladies comme la rougeole (Lalou et LeGrand, 1997; Le Roux et al., 2012).

Les garçons s'avèrent beaucoup plus touchés par les maladies diarrhéiques que les filles (Ngwé et Banza-Nsungu, 2007). Dans de nombreuses études, le sexe de l'enfant a été reconnu par les auteurs comme l'un des déterminants des maladies respiratoires (Victora, 1997; Aït-Khaled et al., 2001; Choukroun, 2010). L'asthme, par exemple, affecte 2 à 3 fois plus les garçons que les filles pendant l'enfance (Aït-Khaled et al., 2001), et la fréquence moyenne des récurrences suit quasiment une tendance similaire (Ponvert, 2010). L'explication possible de cette situation se trouve en partie dans l'anatomie et la physiologie. De la naissance jusqu'à la puberté, à taille identique, les garçons ont un nombre plus important d'alvéoles que les filles, mais des voies aériennes de plus petit calibre (Choukroun, 2010). Pendant l'enfance, la croissance des voies aériennes est également plus importante chez les filles que chez les garçons, ce qui conduit à des débits expiratoires plus élevés chez celles-ci (Choukroun, 2010).

Du fait des différences biologiques, une surmortalité masculine est observable à travers la plupart des pays africains (Boco, 2013). Mises à part les différences biologiques entre les garçons et les filles à la naissance, une fois les premiers mois franchis, la résistance des enfants aux agressions extérieures dépend en bonne partie du comportement social à l'égard des garçons et des filles en matière d'allaitement, d'alimentation et de soins de santé (Trussell et al., 1989; LeGrand et Mbacké, 1995; Pongou, 2013). Cependant, une étude récente montre clairement que les différences biologiques selon le sexe peuvent être mineures lorsque les institutions (programmes et politiques de santé) d'un pays sont de bonne qualité (Kuaté Defo, 2013). Mais cette étude n'élucide pas suffisamment sur les facteurs à l'origine de la qualité des institutions dans les pays. Cela nécessite davantage des données plus complètes, pertinentes et fiables pour une comparabilité plus rigoureuse entre les pays. Une autre étude récente souligne plutôt le rôle essentiel de l'environnement pré-conceptionnel (par exemple, l'exposition des parents aux produits chimiques, les maladies parentales) dans les différences de mortalité selon le sexe : les garçons sont conçus et naissent dans les conditions environnementales plus mauvaises que les filles (Pongou, 2013).

Par ailleurs, l'âge de mère¹² lors de la naissance de l'enfant est un facteur de la survie des enfants. Plusieurs études sur les déterminants sociaux de la santé montrent une relation étroite entre l'âge de la mère et la morbidité et la mortalité des enfants (Mosley et Chen, 1984; Marmot et al., 2008). Les mères jeunes, moins expérimentées, peuvent avoir un comportement moins adapté en cas de maladies (LeGrand et Mbacké, 1995). Les enfants des mères jeunes (moins de 20 ans), par exemple, courent plus de risque de connaître un épisode de diarrhée (Adjibade, 2004; Walker et al., 2013). Les mères âgées de 20-34 ans ont tendance à mieux protéger leurs enfants contre les maladies que leurs aînées de 35 ans ou plus (Adjibade, 2004). De même, le risque de décès des enfants nés des mères de moins de 20 ans ou de plus de 35 ans est généralement plus important que celui des enfants des mères des autres groupes d'âge (Lachaud, 2002; Yaniv et al., 2011).

La migration est aussi un facteur démographique pouvant modifier l'effet de l'environnement. Des travaux montrent que les enfants des migrantes du milieu rural vers le milieu urbain courent des risques d'être moins en bonne santé que les enfants des non-migrantes en villes, et ceux nés dans les bidonvilles des mères migrantes ont davantage plus de risques de décéder (Konseiga et al., 2009; Bocquier et al., 2010; Bocquier et al., 2011), même si les données de l'OPO suggèrent une absence de lien entre la migration et la santé des enfants à Ouagadougou (Rossier et al., 2013). À Nairobi, par exemple, Bocquier et al. (2010) montrent que les enfants nés dans les quartiers précaires de mères enceintes pendant la migration ont plus de risque de décéder. Des recherches menées à KwaZulu-Natal en Afrique du Sud indiquent que la bilharziose s'étend aux zones urbaines par suite de l'installation spontanée des populations rurales en ville (McMichael, 2000). La migration pourrait constituer ainsi un facteur clé pour le contrôle des effets de l'environnement dans l'occurrence des symptômes, en raison de l'ampleur de la migration des campagnes vers les villes africaines.

¹² L'âge du père n'est pas aussi déterminant.

II.2.4.2 Facteurs socio-économiques et culturels

Les facteurs socio-économiques peuvent également jouer un rôle prépondérant dans l'occurrence des maladies liées à l'environnement. Dans leurs travaux sur les bidonvilles de Nairobi, Ndugwa et Zulu (2008) montrent qu'en améliorant l'accès aux services de soins de santé, le statut socio-économique est essentiel pour atténuer la charge de morbidité chez les enfants. Pour nombre de chercheurs, les maladies diarrhéiques, les dermatoses, le trachome et l'onchocercose affectent principalement les personnes vivant sous le seuil de pauvreté (Mahé et al., 1995; Sachs et Malaney, 2002; Moulin et al., 2006). Par ailleurs, l'éducation de la mère est reconnue par les chercheurs comme l'un des facteurs de la baisse de la morbidité diarrhéique (Ngwé et Banza-Nsungu, 2007). Toutes choses égales par ailleurs, l'éducation de la mère joue un rôle indépendant dans l'étiologie des infections respiratoires aiguës (Victora, 1997). En effet, l'éducation de la mère est génératrice d'une influence du groupe social permettant de modifier les attitudes envers la maladie, sa prévention ou son traitement et, plus généralement, à l'égard de l'enfant et de sa survie (Caldwell et McDonald, 1982; Mosley, 1985; Barros et al., 2012). Une mère éduquée sait comment obtenir de l'eau potable et traiter les maladies comme la diarrhée (Jalan et Ravallion, 2003), bien que ce ne soit pas toujours le cas dans certains contextes (Grira, 2007). Une mère éduquée est également capable de mobiliser une attention préférentielle du personnel soignant (Hill, 1990; Desai et Alva, 1998). L'éducation de la mère a été retenue dans cette étude, parce qu'elle a plus d'influence que celle du père. Les enfants sont surtout soignés par leur mère, et les pères n'interviennent que de loin (Akoto et Tabutin, 1988; Karlsen et al., 2011; Abuya et al., 2012).

D'autre part, les facteurs culturels tels que l'ethnie, la religion de la mère et le milieu de socialisation¹³ de la mère peuvent jouer un rôle important en matière de santé

¹³ La socialisation renvoie au processus par lequel les individus apprennent les modes d'agir et de penser de leur environnement, les intériorisent en les intégrant à leur personnalité et deviennent membres de groupes où ils acquièrent un statut spécifique. Le milieu de socialisation (c'est-à-dire l'endroit où l'on a passé la plus grande partie de son enfance - jusqu'à 12 ans -) est considéré comme un facteur culturel du fait qu'il est favorable à la modélisation des perceptions et attitudes de l'individu. FERRÉOL, G. 2011. *Dictionnaire de sociologie* Paris, Armand Colin, 332 p.

environnementale. Ces facteurs culturels moulent le style de vie, le comportement sanitaire et nutritionnel, donc la santé de l'enfant (Vallin et al., 2002; Addai et Adjei, 2014). Les comportements des mères sont régis par leur appartenance ethnique. L'influence de l'appartenance ethnique s'exerce notamment à travers le mode et la durée d'allaitement, de choix des aliments, de sevrage, ainsi que les croyances vis-à-vis des causes de la maladie et des soins de santé préventifs et curatifs prodigués aux enfants (Abubakar et al., 2011; Penfold et al., 2013). Le risque d'être malade est plus élevé chez les enfants dont les mères appartiennent certaines ethnies que d'autres (Gyimah, 2002; Adjibade, 2004). Néanmoins, les différentiels en matière de santé observés selon l'ethnie peuvent en partie être aussi le reflet des variations du niveau d'éducation entre les groupes ethniques (Akoto et Tabutin, 1988). Dans certains contextes, l'effet de l'ethnie est atténué par la prise en compte des facteurs socio-économiques et bio-démographiques (Gyimah, 2006). Plus récemment, une étude indique que l'ethnie a un effet significatif et indépendant sur la santé subjective au-delà des caractéristiques individuelles (Addai et Adjei, 2014).

Par ailleurs, comme les perceptions et les attitudes varient suivant la religion, on observe une différence de morbidité et de mortalité selon l'appartenance religieuse (Jarvis et Northcott, 1987; Ha et al., 2014). Au Mozambique par exemple, l'affiliation à la foi apostolique est un facteur de risque important et significatif dans la réduction de l'utilisation des services de santé infantile (Ha et al., 2014). Au Kenya, les enfants des parents chrétiens ont une mortalité plus faible que celle de ceux nés de parents musulmans (Rakotonrabé, 1996). Cette influence de la religion s'exerce notamment à travers les pratiques d'allaitement et de sevrage, la vaccination, les croyances vis-à-vis de la mort et les traitements en cas de maladie (Abdulla et al., 2001; Ukwuani et Suchindran, 2003). Toutefois, la différence observée peut également traduire la variation de l'éducation selon la religion. Dans certains pays d'Afrique comme au Cameroun, les chrétiens ont plus de chance de bénéficier de l'éducation occidentale (Droz et Séraphin, 2004).

II.2.4.3 Facteurs nutritionnels et maladies

La malnutrition est fréquemment associée à certaines maladies liées à l'environnement (Deen et al., 2002; Dereje, 2014). Les enfants malnutris courent un risque accru de diarrhée, notamment la diarrhée persistante (Kumar et al., 2014). La déficience en micronutriments, surtout la carence en vitamine A, constitue un facteur de risque de diarrhée et aggrave les infections respiratoires aiguës (Becker et al., 1991; Walker et al., 2013). Le trachome est également lié à une carence en vitamine A, donc lié à la malnutrition (Thylefors et al., 2004). Il a été également démontré que l'apport de vitamine A pour traiter les cas de rougeole réduisait le risque de pneumonie associée à cette infection chez les enfants (Rosales, 2002).

Le retard de croissance qui commence souvent avec une insuffisance de poids à la naissance (Shrimpton et al., 2001; Deen et al., 2002; Wamani et al., 2007) influence notamment la diarrhée, et de façon réciproque (cette relation se traduit par une causalité inverse). Par exemple, les enfants atteints de diarrhée pendant une longue période au cours des 24 premiers mois sont plus petits que les enfants qui n'ont jamais eu la diarrhée (Keckley, 2003). Aussi, un enfant qui souffre de malnutrition sévère court près de 10 fois plus de risque de décéder de diarrhée qu'un enfant dont le poids n'est pas inférieur à la normale (Black et al., 2008).

II.3 Cadre conceptuel de la thèse

La santé environnementale dépend de nombreux facteurs aussi bien environnementaux, démographiques, socio-économiques, socio-culturels que nutritionnels et biologiques. Dans la littérature, la fièvre chez les enfants, par exemple, est associée aux variables de l'environnement aussi bien au niveau du ménage qu'au niveau du quartier de résidence (Dos Santos et al., 2014). Dans les ménages, des facteurs de l'environnement tels que l'eau de moins bonne qualité, la présence des ordures ou des eaux usées, le plancher en terre peuvent exposer à la fièvre à cause de la contamination liée à la présence des agents pathogènes (Peterson et al., 2009; Chirebvu et al., 2014; Sy et al., 2014). Dans les quartiers, la présence de zones humides ou des eaux stagnantes favorise la reproduction

des vecteurs, ce qui augmente le risque de maladies transmises par les moustiques (Staedke et al., 2003; Campbell-Lendrum et al., 2015). En se référant à la revue de la littérature, nous proposons un cadre conceptuel qui s'inspire de ceux de Mosley et Chen (1984)¹⁴ et Dos Santos et al. (2014), les mieux adaptées aux données disponibles. Il reste largement global et sera adapté spécifiquement à une problématique retenue dans les chapitres (articles¹⁵). Les concepts retenus et leurs relations, ainsi que les variables opérationnelles¹⁶ sont fonction des données disponibles et des objectifs visés par les chapitres (articles) dans la thèse.

Le schéma conceptuel distingue deux grands niveaux de déterminants : les facteurs proches ou intermédiaires et les facteurs lointains (figure 1.1). En amont, on retrouve les facteurs lointains constitués par des facteurs socio-économiques, culturels, ainsi que le contexte d'accès aux soins. Les facteurs socio-économiques (niveau de vie du ménage, sexe du chef de ménage, niveau d'éducation de la mère) relèvent des conditions de vie et peuvent influencer les comportements sanitaires et nutritionnels de la mère vis-à-vis de son enfant, y compris la qualité de soins offerts à l'enfant, ce qui va influencer les morbidités qui sont aussi influencées par les aspects de l'environnement chez les enfants. Les facteurs culturels (ethnie, religion, milieu de socialisation) régissent les normes, les croyances et attentes de l'individu. Ces facteurs peuvent influencer les comportements des individus en matière d'utilisation des soins préventifs et curatifs, ce qui pourrait influencer ces morbidités chez les enfants. L'utilisation des soins préventifs et curatifs est endogène, puisqu'elle influence les morbidités et peut être influencée par les morbidités

¹⁴ Le cadre de Mosley et Chen (1984) a servi de base à l'élaboration de questionnaires pour la collecte des données pertinentes en matière de santé dans de nombreuses grandes enquêtes démographiques, comme c'est le cas des enquêtes démographiques et de santé. HILL, K. 2003. «Frameworks for studying the determinants of child survival», *Bulletin of the World Health Organization*, 81, 2: 138-139.

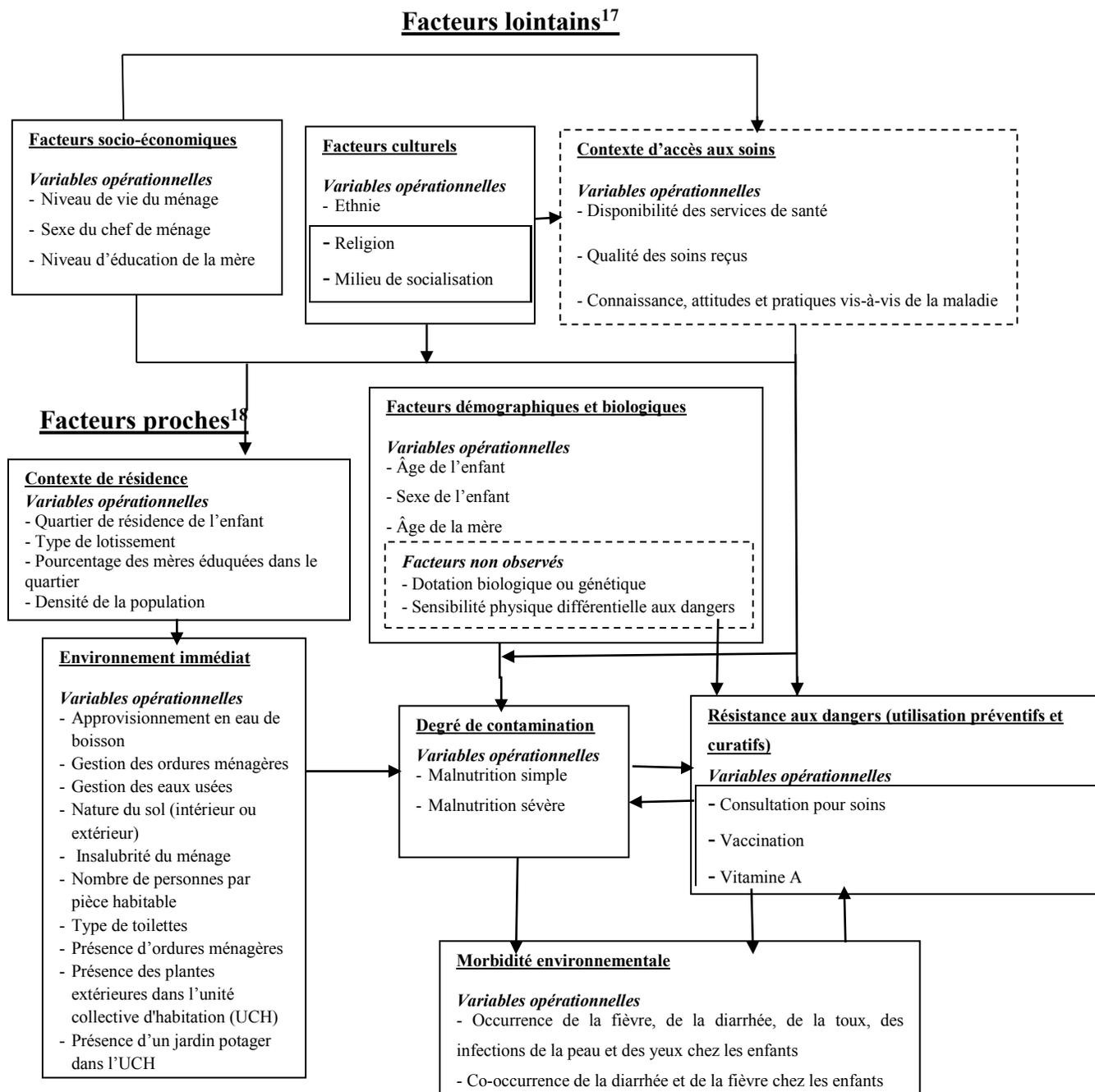
¹⁵ Le schéma conceptuel utilisé spécialement dans le troisième article se justifie par le type de revue ciblé. *Les Cahiers Québécois de Démographie* valorisent la prise en compte d'un schéma conceptuel et disposent d'une place à cet effet.

¹⁶ Une variable opérationnelle (« variable de travail ») renvoie à la définition empirique, concrète, explicite et précise de la variable qui est utilisée pour tester l'hypothèse. FISKE, S. 2008. *Psychologie sociale*. Paris, De Boeck 759 p.

en fonction de perceptions des parents liées à la fragilité de l'enfant. Les facteurs lointains incluent également le contexte d'accès aux soins, tel que la disponibilité des services de santé et la qualité des soins reçus qui peuvent influencer la résistance aux dangers (consultation pour des soins, vaccination et vitamine A) et le degré de contamination (malnutrition simple et sévère). L'ensemble de facteurs lointains agit par le biais des facteurs proches qui influencent directement les risques de morbidité environnementale (la dotation génétique, par exemple, peut influencer la morbidité environnementale via la résistance aux dangers). En aval, on retrouve les déterminants proches d'avoir un symptôme donné chez les enfants. Il y a d'un côté les facteurs qui augmentent le risque de contamination et de transmission d'agents infectieux (aspects de l'environnement, densité, etc.) et les facteurs qui réduisent la capacité de l'organisme à se protéger contre une infection (état nutritionnel, vaccination, allaitement, âge, sexe, etc.). Les voies par lesquelles les agents infectieux sont transmis à l'individu peuvent varier en fonction du symptôme. Le contact, par exemple, est la principale voie de propagation pour les maladies respiratoires ; les aliments, l'eau et la main pour les maladies diarrhéiques ; le sol pour les infections de la peau ; et les insectes pour les maladies parasitaires et virales.

Il ressort de la littérature que les facteurs environnementaux, démographiques, socio-économiques et bien d'autres facteurs peuvent être corrélés. Nous nous proposons de mettre en évidence les effets de l'environnement immédiat en contrôlant des facteurs (démographiques, socio-économiques, etc.) susceptibles de jouer un rôle essentiel dans la relation, afin de ne pas introduire des biais dans les analyses (en surestimant les effets de l'environnement immédiat). Cette démarche permet par ailleurs de redresser les lacunes de nombreuses études antérieures ne prennent pas suffisamment en compte les facteurs démographiques et socio-économiques dans les analyses.

Figure 1.1 : Schéma conceptuel de la santé environnementale



¹⁷ Les variables dans la case en pointillés ne sont pas testées dans l'analyse. La consultation pour des soins, la vaccination et la vitamine A (variables importantes de la santé), par exemple, ne sont pas testées dans l'analyse à cause de la proportion importante des non-réponses : 27,6 %, 17,3 % et 14 % des non-réponses. Les connaissances, attitudes et pratiques ne sont pas également prises en compte de leur absence dans la base des données. La saisonnalité, une variable captée à partir des données de l'OPO a été retenue dans les modélisations au détriment de la température ou de la pluviométrie (issues des services météorologiques).

¹⁸ L'UCH se définit comme des bâtiments isolés, adjacents ou lâchement connectés (dont un au moins pourrait être loué pour habitation ou est habité) entourés d'une clôture, ou appartenant au même propriétaire en l'absence de clôture. ROSSIER, C., SOURA, A., LANKOANDÉ, B. et al. 2011. Données collectées au Round 0, Round 1 et au Round 2: Rapport descriptif. Ouagadougou, ISSP, 71 p.

II.3.1 Définition de concepts clés

Il s'agit de définir essentiellement dans cette rubrique des concepts couramment employés dans l'étude (mais tous les concepts).

Environnement et environnement immédiat

Le concept d'environnement renvoie au milieu dans lequel les individus vivent, c'est-à-dire qu'il évoque la notion de lieux et de conditions de vie. Cette notion recouvre plusieurs dimensions, allant de l'individu à la collectivité, du familial au milieu de travail, du rural à l'urbain, et du local au planétaire (Bircher et Kuruvilla, 2014). Dans le cadre de cette recherche, l'accent sera mis sur l'environnement immédiat. Par environnement immédiat, nous désignons un ensemble d'éléments dans le ménage et directement autour du ménage (lieux et conditions de vie) dont l'exposition pourrait entraîner des effets négatifs sur la santé des enfants. Il s'agit, par exemple, de la présence d'ordures dans le ménage, la présence d'un jardin potager dans la cour, la gestion des ordures ménagères, la gestion des eaux usées, le type de toilettes utilisé par le ménage, l'utilisation de la moustiquaire, la densité par pièce habitable, etc.

Risque et danger

Le danger est le potentiel que possède un agent d'origine biologique, chimique ou physique d'exercer un effet négatif sur la santé (Chevalier et al., 2003; Momas, 2010; Dora et al., 2014). Par contre, le risque est la probabilité que des effets néfastes sur la santé humaine se produisent à la suite d'une exposition à un danger environnemental (biologique, chimique ou physique) (Ledrans, 2008; Norman et al., 2013). En se basant sur cette définition, sera considéré comme danger environnemental tout élément de l'environnement (lieux et conditions de vie) dont l'exposition pourrait engendrer des effets néfastes sur la santé des enfants (tas d'ordures, points d'eau stagnante, etc.). Il s'agit, par exemple, de tas d'ordures ou de points d'eau stagnante.

Santé des enfants

Selon l'OMS, la santé est un état de bien-être physique, mental et social. Elle est plus que l'absence de maladie, d'incapacité ou de décès. De ce fait, la santé des enfants pourrait être définie comme étant un état de bien-être permettant de garantir tant leur croissance et leur développement que leur possibilité d'atteindre leur plein potentiel en tant qu'adultes (Kliegman et al., 2007). Dans cette recherche, on s'intéressera à la santé physique, c'est-à-dire l'inverse de la morbidité, plus particulièrement à la morbidité environnementale définie comme étant un ensemble de symptômes de maladies dont on sait, à partir de études médicales, que l'environnement joue un rôle dans leur transmission (ce qu'on n'arrive pas toujours à montrer à partir des données populationnelles). La morbidité environnementale sera opérationnalisée par les symptômes de maladies : fièvre, diarrhée, toux, infections de la peau et des yeux.

Co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre

La co-occurrence est définie dans cette étude comme l'apparition d'une fièvre et d'une diarrhée chez un même enfant au cours des deux semaines précédant l'enquête.

Quartiers lotis et non lotis

Les termes « loti » et « non loti » sont propres à certaines villes d'Afrique francophone de l'Ouest. Le terme « non loti » renvoie aux termes plus généraux du Programme des Nations Unies pour les établissements humains (ONU-Habitat) : bidonville, habitat informel, quartier spontané ou précaire. Contrairement aux quartiers dits lotis, les quartiers non lotis sont ceux n'ayant pas encore un plan de lotissement. Ces quartiers présentent en général une insuffisance en matière d'infrastructures socio-économiques et sanitaires de base (écoles, marchés, centres de santé, etc.) (Boyer et Delaunay, 2009). À Ouagadougou, les quartiers non lotis se développent surtout aux abords des quartiers lotis denses (Dos Santos, 2013; Boyer et Delaunay, 2014). Les habitants achètent leurs parcelles aux propriétaires traditionnels dans les anciens villages phagocytés par le périmètre urbain : les chefs de ces quartiers informels (de manière conjointe avec la mairie) tentent de délimiter des rues, et d'implémenter des parcelles. Il y a également des endroits (ceinture verte, bas-fonds, etc.) où la mairie n'autorise pas l'occupation avec des

déguerpissements fréquents. Dans cette étude, on s'intéressera à cinq quartiers de l'OPO dont deux lotis (Kilwin et Tanghin) et trois non lotis (Polesgo, Nonghin et Nioko 2).

II.3.2 Hypothèses de recherche

L'environnement immédiat a un effet sur la morbidité chez les enfants de moins de 5 ans à Ouagadougou en dehors des variables démographiques et socio-économiques.

Hypothèse 1 : Il existe des différences notables en matière de morbidité environnementale chez les enfants entre les zones loties et non loties à Ouagadougou, toutefois des poches de vulnérabilité en zones loties peuvent subsister en raison de l'hétérogénéité spatiale souvent observée en milieu urbain.

Hypothèse 2 : En dehors des variables démographiques et socio-économiques, l'environnement immédiat a un effet sur la fièvre des enfants à Ouagadougou, toutes choses étant égales par ailleurs.

Hypothèse 3 : L'insalubrité du ménage a un effet en même temps sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre, deux symptômes de maladie importants chez les enfants à Ouagadougou.

Conclusion

Ce chapitre a permis de poser les bases théoriques de la recherche à travers la synthèse de la littérature. Les liens entre l'environnement et la santé des enfants en milieu urbain en Afrique subsaharienne demeurent faiblement étudiés. Quelques travaux ont permis de contribuer à l'avancement des connaissances, quand bien même de nombreux aspects de l'environnement restent à approfondir. La littérature a révélé que les démonstrations statistiques des liens entre l'environnement et la santé sont souvent remises en question pour des raisons méthodologiques, bien qu'il soit admis que les maladies vont diminuer suite à l'amélioration de l'accès à l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène. La capitalisation des travaux antérieurs a mis à notre disposition les éléments nécessaires pour l'élaboration du cadre conceptuel à partir duquel découlent les hypothèses de

recherche. Pour répondre aux questions de recherche dans les chapitres à venir, nous analyserons les liens entre l'environnement immédiat et la santé en nous appuyant sur les données de l'OPO. Mais avant toute chose, nous présenterons le contexte de l'étude, les données et les méthodes d'analyse dans le chapitre prochain.

Chapitre II : Contexte, source des données et méthodes d'analyse

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons passé en revue les facteurs liés à la santé environnementale et élaboré un cadre conceptuel de l'étude. L'objet de ce chapitre est de fournir des éléments du contexte de l'étude et de présenter les sources des données, de même que les méthodes d'analyse utilisées. Le chapitre se subdivise en trois grandes parties. La première partie offre un aperçu sur le contexte de l'étude, en abordant la situation géographique, économique et démographique de la ville de Ouagadougou, ainsi que les questions sanitaires. Traiter en effet de la santé environnementale ne saurait se faire sans tenir compte du contexte de la recherche, car la connaissance du contexte facilite la compréhension des résultats. La deuxième partie présente la source des données tout en examinant leur qualité. La dernière partie présente les différentes méthodes d'analyse utilisées dans ce travail.

II.1. Éléments du contexte général de Ouagadougou

II.1.1 Situation géographique, économique et démographique

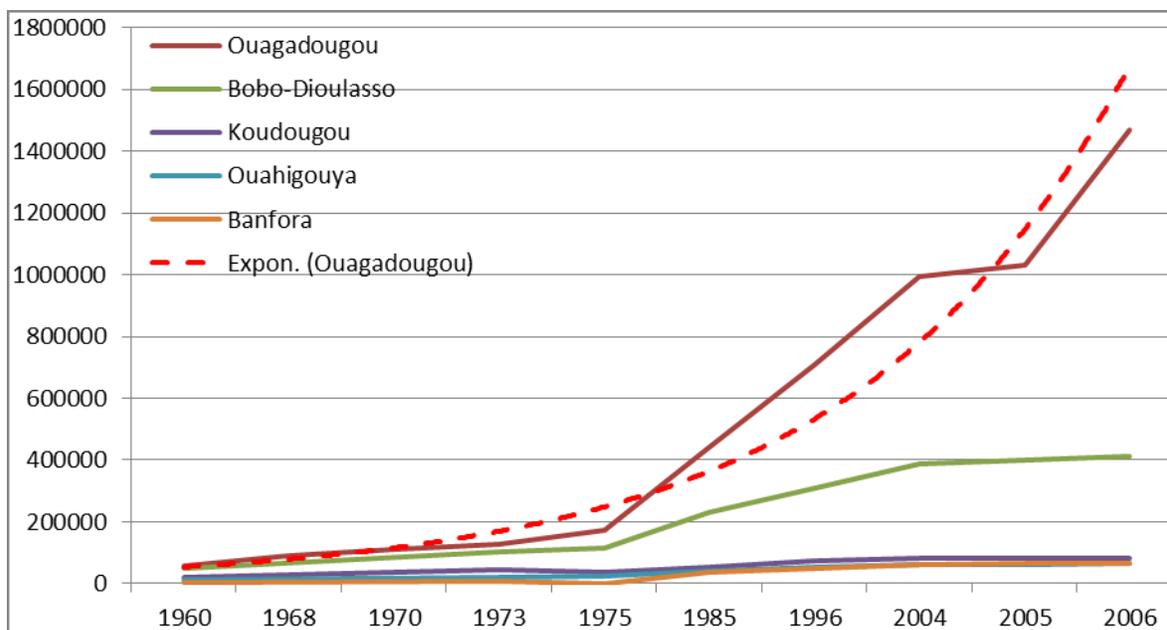
Ouagadougou, capitale de l'ancien Empire mossi et capitale actuelle du Burkina Faso, est située au centre du pays (entre la latitude 12° 21' Nord et la longitude 01° 31' Ouest) (INSD, 2009). La ville de Ouagadougou partage ses frontières avec les communes rurales de la province du Kadiogo et la région du Plateau central (Hien et Compaoré, 2004). Son climat est de type soudanien avec une pluviométrie annuelle qui varie, en dents de scie, entre 650 et 850 mm (Commune de Ouagadougou, 2011). Ouagadougou connaît deux saisons : une saison des pluies de mai à septembre et une saison sèche d'octobre à avril (Direction de la météorologie, 2007). Les mois de juillet à septembre sont les mois les plus pluvieux avec environ 60% des précipitations annuelles. Le 1^{er} septembre 2009, par exemple, une pluie de 263 mm en une journée a transformé Ouagadougou en une vaste retenue d'eau (Commune de Ouagadougou, 2011).

La ville de Ouagadougou est un lieu important d'échanges commerciaux en Afrique de l'Ouest avec des flux d'échanges limités en raison de la continentalité du pays (INSD, 2009). L'urbanisation de Ouagadougou a favorisé la monétarisation de l'économie et surtout le passage d'une économie de subsistance à une économie de marché. Avec 10,5% de la population du Burkina Faso, Ouagadougou contribue considérablement à la production intérieure brute puisqu'elle concentre la plupart des unités industrielles du pays et des activités informelles sur lesquelles sont également prélevées des ressources fiscales¹⁹ (Hien et Compaoré, 2004).

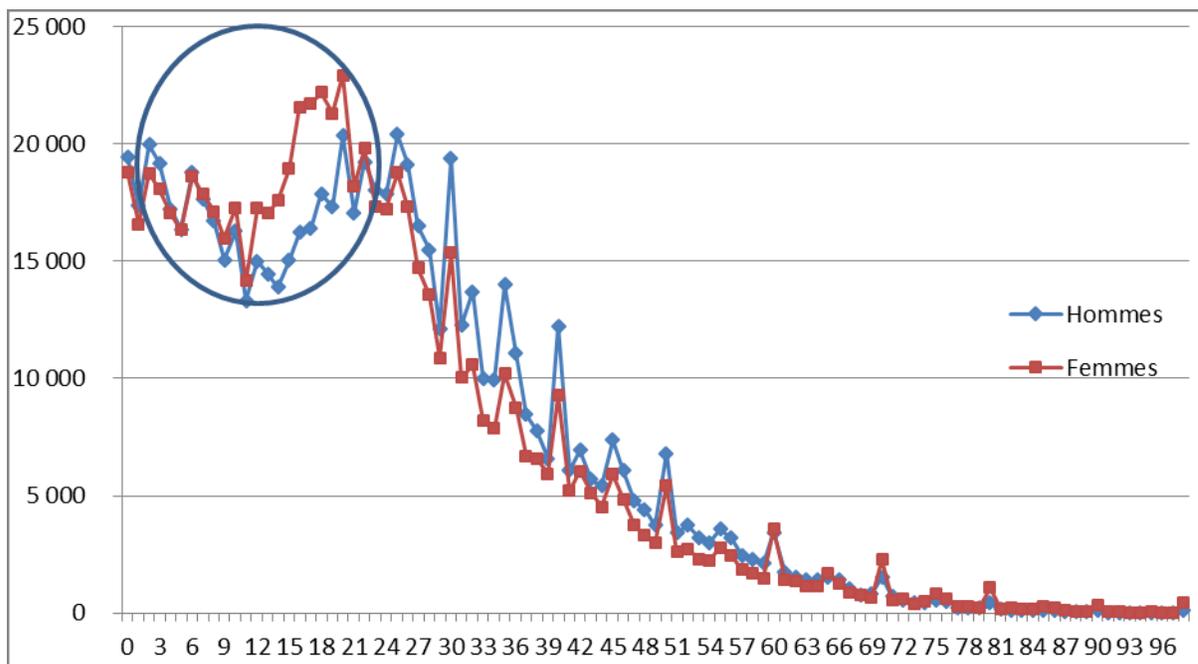
Comme la plupart des capitales africaines, Ouagadougou est une ville en pleine croissance démographique (Sory, 2013). Depuis 1960, année de l'indépendance du Burkina Faso, la population de la ville connaît une croissance démographique extrêmement importante (graphique 2.1). La ville de Ouagadougou comptait environ 2 millions habitants en 2010, dont 49,6% de femmes (Guengant, 2011; INSD et ICF International, 2012). Depuis 1960, le temps de doublement de la population urbaine est de plus en plus raccourci (Hien et Compaoré, 2004). Avec un taux d'accroissement intercensitaire entre 1996 et 2006 de 7,6%, la population urbaine de Ouagadougou pourra doubler en 2015 par rapport en 2006 (INSD, 2009). La population de Ouagadougou est jeune (graphique 2.2) et environ 48% de la population a moins de 20 ans (INSD, 2009). Ce poids de la jeunesse dans la ville pose particulièrement des problèmes d'éducation des enfants d'âge scolaire. La prédominance féminine est également observable entre 5 et 25 ans, tranche qui atteste de la prédominance principalement liée à la migration de jeunes filles vers la capitale pour le travail domestique (INSD, 2009).

¹⁹ L'absence de numéro d'identification fiscal unique (IFU) ne signifie pas que le secteur informel ne soit pas fiscalisé, puisque 24% des UPI payent la patente. INSD. 2005. Le secteur informel dans l'agglomération de Ouagadougou: performances, insertion, perspectives enquête 1-2-3. Ouagadougou, INSD, 54 p, WORLD BANK. 2012. The informal sector in Francophone Africa: Firm size, productivity, and institutions. Montreuil, World Bank, 273 p.

Graphique 2.1 : Comparaison de l'évolution de la population urbaine de Ouagadougou depuis 1960 par rapport aux autres villes principales du Burkina Faso (RGPH –Burkina Faso 1985 ; 1996 et 2006)



Graphique 2.2 : Distribution de la population de Ouagadougou par année d'âge selon le sexe (INSD, 2009)



II.1.2 Urbanisation de la ville de Ouagadougou, sa croissance spatiale et problèmes de santé

La nature du site de Ouagadougou, avec des pentes faibles variant entre 0,6 et 1%, ne limite pas l'étalement de la ville. La nullité des pentes favorise un faible ruissellement des eaux de pluies et une faible évacuation des eaux usées (Kafando, 2004). La ville s'étend sur 518 km² (avec une densité²⁰ moyenne de 2 848 habitants au km² contre 49 habitants au km² au niveau national en 2006) (INSD, 2007). L'expansion spatiale de la ville est bien plus importante que celle de la population (Gouëset, 2006). Elle finit par englober les zones rurales périphériques. Malgré les efforts des collectivités locales, l'étalement de Ouagadougou reste en partie non maîtrisé (Sory, 2013). À Ouagadougou, les quartiers non lotis coexistent avec les quartiers lotis (cartes 2.1 et 2.2). Les quartiers non lotis sont caractérisés par un système foncier traditionnel, une absence de raccordement individuel à l'eau et à l'électricité, et un matériau de construction pour la plupart en banco²¹ (Rossier et al., 2012). Dans ces quartiers non lotis ou périphériques, les rues sont couvertes parfois des ordures ménagères (Mainet, 2004). Ce qui fait que les enfants sont exposés de manière endémique à certaines maladies hydriques, telles que le paludisme, les maladies diarrhéiques, etc. (Mainet, 2004; Sory, 2013). Lors de la saison sèche, sous l'effet de l'harmattan, les sols meubles forment des nuages de poussière aux abords des rues non bitumées, provoquant ainsi la recrudescence de maladies et symptômes respiratoires tels que des toux et rhumes, des pneumopathies et l'asthme (Compaoré et Nébié, 2003; Somé et al., 2014).

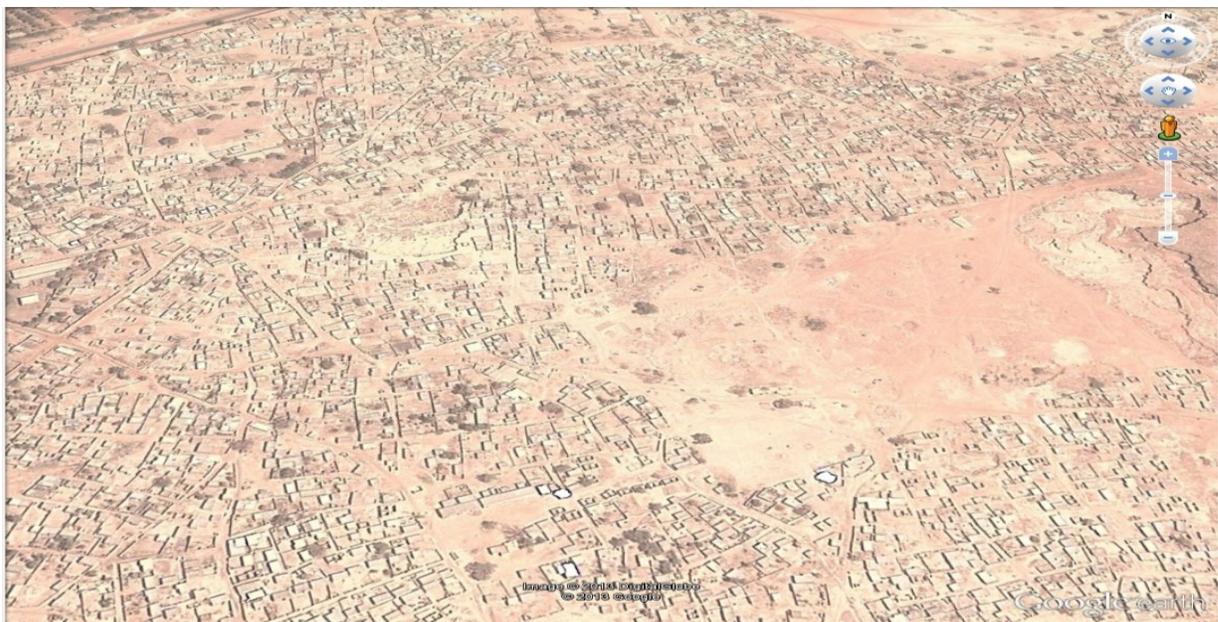
²⁰ La forte densité dans la ville expose davantage la population à la contamination.

²¹ En Afrique, matériau de construction traditionnel, sorte de pisé.

Carte 2.1 : Exemple d'un quartier loti de Ouagadougou : Tanghin (Google Earth, 2013)



Carte 2.2 : Exemple d'un quartier non loti de Ouagadougou : Nioko 2 (Google Earth, 2013)



II.2. Sources des données et méthodes

II.2.1 Sources des données

Les données de l'analyse pour cette recherche proviennent de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO), une plateforme de suivi longitudinal démographique et de santé pour permettre des recherches et des tests d'intervention. L'OPO est membre du réseau INDEPTH réunissant 34 observatoires dans 17 pays d'Afrique, d'Asie et d'Océanie (Rossier et al., 2012). Il s'insère pleinement dans le cadre des Objectifs du millénaire pour le développement (OMD), et vise, entre autres, à examiner les inégalités en matière de santé, les questions de pauvreté et d'accès aux services urbains de base. De ce fait, l'observatoire ambitionne fournir des données probantes utiles aux décideurs pour la mise en œuvre des politiques sanitaires et sociales en milieu urbain.

Depuis 2008, l'OPO suit dans le temps environ 87 000 habitants dans cinq quartiers à la périphérie nord de Ouagadougou composés de Nonghin, Polesgo et Nioko 2 (quartiers non lotis) et de Kilwin et Tanghin (quartiers lotis) (carte 2.3). Ces quartiers ont été choisis afin de rendre compte de la diversité des conditions de vie de la population urbaine (Rossier et al., 2012). Les quartiers de l'OPO sont partagés entre les districts sanitaires de Sig- Nonghin et de Kossodo. La moitié des habitants de l'OPO vivent dans les quartiers non lotis. La population suivie par l'OPO n'est pas représentative de la ville de Ouagadougou. Néanmoins, les résultats issus de l'exploitation des données de l'OPO fournissent une bonne illustration des phénomènes qui pourraient être observés dans des contextes analogues, à Ouagadougou ou dans d'autres villes en Afrique sub-saharienne. Tous les 10 mois en moyenne, les agents de terrain de l'OPO passent dans chaque ménage recueillir des informations sur les événements démographiques (naissances, mariages, migrations, décès). Mis à part ces événements suivis, des enquêtes sur la santé, le niveau de vie, et l'éducation sont couramment menées. La technique de collecte sur le terrain est celle de balayage, technique expérimentée pendant la phase pilote de l'observatoire. Le balayage a consisté à faire évoluer à la fois les équipes au même rythme dans tous les quartiers. Les données sont saisies sur des Pocket PC par des agents formés à cet effet, ce qui permet leur validation en temps réel. La mise à jour de toutes les

données recueillies offre la possibilité d'appréhender divers changements et tendances se dégageant dans le temps. Les données utilisées dans ce travail ont été collectées sous la responsabilité de l'examinatrice externe de la thèse (substituée par la co-directrice de la thèse) et de certains co-auteurs des articles. Nous n'avons pas participé à la collecte des données²². Toutefois, nous avons participé à quelques ateliers méthodologiques et d'initiation à l'usage des données de l'OPO notamment en 2010 et 2011. Également, lors de notre séjour de recherche à Ouagadougou de septembre 2012 à août 2013, nous avons contribué à évaluer la qualité des données géo-localisées pour la base des données de l'ensemble des ménages suivis par l'OPO.

Concernant les considérations éthiques, la collecte de données de routine de l'OPO a été approuvée par le Comité national d'éthique pour la recherche en santé (CNER) (Baya et al., 2010). Pendant le round 0, le consentement éclairé a été obtenu auprès de chaque chef de ménage (ou de la personne qui le représente le ménage suivi par l'OPO). Un formulaire de consentement a été signé entre chaque chef de ménage (ou son représentant) et l'Institut supérieur des sciences de la population (ISSP) à cet effet. Pour chaque recherche sur la santé entreprise par l'OPO doit rechercher une approbation du CNER, et le consentement éclairé auprès des ménages concernés, comme c'est le cas de l'enquête sur la santé de 2010.

²² Nous avons par ailleurs bénéficié de nombreuses expériences liées à la conception et collecte des données démographiques. Il s'agit notamment de l'enquête sur la morbidité diarrhéique des enfants de moins de 5 ans à Ébolowa au Cameroun (en qualité de superviseur), de la première enquête cadre sur la pêche au Tchad (en qualité de consultant national), du deuxième recensement général de la population et de l'habitat (en qualité de chef de section nationale de sensibilisation et membre à la section de méthodologie de 2006-2008), de l'enquête mondiale sur la consommation de l'alcool en 2008 (en qualité de consultant), de l'enquête sur les progrès accomplis par les projets nationaux de lutte contre le VIH/Sida en 2008 (en qualité de consultant national).

II.2.2 Données de l'Observatoire de population de Ouagadougou et avantages

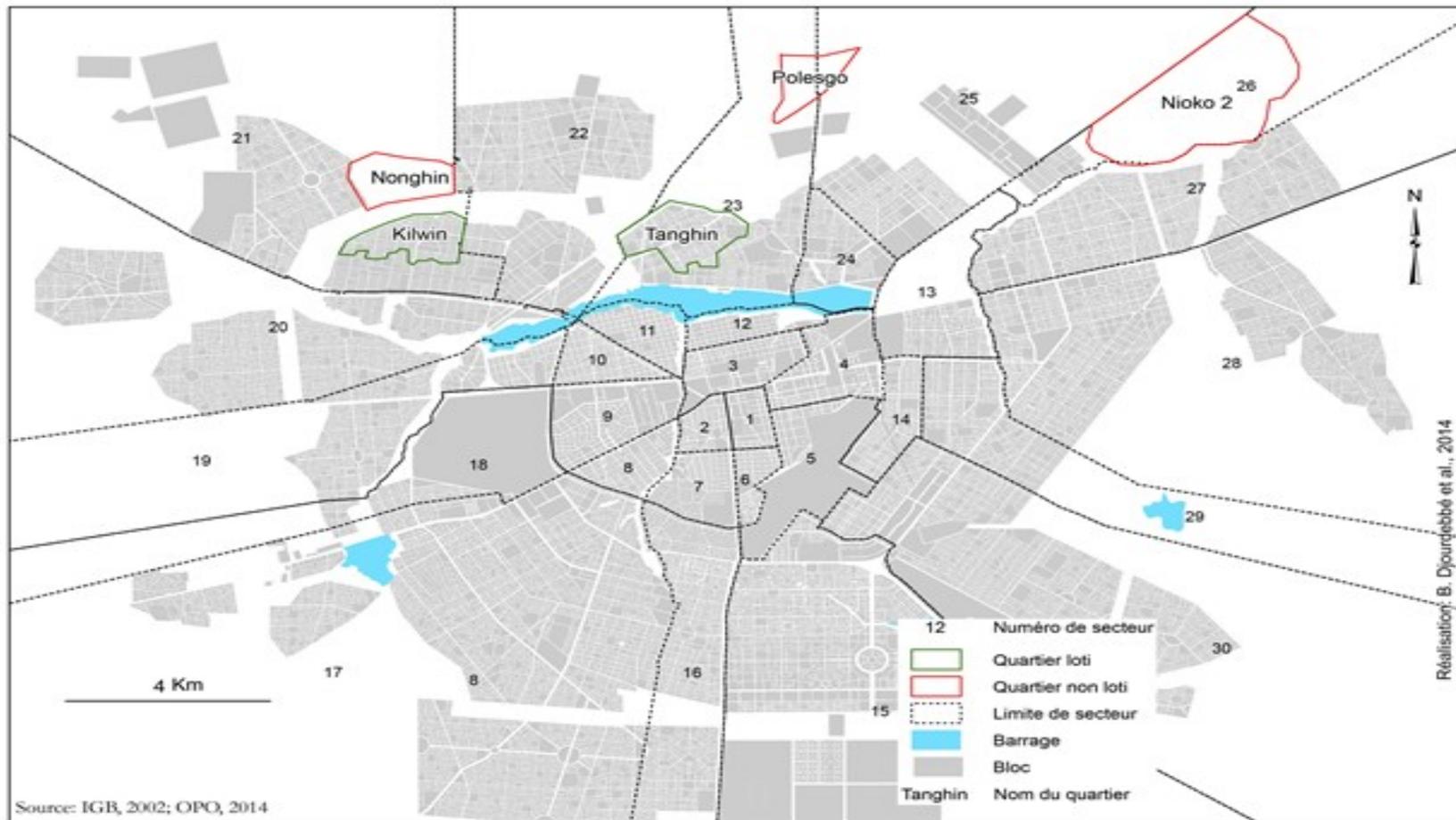
L'OPO fournit des données permettant d'approfondir des thématiques variées relevant de la santé urbaine, dont la santé environnementale chez les enfants. Cette recherche se focalise sur les données de l'enquête sur la santé (données transversales), celles de l'enquête sur le ménage, ainsi que les données géo-localisées²³ des unités collectives d'habitation et des dangers environnementaux. L'enquête sur la santé menée de février à août 2010 a porté sur un échantillon de 950 enfants âgés de moins de 5 ans. Les ménages ont été tirés de manière systématique pour assurer la représentativité de toutes les zones géographiques de l'OPO. Le premier tirage de 791 ménages a conduit à enquêter environ 2 000 personnes de 15-49 ans, 410 enfants de moins de 5 ans et 265 personnes âgées de plus de 50 ans. Le deuxième tirage a visé simplement à compléter l'échantillon des enfants de moins de 5 ans et des personnes de plus de 50 ans. Comme on l'a déjà dit, 583 ménages ont été tirés parmi les ménages restants et où il y a au moins 1 enfant de moins de 5 ans ou un adulte de plus de 50 ans. Le tirage a été aussi systématique et les ménages ont été rangés zone par zone. Le pas du tirage a été $k_2=13$ (calculé juste après le premier tirage). Ce deuxième tirage a fourni environ 540 enfants de moins de 5 ans et 311 personnes de plus de 50 ans. Le troisième tirage a visé à compléter l'échantillon des personnes âgées à 1000, ce qui signifie qu'il a fallu enquêter environ 423 autres personnes. Cela a conduit à tirer à nouveau 325 ménages parmi les ménages restants et où il y a une personne âgée de 50 ans ou plus. Le pas du tirage a été $k_3=9$ (calculé juste après le second tirage).

Pour l'enquête santé, le questionnaire individuel sur l'enfant a permis de recueillir des informations de sa mère (ou la personne en charge de l'enfant dans le ménage) sur l'état de santé, l'accès aux soins, les accidents et violences, ainsi que les mesures anthropométriques de l'enfant. La rubrique sur l'état de santé a porté sur les symptômes

²³ Les données géo-localisées utilisées dans cette étude sont de qualité suffisante pour la réalisation des analyses spatiales. Ces données sont différentes de celles ayant porté sur l'ensemble de ménages suivis par l'OPO qui comportaient en effet des erreurs de précision (plus ou moins 30 mètres).

des maladies déclarés chez l'enfant. Les variables recueillies par cette enquête sont présentées dans l'annexe 1 de la thèse. L'enquête sur le ménage réalisée de mai à décembre 2009 a permis de recueillir des informations sur les conditions de vie des ménages. Ainsi, des variables de l'environnement comme l'approvisionnement en eau de boisson, la présence et la gestion des ordures ménagères, la gestion des eaux usées, la nature du sol intérieur et extérieur ont été collectées à cet effet (cf. annexe 2 de la thèse pour la liste exhaustive). Les individus de l'enquête ménage ont été relativement jeunes (avec 21,3 ans en moyenne) (Rossier et al., 2011), et avaient un lien de parenté avec les enfants qui ont été concernés par l'enquête santé (père ou mère, frère ou sœur, grand-père ou grand-mère, oncle ou tante des enfants enquêtés). Les données géo-localisées, quant à elles, ont porté sur 697 unités collectives d'habitation interrogées pendant l'enquête sur la santé en 2010. Elles ont également considéré les tas d'ordures et les points d'eau stagnante considérés comme étant des dangers environnementaux.

Carte 2.3 : Situation des zones de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO)



II.3 Évaluation des données

Les données de l'OPO, comme celles issues de toute collecte des données sur le terrain, ne peuvent pas être à l'abri d'erreurs. Il est important dès lors de procéder à des analyses qui sont à même de donner des indications qualitatives et quantitatives sur la confiance que l'on peut accorder aux résultats. En cas d'existence d'erreurs trop aberrantes, cette situation pourrait conduire à corriger les données brutes. Nous ciblons dans cette section les non-réponses et l'âge.

L'indicateur couramment utilisé pour apprécier la qualité des données avant de tester toute autre méthode graphique ou statistique est le taux de non-réponse. Les non-réponses peuvent introduire des biais dans l'analyse des données. Plus généralement, un taux de non-réponse est considéré comme acceptable quand il est en deçà de 10% (Dussaix, 2009). Après le calcul du taux de non-réponse, nous testerons ensuite les méthodes graphique et statistique, deux méthodes plus approfondies pour rendre compte de la qualité des données sur l'âge. Dans l'évaluation des données, l'accent sera plus mis sur la variable "âge" par rapport aux variables utilisées par l'étude, en raison de l'existence de nombreuses méthodes reconnues pour son évaluation.

L'âge est une variable privilégié en démographie, et est la toute première variable saisie lors des enquêtes démographiques. L'âge apparaît comme une variable importante dans l'analyse des phénomènes démographiques, notamment la mortalité. La qualité des réponses à la question sur l'âge affecte significativement la structure de la population et celle des événements enregistrés pendant la collecte des données. Lors de l'enquête sur le ménage, on a posé la question sur l'âge. Les réponses dépendront de l'aptitude à se souvenir des dates des événements. Il est vraisemblable que les personnes ayant un faible niveau d'études ainsi que leurs congénères qui n'en ont aucun aient plus de difficultés à bien déclarer les âges. Des études montrent que les individus ont une préférence pour les âges ronds ou semi-ronds (Gendreau, 1993; Rakotonrabé, 1996). Une mauvaise déclaration des âges peut conduire à une répartition biaisée ; à titre d'exemple on peut mentionner l'effet de l'âge de la mère dans le contrôle des relations entre les symptômes et l'environnement.

Bien que la procédure utilisée pour la collecte des données de l'OPO sur l'âge soit satisfaisante (basée beaucoup plus sur des cartes d'identité, cartes de baptême pour des individus possédant une pièce ou tout autre document²⁴), certains problèmes peuvent subsister. Le fait de demander systématiquement une pièce d'identité ou un autre document n'est pas forcément la preuve de la fiabilité de la date de naissance ou de l'âge qui y est portée. Ceci peut être expliqué par deux phénomènes: 1) le premier, très connu, est l'estimation grossière de la date de naissance des personnes assez âgées qui, à un moment donné, ont eu besoin d'avoir une pièce d'identité; 2) une proportion non négligeable d'actes de naissance au Burkina Faso, comme à l'instar de nombreux pays d'Afrique subsaharienne, a la mention "né vers ..." ou "né le 1^{er} janvier...". Cela justifie ainsi la nécessité d'évaluer avec minutie la qualité des données recueillies sur l'âge.

II.3.1 Examen préliminaire des taux de non-réponse des variables explicatives

Le tableau 2.1 présente la répartition des taux de non-réponse pour les variables explicatives clés utilisées dans les analyses. En analysant le tableau, on constate qu'aucune variable explicative n'a un taux de non-réponse supérieur à 10%. La plupart des variables ont un taux de non-réponse nul. Ces taux de non-réponse faibles peuvent être liés à la technique de collecte basée sur le Pocket PC qui exige des va-et-vient dans les ménages pour corriger les réponses manquantes. Sur la base de cette information, nous pouvons anticiper que les données de l'OPO sont pertinentes et relativement d'une bonne qualité.

²⁴ Cette démarche est complétée par des dates de naissance ou âges déclarés par les répondants; calendrier historique, âge chronologique, jugement supplétif, etc. pour saisir les âges des individus.

Tableau 2.1 : Variables explicatives de l'analyse et taux de non-réponses (OPO, 2009 et 2010)

Variables	Réponses valides	Valeurs manquantes	Taux de non-réponse en %
Approvisionnement en eau de boisson	950	0	0,00
Présence d'ordures dans le ménage	950	0	0,00
Gestion des ordures ménagères	950	0	0,00
Gestion des eaux usées	950	0	0,00
Nature du plancher intérieur	949	1	0,11
Nature du plancher extérieur	950	0	0,00
Nombre de personnes par pièce	950	0	0,00
Utilisation de la moustiquaire sur le lit de l'enfant	950	0	0,00
Présence de petits ruminants dans le ménage	950	0	0,00
Présence des plantes extérieures dans l'UCH ²⁵	950	0	0,00
Présence d'un jardin potager dans l'UCH	950	0	0,00
Âge de l'enfant	950	0	0,00
Sexe de l'enfant	950	0	0,00
Quartier de résidence de l'enfant	950	0	0,00
Âge de la mère	950	0	0,00
Niveau d'instruction de la mère	885	65	6,84**
Lieu de naissance de la mère	950	0	0,00
Durée de résidence en ville de la mère	950	0	0,00
Sexe du chef de ménage	950	0	0,00
Niveau de vie du ménage ²⁶	885	65	6,84
Malnutrition simple ²⁷	924	26	2,74
Malnutrition sévère	924	26	2,74
Période de l'enquête	950	0	0,00

NB : *UCH désigne l'Unité collective d'habitation. ** Les taux de non réponse similaires pour le niveau d'instruction de la mère et le niveau de vie du ménage ne résultent pas d'une erreur.

²⁵ L'UCH se définit comme des bâtiments isolés, adjacents ou lâchement connectés (dont un au moins pourrait être loué pour habitation ou est habité) entourés d'une clôture, ou appartenant au même propriétaire en l'absence de clôture ; on n'a compté ici que les UCH habitées par au moins un ménage avec un chef de ménage résident. (cf. ROSSIER, C., SOURA, A., LANKOANDÉ, B. et al. 2011. Données collectées au Round 0, Round 1 et au Round 2: Rapport descriptif. Ouagadougou, ISSP, 71 p.)

²⁶ Le niveau de vie du ménage est un indicateur composite. La méthode de construction de cet indicateur est décrite dans la section méthodologie.

²⁷ Plus loin dans la thèse, seule la malnutrition sévère a été retenue dans les analyses explicatives pour une parcimonie des modèles.

II.3.2 Évaluation de la qualité des données sur l'âge

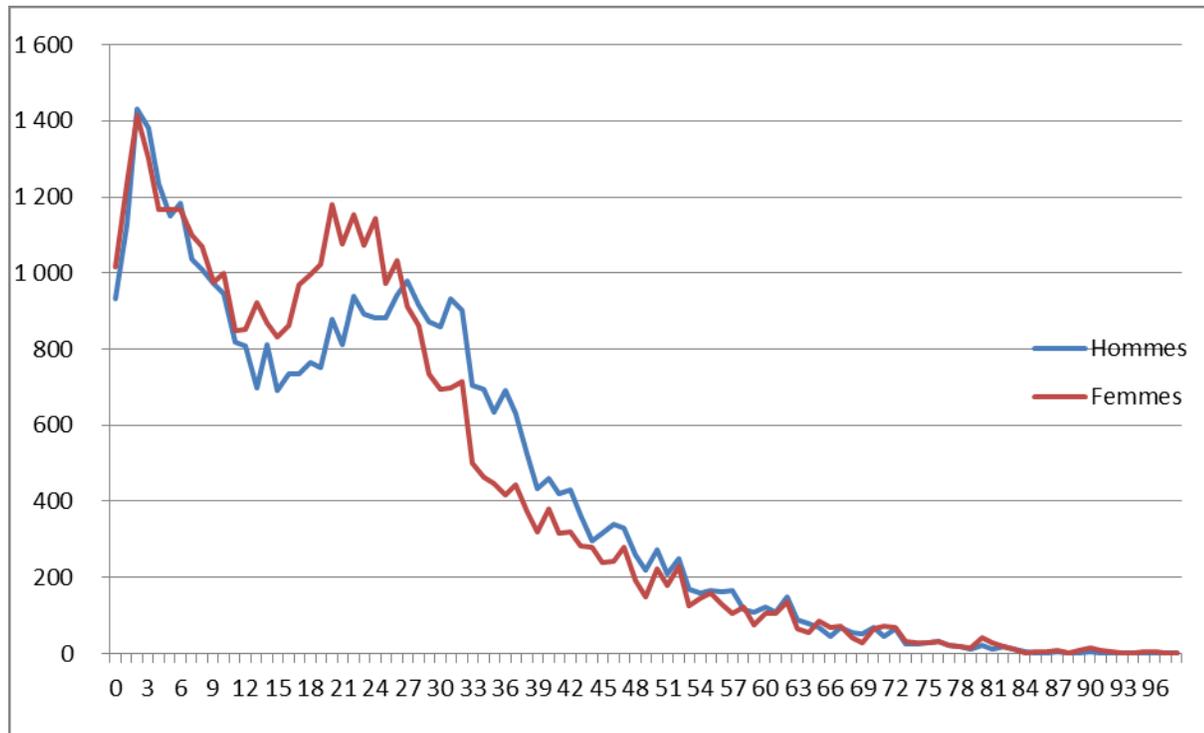
II.3.2.1 Évaluation de l'âge par la méthode graphique

La méthode graphique consiste à disposer sur l'axe des abscisses l'âge des personnes suivies par l'OPO et sur l'axe des ordonnées les effectifs. La distribution des individus par âge permet ainsi d'apprécier la qualité des données recueillies. La répartition de la population par âge et par sexe respecte certaines règles. On s'attend en réalité à ce que la courbe de distribution²⁸ de ces effectifs diminue régulièrement au fur et à mesure que l'âge augmente.

Le graphique 2.3 illustre la distribution de la population de l'OPO selon l'âge et le sexe. La diminution des effectifs comme le montre le graphique semble satisfaire les attentes. Cependant, on constate des pics et des creux qui matérialisent une irrégularité dans la déclaration de l'âge plus observable chez les femmes que chez les hommes, notamment entre 15 et 24 ans. Ce constat n'est guère surprenant, car les âges des femmes déclarent bien souvent moins bien que ceux des hommes en Afrique (Inoussa, 1990; Van De Walle, 1996). Les distorsions dues aux erreurs de déclaration de l'âge particulièrement chez les femmes peuvent être liées en partie à la proportion importante des femmes de faible niveau d'instruction. Pour minimiser les biais que peut introduire l'imprécision de la déclaration dans l'interprétation des résultats, des regroupements ont été effectués par groupes d'âge décennaux (15-24 ans, 25-34 ans, 35-49 ans par exemple). D'autre part, les effectifs faibles visibles surtout aux deux premiers âges pour les deux sexes pourraient être liés à un sous-enregistrement des naissances, en particulier l'omission d'enfants en bas âge et d'enfants décédés très jeunes, quelques heures ou quelques jours seulement après la naissance (notamment pour les enfants décédés il y a 6 mois dans le système de suivi). Ce problème était présent dès le commencement de la collecte par l'OPO ; les pyramides récentes ne présentent plus ce type de problème (voir Rossier et al., 2012 pour plus de détails concernant les formes de pyramides).

²⁸ Il sera présenté un graphique de distribution des enfants enquêtés selon l'âge et le sexe.

Graphique 2.3 : Distribution de la population de l'OPO selon l'âge et le sexe (OPO, 2009)



II.3.2.2 Évaluation de l'âge par la méthode statistique

Il existe plusieurs méthodes statistiques permettant d'apprécier la qualité des données sur l'âge. Ce sont entre autres des indices de Whipple, de Myers, de Bâchi et de l'indice combiné des Nations Unies (Gendreau, 1993). Dans ce travail, seuls les deux premiers indices sont calculés à partir du logiciel PAS en utilisant la procédure SINGAGE.

II.3.2.2.1 Évaluation de l'âge par la méthode de l'indice de Whipple

Évalué en rapportant l'effectif des individus de 23 à 62 ans, l'effectif des individus d'âges se terminant par 0 et 5 entre ces bornes, et en multipliant le résultat par 5, l'indice de Whipple estime l'attraction ou l'aversion des âges se terminant par 0 et 5. Si tous les âges enregistrés s'achèvent par 0 ou 5 (âges ronds ou semi-ronds), l'indice de Whipple équivaut à 5. S'il n'y a aucune attraction ou aversion pour les âges ronds et semi-ronds, l'indice équivaut à 1. S'il y a au contraire aversion pour ces âges, il est en deçà de 1 et équivaut à 0 si aucun âge ne s'achève par 5 (Gendreau, 1993).

Les résultats de calcul de l'indice de Whipple (I_w) sont consignés dans le tableau 2.2. L'indice de Whipple ($I_w=2,89$) indique que la population suivie par l'OPO a une certaine préférence pour les âges ronds et semi-ronds. La préférence des âges ronds et semi-ronds semble plus élevée chez les femmes ($I_w=3,06$). Ce résultat vient renforcer celui observé à l'aide de la méthode graphique vue précédemment.

II.3.2.2.2 Évaluation de l'âge par la méthode de l'indice de Myers

L'indice de Myers évalue les préférences ou les aversions pour les chiffres allant de 0 à 9. Cet indice varie entre 0 et 180 (Gendreau, 1993). Si l'indice de Myers est égal à 0, lorsque les déclarations d'âge sont exactes et qu'il n'y a aucune préférence. Plus il tend vers 180, plus les préférences ou les aversions pour certains chiffres sont plus importantes.

La valeur de l'indice de Myers est de 75,6 pour l'ensemble des deux, soit 69,5 pour les hommes et 82 pour les femmes. Ce qui met en évidence les préférences ou aversions pour certains âges. Néanmoins, le rapprochement de différents indices de Myers de 0 comparativement à 180 permet d'admettre que les données sur l'âge sont acceptables. L'indice de Myers conforte la préférence particulière pour les âges ronds et semi-ronds pour la population suivie par l'OPO, quel que soit le sexe (graphique 2.4). Mis à part ces chiffres ronds et semi-ronds, aucun autre chiffre allant de 0 à 9 n'est préféré par les deux sexes. Les distorsions présentent quasiment le même profil pour les deux sexes. En effet, on constate que les aversions pour les âges se terminant par les chiffres 4 ; 9 ; 8 ; 6 et 1 par ordre d'importance, quel que soit le sexe dans la population suivie par l'OPO.

Graphique 2.4 : Évaluation graphique de la qualité de l'âge par la méthode de Myers (OPO, 2009)

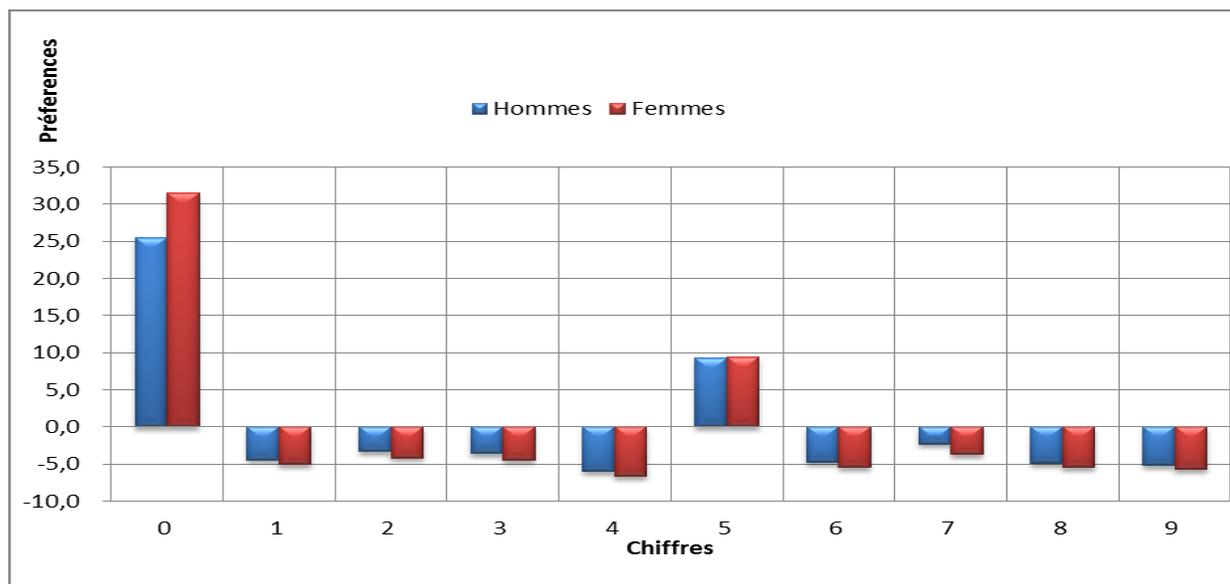


Tableau 2.2 : Calcul des indices de Whipple et de Myers (OPO, 2009)

	Hommes	Femmes	Ensemble
Indice de Whipple (23-62 ans)	2,72	3,06	2,89
Indice de Myers	69,5	82,0	75,6
0	25,5	31,5	28,4
1	-4,5	-5,1	-4,8
2	-3,3	-4,2	-3,7
3	-3,6	-4,5	-4,1
4	-6,0	-6,7	-6,4
5	9,3	9,5	9,4
6	-4,8	-5,5	-5,1
7	-2,4	-3,8	-3,0
8	-5,0	-5,5	-5,2
9	-5,2	-5,8	-5,5

II.4 Approches analytiques

Dans le cadre de la recherche, les méthodes d'analyse retenues sont diverses et sont fonction des objectifs poursuivis au niveau de chaque chapitre (ou article). Dans les lignes qui suivent, il est question de présenter les méthodes d'analyse utilisées dans les chapitres 3, 4 et 5 de la thèse.

II.4.1 Analyse spatiale

II.4.1.1 Application de l'analyse spatiale

L'objectif principal du troisième chapitre est de caractériser les enfants et les quartiers les plus à risque de morbidité dans les zones de l'OPO, en décrivant la santé en milieu urbain au-delà de la dichotomie traditionnelle quartier loti/quartier non loti. Cette ambition a conduit à concilier deux approches d'analyse dans le chapitre 3 : l'analyse spatiale et l'analyse factorielle et de classification. À l'aide du logiciel ArcGIS (version 10.2), nous avons d'abord réalisé des cartes de répartition des UCH en lien avec les zones de 200 mètres de rayon autour des tas d'ordures ou des points d'eau stagnante, dangers environnementaux susceptibles d'exposer les enfants aux maladies. Le rayon de 200 mètres a été choisi pour la zone tampon du fait que les insectes, notamment les moustiques s'éloignent à des distances maximales moyenne de 200 à 35 000 mètres de leur gîte de production (Piet Verdonshot et Besse-Lototskaya, 2014), et en raison de la petite superficie des quartiers²⁹ (pour plus de détail sur les méthodes, voir Chung et al. (2004) et Scott et Janikas (2010)). Le rayon d'action concerne les *Anophèles* (paludisme) et non pas les *Aedes aegypti* (dengue), étant donné que les *Aedes aegypti* ne se reproduisent pas dans des eaux stagnantes mais propres (Ponlawat et al., 2005; Naing et al., 2011).

Ensuite, des cartes de proximité des UCH aux dangers environnementaux ont été également réalisées pour appréhender le risque d'exposition aux dangers environnementaux. Par la même occasion, le logiciel ArcGIS (version 10.2) a permis de calculer la moyenne des UCH dans les zones tampons de chaque quartier, ainsi que la distance moyenne par rapport aux dangers environnementaux les plus proches (tas d'ordures ou point d'eau stagnante) pour chaque quartier. Pour évaluer la significativité des relations entre ces variables, des tests de Khi-deux de Pearson ont été par ailleurs effectués à cet effet.

²⁹ En raison de la petite superficie des quartiers (Kilwin : 1,91 km²; Tanghin : 2,49 km²; Polesgo : 1,34 km²; Nonghin : 1,91 km²; Nioko 2 : 7,67 km²), un rayon d'action de plus 200 mètres augmenterait le risque de réaliser des zones tampons qui empiètent sur d'autres quartiers.

Enfin, des cartes de densité des noyaux à l'aide de la méthode de Kernel ont été conçues pour décrire la concentration des symptômes dans chaque quartier. La méthode de Kernel calcule une grandeur par unité de carte à partir d'entités ponctuelles à l'aide d'une fonction de noyau (autour de chaque point, on apprécie le voisinage). Cette méthode permet ainsi de mettre en valeur des zones de concentration de structures particulièrement vulnérables (Congdon, 2013).

Les éléments cartographiques sur la carte tels que la légende, l'échelle, la flèche du Nord et le titre de carte permettent de comprendre, lire et interpréter le contenu de la carte. Par ailleurs, des calculs supplémentaires (tableaux croisés) ont été effectués pour connaître le pourcentage des enfants malnutris simples et sévères, de même que le pourcentage des mères éduquées dans quartier pour une comparaison plus fine avec les résultats sur la proximité des UCH aux dangers environnementaux.

II.4.1.2 Présentation de l'analyse spatiale

L'analyse spatiale est une démarche qui recherche les similarités entre les phénomènes et tente d'établir des lois spatiales (Gregory et Healey, 2007; Fotheringham et Rogerson, 2013; Lhomme, 2013). Ces lois peuvent dans certains cas être testées pour apprécier leur validité. L'analyse spatiale est plus souvent présentée comme une démarche hypothéco-déductive du fait que les similarités identifiées entre les phénomènes observés peuvent constituer des hypothèses de travail débouchant à la formulation de modèles qui seront mis à l'épreuve (Lhomme, 2013). Toutefois, contrairement aux sciences physiques, les modèles n'ont pas tous vocation à décrire le comportement réel des systèmes étudiés, puis à être testés et validés (Pumain et Saint-Julien, 2010).

L'analyse spatiale est une méthode qui consiste à décrire la disposition de certains objets, localiser des structures et expliquer une localisation. Une localisation particulière des objets, des structures ou des individus est fonction de ce qui se passe dans d'autres localisations (Pumain et Saint-Julien, 2010). En d'autres termes, l'analyse spatiale vise à apercevoir en quoi la localisation offre un élément pertinent à la connaissance des objets étudiés et peut en expliquer les caractéristiques, en totalité ou en partie. Elle met l'accent sur l'analyse des processus à la base des structures en recourant aux notions telles que la distance, l'interaction, la portée spatiale, la centralité, etc. (Pumain et Saint-Julien, 2010; Fotheringham et Rogerson, 2013). Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé les méthodes spatiales basées sur la distance euclidienne pour analyser la distribution des unités collectives d'habitation autour des tas d'ordures et des points d'eau stagnante et estimer les distances des unités collectives d'habitation aux tas d'ordures et points d'eau stagnante les plus proches. Nous avons également fait recours à la

méthode spatiale (densité des noyaux) basée sur la surface pour apprécier la concentration des symptômes déclarés (fièvre, diarrhée, toux, infections de la peau et des yeux) dans les quartiers de l'OPO.

II.4.2 Analyse factorielle des correspondances multiples et de classification

II.4.2.1 Application de l'analyse factorielle des correspondances multiples et de classification

Dans le troisième chapitre, une approche descriptive multivariée a permis de caractériser les quartiers, par l'emploi de l'analyse factorielle des correspondances multiples et de classification à l'aide de SPAD (version 5.5). Nous avons d'abord cherché à analyser conjointement les relations entre l'ensemble de symptômes et les variables de l'environnement pour dégager les profils assortis au niveau du quartier de résidence de l'enfant. Ensuite, une classification a été utilisée pour déterminer les groupes d'enfants à risque. Nous avons choisi d'analyser deux partitions, spécialement à deux et trois groupes, pour ne considérer finalement que trois groupes afin de dépasser la dichotomie classique quartier loti/quartier non loti.

II.4.2.2 Présentation et justification du choix de l'analyse factorielle des correspondances multiples

La différence entre les appellations « analyse factorielle des correspondances » (AFC) et « analyse factorielle des correspondances multiples » (AFCM) est rarement précisée. La première appellation est la méthode d'origine de la mise en correspondance d'un ensemble de variables à partir d'un tableau de contingence, alors que la seconde est l'application de l'analyse factorielle des correspondances à l'étude des tableaux portant sur des variables nominales à code disjonctif (Rwenge, 1999).

La technique d'analyse factorielle des correspondances multiples offre l'originalité de mettre en évidence de manière globale, c'est-à-dire au niveau multivarié, les relations d'interdépendance qui lient les variables indépendantes entre elles et avec chacune des variables dépendantes (Panagiotakos et Pitsavos, 2004; Guinhouya, 2010). Bien qu'elle soit classée comme une méthode d'analyse descriptive ou exploratoire, l'analyse factorielle des correspondances multiples n'impose aucune restriction au niveau de la taille et du nombre de variables, moins encore une nécessité d'une quelconque linéarité. Cette méthode est une approche adaptée à l'étude de la complexité en santé et pour construire des

« modèles qui répondent aux données et non l'inverse » (Panagiotakos et Pitsavos, 2004, p. 82; Guinhouya, 2010, p. 168). Elle est davantage plus appropriée à notre démarche qui vise à caractériser les quartiers les plus à risque de morbidité dans les zones de l'OPO.

L'un des principaux avantages de l'analyse factorielle des correspondances multiples réside dans la réduction de l'information par la définition des dimensions principales ou axes principaux (Lebart et al., 1995). Ainsi, à partir de données interactives trop nombreuses pour être appréhendées directement, cette technique permet d'extraire les tendances les plus marquantes, les hiérarchise et élimine les effets marginaux qui perturbent la perception globale des faits (Panagiotakos et Pitsavos, 2004; Guinhouya, 2010). Un autre avantage de la méthode consiste en la possibilité de représentation graphique pour une visualisation des points-individus et des points-caractères (Rwenge, 1999). C'est cette possibilité de représenter rigoureusement sur les différents plans principaux et de façon simultanée le nuage des points-individus et le nuage des points-caractères qui fait de l'analyse factorielle des correspondances multiples une technique plus élaborée que les autres, de même type telle que l'analyse en composantes principales (Pagès, 2002; Le Dien et Pagès, 2003). Lors de la représentation, plus la distance entre deux points-caractères est petite, plus leur corrélation est grande (Saporta, 2011).

L'analyse factorielle des correspondances multiples permet ainsi une description exhaustive des tendances et des typologies. Elle apparaît suffisamment robuste et pertinente pour orienter efficacement les hypothèses étiologiques et les décisions concernant les stratégies d'intervention individuelle ou collective (Guinhouya, 2010). Étant donné qu'il s'agit d'une analyse multivariée descriptive, les relations observées à ce niveau peuvent davantage être approfondies en s'intéressant particulièrement à certains symptômes, notamment la fièvre pour des analyses multivariées explicatives. C'est l'objet donc de l'approche utilisée dans les chapitres 4 et 5 de la thèse.

II.4.3 Analyses multivariées explicatives : estimations des modèles logit simple

Dans le quatrième chapitre de la thèse, nous cherchons à tester l'effet de l'environnement immédiat sur la fièvre chez l'enfant en contrôlant les effets des facteurs socio-économiques et démographiques pertinents, afin de corriger les lacunes reprochées aux études antérieures. De ce point de vue, des régressions logit ont été effectuées à partir des données sur 825 enfants de moins de 5 ans. Au total,

125³⁰ observations ayant des valeurs manquantes ont été soustraites de l'échantillon. En réalité, le fait de restreindre les analyses aux observations ayant des données complètes pourrait introduire un biais des estimateurs (en diminuant la puissance et la précision), si les valeurs manquantes ne se répartissent pas de manière aléatoire dans l'échantillon. Pour s'assurer de la non-sélectivité des observations manquantes, des modèles ont été estimés en conservant tous les enfants enquêtés pour les comparer aux modèles portant sur les 825 enfants, en regroupant les observations manquantes dans une catégorie à part pour le niveau de vie du ménage et le niveau d'instruction de la mère. Les résultats ont montré que les données manquantes ne sont pas particulièrement liées à certaines modalités du niveau de ménage ou du niveau d'instruction de la mère.

En effectuant des régressions, la multicolinéarité³¹ des variables explicatives constitue un problème important puisqu'elle est source de la non convergence des estimateurs et donc de leur faible précision (un problème statistique). Lorsqu'il y a multicolinéarité, le fait d'enlever ou d'introduire les régresseurs incriminés peut bouleverser de manière importante les estimations, et plus particulièrement les écart-types estimés, rendant ainsi certains régresseurs non significatifs (Cahuzac et Bontemps, 2008). Pour repérer les problèmes de multicolinéarité entre les variables explicatives (à l'origine de la non-convergence des estimateurs et par conséquent de leur faible précision), nous avons calculé des facteurs d'inflation de la variance (*Variance inflation factor* ou VIF), en utilisant la commande post-régression *vif* sous Stata. Un problème important de multicolinéarité est décelé dans une régression lorsque la VIF est la plus élevée est plus grande que 10 ou lorsque la moyenne de toutes les VIF est supérieure ou égale à 2.³² Le fait d'avoir une moyenne des facteurs d'inflation de la variance égale à 1,67 et une valeur d'aucune VIF ne dépassant 10 suggèrent une faible multicolinéarité entre les variables explicatives (cf. tableau 2.3). Néanmoins, étant donné la taille limitée de l'échantillon et la probabilité élevée de variation aléatoire intrinsèque de l'occurrence de la fièvre chez les enfants à un moment donné, même une multicolinéarité faible peut entraîner la réduction de précision dans les résultats, et donc limiter les chances d'avoir des résultats significatifs. À cet effet, les seuils de significativité de 1%, 5% et 10% ont été retenus dans les analyses.

³⁰ Résultante des observations manquantes de l'ensemble des variables explicatives considérées dans les modèles.

³¹ On parle de multicolinéarité lorsque deux ou plusieurs variables explicatives à inclure dans un modèle sont fortement corrélées.

³² O'BRIEN, R. M. 2007. «A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors», *Quality & Quantity*, 41, 5: 673-690.

Du fait de la structure hiérarchique des données, on aurait dû recourir aux méthodes multiniveaux qui tient compte des niveaux d'agrégation emboîtés (enfants, ménages et quartiers), ainsi que de la structure hiérarchisée de l'information, c'est-à-dire de données qui proviennent de plusieurs unités d'analyse (Bryk et Raudenbush, 1992; Herjean, 2006). Néanmoins, le recours de ces méthodes à cette étude s'avère malaisé, dans la mesure où malgré leur structure hiérarchique (enfant, mère, ménage et quartier), avec les données de l'OPO on a une moyenne de moins de deux enfants de moins de cinq ans par mère, et de moins de deux mères d'enfants de moins de cinq ans par ménage (Peumi, 2012). Le fait d'avoir des modèles de régression logistique à deux niveaux en considérant les enfants nichés directement dans les quartiers devrait être une alternative dans cette situation, cependant le niveau 2 constitué de 5 quartiers (5 observations) ne se prête pas à l'application des méthodes multiniveaux. Nous avons ainsi utilisé l'option *cluster* sous Stata dans toutes les régressions pour estimer des erreurs-types plus robustes, afin de considérer la non-indépendance des enfants d'un même ménage (par le regroupement des enfants d'un même ménage).

Pour vérifier l'existence de l'effet de l'environnement, même après le contrôle des facteurs socio-économiques et démographiques, nous avons estimé quatre modèles logit imbriqués, de sorte que le modèle 0 examine l'effet brut de chaque variable explicative. Par la suite, le modèle 1 a évalué essentiellement l'ensemble de variables de l'environnement. Le modèle 2 a ajouté au modèle 1 toutes les variables démographiques et socio-économiques et a considéré ainsi des biais dans l'évaluation de l'effet de l'environnement. Finalement, le modèle 3 a considéré toutes les variables du modèle 2, ainsi que le quartier de résidence de l'enfant ; ce qui permet également de tenir compte des interactions entre l'environnement et le quartier de résidence de l'enfant. Toutes les modalités des variables explicatives ont été dichotomisées avant leur introduction dans le modèle. Pour mieux apprécier l'impact des variables explicatives sur la chance d'avoir eu de la fièvre et faciliter l'interprétation des résultats, des probabilités prédites ont été calculées à partir du modèle 3, en fixant la valeur de chacune des variables explicatives dichotomiques à 0 puis à 1. Concernant les variables explicatives à plus de deux modalités, la valeur de la première modalité est fixée à 1 puis les autres modalités à 0, ensuite celle de la deuxième modalité à 1 puis les autres modalités, et enfin celle de la troisième modalité à 1 puis les autres modalités à 0, etc. Il a ensuite été effectué, pour chaque variable, une somme des produits des probabilités prédites correspondant à chacun des intervalles de la variable dépendante par la valeur moyenne de chaque intervalle. Le calcul des probabilités prédites a pris en compte la pondération.

Tableau 2.3 : Résultats du test de multicolinéarité sur les variables explicatives, OPO 2010

Variabes	VIF*	1/VIF
Approvisionnement en eau de boisson		
Robinet	-	-
Borne-fontaine	3,32	0,301139
Autres sources	2,90	0,345034
Présence d'ordures dans le ménage		
Oui	-	-
Non	1,13	0,887029
Gestion des ordures ménagères		
Système de ramassage	-	-
Terrains vagues/parcelles vides	2,59	0,386590
Autres	2,00	0,500452
Gestion des eaux usées		
Fosses septiques	-	-
Rue et Autres	1,15	0,869838
Nature du plancher intérieur		
Carrelage	-	-
Ciment	2,58	0,388117
Terre et autres	2,47	0,404839
Nombre de personnes par pièce		
1-2 personnes	-	-
3-4 personnes	1,25	0,802270
5 personnes ou plus	1,31	0,762896
Utilisation de la moustiquaire		
Oui	-	-
Non	1,10	0,902206
Âge de l'enfant (en années révolues)		
0 an	-	-
1 an	2,85	0,351491
2 - 4 ans	2,92	0,342060
Sexe de l'enfant		
Masculin	-	-
Féminin	1,04	0,962052
Âge de la mère		
15-24 ans	-	-
25-34 ans	1,75	0,569905
35-49 ans	1,85	0,539366
Niveau d'instruction de la mère		
N'a pas été à l'école	-	-
A été à l'école	1,28	0,779747
Lieu de naissance de la mère		
Ouagadougou et autres villes	-	-
Milieu rural	2,67	0,374461
Étranger	2,06	0,486389
Durée de résidence en ville de la mère		
0-4 ans	-	-
5-9 ans	2,15	0,464628
10 ans ou plus	2,51	0,398062
Niveau de vie du ménage		
Bas	-	-
Moyen et élevé	1,29	0,857269
Période de l'enquête		
Février-mai	-	-
Juin-août	1,17	0,312753
Quartier de résidence de l'enfant		
Kilwin	-	-
Nonghin	1,29	0,312753
Tanghin	1,79	0,559682
Polesgo	1,92	0,522035
Nioko 2	2,39	0,417809
Moyenne des VIF	1,67	-

* VIF : Variance inflation factor.

II.4.3 Analyses multivariées explicatives : estimations des modèles logit ordonné

Dans le cinquième chapitre de la thèse, l'hypothèse testée est que les facteurs de l'environnement ont une influence sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants. Pour examiner la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre, nous avons considéré la diarrhée et la fièvre. Les modalités de la variable dépendante étaient définies comme suit : 1) sans symptômes déclarés; 2) symptôme d'une seule infection (diarrhée ou fièvre) et 3) symptômes de deux infections (diarrhée et fièvre).

En raison de l'exclusion de 147 observations comportant des valeurs manquantes, les analyses ont finalement concerné 803 enfants de l'échantillon (ce chiffre différent de 825 enfants dans le chapitre 4 résulte de la prise compte de nouvelles variables indépendantes ayant des valeurs manquantes dans le chapitre 5). Plusieurs tests ont été effectués pour s'assurer que l'exclusion des valeurs manquantes de l'analyse n'entraîne pas un biais de sélection dans l'échantillon. Les régressions ont été estimées à partir des informations sur 803 enfants de moins de 5 ans. Les observations manquantes ont été retirées de l'échantillon. Pour s'assurer de la non-sélectivité de ces observations manquantes, des modèles-tests ont été effectués. Ces modèles-tests ont montré que les données manquantes ne sont pas singulièrement liées à certaines modalités des variables explicatives. Bien que ces valeurs manquantes ne posent pas de problème de sélectivité, les données ont été toutefois pondérées, afin de pouvoir les inférer à la population de l'OPO. Une mesure du changement de la variance de chacune des variables explicatives considérées dans les analyses a été effectuée, ce qui met également en confiance concernant la faible multicolinéarité (cf. méthodologie du chapitre 4 dans laquelle des tests similaires ont été effectués). Toutefois, la taille limitée de l'échantillon limiterait la précision possible des estimés et pourrait ainsi rendre plus de résultats non significatifs. Il a été ainsi utilisé des tests unilatéraux, ce qui signifie que le test bilatéral de 10% correspond à un test unilatéral de 5%. En raison de la taille limitée de l'échantillon, des seuils de significativité de 1%, 5% et 10% ont été retenus dans les analyses. Pour étendre les résultats de l'échantillon à la population de l'OPO, il a été attribué à chaque observation sélectionnée un poids qu'il représente dans la population.

Les modèles logit ordonné ont utilisés dans les analyses puisqu'ils sont bien adaptés à la nature de la variable dépendante (co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre), et permettent de vérifier notre hypothèse. Plus précisément, les effets de l'environnement et des facteurs démographiques sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre déclarées ont été évalués à partir des modèles logit ordonné, tout en contrôlant le niveau d'éducation de la mère, le niveau de vie du ménage, l'ethnie, et le quartier

de résidence de l'enfant (modèle 1). Pour apprécier si les variables de l'environnement et démographiques ont simultanément un effet significatif sur la co-occurrence des symptômes, nous avons effectué un test de Wald, ainsi qu'un test d'interaction entre l'insalubrité du ménage et le sexe de l'enfant. Après, un modèle additionnel (modèle 2) a ajusté l'état nutritionnel de l'enfant (malnutrition sévère). Toutefois, comme la variable d'état nutritionnel est possiblement endogène, nous l'avons considérée seulement dans le modèle additionnel pour une certaine prudence compte tenu de la causalité inverse. Un risque accru de diarrhée ou de fièvre, par exemple, pourrait entraîner un mauvais état nutritionnel. La malnutrition pourrait affecter les défenses de l'enfant et le rend plus fragile à la fièvre ou à la diarrhée, ou encore à la co-occurrence de ces deux symptômes. Nous avons de ce fait réalisé un graphe des résidus standardisés pour vérifier si la prise en compte de la malnutrition sévère dans le modèle n'entraîne pas un mauvais ajustement³³. Bien que quelques rares points se détachent des autres, le graphe de répartition des résidus assez homogène met en confiance par rapport au fait que la malnutrition sévère ne conduit pas à un mauvais ajustement. Nous avons aussi estimé un modèle ayant pris exclusivement les variables de l'environnement pour voir si la robustesse des résultats sans la prise en compte des variables démographiques et socio-économiques.

Par ailleurs, les seuils du modèle logit ordonné ont été testés dans l'analyse pour apercevoir la pertinence du modèle³⁴. Les tests ont permis de montrer clairement qu'un modèle où on grouperait les modalités de la variable dépendante ne serait pas pertinent, étant donné que les passages d'une modalité à la suivante, de "sans symptôme à symptôme d'une seule infection", de "symptôme d'une seule infection à symptômes de deux infections", sont significatifs au seuil de 1%.

Du fait que les modèles logit ordonnés génèrent des coefficients qui ne peuvent s'interpréter directement, les probabilités prédites ont été donc calculées à partir du modèle 2 pour une interprétation plus fine. Pour ce faire, nous avons prédit la probabilité pour chacune des modalités de la variable dépendante. La valeur de chacune des variables explicatives dichotomiques a été fixée à 0 puis à 1. Pour les variables explicatives à plus de deux modalités, la valeur de la première modalité est fixée à 1 puis les autres modalités à 0, ensuite celle de la deuxième modalité à 1 puis les autres modalités, et enfin celle de la troisième modalité à 1 puis les autres modalités à 0, etc. Nous avons effectué pour chaque variable une somme des produits des probabilités prédites correspondant à chacun des

³³ CAHUZAC, E. et BONTEMPS, C. 2008. *Stata par la pratique: statistiques, graphiques et éléments de programmation*, Stata Press, 254 p.

³⁴ Ibid.

intervalles de la variable dépendante par la valeur moyenne de chaque intervalle, soit, dans l'ordre croissant : 0,17 ; 0,35 et 0,47, en excluant les observations avec des données manquantes. La démarche repose sur l'hypothèse selon laquelle les valeurs se distribuent identiquement à l'intérieur de chaque intervalle. Les probabilités prédites ont également été calculées pour les enfants ayant un seul symptôme (diarrhée ou fièvre) et les enfants avec deux symptômes (diarrhée et fièvre) pour une comparaison des résultats. Les calculs des probabilités prédites ont considéré la pondération. Les résultats présentés sous la forme des probabilités prédites sont plus faciles à interpréter que des coefficients ou des odds ratio générés par les modèles de régression. Une telle démarche facilite la présentation des résultats de la modélisation pour un large public³⁵.

II.5 Variables et construction d'indicateurs

II.5.1 Variables dépendantes³⁶

Au cours des analyses notamment dans le chapitre 3, la morbidité environnementale chez les enfants a été mesurée par les déclarations des symptômes de cinq variables dépendantes, à savoir la fièvre, la diarrhée, la toux, les infections des yeux et de la peau (problèmes de santé publique préoccupants à Ouagadougou), afin d'apprécier les interdépendances entre ces variables et les variables de l'environnement simultanément (cf. tableau 2.4 pour le récapitulatif des variables). Dans le chapitre 4, il était question d'évaluer l'effet de l'environnement immédiat sur la fièvre chez l'enfant, une variable dichotomique pour laquelle une seule réponse est possible parmi deux possibles. La question sur la fièvre chez l'enfant a été posée comme suit : est-ce que l'enfant a eu de la fièvre, à un moment quelconque, durant les deux dernières semaines précédant l'enquête ? La réponse pouvait être oui ou non. En revanche, dans le chapitre 5, la variable dépendante a été la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Elle résultait de la combinaison de deux symptômes à savoir la diarrhée, et la fièvre qui sont chacune des variables dichotomiques. La co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre a permis ainsi de distinguer les enfants sans symptôme, les enfants ayant un symptôme (diarrhée ou fièvre) et les enfants avec deux symptômes (diarrhée et fièvre).

³⁵ DEAUVIEAU, J. 2010. «Comment traduire sous forme de probabilités les résultats d'une modélisation logit?», *Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 105, 1: 5-23.

³⁶ Certaines variables comme par exemple la vaccination, la vitamine A, la consultation pour des soins n'ont pas été utilisées dans les analyses soit par le souci d'avoir des modèles parcimonieux, soit à cause de la proportion importante des non-réponses pour certaines variables.

II.5.2 Variables indépendantes

Le choix de variables indépendantes pour chaque symptôme a été fait sur la base de la littérature existante et de la disponibilité des données. Les variables explicatives principalement utilisées ont été des variables de l'environnement, des variables démographiques, socio-économiques et nutritionnelles.

Variables de l'environnement immédiat

Pour appréhender Au total, 11 variables distinctes ont été utilisées pour capter les dimensions clés de l'environnement immédiat. L'approvisionnement en eau de boisson, l'une des variables clés de l'environnement, a été choisi pour sa pertinence, puisqu'il s'agit du mode principal de ravitaillement du ménage en eau de boisson. La source d'approvisionnement en eau de boisson est susceptible d'agir sur la fièvre et la diarrhée chez l'enfant. Cette variable permet d'appréhender la qualité de l'eau utilisée pour la boisson (Kimani-Murage et Ngindu, 2007; Dos Santos et LeGrand, 2013). Dans les analyses, l'approvisionnement en eau de boisson a été regroupé en trois modalités : le robinet ; les bornes-fontaines ; et les autres sources (vendeurs ambulants, rivière, lac, mare, canal d'irrigation, eau de pluie, etc.). Étant donné que la mauvaise gestion des ordures ménagères peut représenter un danger sanitaire pour l'enfant, la gestion des ordures ménagères a été ainsi retenue pour rendre de l'état d'assainissement dans le ménage (Sy et al., 2014). Cette variable a été regroupée en trois modalités : un système de ramassage (poubelle privée avec service de ramassage, bac public avec service de ramassage public ou centre de pré-collecte) ; les terrains vagues ou parcelles vides et autres (avec une prépondérance de l'incinération à domicile). De même, la gestion des eaux usées est l'un des indicateurs généralement utilisés pour apprécier le niveau d'assainissement et d'hygiène (Ngnikam et al., 2012; Brown et al., 2013; Prüss-Ustün et al., 2014). Elle a été regroupée en deux modalités : les fosses septiques ; la rue et autres. La nature du plancher intérieur, quant à elle, a été choisie dans les analyses puisqu'elle pourrait exercer une influence sur le risque de contamination de l'enfant par les maladies infectieuses ou parasitaires. Elle a fait l'objet d'un regroupement en trois modalités : le carrelage, le ciment, la terre et autres. Tout comme la nature du sol intérieur et celle du plancher extérieur ont été retenues pour leurs effets potentiels sur le risque de contamination de l'enfant (Banza-Nsungu, 2004; Kojima, 2006). Nous avons distingué ainsi trois modalités pour ces variables : carrelage, ciment, terre et autres (pour la nature du plancher intérieur)/ pavé ou ciment, terre et autres (pour la nature du plancher extérieur). Par ailleurs, pour apprécier la densité dans le ménage, le nombre de personnes par pièce habitable a été obtenu en divisant le nombre total de personnes dans le ménage par le nombre de pièces habitables disponibles dans le ménage. Cette variable a été ensuite regroupée en

trois modalités (1-2 personnes, 3-4 personnes, et 5 personnes ou plus par pièce habitable). Il y a eu un peu moins de deux personnes en moyenne par pièce habitable (tableau 2.4). Une variable dichotomique concernant l'utilisation d'une moustiquaire sur le lit de l'enfant la nuit précédant l'enquête a été également choisie pour capter l'effet de l'environnement (Pulford et al., 2011; Diallo et al., 2012). Cette variable comporte deux modalités, selon que l'enfant utilise ou pas la moustiquaire. Dans de nombreuses analyses, nous avons retenu le quartier de résidence de l'enfant pour son importance dans l'occurrence des maladies (Chola et Alaba, 2013; Unger, 2013; Sharkey et Faber, 2014). Cette variable compte cinq modalités, les cinq quartiers de l'OPO : Kilwin, Tanghin, Polesgo, Nonghin et Nioko.

Dans les analyses, trois variables clés de l'environnement observées directement par les enquêteurs eux-mêmes ont été également retenues. Il s'agit notamment de la présence des ordures ménagères, de la présence des plantes extérieures et celle d'un jardin potager dans l'UCH. Aucune étude n'a saisi l'environnement immédiat par la présence des plantes extérieures et celle d'un jardin potager dans l'UCH du fait de manque de données appropriées ; ce qui constitue de ce fait la spécificité de ces variables. Les ordures ménagères (lorsqu'elles sont mal éliminées), les plantes extérieures et les jardins potagers peuvent être de contamination et donner lieu à la création de gîtes larvaires (Oteng-Ababio et al., 2013; Kouamé et al., 2014; Yongsi et Mimché, 2014).

L'insalubrité est une accumulation de facteurs néfastes pour la santé, en constituant des conditions propices de prolifération des vecteurs de maladies (Reboux et al., 2010; Yongsi et Mimché, 2014). L'insalubrité du ménage a été captée par un indicateur composite. L'indicateur d'insalubrité a considéré le type de toilettes, la présence des ordures dans le ménage, la présence des ordures aux alentours du ménage, la gestion des ordures ménagères et des eaux usées, et la présence de petits ruminants dans le ménage. Dans un premier temps, les modalités de ces variables ont été rangées selon un score par rapport à la qualité dans l'environnement. Pour le type de toilettes, par exemple, 10 points ont été alloués aux toilettes avec chasse d'eau, 5 points aux latrines améliorées et 0 point aux latrines sommaires et autres. Dans un second temps, les variables rangées ont été soumises à une analyse en composantes principales. Finalement, la première composante, soumise à une analyse de classification par la méthode des nuées dynamiques, a été regroupée en trois modalités : salubre, moins salubre et insalubre.

Variables liées aux caractéristiques du quartier

Plusieurs variables liées aux caractéristiques ont été considérées dans les analyses (dépendamment des objectifs poursuivis par les articles). Il s'agit notamment du quartier de résidence de l'enfant (Kilwin, Tanghin, Polesgo, Nonghin et Nioko 2), du type de lotissement (quartier loti ou non loti), le pourcentage de mères éduquées (ayant été à l'école primaire ou plus) et la densité de population dans chaque quartier. Concernant la densité démographique, les effectifs de la population ont été rapportés à la superficie de chaque bloc d'habitation. Une variable continue de densité obtenue a été discrétisée en trois modalités après avoir utilisé la courbe gaussienne : densité faible de population (moins de 4 000 habitants par km²), densité moyenne de population (entre 4 000 et 16 000 habitants par km²) et densité élevée de population (plus de 16 000 habitants par km²).

Variables démographiques

L'âge est l'une des variables démographiques clés dans l'analyse de la morbidité (Morello-Frosch et al., 2011; Walker et al., 2013). L'âge de l'enfant comprenait cinq modalités : 0 an ; 1 an ; 2 ans ; 3 ans et 4 ans. Les enfants enquêtés pendant l'enquête sur l'état de santé et le comportement thérapeutique en cas de maladie avaient en moyenne 2 ans (tableau 2.4). Le sexe de l'enfant est également l'une des variables démographiques importantes dans l'analyse de la morbidité. Certaines variables démographiques liées à la mère de l'enfant compte tenu de leurs effets potentiels sur les relations entre la santé et l'environnement ont été retenues dans les analyses. Ainsi, l'âge de la mère a été regroupé en trois catégories : 15-24 ans ; 25-34 ans et 35-49 ans. L'âge moyen de la mère se situait autour de 29 ans pendant l'enquête (tableau 2.4). Le lieu de naissance de la mère a été choisi pour appréhender le statut migratoire. La variable comportait les trois modalités suivantes : Ouagadougou et autres villes, milieu rural et étranger. La durée de résidence en ville de la mère a distingué les mères ayant vécu moins de 5 ans, entre 5 et 10 ans, et plus de 10 ans en ville. La durée moyenne de résidence en ville de la mère était d'environ 15 ans (tableau 2.4).

Variables socio-économiques

Le niveau d'instruction de la mère se mesure de plusieurs manières : soit par le nombre d'années passées à l'école, soit par le plus haut diplôme obtenu, soit par la dernière classe achevée ou encore le cycle d'études (Charbit et Kébé, 2006). Pour éviter les faibles effectifs et obtenir des classes homogènes, le niveau d'instruction de la mère était une variable dichotomique distinguant les femmes qui sont allées à l'école de celles qui n'y sont jamais allées. À défaut de données sur les revenus des

ménages, le niveau de vie du ménage permet d'appréhender la situation socio-économique des ménages. Le niveau d'instruction de la mère a été retenu dans cette étude, parce qu'il a une influence plus forte que celui du père. Les enfants sont surtout soignés par leur mère, et les pères n'interviennent que de loin (Akoto et Tabutin, 1988).

L'approche de la pauvreté retenue dans ce travail est l'approche monétaire³⁷ que nous estimons adaptable au contexte burkinabé ; puisque les revenus ont toujours fait l'objet d'une mauvaise déclaration pour des raisons culturelles et fiscales. De plus, la nature des données dont nous disposons permet d'approcher une mesure des conditions de vie du ménage. Dans certaines villes en Afrique subsaharienne, l'emploi de la tôle et du ciment est un marqueur d'un niveau de vie relativement élevé (Yongsi et Mimché, 2014). La construction de l'indicateur du niveau de vie a pris en compte aussi bien les caractéristiques de l'habitat que les biens d'équipement du ménage : les matériaux³⁸ de construction du mur et du toit, la possession de biens tels que l'électricité, le téléphone, la radio, le téléviseur, le réfrigérateur, le vélo, la motocyclette et la voiture³⁹. La valeur sociale et économique de ces biens n'étant pas la même. Les variables relatives à la possession des biens et aux conditions de logement ont été d'abord classées selon échelle croissante en fonction de la cherté. Par exemple, le principal matériau du toit avait les modalités suivantes : paille, terre, tôle, dalle ou tuile. La paille aurait ainsi 1 point, la terre 2 points, la tôle 3 points et la dalle ou la tuile 4 points. Ces variables ordonnées ont été ensuite soumises à une analyse en composantes principales. Enfin, la première composante est optimisée par la méthode des nuées dynamiques qui permet d'affecter les individus dans des classes en minimisant la variabilité intra-classe et en maximisant la variabilité inter-classe. La méthode a abouti à la construction de l'indicateur de niveau de vie à trois modalités : « bas », « moyen » et « élevé »⁴⁰.

³⁷ Plusieurs approches multidimensionnelles permettent de rendre compte du niveau de vie du ménage. On peut mentionner, entre autres, l'approche monétaire, l'approche subjective et l'approche par les conditions de vie.

³⁸ L'utilisation des matériaux de construction et la possession de certains biens (voiture, téléphone fixe, etc.) sont également étroitement liés au type de quartier.

³⁹ Le mode d'approvisionnement en eau de boisson, le matériau du plancher et le type de toilette ne sont pas pris en compte dans la construction du niveau de vie. Ces variables sont nos variables d'intérêt, déjà incluses dans les régressions.

⁴⁰ Dans certaines analyses, les modalités « moyen » et « élevé » sont regroupées en une seule en fonction de revues scientifiques.

Variable socio-culturelle

En tant que milieu de production des modèles socio-culturels auxquels les individus s'identifient (Évina, 1990; Alegri et al., 2011), l'ethnie a été retenue comme variable culturelle dans cette étude. L'ethnie était une variable dichotomique, distinguant les mossis l'ethnie majoritaire du Burkina Faso des non mossis.

Variables nutritionnelles⁴¹

Enfin, deux indicateurs anthropométriques de la malnutrition simple et sévère ont été construits par rapport aux normes de croissance de l'enfant établies par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) en vigueur depuis 2006. La malnutrition simple a été définie comme correspondant à un rapport poids/âge entre -3 et -2 z-scores en dessous de la médiane indiquée par les normes OMS de croissance de l'enfant (OMS, 2009; Hankard et al., 2012). Pour le rapport poids-taille, par exemple, l'OMS préconise la prise en considération du seuil de -3 écarts types des normes OMS pour identifier les enfants ayant une malnutrition aiguë sévère (OMS, 2009). Les deux variables de la malnutrition sont dichotomiques.

Variable lié à la saisonnalité

Également, et étant donné que l'enquête sur la santé a duré 6 mois (de février à août), pour tenir compte de la saisonnalité, nous avons considéré la date de l'entrevue. Celle-ci a été scindée en deux modalités : février-mai et juin-août.

II.5.3 Limites des données de l'Observatoire de population de Ouagadougou

Comparées aux données des enquêtes démographiques et de santé (EDS), les données de l'OPO permettent de faire des analyses plus approfondies sur les facteurs environnementaux et la santé des enfants, compte tenu des informations variées sur les symptômes des maladies et sur les variables de l'environnement. Les données fournies par l'OPO conduisent donc à une meilleure intégration des variables environnementales, démographiques, socio-économiques et sanitaires pour mieux répondre aux objectifs du travail. Toutefois, il importe de soulever quelques limites ou désavantages de ces données. Étant donné que les données utilisées dans cette recherche sont transversales, on peut

⁴¹ Les variables nutritionnelles peuvent être également une mesure du mauvais état de santé chez l'enfant comme la fièvre, la diarrhée, etc.

s'attendre aux problèmes de sélectivité intrinsèques aux données transversales. Les limites de ces données se situent également dans leur caractère essentiellement quantitatif. Les données ne permettent pas d'analyser les perceptions socio-culturelles des populations de l'OPO concernant la présence des dangers environnementaux. Par ailleurs, les symptômes déclarés par les mères (ou les personnes en charge de l'enfant) ne sont pas vérifiés par un personnel médical. Dans la mesure où la vraisemblance de reconnaître et de déclarer une maladie varie entre les groupes d'individus (par exemple, mères instruites versus mères non instruites) (Al-Eissa et al., 2000), cela pourrait avoir un effet sur les résultats de l'étude. De même, le décalage temporel entre les informations pendant l'enquête santé de février à août 2010 et celles de l'enquête sur le ménage de mai à décembre 2009 (soit environ 8 mois) est susceptible d'introduire des biais dans les résultats des estimations dans la mesure où les effets observés ne sont pas statiques. Néanmoins, on peut admettre que les caractéristiques de l'environnement du ménage ne se modifient pas rapidement dans le temps (Peumi, 2012).

Tableau 2.4 : Variables opérationnelles de l'étude, OPO 2009 - 2010

Variables	Concepts	Variables opérationnelles	Caractéristiques de la tendance centrale et de dispersion			
			Moyenne	Variance	Écart-type	
Variables indépendantes	Facteurs environnementaux	- Approvisionnement en eau de boisson	-	-	-	
		- Présence d'ordures dans le ménage	-	-	-	
		- Présence d'un jardin potager dans l'UCH	-	-	-	
		- Présence de plantes extérieures dans l'UCH	-	-	-	
		- Gestion des ordures ménagères	-	-	-	
		- Gestion des eaux usées	-	-	-	
		- Nature du plancher intérieur	-	-	-	
		- Nature du plancher extérieur	-	-	-	
		- Nombre de personnes par pièce habitable	1,76	0,43	0,06	
		- Utilisation de la moustiquaire sur le lit de l'enfant	-	-	-	
		- Insalubrité du ménage	-	-	-	
		Caractéristiques du quartier	- Quartier de résidence de l'enfant	-	-	-
	- Type de lotissement		-	-	-	
	- Pourcentage des mères éduquées		-	-	-	
	- Densité de la population		-	-	-	
	Facteurs démographiques	- Âge de l'enfant	2,07	1,54	1,24	
		- Sexe de l'enfant	-	-	-	
		- Âge de la mère	29,28	37,93	6,15	
		- Lieu de naissance de la mère	-	-	-	
		- Durée de résidence en ville de la mère	14,75	108,41	10,41	
	Facteurs socio-économiques	- Sexe du chef de ménage	-	-	-	
		- Niveau de vie du ménage	-	-	-	
	Facteurs socio-culturels	- Niveau d'instruction de la mère	-	-	-	
		- Ethnie	-	-	-	
	Facteurs nutritionnels	- Malnutrition simple	-	-	-	
		- Malnutrition sévère	-	-	-	
	Saisonnalité	-Période de l'enquête	-	-	-	
	Variables dépendantes	Morbidité environnementale chez les enfants	-Occurrence de la fièvre, diarrhée, toux, infections des yeux et de la peau - Co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre	-	-	-

Conclusion

Ce chapitre visait d'abord à situer le contexte général de l'étude, à présenter ensuite la source et l'évaluation des données, et à décrire enfin les méthodes utilisées. Située au centre du Burkina Faso, Ouagadougou, capitale du pays, abrite environ 10,5% de la population totale et concentre l'essentiel de la population urbaine du pays. Cette ville est confortée à une forte urbanisation depuis 1960, date qui marque son accession à l'indépendance. La ville de Ouagadougou connaît une croissance

démographique et spatiale rapide, ce qui entraînerait des conditions environnementales précaires allant de pair avec les problèmes de santé des populations.

Pour mener à bien les analyses sur les risques environnementaux et la santé de l'enfant, nous avons eu recours aux données de l'OPO. Trois types de données ont été retenus dans ce travail : données issues de l'enquête sur la santé, celles de l'enquête sur le ménage, et les données géo-localisées sur les dangers environnementaux. La qualité de ces données est jugée satisfaisante après l'emploi de plusieurs méthodes d'évaluation. Trois chapitres sont consacrés à l'analyse des données proprement dites : chapitres 3, 4 et 5. Le chapitre 3, à travers un regard croisé, s'appuie sur des analyses spatiales, des analyses factorielles et de classification. Le chapitre 4 repose sur des méthodes essentiellement explicatives, en recourant aux analyses multivariées à l'aide des modèles logit étayés par les probabilités prédites. Le chapitre 5 s'appuie également sur les méthodes explicatives en effectuant des analyses multivariées à partir des modèles logit ordonné.

Chapitre III : Morbidité des enfants en zones urbaines africaines. Le cas de l'Observatoire de population de Ouagadougou-Burkina Faso (article 1)

Franklin BOUBA DJOURDEBBÉ*†, Stéphanie DOS SANTOS†‡, Thomas K. LEGRAND* et Abdramane Bassiahi SOURA‡

*Département de démographie, Université de Montréal, Canada, †Laboratoire Population-Environnement-Développement-LPED (IRD-AMU), Marseille, France et ‡ISSP, Université de Ouagadougou, Burkina Faso

Contribution de l'étudiant (auteur principal) et des coauteurs

Le doctorant a effectué toutes les étapes de l'article et a choisi les approches méthodologiques utilisées. Il a produit les résultats en utilisant de nombreux logiciels d'analyse (MapInfo, ArcGis, Arcview, SPAD, SPSS et STATA) et a rédigé l'article.

Stéphanie Dos Santos et Thomas K. LeGrand ont révisé de manière critique toutes les versions de l'article.

Abdramane Bassiahi Soura a révisé les versions initiale et dernière de l'article.

Résumé : Les difficultés d'accès à l'eau et l'insalubrité dans les villes africaines sont parfois sources de maladies. En recourant aux analyses spatiales, factorielles et de classification, l'article décrit, à partir des données de l'Observatoire de population de Ouagadougou, les quartiers les plus à risque de morbidité : fièvre, diarrhée, toux, infections de la peau et des yeux. Les analyses spatiales basées sur la distance euclidienne montrent que les quartiers lotis sont les plus proches des dangers environnementaux. Pourtant, en effectuant des analyses factorielles et de classification, ce sont les quartiers non lotis qui sont les plus à risque de maladies. Au-delà des différences entre les zones loties et non loties, on constate la présence des quartiers atypiques dans tous les milieux de résidence, du fait de l'hétérogénéité en fonction de santé environnementale, notamment en zones non loties. Cet article fournit un nouvel éclairage sur les liens entre environnement et santé chez les enfants.

Mots-clés : Morbidité, enfants, environnement, quartiers, Burkina-Faso.

Summary: Rapid urbanization and its consequences in regard to access to water, sanitation and waste management in African cities can be synonymous to health problems. Based on data from the Ouagadougou Health and Demographic Surveillance System, this article seeks to characterize those most at risk of disease (fever, diarrhea, cough, infections of the skin and eyes). Spatial analysis show populations in formal (zoned) neighbourhoods compared to those in informal neighbourhoods. However, performing multiple correspondence factor analysis and classification, we find that residents of informal neighbourhoods are those most at risk of disease symptoms. The formal and informal differences remain strong despite the existence of atypical neighbourhoods. The contribution of the paper is to provide a new perspective for thinking about the links between environment and health in children.

Keywords: Morbidity, children, environment, neighbourhoods, Burkina Faso.

III.1 Introduction

Au cours des deux derniers siècles, la proportion de la population mondiale qui vit dans les villes est passée de 5 à 50% (UN, 2014). Les estimations des Nations Unies indiquent qu'en 2050, plus des deux tiers de la population mondiale vivront en ville (FNUAP, 2008). L'Afrique subsaharienne est la région du monde où l'augmentation de la population urbaine est la plus rapide (ONU-Habitat, 2010). La croissance annuelle de la population urbaine (5%) y est deux fois supérieure à celle des pays d'Amérique latine ou d'Asie (UN, 2014). Selon les projections, l'Afrique subsaharienne devrait voir sa population urbaine multiplier par trois entre 2010 et 2050 (ONU-Habitat, 2010), ce qui constitue des défis majeurs pour les municipalités qui peinent à fournir un accès à l'eau potable et à l'assainissement (Hopewell et Graham, 2014).

L'urbanisation est relativement récente en Afrique subsaharienne (Chen et al., 2014); il s'agit d'un phénomène qui s'est produit essentiellement au cours des cinquante dernières années, quand la population urbaine est passée de 30 millions (10%) en 1950 à plus de 400 millions (40%) en 2010 (UN-Habitat, 2014). L'accroissement naturel de la population, la migration vers les villes, la sécheresse, ainsi que la pauvreté ayant entraîné le déplacement interne de populations ont accéléré le processus d'urbanisation en Afrique subsaharienne (Kimani-Murage et al., 2014). On estime qu'en 2025, l'Afrique subsaharienne comptera trois mégapoles, dont Lagos (18,9 millions d'habitants), Le Caire (14,7 millions d'habitants) et Kinshasa (14,5 millions d'habitants) (UN-Habitat, 2014). L'insuffisance des infrastructures pour répondre à la croissance de la population urbaine a donné lieu au développement de quartiers informels (appelés encore bidonvilles) (Hill et al., 2014). Dans les villes subsahariennes, les fosses septiques, les latrines de mauvaise qualité et les zones inondées favorisent la contamination de l'eau, de même que la propagation de maladies liées à l'environnement comme le paludisme, les infections respiratoires aiguës et les maladies diarrhéiques (Walker et al., 2013; WHO et UNICEF, 2014).

La mortalité et la morbidité des enfants restent élevées en milieu urbain en Afrique subsaharienne par rapport à d'autres régions du monde, même si elles ont connu une baisse observable ces dernières décennies (Fink et al., 2013; Kimani-Murage et al., 2014). D'ailleurs, 42% de la population urbaine de l'Afrique subsaharienne ont accès à l'assainissement amélioré. Dans les quartiers informels qui en sont le plus souvent dépourvus, les risques de maladie peuvent augmenter. Or, 62% des habitants des villes de l'Afrique subsaharienne résident dans ces quartiers aujourd'hui (WHO et UNICEF, 2014). Même si

la situation des enfants est en moyenne meilleure en milieu urbain par rapport au milieu rural, ces dernières années, certaines sous-populations urbaines connaîtraient une mortalité et une morbidité supérieures à celles observées en milieu rural (Montgomery et Hewett, 2005; Fink et al., 2014). Ainsi, quelques études récentes, basées sur les données des enquêtes démographiques et de santé (EDS) ou des observatoires de population, montrent que les enfants dans les quartiers informels en Afrique subsaharienne sont en moins bonne santé (Günther et Harttgen, 2012). Cependant, les travaux portant sur la morbidité environnementale en milieu urbain africain restent encore peu nombreux et partiels. Les études qui s'appuient sur les EDS intègrent un nombre restreint de variables de l'environnement (accès à l'eau, gestion des eaux usées et des ordures), ce qui limite la portée de leurs résultats. Pourtant, à Nairobi, où environ 60% de la population vit dans les quartiers informels, la mortalité est deux fois plus élevée que dans d'autres quartiers de la capitale (Egondi et al., 2013). Bocquier et ses collaborateurs (2011) mettent également en exergue une mortalité plus élevée chez les enfants des mères migrantes dans les quartiers informels à Nairobi. À Ouagadougou, par ailleurs, la mortalité des enfants est deux fois plus grande dans les quartiers non lotis. Une hypothèse explicative viendrait des conditions de vie insalubres (Rossier et al., 2011). Toutefois, l'analyse précise de ces relations reste encore à être réalisée pour Ouagadougou.

Du fait des inégalités dans l'accès aux services de soins préventifs, une variabilité apparaît en matière de santé entre les quartiers informels entre les villes des pays différents. En comparant la mortalité des enfants dans les quartiers non lotis de Ouagadougou et les *slums* de Nairobi, Soura et al. (2014) montrent que les enfants des *slums* de Nairobi sont moins vaccinés à cause des inégalités dans l'accès aux services de vaccination (Soura et al., 2014).

Les conditions sanitaires particulièrement moins favorables aux quartiers informels ont été attribuées à l'insalubrité à l'intérieur d'une même ville (Sy et al., 2011). Les facteurs environnementaux dans les quartiers exposent les populations urbaines à de multiples risques sanitaires. Cependant, la recherche est peu avancée sur ce sujet, et l'état des connaissances varie fortement d'un contexte à l'autre. Chaque contexte urbain nécessite ainsi être décrit plus finement en recourant aux données pertinentes.

Dans cet article, nous décrivons finement le contexte sanitaire des quartiers formels (zones loties) et informels (zones non loties) à partir des données de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO). Nous testerons également si la dichotomie entre les zones loties et non loties constitue une grille d'analyse pertinente à Ouagadougou pour ce qui concerne la morbidité des enfants. Nous

analyserons ainsi les variations entre les zones loties et non loties, et les variations dans les zones loties et non loties (quartiers lotis comparés entre eux, quartiers non lotis comparés entre eux).

III.2 Méthodes

III.2.1 Contexte d'étude et échantillon

Ouagadougou est la capitale du Burkina Faso, pays où environ 80% de la population active dépend de l'agriculture et de l'élevage (Yapi-Gnaoré et al., 2014). En 2007, la proportion estimée de personnes en ville ayant un niveau de consommation inférieur au seuil de pauvreté est d'environ 17% (Burkina Faso et ONU, 2012). Peuplée d'environ deux millions d'habitants en 2010, Ouagadougou est l'une des plus importantes villes de l'Afrique de l'Ouest (INSD et ICF International, 2012). Entre 1960 et 2006, la population de la capitale a été multipliée par 15 (Guengant et al., 2009) et le périmètre urbain est passé de 60 km² en 1960 à 544 km² en 2010 (Sanga, 2011), soit une multiplication par 9 en 50 ans. Ouagadougou constitue un exemple d'une ville africaine où la population a connu une croissance très rapide au cours des dernières années : son taux moyen annuel de croissance a été estimé à 7,6% pour la période de 1985 à 2006 (Boyer, 2009) ; ce taux pourrait se situer autour de 9% au cours de la prochaine décennie 2010-2020 (UN-Habitat, 2014). En ce sens, Ouagadougou dépasse de loin le groupe des villes à croissance très rapide du continent africain (Dar-es-Salaam, Kampala et Niamey) (ONU-Habitat, 2010). Le maintien d'un niveau élevé de croissance urbaine distingue nettement Ouagadougou de certaines autres villes de l'Afrique de l'Ouest comme Dakar et Abidjan qui, du fait de la baisse des migrations, ont connu un rythme de croissance plus modéré (Boyer, 2010). La croissance urbaine et l'évolution de l'espace urbain de la ville rendent plus difficile la tâche de fournir les services urbains de base (adduction d'eau et assainissement) à l'ensemble de la population (Soura, 2009; Dos Santos, 2013).

La ville de Ouagadougou est marquée par un contraste entre le centre et la périphérie, et une dichotomie entre les quartiers lotis, où les terrains sont légalement acquis auprès de l'administration, et non lotis ou informels (Boyer, 2010). Les quartiers lotis se caractérisent également par un réseau de rues régulières et la présence des services urbains de base (électricité, adduction d'eau, structures de santé, écoles, gestion des ordures, etc.) (Baragatti et al., 2009). Représentant 26% de la surface potentiellement habitable de la ville de Ouagadougou (Boyer et Delaunay, 2009), les quartiers non lotis, où par définition rien n'est entrepris par l'État en matière d'aménagement et d'urbanisme

(Mondain et al., 2012), désignent les quartiers étant entrés dans le processus de lotissement. L'expansion des quartiers non lotis aux marges de la ville se justifie par la faiblesse de programme de logements sociaux, et par l'occupation spontanée ou l'achat de terrains auprès des chefs coutumiers (Boyer et Delaunay, 2009). Cette dynamique d'extension résulte également du fait de migrants pauvres (généralement originaires des campagnes), et de citoyens majoritairement célibataires et de jeunes familles qui s'établissent dans ces zones non loties à densité variable⁴² pour accéder à la propriété foncière ou se servent de la construction comme une épargne (Boyer, 2010; Rossier et al., 2013). Environ un tiers de la population de la capitale vit en zones non loties caractérisées par la pauvreté et le manque de services urbains de base (Boyer et Delaunay, 2009). Par ailleurs, le type de lotissement est corrélé aux caractéristiques du logement et aux biens possédés par les individus (Rossier et al., 2011). Dans les zones non loties par exemple, les maisons sont construites en banco en prévision d'une destruction les années à venir, alors que la plupart de maisons sont en ciment dans les zones loties (Rossier et al., 2011).

Les données de l'analyse proviennent de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO : un système de surveillance démographique). Depuis 2008, l'OPO suit environ 85 000 individus dans cinq quartiers localisés à la périphérie nord de Ouagadougou (Rossier et al., 2012) : les quartiers lotis de Kilwin, de Tanghin, et les quartiers non lotis de Nioko 2, de Nonghin, et de Polesgo. Les quartiers de l'OPO ont été choisis pour cibler les populations les plus vulnérables pour lesquelles les données et les interventions dans le domaine de la santé sont prioritaires (Rossier et al., 2012).

L'analyse utilise exclusivement les données transversales de l'enquête santé et celles de l'enquête sur les ménages, réalisées respectivement en 2010 et en 2009. L'enquête santé a concerné 950 enfants de moins de 5 ans dans les cinq quartiers de l'OPO. L'enquête sur les ménages a, quant à elle, touché 81 717 individus répartis dans 15 925 ménages. L'analyse utilise également les données géo-localisées des 697 unités collectives d'habitation (UCH⁴³) ayant fait l'objet de l'enquête santé et de deux dangers

⁴² Les densités du bâti sont élevées dans la zone la plus proche des quartiers lotis ; elles diminuent lorsque l'on se dirige vers la périphérie. BOYER, F. et DELAUNAY, D. 2009. Peuplement de Ouagadougou et développement urbain. Ouagadougou, IRD, 250 p.

⁴³ Le concept "UCH" est utilisé par les observatoires de population pour désigner une cour avec un logement unique, une concession ou un immeuble. (cf. ROSSIER, C., SOURA, A., LANKOANDÉ, B. et al. 2011. Données collectées au Round 0, Round 1 et au Round 2: Rapport descriptif. Ouagadougou, ISSP, 71 p.)

environnementaux : la proximité des tas d'ordures et des points d'eau stagnante⁴⁴. On entend par "danger environnemental", le potentiel que possède un agent d'origine biologique, chimique ou physique d'exercer un effet négatif sur la santé (Chevalier et al., 2003; Kientga, 2008; Dora et al., 2014). Les eaux stagnantes et les tas d'ordures sont des dangers environnementaux ; ils peuvent ainsi représenter un risque de maladie pour les populations (Koné et al., 2014). L'analyse spatiale met en exergue ces deux variables. Les données sur les eaux stagnantes, géo-localisées de février à août 2010, sont d'autant plus pertinentes, puisque la présence des eaux stagnantes est fonction de la saison en milieu sahélien (Mbaye et al., 2009). D'autres variables, telles que la proximité de latrines, constitueraient aussi de grands dangers environnementaux (Graham et Polizzotto, 2013), mais n'ont pas été considérées parce qu'elles n'ont pas été géo-localisées. Néanmoins, la tendance est que les latrines sont plus proches des logements en zones non loties⁴⁵.

Le questionnaire enfant a permis de collecter des déclarations de mères (ou des personnes en charge de l'enfant) sur cinq symptômes déclarés de maladies des enfants apparus au cours des deux semaines précédant l'enquête (fièvre, diarrhée, toux, infections de la peau et des yeux), ainsi que des données anthropométriques. Le questionnaire ménage a, par ailleurs, recueilli des données sur les facteurs de l'environnement immédiat tels que la présence d'un jardin potager ou celle des plantes extérieures dans l'UCH, etc.

III.2.2 Méthodes d'analyse

La première approche utilisée s'appuie sur les méthodes d'analyse spatiale basée sur la distance euclidienne dans le but d'évaluer la proximité des UCH avec les espaces considérés à risque d'un point de vue sanitaire. En premier lieu, des cartes de distribution des UCH en rapport avec les zones tampons de 200 mètres de rayon autour de deux dangers environnementaux susceptibles d'exposer les enfants aux maladies – les tas d'ordures et les points d'eau stagnante - pour chaque quartier ont été réalisées au moyen du logiciel ArcGIS (version 10.2). Ces deux variables ont été retenues sur la base de la littérature et de leur disponibilité dans les données de l'OPO. Lorsque les ordures sont mal éliminées, elles peuvent être une source de la prolifération de microbes, parasites et autres vecteurs de maladies (Kafando et al., 2013; Kouamé et al., 2014). Également, les eaux stagnantes peuvent favoriser la

⁴⁴ Les données géo-localisées utilisées sont de qualité suffisante pour la réalisation des analyses spatiales. Ces données sont différentes de celles ayant porté sur l'ensemble de ménages suivis par l'OPO qui comportaient des erreurs de précision (plus ou moins 30 mètres).

⁴⁵ Observations de terrain.

prolifération des moustiques vecteurs du paludisme surtout en saison pluvieuse (Piet Verdonschot et Besse-Lototskaya, 2014). Ces dangers environnementaux (tas d'ordures et points d'eau stagnante) peuvent ainsi favoriser la transmission des maladies, telles que le paludisme, les maladies diarrhéiques, les infections des yeux et de la peau (Unger, 2013; Walker et al., 2013).

Les insectes tels que les moustiques, qui sont des vecteurs reconnus, sont limités dans leurs déplacements (Kientga, 2008). Étant donné que les *Anophèles* parcourent des distances moyennes maximales allant de 200 à 35 000 mètres (Piet Verdonschot et Besse-Lototskaya, 2014), le rayon de 200 mètres d'action a été retenu pour la réalisation des zones tampons en raison de la petite superficie des quartiers (pour plus de détail sur les méthodes, voir Chung et al. (2004) et Scott et Janikas (2010)). Nous faisons l'hypothèse que les moustiques parcourent cette distance en quête de repas sanguins et de lieux pour le dépôt de larves, et que les tas d'ordures et les points d'eau stagnante constituent des abris et limitent ainsi leur déplacement au rayon de 200 mètres. La littérature indique qu'il existe des préférences variées pour des biotopes (marécages, trous d'arbres, ornières de roues, canaris, citernes et tanks, etc.) (Rogier, 2003; Guillaumot, 2005; Drabo et al., 2014). Le rayon d'action concerne donc surtout les *Anophèles* (paludisme) et non pas les *Aedes aegypti* (vecteurs de la dengue et de la fièvre jaune), car les *Aedes aegypti* ne se reproduisent pas dans des eaux stagnantes mais claires et propres (Ponlawat et al., 2005; Naing et al., 2011). Les *Aedes aegypti* sont également très casaniers et ne s'éloignent guère de plus de 100 mètres de leur gîte d'origine (Guillaumot, 2005). En second lieu, des cartes de proximité des UCH aux dangers environnementaux ont été produites pour saisir le risque d'exposition aux dangers liés à l'environnement urbain. Par la suite, des tests de Khi-deux ont été effectués pour apprécier la significativité des relations entre ces variables. De même, certains indicateurs mesurés au niveau du quartier (malnutrition de l'enfant, éducation de la mère) ont été calculés pour une comparaison plus fine avec les données sur la proximité des UCH aux dangers environnementaux. Enfin, des cartes de densité des noyaux (pour plus de détail sur la méthode de Kernel, voir Congdon (2013) pour des précisions sur cette méthode) ont été réalisées pour décrire la concentration des cinq symptômes de maladies déclarés à l'intérieur de chaque quartier. Les résultats de la concentration des symptômes ne sauraient être biaisés, puisque les ménages ayant fait l'objet de l'enquête ont été tirés de manière systématique pour assurer la représentativité des zones géographiques de l'OPO.

Ensuite, une approche descriptive multivariée a caractérisé les quartiers par l'emploi de l'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) à l'aide du logiciel SPAD (version 5.5). Il a été

question d'étudier simultanément les relations entre tous les symptômes déclarés, ainsi que la malnutrition simple et sévère et les variables de l'environnement, afin de dégager les profils combinés à l'échelle du quartier. Une classification a ensuite été utilisée pour déterminer les groupes d'enfants à risque. Les variables liées à la morbidité des enfants et à l'environnement ont été considérées comme actives dans les analyses factorielles et de classification, c'est-à-dire permettant de calculer les axes factoriels. Le quartier, le type de lotissement, le pourcentage des mères éduquées et la densité de la population ont été intégrés comme des variables illustratives, c'est-à-dire ne participant pas au calcul des axes factoriels, pour lesquels on calcule des coordonnées factorielles qui auraient été affectées à une forme ayant la même répartition mais participant à l'analyse avec un poids négligeable. Au total, 15 variables actives d'intérêt avec 35 modalités associées et 4 variables illustratives de 13 modalités associées ont été intégrées dans l'analyse.

III.2.3 Variables

La fièvre, la diarrhée, la toux, les infections des yeux et de la peau, ainsi que la malnutrition simple et sévère ont été retenues pour appréhender la morbidité chez les enfants. Des indices anthropométriques ont été calculés pour la malnutrition simple et sévère conformément aux normes de croissance de l'enfant définies par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) de 2006. La malnutrition simple a été définie comme un rapport poids/âge entre -3 et -2 z-scores en dessous de la médiane indiquée par les normes de l'OMS (OMS, 2009; Buttarelli et al., 2013). Pour le rapport poids pour la taille, l'OMS recommande l'utilisation du seuil de -3 écarts types des normes OMS pour identifier les enfants ayant une malnutrition aiguë sévère (OMS, 2009).

Plusieurs variables clés susceptibles d'influencer la morbidité chez les enfants en milieu urbain africain ont été retenues, en se basant sur les études ayant souligné leur pertinence (Ngnikam et al., 2014; Sy et al., 2014) : l'approvisionnement en eau de boisson, la présence d'ordures dans le ménage, la gestion des ordures ménagères, la gestion des eaux usées, la nature du plancher intérieur, l'utilisation de la moustiquaire sur le lit dans lequel l'enfant dort, la présence d'un jardin potager et celle de plantes extérieures dans l'UCH. L'approvisionnement en eau de boisson a trois modalités : le robinet, les bornes-fontaines et les autres sources (vendeurs d'eau, rivière, lac, canal d'irrigation et eau de pluie). La présence d'ordures dans le ménage, la présence d'un jardin potager, et celle des plantes extérieures dans l'UCH sont des variables dichotomiques, et ont été observées par les enquêteurs eux-mêmes. La gestion des ordures ménagères regroupe trois modalités : le mode approprié (poubelle privée avec

service de ramassage, bac public avec service de ramassage public ou centre de pré-collecte), les terrains vagues ou parcelles vides, et autres. La gestion des eaux usées regroupe deux modalités : les fosses septiques et la rue et autres (puits perdu, arrosage, etc.). Les modalités de la nature du plancher intérieur sont : le carrelage, le ciment, la terre et autres (bouse, bois ou autres végétaux). L'utilisation d'une moustiquaire sur le lit de l'enfant est captée pour la nuit avant l'enquête, et est une variable dichotomique.

Concernant le contexte de résidence, nous avons retenu le quartier (Kilwin, Tanghin, Nioko 2, Nonghin et Polesgo) et le type de lotissement (loti ou non loti). Des variables agrégées au niveau de quartier ont également été introduites : le pourcentage de mères éduquées (ayant été à l'école primaire ou plus) et la densité de population dans chaque quartier. Pour la densité démographique, les effectifs de la population sont rapportés à la superficie de chaque bloc d'habitation⁴⁶. La variable continue de densité obtenue a été discrétisée en trois classes standardisées selon la moyenne et l'écart-type après l'utilisation de la courbe gaussienne, ce qui a favorisé la représentation des valeurs moyennes : densité faible de population (moins de 4 000 habitants par km²), densité moyenne de population (entre 4 000 et 16 000 habitants par km²) et densité élevée de population (plus de 16 000 habitants par km²).

III.3 Résultats

III.3.1 Analyse spatiale des données géo-localisées

1. Distribution spatiale des unités collectives d'habitation autour des tas d'ordures et des points d'eau stagnante

Les figures 3.1 et 3.2 montrent que les dangers environnementaux ne se répartissent pas de manière homogène entre les quartiers de l'OPO, de même que dans les UCH. En effet, on observe des différences importantes dans la distribution spatiale des tas d'ordures entre les quartiers. Tanghin (quartier loti) et Nioko 2 (quartier non loti) sont des quartiers où le nombre de tas d'ordures recensés

⁴⁶ Le bloc d'habitation fait référence à une zone bâtie (concessions contiguës) spatialement délimitée par différentes rues. Cf. HINGRAY, B. 1999. Comportement et modélisation hydrauliques des zones bâties en situation d'inondation. Géosciences. Montpellier, Université de Montpellier II-ORSTOM, 244 p.

est le plus élevé pendant l'enquête. Les points d'eau stagnante, quant à eux, sont plus répandus dans les quartiers lotis que dans les quartiers non lotis.

Si l'on considère une zone tampon de 200 mètres de rayon autour des tas d'ordures ou des points d'eau stagnante comme étant une zone potentiellement plus exposée, Nonghin, un des quartiers non lotis, apparaît plus exposé aux dangers environnementaux. Nonghin totalise un nombre élevé d'UCH dans les zones tampons, soit en moyenne environ 17,5 UCH dans les zones tampons autour de chaque tas d'ordures (contre en moyenne 9 UCH à Kilwin, 6,9 UCH à Tanghin, 10 UCH à Polesgo et 6,2 UCH, et 6 UCH à Nioko 2), et près de 11,5 UCH dans les zones tampons autour des points d'eau stagnante (contre en moyenne 3,5 UCH à Kilwin, 4 UCH à Tanghin, 2,3 UCH à Polesgo et 2 UCH à Nioko 2). Les analyses indiquent qu'il y a très peu de différences en matière d'exposition aux tas d'ordures et aux points d'eau stagnantes entre Kilwin et Polesgo. Par contre, Nioko 2 se caractérise par la plus faible exposition aux tas d'ordures (où en moyenne 6 UCH dans les zones tampons) et aux points d'eau stagnante (2 UCH en moyenne se retrouvent dans les zones tampons) de tous les quartiers de l'OPO, quel que soit le danger environnemental. Parmi les quartiers lotis, Kilwin se distingue nettement de Tanghin, avec une faible présence des UCH dans les zones tampons autour de tas d'ordures ou de point d'eau stagnante.

2. Distances des unités collectives d'habitation aux tas d'ordures et points d'eau stagnante les plus proches

La figure 3.3 illustre la distance des UCH au tas d'ordures le plus proche dans les quartiers de l'OPO. Deux quartiers non lotis (Nioko 2 et Nonghin) se montrent avantagés en matière d'exposition au risque et les trois autres quartiers sont plus désavantagés (les deux quartiers lotis et Polesgo).

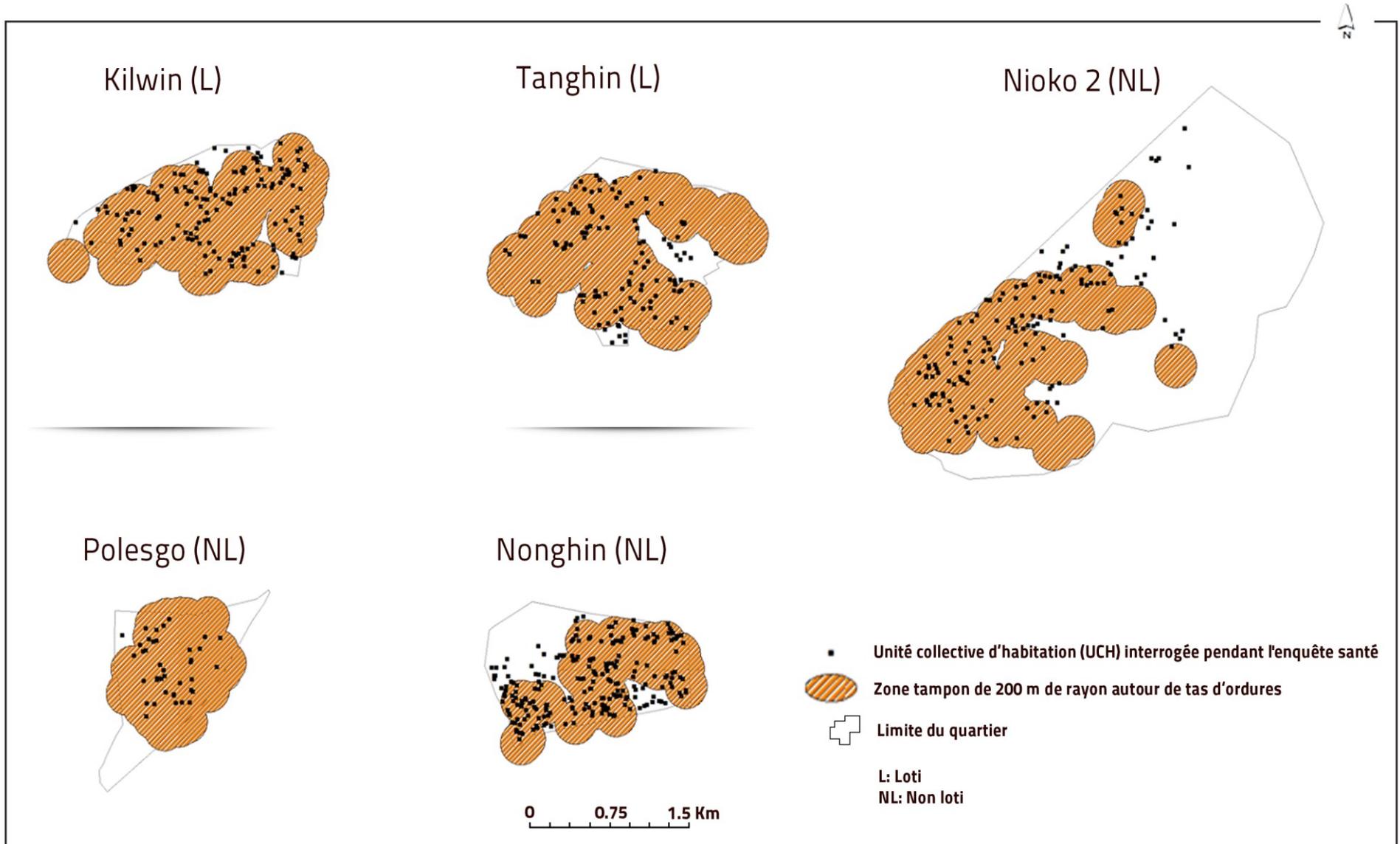
En moyenne, les UCH des quartiers lotis (Kilwin et Tanghin, respectivement 102 mètres et 120 mètres) sont plus rapprochées des tas d'ordures comparativement aux UCH des quartiers non lotis. Parmi les quartiers non lotis, Nioko 2 se démarque par des UCH, en moyenne, plus éloignées des tas d'ordures (156 mètres). Les différences entre les quartiers à ces égards sont significatives au seuil de 1%.

La distance des UCH au point d'eau stagnante le plus proche offre quasiment une configuration analogue à la figure 3.3 (cf. figure 3.4). Les quartiers non lotis se révèlent avantagés en matière de risque et les deux quartiers lotis et Polesgo sont plus défavorisés. Les UCH des quartiers lotis sont plus rapprochées des points d'eau (Kilwin et Tanghin, respectivement 152 mètres et 258 mètres). Parmi les

quartiers non lotis, Nioko 2 se distingue par des UCH, en moyenne, plus éloignées des points d'eau (309 mètres). Ces différences entre les quartiers sont significatives au seuil de 1%.

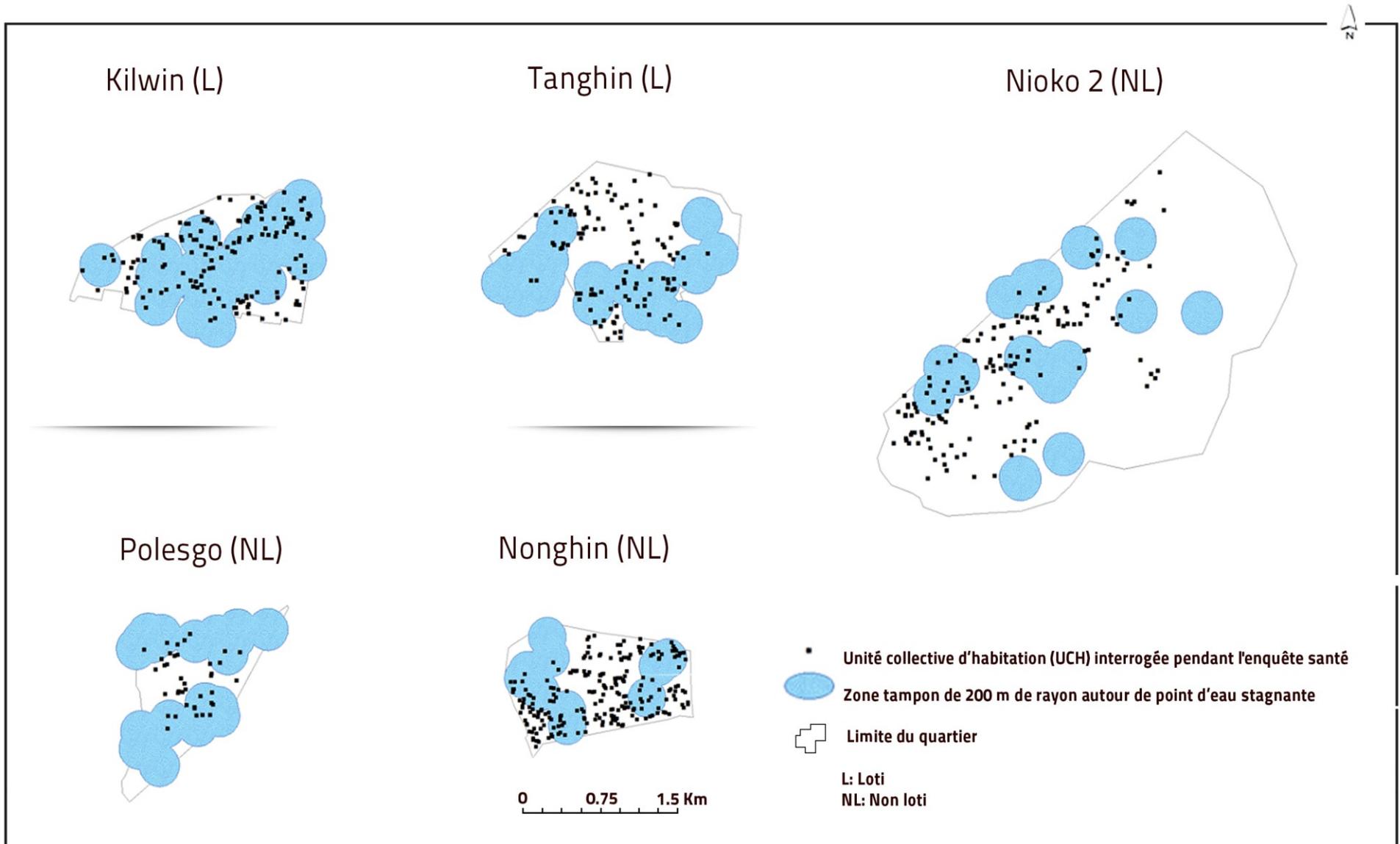
Pour mieux apprécier les résultats concernant la proximité aux dangers environnementaux, le tableau 3.1 met en parallèle ces données avec certaines caractéristiques au niveau du quartier. L'examen du tableau montre que les quartiers lotis, bien que vulnérables en matière d'exposition aux deux dangers environnementaux présentent des indicateurs de malnutrition de l'enfant et d'éducation de la mère plus favorables par rapport à Nioko 2 et Nonghin. Le pourcentage des enfants malnutris simples et celui des enfants malnutris sévères sont particulièrement plus faibles à Kilwin (quartier loti) comparés à ceux observés dans les quartiers non lotis. Également, le pourcentage des mères éduquées à Kilwin (37%) et à Tanghin (23%) est nettement plus important dans ces deux quartiers lotis que dans les quartiers non lotis suivis par l'OPO.

Figure 3.1: Distribution des unités collectives d'habitation autour de tas d'ordures



Source: OPO, ISSP, Ouagadougou, 2010.

Figure 3.2: Distribution des unités collectives d'habitation autour de points d'eau stagnante



Source: OPO, ISSP, Ouagadougou, 2010.

Tableau 3.1 : Proximité des dangers environnementaux en comparaison avec certaines caractéristiques des quartiers (OPO, 2010)

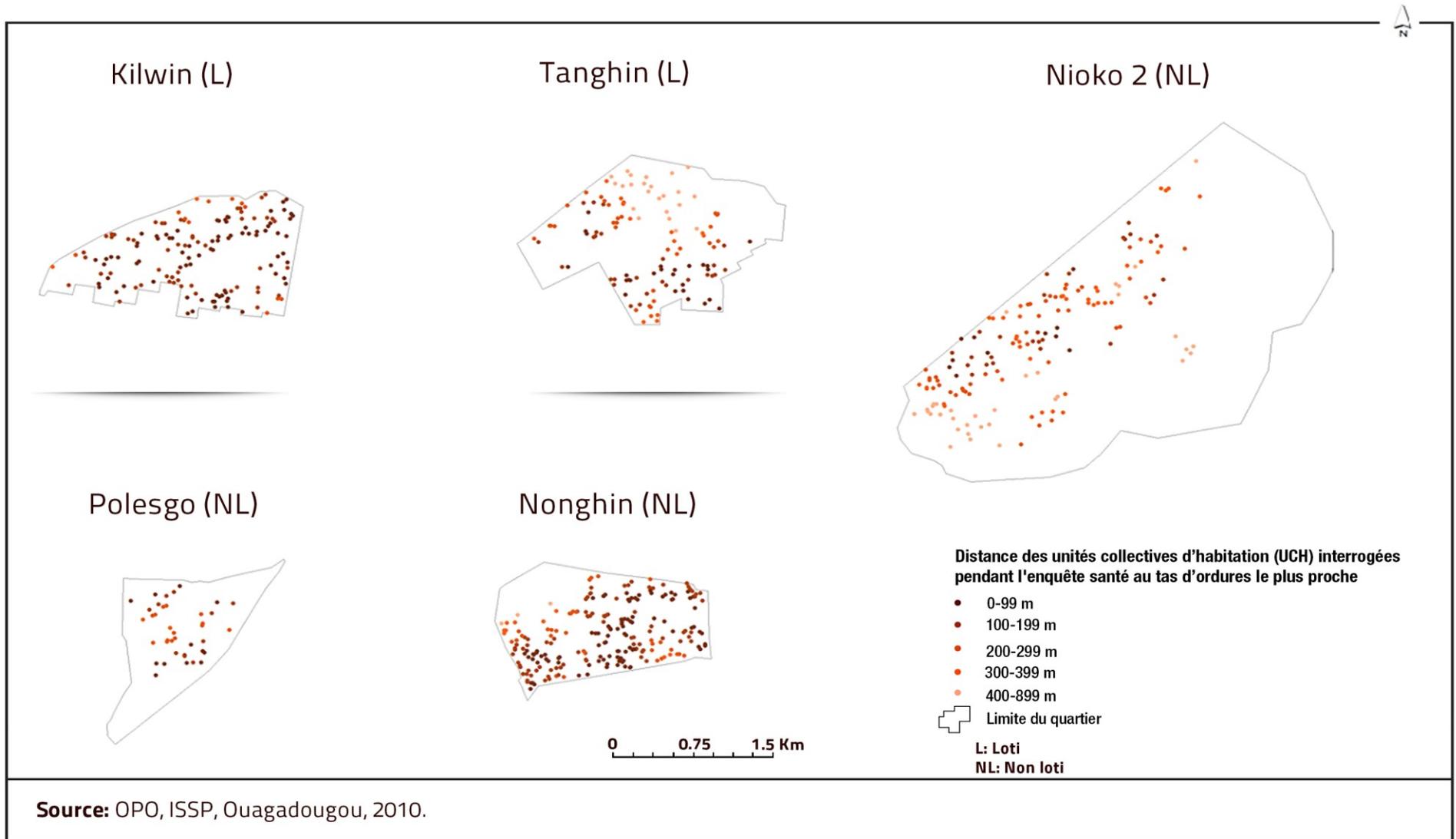
Quartiers	Distance des UCH au tas d'ordures le plus proche (en m)	Distance des UCH au point d'eau le plus proche (en m)	Enfants malnutris simples (en %)	Enfants malnutris sévères (en %)	Mères éduquées (en %)
Kilwin (L)	102	152	13,5	3,4	37,1
Tanghin (L)	120	258	25,2	5,2	23,4
Polesgo (NL)	64	167	18,1	4,5	4,9
Nonghin (NL)	127	268	16,7	3,0	20,9
Nioko 2 (NL)	156	309	21,7	7,8	13,7

Note: L : loti ; NL : non loti ; UCH: Unité collective d'habitation.

3. Analyse de concentration des symptômes déclarés dans les quartiers de l'OPO

La figure 3.5 présente les surfaces de densité indiquant les lieux particulièrement vulnérables où les symptômes déclarés de maladies sont concentrés dans les zones de l'OPO. L'analyse des densités des noyaux montre une répartition inégale de la concentration des symptômes à l'intérieur d'un même quartier, de même entre les différents quartiers. Les concentrations des symptômes sont non seulement observables dans les quartiers non lotis, mais également dans les quartiers lotis. Parmi les quartiers non lotis, plus particulièrement Nonghin et, dans une moindre mesure, Nioko 2 présentent une multitude de zones de concentration des symptômes, et se présentent donc comme particulièrement vulnérables. Ces zones de concentration de symptômes forment des îlots de manière éparse. Les quartiers lotis, quant à eux, fournissent des foyers de concentration des symptômes relativement moins denses. De même, Polesgo, bien que zone non lotie, se révèle moins vulnérable en se distinguant par une concentration faible des symptômes.

Figure 3.3: Distance des unités collectives d'habitation aux tas d'ordures les plus proches



Source: OPO, ISSP, Ouagadougou, 2010.

Figure 3.4: Distance des unités collectives d'habitation aux points d'eau stagnante les plus proches

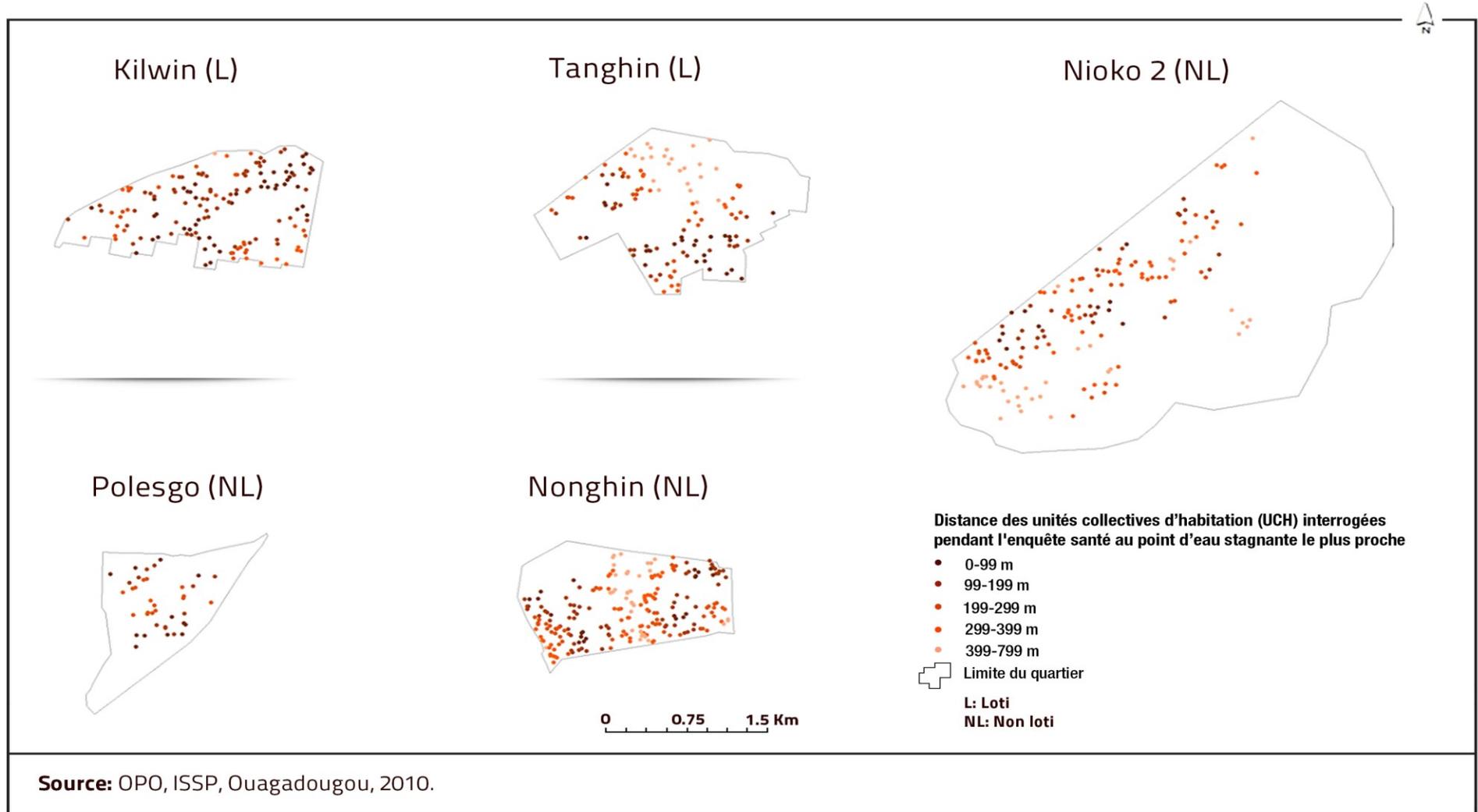
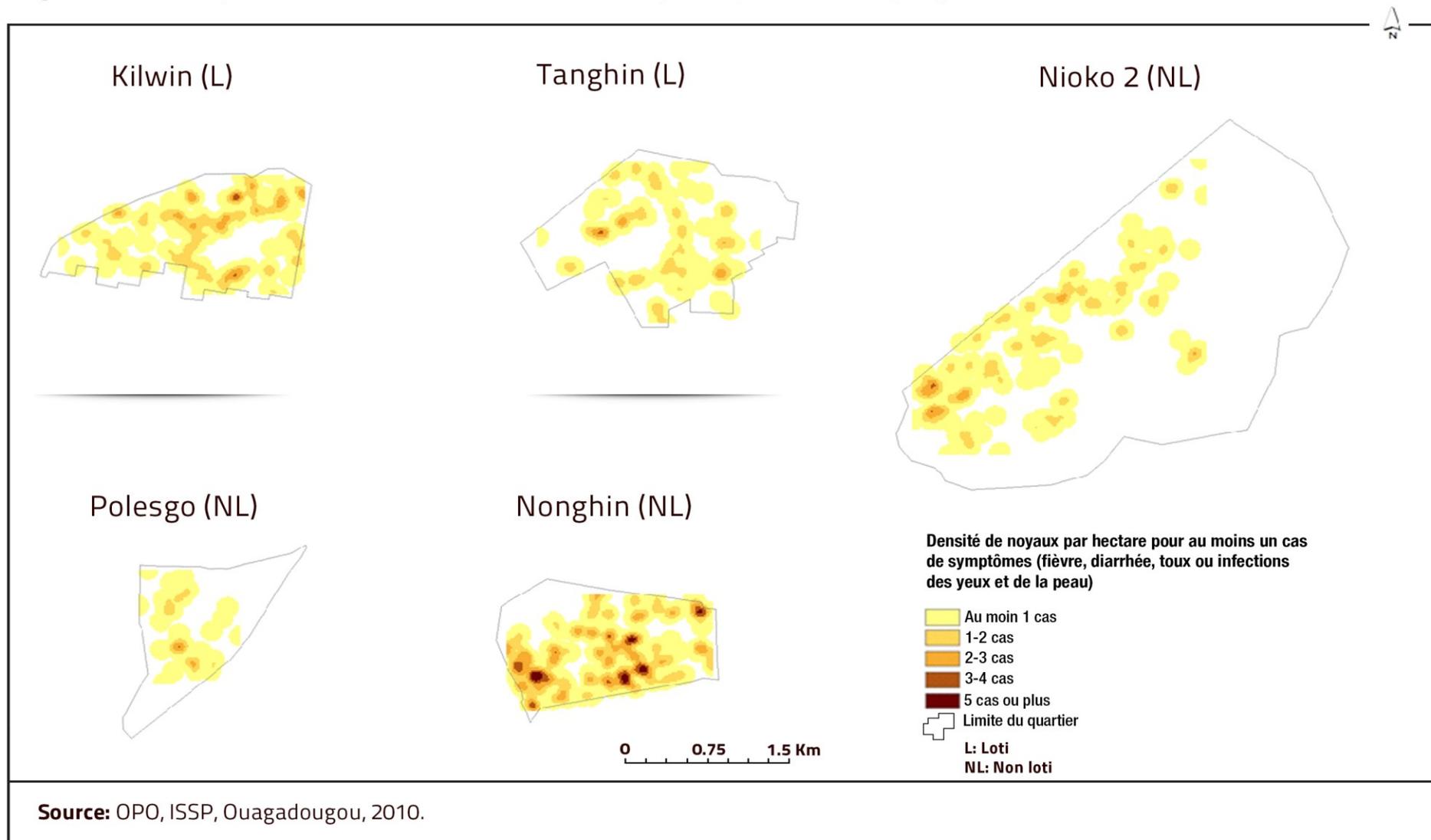


Figure 3.5: Répartition de densités des noyaux pour les symptômes dans les zones de l'OPO



III.3.2 Analyses factorielles et de classification

1. Interprétation des axes factoriels

L'objectif des analyses factorielles est d'étudier les quartiers et les groupes d'enfants à risque de maladies. Les trois premiers axes factoriels (1, 2 et 3) contribuent respectivement à 12,3%, 9,6% et 7,3%, soit environ 29% de l'inertie totale. L'axe 1 ordonne les enfants selon l'accès à l'eau et la caractéristique du plancher intérieur (respectivement 28,2% et 17,5%). L'axe 2 est construit principalement par les symptômes (fièvre, toux et diarrhée, avec respectivement 27,5%, 24,1% et 9,5%), tandis que l'axe 3 est construit par la présence de jardin potager dans l'UCH (26,2%), la gestion des eaux usées et des ordures ménagères (avec respectivement 25,6% et 23,8%). Ainsi, l'axe 1 peut être interprétée comme l'axe de la pauvreté du fait qu'elle est captée par les caractéristiques de l'habitat (accès à l'eau, nature du plancher, etc.) (Sheppard et al., 2009), l'axe 2 celui de morbidité, et l'axe 3 celui de l'assainissement.

2. Profil des quartiers par rapport aux maladies et à l'environnement

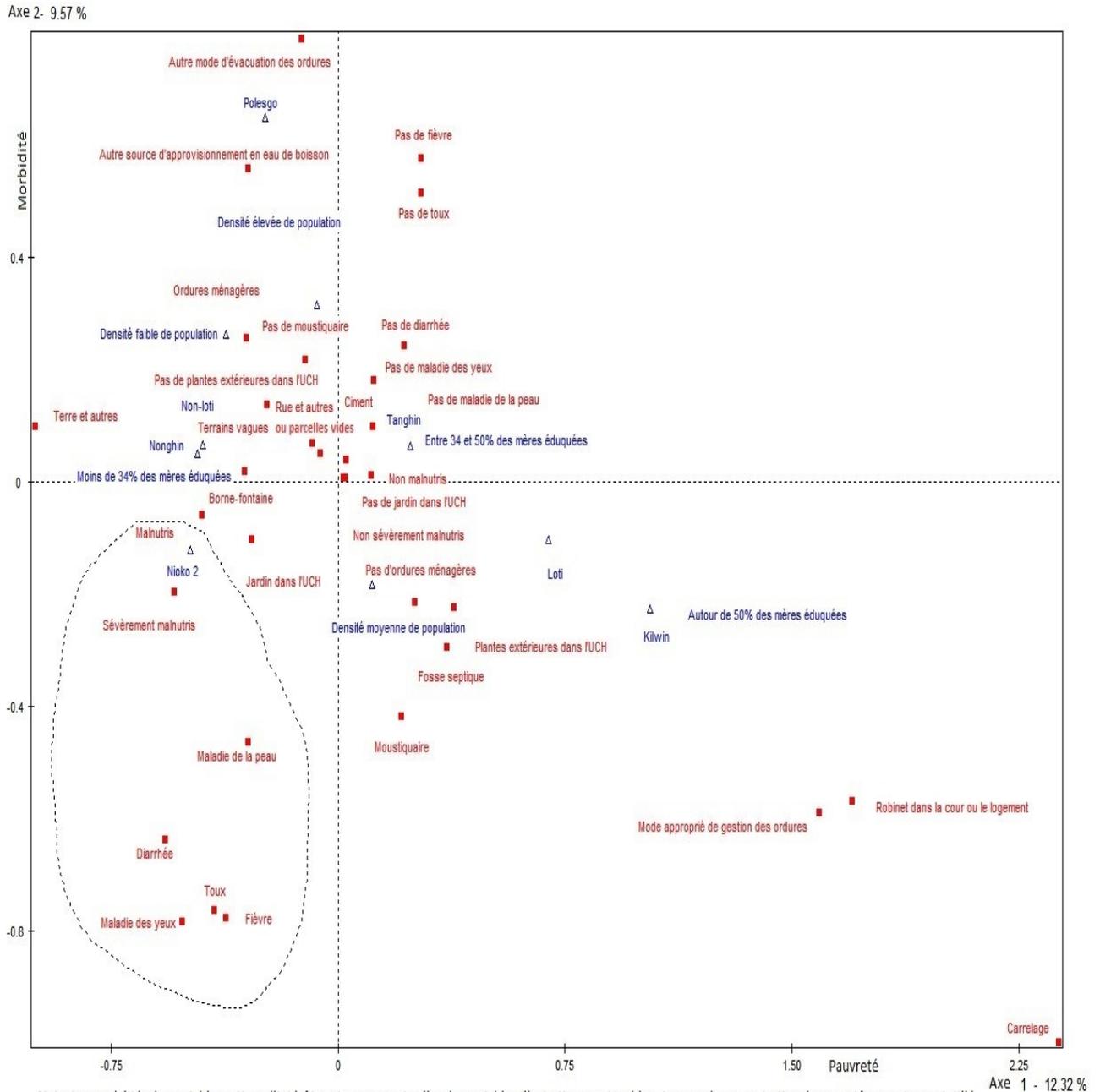
Le graphique 3.1 illustre le premier plan factoriel (axes 1 et 2) dans lequel deux grands groupes de quartiers s'opposent diamétralement. Dans le premier groupe à gauche se retrouvent les quartiers non lotis (Nioko 2, Nonghin et Polesgo), qui sont soumis à une densité de population variable (faible et élevée) et un faible pourcentage de mères éduquées (moins d'une mère sur deux). En général, leurs enfants présentent plus de signes de maladies et utilisent moins de moustiquaires. Les ménages s'approvisionnent en eau aux bornes-fontaines ou aux autres sources (vendeurs d'eau, rivière, lac, canal d'irrigation et eau de pluie) et les ordures sont présentes dans les ménages et jetées dans des terrains vagues ou des parcelles vides. Le plancher des logements dans ces quartiers est majoritairement fait en terre et autres (bouse, bois ou autres végétaux) et des jardins potagers sont entretenus dans les UCH.

Dans le deuxième groupe, figurent les quartiers lotis (Kilwin et Tanghin). Dans l'ensemble, ces quartiers sont caractérisés par une densité de population moyenne et un pourcentage relativement élevé de mères éduquées (entre 33 et 50% de mères). Les enfants y ont moins de symptômes déclarés et utilisent plus des moustiquaires. Les ménages possèdent plus souvent un robinet dans la cour ou le logement. Les ordures ne sont pas autant présentes dans les ménages, et un mode approprié de gestion des ordures (poubelle privée avec service de ramassage, bac public avec service de ramassage public ou

centre de pré-collecte) est plus souvent utilisé. Ces logements ont tendance à posséder des fosses septiques, à avoir des planchers en carrelage, et des plantes extérieures sont entretenues dans les UCH.

De plus, les résultats mettent clairement en évidence des relations entre les maladies et la malnutrition simple et sévère : plus les enfants sont malnutris, plus nombreux sont les symptômes déclarés. Il se dégage également de l'analyse que le type d'approvisionnement en eau de boisson, l'assainissement, la nature du plancher et l'occurrence de maladies sont des variables importantes par rapport à la contribution de leurs modalités. Ces variables sont donc à considérer pour des analyses plus fines.

Graphique 3.1 : Premier plan factoriel d'une analyse des correspondances multiples sur 19 variables, 48 modalités et 950 enfants (OPO, 2010)



3. Profil des groupes d'enfants à risque de maladies environnementales

Par souci d'avoir une partition (classe issue d'analyse de classification) interprétable et des groupes d'effectifs raisonnables, nous avons choisi d'étudier deux partitions, notamment à deux et trois groupes. Le choix du nombre de groupes a été également basé sur l'inertie inter/intra, en maximisant l'inertie inter-classe et minimiser l'intra-classe (pour avoir des classes les plus éloignées et les plus homogènes possibles). L'analyse de la partition en deux et trois groupes a conduit à retenir la partition en trois groupes, afin de dépasser la dichotomie. Le graphique 3.2 projette la partition en trois groupes sur un plan factoriel. Le premier groupe (groupe 1) totalise environ 61% de l'échantillon. La fièvre, la diarrhée, la toux, les infections des yeux, la malnutrition simple sont déclarées chez les enfants. Les enfants ne sont pas sévèrement malnutris et n'ont pas d'infections de la peau. Les enfants appartiennent aux ménages qui s'approvisionnent aux bornes-fontaines. Le plancher des logements est en ciment. Les ordures sont parfois jetées dans les terrains vagues ou les parcelles vides. Les eaux usées sont déversées dans la rue et autres (puits perdu, arrosage, etc.). Les jardins potagers ne sont pas entretenus dans les UCH. Le groupe 1 est celui des enfants « moyennement à risque » de maladies.

Le groupe second (groupe 2) concentre environ 25% des enfants de l'échantillon. La diarrhée, la toux, les infections de la peau, la malnutrition simple et sévère sont plus marquées chez les enfants de ce groupe, tandis que la fièvre et les infections des yeux y sont plus rares. Les enfants n'utilisent pas la moustiquaire. Les ménages s'approvisionnent aux autres sources (vendeurs d'eau, rivière, lac, canal d'irrigation et eau de pluie). Les ordures sont présentes dans les ménages. Les ménages possèdent les fosses septiques et utilisent la rue et autres modes d'évacuation des ordures. Le plancher des logements est en terres et autres (bouse, bois ou autres végétaux). Les jardins potagers sont entretenus dans les UCH, alors que les plantes extérieures ne le sont pas. Le groupe 2 est celui des enfants « plus à risque » de maladies.

Le troisième groupe (groupe 3) totalise environ 15% de l'échantillon. Les enfants de ce groupe ne présentent pas de signes de maladies (fièvre, diarrhée, toux, infections des yeux et de la peau, malnutrition simple et sévère). Les enfants dorment sous une moustiquaire. Les ménages disposent de planchers en carrelage, s'approvisionnent au robinet dans la cour ou le logement, et ont des fosses septiques. Les ordures ne sont pas présentes dans les ménages, puisqu'ils utilisent le mode approprié de

gestion des ordures. Les plantes extérieures sont entretenues dans les UCH, tandis que les jardins potagers ne le sont pas. Le groupe 3 est celui des enfants « faiblement à risque » de maladies.

Les enfants se répartissent de manière inégale selon le quartier à partir de l'analyse de la classification (tableau 3.2). Les enfants issus de Nonghin et Nioko 2, deux quartiers non lotis sont plus représentés dans les groupes 1 et 2 (avec respectivement plus de 40% et plus de 20% dans chaque groupe) comparativement aux enfants de Polesgo faiblement représentés dans ces groupes. À l'opposé, les enfants issus de Kilwin et Tanghin sont majoritaires dans le groupe 3 (respectivement 76% et 22%).

Tableau 3.2 : Répartition des enfants (en pourcentage en colonne) en trois groupes issus de l'analyse de classification, OPO, 2010

Quartiers	Enfants « plus à risque » de maladies (%) (Groupe 2)	Enfants « moyennement à risque de maladies » (%) (Groupe 1)	Enfants « faiblement à risque de maladies » (%) (Groupe 3)	Total (%)
Kilwin (L)	14,5	13,0	75,5	22,5
Tanghin (L)	14,1	16,1	22,3	16,5
Polesgo (NL)	6,4	9,0	0,0	7,1
Nonghin (NL)	41,0	41,2	0,0	35,2
Nioko 2 (NL)	23,9	20,6	2,2	18,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Note : L = Loti NL = Non loti

Tableau 3.3 : Répartition des enfants (en pourcentage en ligne) en trois groupes issus de l'analyse de classification, OPO, 2010

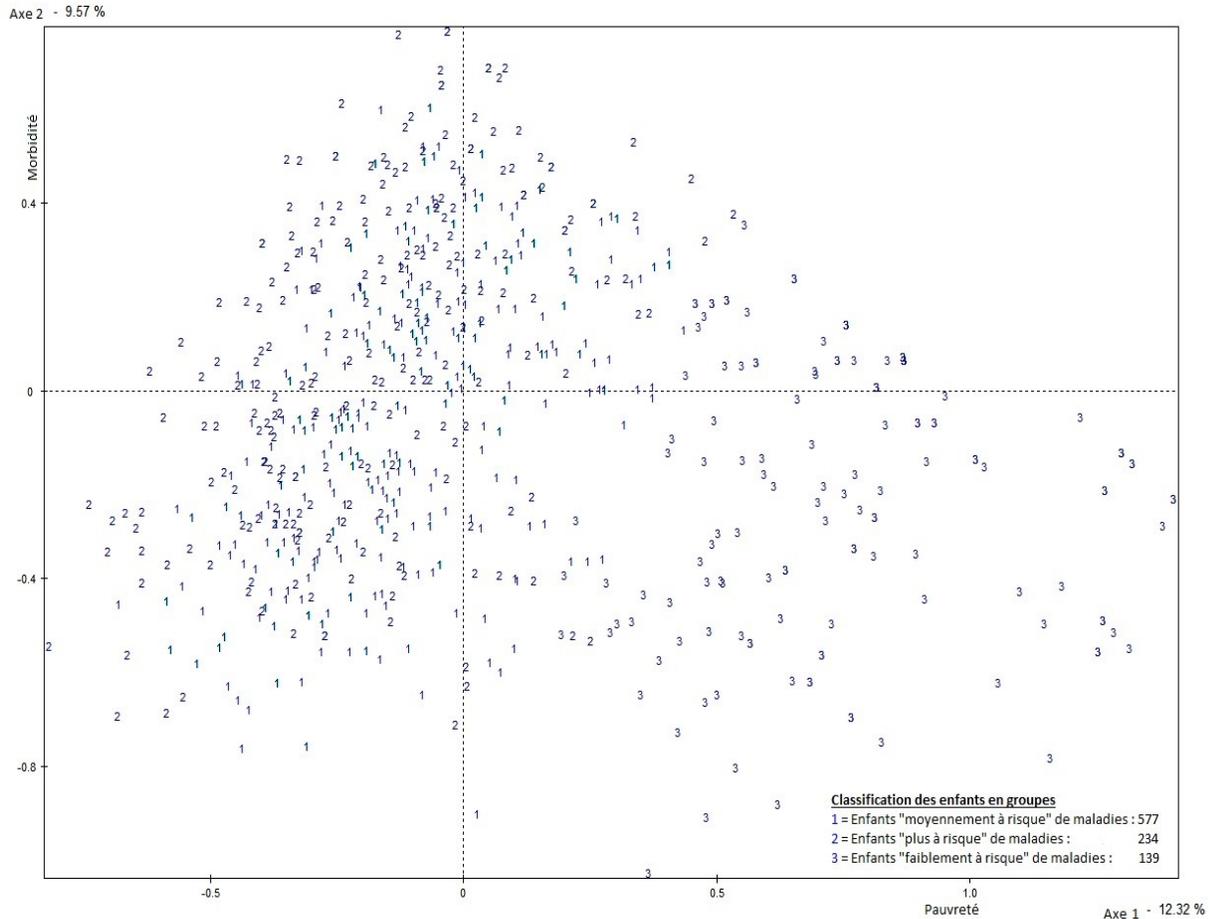
Quartiers	Enfants « plus à risque » de maladies (%) (Groupe 2)	Enfants « moyennement à risque de maladies » (%) (Groupe 1)	Enfants « faiblement à risque de maladies » (%) (Groupe 3)	Total (%)
Kilwin (L)	15,89	35,05	49,07	100,00
Tanghin (L)	21,02	59,24	19,75	100,00
Polesgo (NL)	22,39	77,61	0,00	100,00
Nonghin (NL)	28,74	71,26	0,00	100,00
Nioko 2 (NL)	31,46	66,85	1,69	100,00

Note : L = Loti NL = Non loti

La partition en 3 groupes révèle, au-delà de la dualité entre les zones loties et non loties, une différence entre les enfants du point de vue de santé environnementale. On voit que même si le groupe « plus à risque » de maladies (groupe 3) renferme les enfants de différents quartiers avec une primauté du milieu non loti, environ 50% des enfants de Kilwin et près 80% des enfants de Tanghin se retrouvent dans les groupes 1 et 2, groupes les plus à risque de maladies (tableau 3.3). Ces résultats indiquent clairement que les risques environnementaux ne concernent pas essentiellement les quartiers non lotis,

mais touchent plutôt l'ensemble des quartiers dépassant ainsi la dichotomie entre les quartiers lotis et non lotis.

Graphique 3.2 : Projection des groupes sur le plan factoriel d'une analyse des correspondances multiples, OPO 2010



III.4 Discussion et conclusion

Ce travail avait pour objectif de décrire les quartiers les plus à risque de morbidité (fièvre, diarrhée, toux, infections de la peau et des yeux) dans les zones de l'OPO et d'analyser la pertinence de la dichotomie entre les quartiers lotis et non lotis. Les résultats de l'analyse spatiale donnent à penser que les quartiers lotis sont plus à risque de maladies que les quartiers non lotis en matière de proximité des dangers environnementaux (tas d'ordures et point d'eau stagnante les plus proches) et donc de la possibilité de contamination. Pourtant, les quartiers lotis sont relativement moins touchés par des maladies. L'analyse spatiale apporte un nouvel éclairage sur l'exposition potentielle aux dangers environnementaux en milieu urbain. Vivre près d'une eau stagnante ou d'un tas d'ordures suppose a

priori un risque de maladies plus élevé d'exposition aux dangers environnementaux (Kouamé et al., 2014). Le fait d'avoir plus de mères éduquées, une proportion relativement faible d'enfants malnutris, un accès à l'eau potable et à l'assainissement, ainsi que la nature du sol dans les quartiers lotis expliqueraient une occurrence faible des maladies en zones loties (El-Fadel et al., 2014). La proximité des dangers environnementaux dans les zones loties, notamment les tas d'ordures peut s'expliquer par l'inefficacité des services de ramassage ou la non-adhésion aux services de ramassage dans les quartiers lotis (Mpakam et al., 2006). Lorsque les ordures ne sont pas collectées, les gens trouvent toujours d'autres moyens de s'en débarrasser en les jetant dans les rares espaces (Aurah, 2013).

En indiquant que les risques environnementaux ne sont pas uniformément répartis dans les zones de l'OPO, les analyses mettent d'abord en évidence des différences significatives entre les zones loties et non loties (dichotomie entre les quartiers lotis et non lotis). Les résultats de l'analyse pourraient s'expliquer par la densité du bâti des zones non loties habitées plus élevée par rapport à celle des zones loties habitées. La trame urbaine est plus resserrée (avec des parcelles plus petites) en zones non loties habitées⁴⁷ (Boyer et Delaunay, 2009), ce qui fait que les latrines sont plus proches des logements. Également, comparées aux zones loties, la densité des personnes par pièce habitable est plus importante en zones non loties : il y a 2 personnes par pièce habitable en zones non loties contre 1,7 personne par pièce habitable en zones loties (Rossier et al., 2011). Ces résultats confirment ceux des recherches antérieures qui considèrent le lotissement comme un marqueur de vulnérabilité (Vallée et al., 2006). À Nouakchott (Mauritanie) par exemple, une étude réalisée par Sy et al. (2011) suggère classiquement une homologie entre les risques sanitaires et les conditions environnementales défavorables des quartiers. L'accès à l'eau potable, la gestion des eaux usées et la collecte des ordures ménagères sont ainsi évoqués pour expliquer les risques sanitaires entre les quartiers (Sy et al., 2011). Néanmoins, la distinction socio-spatiale doit être dépassée parce que environ 50% des enfants de Kilwin et surtout 80% des enfants de Tanghin se retrouvent dans les groupes plus à risque de maladies.

Au-delà de la dichotomie entre les zones loties et non loties, les analyses suggèrent une hétérogénéité en milieu loti. L'hétérogénéité en milieu loti pourrait s'expliquer par des différences démographiques, économiques et historiques entre Kilwin et Tanghin. Tanghin enregistre une croissance démographique plus importante (5,3%) que Kilwin (2,3%) (Rossier et al., 2012). Les ménages de Tanghin disposent de peu de ressources et leur quartier a été peuplé plus anciennement que Kilwin (Rossier et al., 2012). Bien que loti, Tanghin est en effet un quartier dégradé et atypique où se pratique le maraichage urbain

⁴⁷ Nous n'avons pas effectué ce calcul à défaut d'images satellitaires.

(Fournet et al., 2013) ; il est un quartier plus pauvre par rapport à Kilwin (Rossier et al., 2011) : il n'est pas représentatif de l'ensemble des quartiers lotis de Ouagadougou. Également, le caractère évolutif de la ville est une autre dimension qui rend aléatoire toute tentative de classification définitive des quartiers, car un quartier formel peut se dégrader, se taudifier et devenir insalubre (Gossé, 1991), comme cela pourrait être le cas du quartier Tanghin.

Les analyses révèlent également une différence en milieu non loti. Les quartiers non lotis (Nioko 2, Nonghin), bien qu'éloignés, se ressemblent et sont plus à risque de maladies. Nonghin et Nioko 2 forment le « prototype » du milieu non loti en se démarquant de Polesgo par des risques sanitaires plus élevés. Contrairement à Polesgo, Nonghin et Nioko 2 sont caractérisés par la présence de grands trous (favorisant l'accumulation d'eau) et de voies inondables, le manque d'un centre de santé et des associations pouvant sensibiliser les populations sur la prévention des maladies (Bologo et al., 2010). Ces résultats sont similaires à ceux des études portant sur plusieurs pays indiquant que les zones informelles, caractérisées par un accès insuffisant à des installations d'assainissement et d'eau de boisson propre, sont confrontées à une multitude de problèmes de santé liés à l'environnement (Fink et al., 2013; Kimani-Murage et al., 2014). Toutefois, même si les niveaux de morbidité sont nettement plus élevés dans les zones informelles comparées aux zones formelles, ces niveaux de morbidité sont plus faibles par rapport à ceux des zones rurales dans la plupart des pays (Günther et Harttgen, 2012). Bien qu'il soit un ancien village récemment phagocyté par la ville et entouré par des quartiers nouvellement lotis, Polesgo est relativement mieux doté en infrastructures étatiques (un dispensaire et des écoles primaires) par rapport aux deux autres zones non loties (Bologo et al., 2010). Polesgo dispose également d'un dynamisme des organisations communautaires qui sensibilisent les populations sur les maladies et interviennent dans la salubrité et l'hygiène (Bologo et al., 2010).

Bien souvent, la tendance est à généraliser les attributs des quartiers (les quartiers sont dotés des infrastructures publiques et sont plus riches), et il n'est pas rare que les études trouvent un effet de quartier important, même après contrôle des autres facteurs (Bacqué et Fol, 2007). Le présent article observe une hétérogénéité au sein des quartiers, des désavantages certains dans les quartiers lotis (proximité des contaminants, densité), mais tout de même dans l'ensemble des avantages en ce qui concerne la morbidité. L'occupation des quartiers non lotis, comme le montrent certaines études, constitue une stratégie d'accès à la propriété foncière et au logement à long terme (Dos Santos et LeGrand, 2013). De jeunes ménages dynamiques avec certaines ressources qui visent une mobilité sociale ascendante peuvent opter de s'installer dans un quartier non loti, afin d'accéder à la propriété (Rossier et al., 2011; Soura et al., 2014). Les différences entre les zones loties et non loties sont

pertinentes, toutefois on observe la présence des quartiers atypiques dans tous les milieux de résidence lotis et non lotis (cas de Polesgo, avec certains avantages et celui de Tanghin loti mais très dégradé 80% des enfants de Tanghin se retrouvent dans les groupes plus à risque de maladies). Les enfants plus à risque des maladies peuvent résider dans les zones loties (riches) et ceux à faible risque dans les zones non loties (pauvres). Ce qui suggère une hétérogénéité en matière de santé environnementale, notamment en zones non loties. Ce constat interpelle à mieux penser le concept de non loti dans les villes en Afrique de l'Ouest francophone, ou de *slum* dans d'autres villes africaines. Il interpelle également sur la pluralité des facteurs qui influencent la morbidité des enfants et la problématique de découpage plus fin des quartiers trop hétérogènes, ainsi que le choix du niveau d'agrégation (UCH, ménage). Également, les préoccupations environnementales plus larges (le fait de se trouver dans les zones tampons autour des tas d'ordures ou des points d'eau stagnante) ne sont pas étroitement liées à la santé de l'enfant (sinon, les enfants à Nioko 2 devraient être moins affectés par les symptômes de maladies). Cela justifie d'ailleurs la nécessité de recourir plus en détail aux analyses multivariées sur les symptômes de maladies pour mieux comprendre les effets des facteurs de l'environnement spécifiques, en contrôlant les variables démographiques et socio-économiques.

L'article suggère aussi le besoin d'un échantillon plus grand pour obtenir une estimation plus exacte d'une caractéristique qui varie beaucoup d'une unité à l'autre. Aussi, serait-il intéressant de collecter des données sur des facteurs de contagion environnementale plus large. Il faudrait donc recueillir des données sur la direction et vitesse du vent, afin de contrôler leurs effets sur des symptômes liés à l'environnement immédiat. La non-prise en compte de ces éléments pourrait entraîner une sous-estimation des erreurs standards de mesure. Le déplacement des populations ou des animaux entre les quartiers, etc. doivent également être considérés pour leur rôle dans la propagation des maladies. Compte tenu de la croissance démographique actuelle des villes africaines, il est également important de s'intéresser aux questions liées aux pressions démographiques, d'urbanisation et de transformations de l'environnement, et du changement climatiques dans les capitales d'Afrique.

L'une des forces majeures de l'étude réside, à travers un regard croisé, dans l'utilisation des analyses spatiales, factorielles et de classification pour une description plus fine du contexte sanitaire des quartiers formels et informels en milieu urbain africain. Notamment l'analyse de classification, par rapport à l'analyse factorielle qui, utilisée seule, confirme la pertinence de la dichotomie classique entre les zones loties et non loties. De plus, les données recueillies par l'OPO sur l'environnement immédiat et les symptômes sont plus diversifiées que celles des enquêtes démographiques et de santé, et le fait que trois des co-auteurs aient passé beaucoup de temps à travailler dans les zones de l'OPO offrent la

possibilité de mieux discuter ces données et la façon d'interpréter les résultats (observation sur le terrain des tas d'ordures, des points d'eau stagnante, etc.).

En revanche, l'une des faiblesses des données pourrait concerner les problèmes liés à la définition statistique d'un quartier de résidence qui n'est pas forcément concordant avec l'espace vécu d'un individu (comme c'est le cas des quartiers non lotis⁴⁸), et le manque de données susceptibles de caractériser les autres espaces de socialisation (Andersson et Musterd, 2010). Une autre limite pourrait concerner le biais de sélection des quartiers du fait que l'étude n'est pas exhaustive au niveau des quartiers de Ouagadougou ; les quartiers ont été choisis pour cibler les populations les plus vulnérables, et devaient être proches les uns des autres afin de réduire les coûts de collecte des données et des interventions à tester (Rossier et al., 2012). On peut également penser que d'autres limites de l'article pourraient concerner le choix d'un rayon de 200 mètres pour les analyses spatiales, l'utilisation de la distance euclidienne (sans possibilité d'analyser les barrières), et le biais de déclaration relatif aux symptômes de maladies (non médicalement vérifiés) (Al-Eissa et al., 2000). Toutefois, le rayon d'action de 200 mètres ne saurait affecter la fiabilité des résultats, puisque l'environnement urbain (avec la densité de la population et des animaux) est susceptible de réduire le déplacement des vecteurs de maladies notamment les moustiques (Kientga, 2008). Les moustiques sont plus reconnus étant "volants" au stade mature, de ce fait la distance euclidienne intègre bien cette dimension (Guillaumot, 2005), bien qu'elle n'autorise l'analyse des barrières physiques. Également, le fait que les mères éduquées n'aient pas une occurrence plus élevée de symptômes que celles non éduquées renforce la confiance accordée aux résultats.

Remerciements

La réalisation de ce travail a été effectué grâce au financement du Programme population et santé en Afrique subsaharienne (PPSA-financé par la Fondation Bill et Melinda Gates) et à l'encadrement du Laboratoire Population-Environnement-Développement (LPED) de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et de l'Université de Montréal. Nous tenons aussi à exprimer nos remerciements à l'Institut supérieur des sciences de la population (ISSP) de l'Université de Ouagadougou pour les données mises à notre disposition. Finalement, nos remerciements vont à l'endroit des professeurs Clémentine Rossier, Solène Lardoux et Valery Ridde pour leurs commentaires.

⁴⁸ Les quartiers non lotis se vident le matin : les habitants actifs partent travailler en ville (voir ROSSIER, C., SOURA, A., LANKOANDÉ, B. et al. 2011. Données collectées au Round 0, Round 1 et au Round 2: Rapport descriptif. Ouagadougou, ISSP, 71 p.).

Chapitre IV : Environnement immédiat et fièvre chez les enfants dans les zones de l'Observatoire de population de Ouagadougou-Burkina Faso (article 2)

Environmental factors and childhood fever in areas of the Ouagadougou – Health and Demographic Surveillance System – Burkina Faso

Article publié dans *Journal of Biosocial Science* (july 2015) 47, 4: 536-553. DOI: 10.1017/S0021932014000479 (Cambridge University Press).

FRANKLIN BOUBA DJOURDEBBÉ*†, STÉPHANIE DOS SANTOS†‡, THOMAS K. LEGRAND* AND ABDRAMANE BASSIAHI SOURA‡

*Department of Demography, University of Montreal, Canada, †Laboratory Population-Environment-Development-LPED (IRD-AMU), Marseille, France and ‡ISSP, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

Contribution de l'étudiant (auteur principal) et des coauteurs

Le doctorant a choisi le sujet et a réalisé toutes les étapes de l'article.

Stéphanie Dos Santos et Thomas K. LeGrand ont révisé de manière critique toutes les versions de l'article et orienté l'écriture scientifique.

Abdramane Bassiahi Soura a contribué à réviser les versions initiale et dernière de l'article.

Résumé : En recourant aux données sur 825 enfants de moins de 5 ans de de l'Observatoire de population de Ouagadougou recueillies en 2010, cet article examine les effets de l'environnement immédiat sur la fièvre des enfants. Des modèles logit sont utilisés pour estimer les effets des facteurs environnementaux contrôlés par les variables démographiques et socio-économiques sur la probabilité qu'un enfant ait été déclaré fiévreux au cours des deux semaines précédant l'enquête. Bien que les effets de certains facteurs environnementaux persistent dans les modèles complets, les effets des variables comme l'accès à l'eau de boisson et la gestion des ordures ménagères diminuent en présence de facteurs démographiques, socio-économiques et du quartier. Toutefois, les effets de l'accès à l'eau de boisson et la gestion des ordures ménagères diminuent en présence de variables démographiques, socio-économiques et surtout du quartier. La gestion des eaux usées discrimine significativement l'occurrence de la fièvre chez les enfants. Les résultats de l'étude interpellent sur la nécessité de promouvoir l'accès à l'eau du robinet pour les ménages à des prix abordables pour la population locale plus à risque de maladies.

Mots clés: santé de l'enfant, eau, assainissement, ville, Afrique, fièvre, environnement, quartier, Ouagadougou, Afrique urbaine, hygiène.

Summary: Using data on 825 under-5 children from the Ouagadougou Health and Demographic Surveillance System collected in 2010, this article examines the effects of aspects of the immediate environment on childhood fever. Logit regression models were estimated to assess the effects of the quality of the local environment on the probability that a child is reported to have had a fever in the two weeks preceding the survey, after controlling for various demographic and socioeconomic variables. While the estimated impact of some environmental factors persisted in the full models, the effects of variables such as access to water and type of household waste management decreased in the presence of demographic, socioeconomic and neighbourhood factors. The management of waste water was found to significantly affect the occurrence of childhood fever. Overall, the results of the study call for more efforts to promote access to tap water to households at prices that are affordable for the local population, where the threats to child health appears to be greatest.

Keywords: child health, water, sanitation, city, child fever, environment, neighbourhood, Ouagadougou, sub-Saharan Africa, urban Africa, hygiene.

IV.1 Introduction

Unhealthy environments are thought to be responsible for a significant proportion of morbidity and mortality worldwide (WHO, 2009; WHO, 2010). The World Health Organization estimates that the global burden of disease due to environmental factors is 24%, and these factors are responsible for 23% of all deaths each year. Preventing environmental risks could reduce the number of child deaths by nearly 4 million every year, mostly in developing countries (WHO, 2007).

Between 40% and 70% of the population in African cities live in informal settlements or slums, characterized by dense, precarious and unhealthy habitats (Vlahov et al., 2007). Previous studies have revealed that levels of morbidity and mortality among children tend to be higher in informal settlements than in other parts of African cities, and perhaps even more than in rural areas (Montgomery et Hewett, 2005; Kimani-Murage et al., 2011). In Nairobi, for example, where 60% of the population live in slums, mortality rates are substantially higher than in other neighbourhoods of the city (UN-Habitat, 2013). Using data from Demographic and Health Surveys in several countries, however, a recent study revealed that, while children living in slums experienced worse health than their counterparts in formal settlements, their health was nonetheless generally better than that of children living in rural areas (Fink et al. (2014); see also Lalou et LeGrand (1997)). The higher health risks in slums appear to be offset by overall better access to health services compared with rural areas (Günther et Harttgen, 2012).

In African cities, infectious diseases like malaria, acute respiratory infections and diarrhoeal diseases contribute to a longstanding critical health situation (ONU-Habitat, 2011; Walker et al., 2013). The growth of African cities over the last three decades has also led to profound changes in the local environmental context in which many people live. Rapid population growth, combined with a lack of access to basic sanitation services (access to clean water, management of household waste and water, etc.) and poor housing conditions, have harmful effects on the health and well-being of urban populations (UNICEF, 2012a). A better understanding of the links between environmental risk factors and public health is essential for the development of effective policies and programmes, and ultimately to the well-being of West African urban populations.

The determining factors of child health are both diverse and complex (Mosley et Chen, 1984; Lalou et LeGrand, 1997; Montgomery et Hewett, 2005). Several studies have suggested that environmental factors play a decisive role in the occurrence of numerous pathologies including malaria, diarrhoeal

diseases and acute respiratory infections (Merrick, 1985; Chevalier et al., 2003; Kojima, 2006; Sy et al., 2011). Published literature on the topic reveals the importance of factors such as access to water, sanitation and hygiene for child health in cities in developing countries (Woldemicael, 2000; Adjibade, 2004). Improvements in these environmental dimensions should lead to a substantial reduction in the spread of diseases (Dégbey et al., 2008). Other studies on urban areas, including one in Cameroon in 2007 and another in Mauritania in 2011, have brought to light the importance of other environmental factors that may affect child health, such as soil composition and the quality of a child's play area (Ngwé et Banza-Nsungu, 2007; Sy et al., 2011).

Population-based studies on the relationship between the immediate environment and childhood fever remain scarce and fragmented. Data from the Demographic and Health Surveys (DHSs) and the Multiple Indicator Cluster Surveys (MICSs) provide information on a limited set of environmental factors (access to water, waste water management and waste), restricting researchers' ability to examine in detail many aspects of the environment–health relation (Kojima, 2006; Ngwé et Banza-Nsungu, 2007). When more specific surveys exist, they tend to be based on the DHS or MICS questionnaires and also contain limited data on local environmental conditions. This is the case, for example, with the survey data used by Sy and colleagues (2011) in Mauritania.

The population-based analysis of the causal linkages between environmental exposures and child health raises both conceptual and methodological/data issues (Chevalier et al., 2003; Kojima, 2006). These difficulties arise both from the fact that the relevant dependent variables (health, fever, diarrhoea, etc.) are multifactorial and that the independent variables (access to water, sanitation and hygiene) are broad and poorly measured, when available. In addition, assessing the true effects of the environment on health is complicated by interrelations between socioeconomic and demographic variables and the local environment (Mosley et Chen, 1984; Kandala et al., 2008). Wealthy households can relocate to healthier neighbourhoods or take steps to improve their surrounding environments. Better educated mothers may be more likely to proactively reduce the presence of pathogens and/or their vectors in their homes by doing things such as making sure their children sleep under a mosquito net. Higher levels of schooling may also cause mothers to seek effective medical care more quickly than their less educated counterparts when their children fall ill (Filmer, 2005). Richer and more educated parents may better ensure that their children are well fed and vaccinated, thereby increasing their resistance to environmental risks. Some studies have shown that the children of rural–urban migrants are at higher risk of poor health than those of the urban-born, and children born in slums to migrant mothers may

face an even higher risk of death (Konseiga et al., 2009; Bocquier et al., 2010; Bocquier et al., 2011). Neglecting the effects of such socioeconomic and demographic factors when modelling the effects of environmental factors on child health is, thus, likely to lead to biased results. For instance, an effect of a poor environment may be highlighted, while its estimated impact is partly the result of omitted demographic and socioeconomic factors (Dongo et al., 2008; Kandala et al., 2008).

Several studies recognize the role that the neighbourhood environment plays in behavioural change, even though it is not always easy to separate the effects of the neighbourhood itself from the socioeconomic factors that characterize it (Riva et al., 2007; Chaix et al., 2009). The influence of local social groups, the proximity of health infrastructures and other resources in a given community, as well as the perceptions of health by residents are known to be associated with neighbourhood effects (Browning et Cagney, 2002; Wickes et al., 2014). Taking into account the specific effects of neighbourhood has increasingly become an essential part of urban health research (Gauvin et Dassa, 2004), most notably in studying the links between household environmental conditions and the facilities available in the neighbourhood (e.g. waste management systems or waste water management). Many studies have focused on the poorer health conditions in informal neighbourhoods and slums (e.g. Dongo et al. (2008); Fobil et al. (2011)), which are neighbourhoods characterized precisely by their lack of basic urban infrastructure (water, electricity and sanitation) (UN-Habitat, 2013). Social cohesion – mutual trust and neighbourhood co-operation – can have beneficial effects on health and survival even in such contexts, and for the overall well-being of populations (Sharkey et Faber, 2014). Empirical results indicate that the estimated effects of neighbourhoods sometimes persist even after controlling for the socioeconomic and demographic characteristics of children (Browning et Cagney, 2002).

The goal of this study was to contribute to environmental health research by analysing childhood fever in five neighbourhoods on the periphery of Ouagadougou, the capital of Burkina Faso. The empirical analysis controlled for demographic and socioeconomic factors of the local population, including household wealth, mother's schooling, and neighbourhood of residence. A better understanding of the effect of the environment itself on health should help inform public policies aiming to reduce childhood morbidity and mortality in urban West Africa.

IV.2 Methods

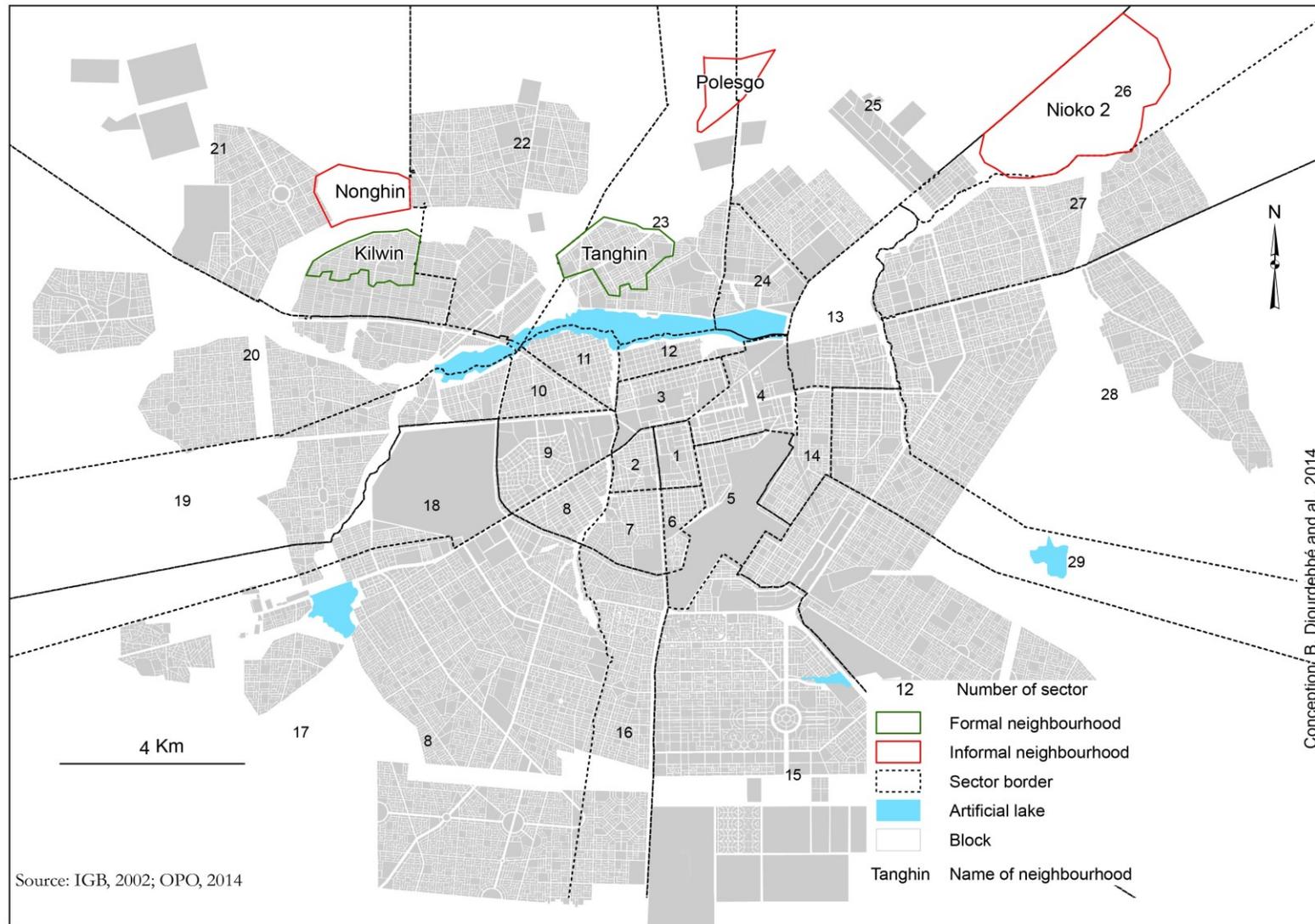
IV.2.1 Study area and sample

The analysis was based on data collected by the Ouagadougou Health and Demographic Surveillance System (Ouaga HDSS). Ouagadougou, the capital city of Burkina Faso, had approximately 2 million inhabitants in 2010, representing about 45% of the urban population of the country (Guengant, 2011; INSD et ICF International, 2012). With population growth, the city has experienced a rapid geographical expansion, growing in size from 14 km² in 1960 to 520 km² in 2009 (INSD, 2009). This mostly unplanned and uncontrolled spread of the urban population has reinforced its social and spatial segregation (Boyer, 2010). The ‘unincorporated’ neighbourhoods – spontaneous settlements where land has not been officially apportioned and deeded by the government – make up a third of the total area of the city, and approximately 35% of Ouagadougou’s households live in those neighbourhoods (Janique, 2006; Boyer, 2010). With 64% of residents born in rural areas (Rossier et al., 2011), these spontaneous neighbourhoods are populated mostly by migrants and are characterized by a lack of infrastructure and access to basic urban services such as piped water, sanitation, schools, health clinics and electricity (Janique, 2006).

The five neighbourhoods studied in this article are located in the northern periphery of the city (Map 4.1). The Ouaga HDSS study population is comprised of 86,071 inhabitants (in 2012) and includes all residents of two formal (zoned) neighbourhoods with access to basic urban services (Kilwin and Tanghin) and three informal neighbourhoods lacking such services (Polesgo, Nonghin and Nioko-2) (Rossier et al., 2012). The surveillance system has been operating in the area for several years and interviewers and data collection managers spend much time, during every round in each neighbourhood, going to every housing unit in the study areas. Unlike the typical survey, the poorer segments of the population are therefore fully present in the data. Between February and August 2010, a survey on health- and care-seeking behaviour collected cross-sectional data on a random sample of the Ouaga HDSS population. More precisely, data from the health survey used by this study were collected from a sample of individuals under longitudinal surveillance by the Ouaga HDSS – a surveillance system that follows 100% of the population residing in five neighbourhoods of the city. The health survey was conducted on a sample of residents aged under 5 or over 15 years of age, over-sampling children and the elderly. A sample of 1941 households was drawn, of which 1699 responded (a response rate of 87.5%). In all, 3307 individuals (their mothers for children) were interviewed: 950 (living in 736 households) were under 5 years, 1371 were between 15 and 49 years and 986 were 50

years and over (Rossier et al., 2012). Data were collected on episodes of fever during the two weeks preceding the survey, along with a series of variables on the household living environment, including the household waste management, the management of waste water, the drinking water supply, the composition of the interior floor and the use of mosquito nets. This information is somewhat more extensive than that collected by the DHS surveys, and the frequent presence of three of the four authors of this article in the study sites is an additional advantage, providing them with an in-depth awareness of the local living conditions and insight into the importance of various environmental factors to children's lives. These data were merged with other data collected by the Ouaga HDSS platform to provide additional demographic and socioeconomic information on both households and individual respondents.

Map 4. 1. The Ouagadougou Health and Demographic Surveillance System areas of study



IV.2.2 Variables

The definition and frequencies of the variables used in the regressions are presented in the first columns of Table 4.1. Of the 825 children in the analysis without missing data, 42% were reported to have a fever during the two weeks prior to the survey.

Due to the small sample size, a factor analysis approach was employed to limit the number of covariates (see Dos Santos et al. (2011), for details). As a result, the type of toilets was omitted from the set of covariates as it was not found to be associated with fever. Of the other environmental variables, source of drinking water was grouped into three categories: 1) household taps, 2) public water taps and protected boreholes located in neighbourhoods, and 3) other sources (buying water from door-to-door salespeople, collecting rainwater or gathering water from streams, ponds, irrigation canals, etc.). The presence of waste stored in a household was captured as a dichotomous variable. Waste disposal was categorized into three groups: 1) formal collection from a public or private service, 2) disposed of waste in nearby empty fields, and 3) other – for the most part, incineration of waste at home. Waste water management was coded into two categories: 1) septic systems, and 2) throwing the water into the street. Interior floors were grouped into three categories: 1) tile, 2) cement, and 3) dirt or other. The number of people per room in the lodging unit was calculated by dividing the total number of people in the household⁴⁹ by the number of inhabitable rooms (an inhabitable room was defined as the room used for sleeping) in the household and then grouped into three categories: 1) 1–2 people per room, 2) 3–4 people per room, and 3) 5 or more people per room. Finally, a dummy variable captured the use of a mosquito net over a child's bed the night before the survey was conducted.

A number of demographic and socioeconomic control variables were also included in the regressions: the age and sex of the child; the mother's age; whether she had been to school, her birthplace and length of time she had lived in the city; and household wealth. The child's age was grouped into three modalities: 0 year old, 1 year old and 2–4 years old. Mother's

⁴⁹ The density of the block was tested in place of the number of people per room, but the results do not change.

place of birth and length of residence in the city are used to capture migration status. Mother's birth place was grouped in three categories: 1) born in Ouagadougou or in another urban area, 2) born in a rural setting, and 3) born abroad (mostly in the Ivory Coast). Mother's length of residence in the city was defined as had lived in the city for 1) less than 5 years, 2) 5–10 years, and 3) more than 10 years. Household wealth was calculated from information on household possessions and creature comforts, using the principal component method (see Kobiané, 2004 for details). The first component, which accounts for the largest share of the variance, was chosen to reflect living standards and re-grouped into two levels: 1) low and 2) medium to high. Due to the strong positive correlation between the living standards indicator and anthropometric indexes for children, and the relatively small sample size, a parsimonious statistical model had to be used (McDade et Adair, 2001; Sheppard et al., 2009) and anthropometric indexes were not included among the covariates. The effects of the living standards indicator should thus capture a considerable part of the effects of children's anthropometry. As the health survey lasted 6 months (from February to August), the date of the interview was included among the covariates to account for seasonality. Interviews dates were divided into two categories: 1) February–May (the hot/dry season) and 2) June–August (the humid summer). Finally, a set of four dummy variables for area of residence (Kilwin, Tanghin, Polesgo, Nonghin and Nioko-2) captured neighbourhood effects.

A calculation of the factors of variance inflation was performed to detect problems with multicollinearity between the explanatory variables (results not presented). The average of the variance inflation factor was equal to 1.67, indicating that the overall correlation between explanatory variables was relatively low. That said, it should be noted that, given the small sample size and the probable high degree of random variation intrinsic to occurrence of reported childhood fevers at a point in time, even a small degree of multicollinearity can affect the precision of the results and hinder the possibility to attain significant results. For that reason, significance levels are shown for the 1%, 5% and 10% levels in the results.

IV.2.3 Analysis

Many studies have used bivariate methods for this type of analysis, failing to take into account the simultaneous effects of other relevant and often correlated factors on the outcome variables (Dongo et al., 2008; Sy et al., 2011). To address this shortcoming, multivariate logit models were estimated to assess the effects of immediate environmental factors on the probability that a child had a reported fever in the two weeks preceding the survey, after controlling for various demographic and socioeconomic variables. After withdrawing 125 observations with missing values, the regressions were estimated from information on 825 children aged below 5. To ensure the non-selectivity of these missing observations, model tests were conducted and the results showed that the missing data were not disproportionately related to certain modalities of other explanatory variables. While these missing data thus do not appear to be selective, the remaining observations were weighted so as to be more fully representative of the resident Ouaga HDSS population. The cluster option in Stata was used to calculate robust standard errors and significance levels, given the statistical dependence in the outcomes (reported fevers) for children residing in the same household.

Four regression models (or sets of models) were estimated. Model '0' is effectively a set of simple logit regressions in which reported fever is regressed one-by-one on each of the covariates. The estimated odds ratios represent the gross 'effects' of the variables when no other variables are taken into account. Model '1' is limited to the set of environmental covariates and is, as such, similar to other multivariate studies that do not control for socioeconomic and demographic factors. Model '2' adds in the demographic and socioeconomic variables, and comparing Model '1' and Model '2' results should reveal the extent of biases that occur when those additional variables are omitted. Finally, Model '3' adds in the child's area of residence – a catch-all variable that reflects the effects of all other unobserved factors whose effects are concentrated at the level of neighbourhood. To better perceive the importance of the various covariates on the probability of having a fever, predicted probabilities were estimated for each child from the full model (Model 3) given the regression odds ratio and the child's own characteristics - the values of the independent

variables. These characteristics were then modified one by one, keeping all other characteristics of the child constant, and the probabilities were recalculated. Thus, for example, predicted probabilities were calculated for all children presuming that they all had piped water in their home, and then again presuming that they relied on outside public sources of water, holding all their other characteristics constant. Mean predicted probabilities were then estimated for the independent variables, revealing the net effects of the variables, and the true relative risk is the ratio of two such predicted probabilities.

IV.3 Results

Table 4.1 presents the logit regression results. In the comments below, the focus is on the estimated effects of aspects of the local living environment. Given the small sample size and the likelihood of considerable intrinsic random variation of children's fever, as expected a good number of the estimated effects were statistically insignificant. For that reason, significance levels are shown to the 10% level (equivalent to the 5% level for one-tailed tests, when justified). The overall estimated effects of the environmental variables were found to be highly robust to changes in model specification. Model 2 estimates, which control for socioeconomic and demographic factors, were seen to be very close to those of Model 1, and often even to those of Model 0 (which are equivalent to simple cross-tabs). The estimated effects of the control variables were, furthermore, mostly small and statistically insignificant, and their limited impact on reports of child fevers in the context of Ouagadougou may underlie this finding. Only the variables for children's age and seasonality were seen to have important significant effects, and those variables should be uncorrelated with the various aspects of the local environment. However, to the extent that the robustness of the estimated effects of the environmental variables to model specification can be generalized to other settings, it suggests that the results of prior studies that did not take into account the effects of other covariates will be largely unbiased.

The estimated effect of drinking water supply, however, became weaker and less significant in Model 3, which adds in the neighbourhood controls, although the odds ratio of having had a fever remained significant at the 5% level (one-tailed test) for children whose water supply comes from public water taps located outside the housing unit versus those with in-home tap water. Yet even in Model 3, the predicted probability that children are reported as having had a fever was 0.45 when their home relied on water from public water taps and protected boreholes located in neighbourhoods, versus 0.35 for those with a tap in their home or courtyard – a relative risk of 1.28.

The results show that children from households that used ‘other’ modes of waste management (dumping waste in a nearby street, burning waste at home or piling it in the yard) had a lower occurrence of fever than those living in households with a waste collection system in place: their Model 3 estimated relative risk was 0.58 (predicted probabilities of having had a fever being 0.261 and 0.459, respectively).

In terms of waste water management, compared with the use of septic tanks, tossing waste water into the street and other such types of elimination were associated with a decreased chance of childhood fever (Model 3 estimated relative risk=0.77; the corresponding predicted probabilities were 0.398 versus 0.514).

Table 4.1: Occurrence of fever according to various characteristics and effects of factors that influence childhood fever in the Ouaga HDSS, 2010

Variables	Frequency (%)	Percent with fever	Model 0 Odds ratio	Model 1 Odds ratio	Model 2 Odds ratio	Model 3 Odds ratio	Model 3 Pred prob (%)
Drinking water supply							
Household taps	17.6	34.8	R	R	R	R	35.3
Public water taps	67.2	46.4	1.96*	1.89*	1.87*	1.57~	45.2
Other sources	15.3	32.2	0.90	1.02	1.11	0.95	34.3
Presence of waste in the household							
Yes	44.7	41.5	R	R	R	R	39.9
No	55.3	42.8	1.06	1.07	1.08	1.17	43.5
Household waste management							
Waste collection system	14.8	39.5	R	R	R	R	45.9
Empty fields	75.0	44.6	1.24	1.06	0.96	0.89	43.3
Other	10.2	29.3	0.66~	0.48~	0.45*	0.38*	26.1
Waste water management							
Septic tanks	18.3	50.4	R	R	R	R	51.4
Street and other	81.7	40.3	0.66~	0.56*	0.58**	0.59*	39.8
Interior flooring							
Tile	5.6	34.8	0.78	0.88	0.94	0.91	40.2
Cement	87.6	42.7	R	R	R	R	42.0
Dirt and other	6.8	43.4	1.17	1.03	0.95	0.98	41.6
Number of people per room							
1-2 people	36.0	41.4	R	R	R	R	40.5
3-4 people	51.5	41.2	0.99	1.08	1.01	1.04	41.5
5 people or more	12.5	48.9	1.35	1.24	1.24	1.36	47.3
Use of mosquito netting							
Yes	34.7	46.3	R	R	R	R	45.8
No	65.3	40.0	0.77*	0.71~	0.75	0.76	39.8
Age of child (full years)							
0 year old	9.6	54.0	R		R	R	54.4
1 year old	27.9	49.6	0.83		0.84	0.85	50.9
2 – 4 years old	62.5	36.9	0.49**		0.46**	0.44**	36.0
Sex of child							
Male	51.8	43.5	R		R	R	43.6
Female	48.2	40.8	0.90		0.89	0.86	40.0
Age of mother							
15-24 years old	22.3	46.0	R		R	R	46.0
25-34 years old	55.6	40.9	0.81		0.75	0.77	40.4
35-49 years old	22.1	41.8	0.84		0.81	0.81	41.5
Mother's educational level							
Never went to school	62.8	42.3	R		R	R	42.1
Went to school	37.2	42.0	0.99		1.00	0.97	41.5
Mother's place of birth							
Ouagadougou and other cities	23.4	47.6	R		R	R	40.4
Rural area	64.5	41.0	1.21		1.16	1.11	42.8
Abroad	12.1	39.3	1.07		1.03	1.04	41.3
Mother's length of residence in the city							
0-4 years	24.7	50.1	R		R	R	40.9
5-9 years	20.6	39.8	1.06		1.04	1.01	41.2
10 years or more	54.7	39.7	0.99		1.10	1.11	43.3
Household standard of living							
Low	43.9	42.5	R		R	R	40.0
Middle and high	56.1	42.0	0.98		1.15	1.15	41.9
Survey period							
February-May	67.8	44.9	R		R	R	44.7
June-August	32.2	37.0	0.72*		0.64*	0.63*	34.8
Child's neighbourhood of residence							
Kilwin	23.0	37.4	R			R	39.3
Nonghin	36.0	45.7	1.41			1.10	41.6
Tanghin	15.3	34.7	0.89			0.87	36.3
Polesgo	7.2	19.8	0.41*			0.37~	20.6
Nioko-2	18.3	55.8	2.11**			2.05*	55.7
Total	100	42.2	825	825	825	825	825
Number of clusters (households)				648	648	648	648
Log of likelihood				-543.80673	-530.56127	-518.52887	
R² (Nagelkerke)				0.0321	0.0557	0.0771	
Wald statistic (probability)					22.30	4.70	
					(0.0044)	(0.0030)	

Note: Results are weighted. ** Significant at 1 %; * Significant at 5 %; ~ Significant at 10 %. R denotes to the reference category. Model 0 considers the gross effect of each independent variable. Model 1 presents the estimated effects of all the environmental variables by themselves. Model 2 includes all the demographic and socio-economic variables, in addition to the environmental variables of model 1. Model 3 integrates all variables in Model 2 with the child's area of residence. The crude results are obtained by performing a logistic regression between the occurrence of fever and each independent variable. The predicted probabilities are calculated from Model 3.

The estimated effects of the presence of waste in the household and a greater household density, measured by the number of people per room, were associated with a higher likelihood of reported child fevers, as expected. Type of flooring was seen to have little association with fevers. The estimated effects of the other variables related to the domestic environment were not statistically significant, although at times the estimated odds ratios were relatively sizable. Children who did not sleep under a mosquito net the night prior to the survey had a lower reported occurrence of fever.

Two other variables in the regressions reflect aspects of the local context: seasonality and neighbourhood of residence. The occurrence of fever was found to be considerably lower in the humid summer (June to August: predicted probability=34.8) than in the very hot, dry and dusty spring (February to May: predicted probability=44.7).

The child's neighbourhood of residence was at times strongly associated with reports of fever. The effect of the child's neighbourhood of residence was largely persistent, suggesting that the effect is other than those variables in the regression (or which are poorly measured in the regression).

IV.4 Discussion and Conclusion

The objective of this article was to analyse the relationships between immediate environment and reported fevers among children in areas monitored by the Ouaga HDSS. One of the strengths of the study is the inclusion of recognized control variables from the literature known to have an effect on health, allowing more precise assessment of the true effects of the environment on childhood fever. In addition, information collected on the local environment is somewhat more extensive than in the usual surveys (DHSs), and the fact that three of the co-authors spent much time working in the Ouaga HDSS study areas provides them with insight on how to interpret the findings. In contrast, weaknesses of this analysis include the relatively small sample size and the limited number of neighbourhoods in the same city, which reduces the range of contextual and socioeconomic diversity, and makes it impossible to use a multilevel analytical approach (Mohnen et al., 2011). It should also be noted that children's fevers were

reported by mothers and were not medically verified. As a result, it is possible that some estimates are biased by systematic reporting errors; this is likely to have occurred for mother's schooling in particular, as other studies have indicated that better educated mothers are more likely to report health problems compared with others (Hobcraft, 1997; Al-Eissa et al., 2000).

The results show that the estimated effects of aspects of the living environment persist at roughly the same level, even after controlling for socioeconomic and demographic variables. However, the estimated effect of water source decreased to some extent in the presence of demographic, socioeconomic and especially neighbourhood variables, while the effect of household waste management increased. If this finding of the overall robustness of the effects of environmental variables to model specification can be generalized to other contexts, it suggests that the results of previous studies that did not control for other covariates may not be all that biased. That said, it may also be the case that the study areas are simply too homogenous or that some key socioeconomic variables are too crudely measured to allow for their effects to be fully captured.

Along the same lines, Kojima (2006) reported a decreasing estimated effect of access to clean water in the context of Asian countries. These results are also similar to those found by Dos Santos et LeGrand (2007) for Ouagadougou, although their analysis focused on child mortality for which the causes are still more multifactorial. Although classified as potable, water from public pumps may be easily contaminated between the time it leaves the tap and the time it is consumed, depending on the methods used for transport and storage (Dos Santos, 2006; Lavie et El-Tayib, 2014). In this regard, other research has revealed that the health benefits of providing a safe water source diminish with the distance between the source and the home (Prost, 1996; Dos Santos, 2012). In Bangladesh, for example, a study estimated that when the distance between a clean water source and residence exceeds 200 metres, the health impact ceases to be measurable (Prost, 1996). The use of contaminated water in food preparation may also cause illness (Dégbey et al., 2008). However, the size of the effect of water source on child health remains controversial in the literature for methodological reasons (Dégbey et al., 2008). With a myriad of mechanisms at play, along with multiple data sources (DHSs, MICS surveys, epidemiologic surveys, etc.) and diverse analytical approaches (descriptive analyses, logistic

regressions, survival analyses, etc.), unambiguous conclusions are hard to attain (Dos Santos et LeGrand, 2007).

The results of the present study indicate that children from households who use ‘other’ modes of waste management (dumping waste in a nearby street, burning waste at home or piling it in the yard) have a lower occurrence of fever. This unexpected finding raises questions about the effectiveness of private and public waste collection systems, as well as the pre-collection system in the context of Ouagadougou. Although the town council has issued waste bins, these are often filled to the brim and waste collects around them. Stray domestic animals often spread waste around the bins and unsupervised children may also play inside of them (Traoré, 2007). For the most vulnerable children, this may be the reason why a formal waste collection system does not translate into less fever and illness. When there is no formal system of waste collection, waste is usually promptly – often on a daily basis – incinerated in the yard, before children are exposed to pathogens (Dos Santos et LeGrand, 2007). When formal waste collection systems are in place, the waste is instead more likely to sit and fester, with children living in the surrounding areas being exposed to the unhygienic mess. This finding serves to underscore the complexities involved in measuring the health risks of characteristics of the local environment, as well as the difficulties involved in ‘modernizing’ waste management in ways that lead to a more hygienic domestic setting.

Using the street and other such types of waste water elimination is associated with a decreased chance of childhood fever compared with the use of septic tanks. This result again runs contrary to those found by other studies, in which a positive effect was discovered for septic tanks on child health (Koffi-Tessio (2004); Barreto et al. (2011); although see Dos Santos et al. (2014), for similar findings in Dakar). From the authors’ knowledge of the local context, they can offer several reasons that may explain this finding. Septic tanks built in informal areas are often made of poor materials that quickly degrade. These septic tanks are rarely properly covered with concrete slabs, but rather with scraps of sheet metal or wood, allowing them to flood easily into the yard where the children play. Poorly closed septic tanks can, moreover, provide a moist environment even during the dry season, leading perhaps to a greater proliferation of mosquitoes. In addition, septic tanks are sometimes secretly emptied at night into public roads,

in violation of both the law and good hygiene (SHADYC-GRIL, 2002; Sy et al., 2011; Atta Koffi et Téré, 2013). During the rainy season, the contents of poorly constructed septic tanks can seep into the ground water, risking the contamination of drinking water and the food supply at home (SHADYC-GRIL, 2002; Sy et al., 2011).

Children who did not sleep under a mosquito net the previous night had a lower reported occurrence of fever, another counter-intuitive result that has been reported elsewhere (Diallo et al., 2012). If true, it may be the case that mosquito nets are positively correlated with an elevated presence of mosquitoes around the home and thus to an often higher exposure to mosquito-borne diseases (Aikins et al., 1994; Pulford et al., 2011). From the authors' knowledge of the local context, several plausible reasons are offered for these findings: why, for example, the use of bed nets may not be associated with fewer mosquito bites and a lower reported incidence of fever, or why the use of septic tanks may result in a more fevers among young resident children. More generally, these results seem to support the notion that the variables commonly used to operationalize aspects of the local environment may poorly capture the underlying complexity of the various environmental risks faced by children in the urban African context. Thus, for example, bed net use may be a proxy for the presence of mosquitoes (Yohannes et al., 2000), and poorly constructed and maintained septic tanks may represent a nearby source of contamination and a breeding ground for mosquitoes. These findings indicate the need to develop better, more refined data collection tools (e.g. Sory (2013)) and for methodological approaches to more accurately assess the myriad factors at play in studies on environmental threats to health.

The results indicate that the occurrence of fever is higher in children during February to May, a hot and dusty period of the year that is known to be favourable to respiratory diseases (Sorge et al., 2007; Carnevale et al., 2012). During this dry season, the significant proportion of fevers may not be malarial, but rather related to other infectious diseases such as typhoid fever (Swoboda et al., 2014).

An intriguing finding of this study is the enduring importance of the neighbourhood in which the child resides on their health, even after the full set of environmental, socioeconomic and

demographic variables are taken into account. Even in the Model 3 regression, the neighbourhood variables remained jointly significant at the 1% level, and the predicted probabilities of a child being reported as having had a fever ranged from 0.206 in Polesgo to 0.557 in Nioko-2. Using data from the same survey, Peumi (2012) similarly found persistent effects of area of residence in his study of skin and eye disorders (see also Browning et Cagney (2002)). This persistence of neighborhood effects suggests that other factors whose effects are geographically concentrated remain omitted from the analysis.

One such factor is access to both preventive and curative health care services – services that are highly correlated to area of residence and mostly present in the formal zoned study neighbourhoods. That factor, however, cannot fully explain the observed neighbourhood effects, as the largest difference in reported child fevers occurs between two spontaneous slum neighbourhoods that are both largely bereft of public health services (Polesgo and Nioko-2). Other aspects of context are also likely to underlie these findings. Polesgo, for instance, has a relatively low population density compared with the other study zones (Dos Santos et al., 2011), and that may result in a lower intensity of environmental contamination from the disposal of household waste and sewage. To some extent, place of residence may also be capturing the effects of imperfectly measured variables in the regressions, such as the fact that richer formal neighbourhoods tend to have better functioning septic tanks or more regular, frequent public (or private) waste disposal. That said, it is too simple to describe differences between formal and spontaneous slum neighbourhoods as being simply rich versus poor. For example, in Ouagadougou, it is not uncommon for relatively wealthy young households to choose to move into a spontaneous neighbourhood as part of a longer-term strategy to acquire land and property (Rossier et al., 2011; Dos Santos et LeGrand, 2013). Thus, while important social class differences do exist between neighbourhoods, there remains considerable diversity within the areas. Lastly, certain factors such as inter-ethnic relationships, local social networks and community support can vary from neighbourhood to neighbourhood, and these can also play a role in child health outcomes (Mohnen et al., 2011). In any case, the finding of persistent effects of place of residence on child fevers merits further study, and again points to the need to devise

better measures of environmental characteristics of the local living area that are more appropriate to capturing threats to health.

To conclude, this study highlighted the importance of several aspects of the immediate environment on the occurrence of childhood fever in Burkina Faso. These results call out for more efforts to promote access to tap water for households at prices that are affordable by the local population, in particular in Nioko-2, where threats to child health appear to be greatest. The study suggests therefore the need for the municipal government to review their public health policies to render them more effective for promoting child health and survival.

Acknowledgments

Financial support was received from the Population and Health in Sub-Saharan Africa Program, funded by the Bill & Melinda Gates Foundation, and thanks are also due to the *Laboratoire Population, Environnement et Développement of the Institut de Recherche pour le Développement* (France) and to the University of Montreal for support, and to the *Institut Supérieur des Sciences de la Population of the Université de Ouagadougou* for providing access to data from the Ouagadougou Health and Demographic Surveillance System. The authors also thank Clementine Rossier, Solène Lardoux and Valery Ridde for their comments.

Chapitre V : Influence des facteurs environnementaux et démographiques dans la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants dans cinq quartiers périphériques de Ouagadougou - Burkina Faso (Article 3)

Influence of environmental and demographic factors in the co-occurrence of diarrhea and childhood fever in five neighbourhoods of Ouagadougou (Burkina Faso)

Article publié dans les *Cahiers Québécois de Démographie* (printemps 2015) 44, 1 : 35-64.

Franklin BOUBA DJOURDEBBÉ*†, Stéphanie DOS SANTOS†‡, Thomas K. LEGRAND* et Abdramane Bassiahi SOURA‡

*Département de démographie, Université de Montréal, Canada, †Laboratoire Population-Environnement-Développement-LPED (IRD-AMU), Marseille, France et ‡ISSP, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, †Institut de Recherche pour le Développement de Ouagadougou.

Contribution de l'étudiant (auteur principal) et des coauteurs

L'étudiant a choisi le sujet et a réalisé toutes les étapes de l'article. Il a également décidé de l'approche méthodologie de l'article.

Stéphanie Dos Santos et Thomas K. LeGrand ont révisé de manière critique toutes les versions de l'article.

Abdramane Bassiahi Soura a contribué à réviser les versions initiale et dernière de l'article.

Résumé : La co-occurrence des symptômes est un problème de santé publique dans plusieurs pays en développement. Faute de données appropriées, on dispose de très peu de données probantes entre co-occurrence des symptômes, environnement et facteurs démographiques. L'article recourt aux données sur cinq quartiers de l'Observatoire de population de Ouagadougou pour examiner l'influence des facteurs environnementaux et démographiques dans la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Les analyses multivariées basées sur des modèles logit ordonné montrent que les effets de l'environnement et des facteurs démographiques sont plus importants sur la diarrhée ou la fièvre simple que sur la diarrhée et la fièvre combinées. Les analyses révèlent également que l'insalubrité du ménage, la nature du sol extérieur et l'âge de l'enfant sont des facteurs importants de co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants.

Mots clés : co-occurrence des symptômes, eau, assainissement, enfant, ville et Afrique.

Summary: Co-occurrence of symptoms is a public health problem in many developing countries. In part due to a lack of appropriate data, there is little evidence of linkages between co-occurrence of diarrhea and fever, and environmental and demographic factors. We use data on the five neighbourhoods followed by the Ouagadougou-Health and Demographic Surveillance System to examine the influence of environmental and demographic factors on observing the co-occurrence of diarrhea and fever. Multivariate ordered logit models show that the effects of environmental and demographic factors are more important on diarrhea or fever than diarrhea and fever. The effect of unhealthiness of household on co-occurrence of diarrhea and fever is constant regardless of the value taken by the sex of the child. The results of the analysis also show that the unhealthiness of household, the nature of the ground outside, and the child's age are important factors for co-occurrence of diarrhea and fever in children.

Keywords: co-occurrence of symptoms, sanitation, child, city and Africa.

V.1 Introduction

Les dangers environnementaux auxquels les populations sont soumises se sont considérablement accrus au cours des dernières décennies (Ozer et Perrin, 2014). Divers facteurs de l'environnement immédiat⁵⁰ combinés à des conditions sociales et économiques précaires exposent les populations à de nombreux problèmes de santé (infections respiratoires aiguës, paludisme, diarrhée, etc.) (Fobil et al., 2011; Walker et al., 2013). On estime ainsi que 24% de la charge mondiale de morbidité et 23% de tous les décès sont imputables aux facteurs environnementaux, notamment dans les pays du Sud aux conditions d'accès à l'eau, à l'assainissement et à l'hygiène, à la pollution de l'air à l'intérieur des habitations (utilisation de combustibles solides) mais également à la pollution atmosphérique urbaine (WHO, 2010).

La croissance de la population dans les grandes villes d'Afrique a conduit à la croissance rapide de quartiers informels, aussi appelés bidonvilles (Fink et al., 2014). Dans la plupart des villes africaines, on estime entre 40 et 70% la proportion de la population vivant dans ce type de quartiers (UN-Habitat, 2014). Le développement des bidonvilles pose des défis considérables à la santé en milieu urbain (Sverdlik, 2011). Les enfants de ces quartiers sont plus vulnérables à la morbidité et à la mortalité que les enfants résidant dans les quartiers plus aisés de la ville (Egondi et al., 2013; Fink et al., 2013). À Nairobi, la capitale du Kenya, la mortalité des enfants est 2,5 fois plus élevée dans les bidonvilles que dans d'autres quartiers de la ville, et parfois même plus élevée que celle des enfants vivant en milieu rural (Kimani-Murage et al., 2011). Dans une étude menée sur 18 pays d'Afrique subsaharienne, Bocquier et al. (2011) ont constaté que l'avantage de vivre en milieu urbain généralement observé jusqu'à présent est considérablement réduit voire inversé, même après avoir contrôlé les facteurs socio-économiques et démographiques classiques de la mortalité infantile. Des résultats similaires ont également été obtenus par Van de Poel et al. (2009). Toutefois, le fait

⁵⁰ Ensemble de facteurs au niveau du ménage (lieu de résidence, conditions de vie et d'habitat, etc.) dont l'exposition pourrait entraîner des effets négatifs sur la santé des enfants.

que les habitants des bidonvilles aient des indicateurs de santé moins favorables par rapport aux habitants du milieu rural reste aujourd'hui largement controversé (Günther et Harttgen, 2012). Gunther et ses collègues (2012) ont abouti à la conclusion selon laquelle les taux de mortalité des enfants ne sont pas beaucoup plus élevés dans les bidonvilles que dans les zones rurales, ce qui contredit certains résultats des études antérieures. Le risque sanitaire plus élevé dans des bidonvilles serait ainsi compensé par d'autres facteurs, comme un meilleur accès aux services de santé en milieu urbain, par rapport aux zones rurales (Günther et Harttgen, 2012; Fink et al., 2014).

Il n'en demeure pas moins qu'il existe une corrélation évidente entre les risques sanitaires liés à l'environnement et la croissance rapide des villes (McMichael, 2000; Fink et al., 2014). Avec des migrations massives vers les villes, l'Afrique s'urbanise plus rapidement que le reste du monde⁵¹, et sa population devrait devenir majoritairement urbaine en 2030 (UN-Habitat, 2014). Cette croissance accélérée est surtout la résultante de la pauvreté rurale et d'un niveau de fécondité qui reste encore soutenu dans les zones urbaines (McMichael, 2000). L'urbanisation en Afrique s'accompagne dans certains quartiers de conditions de vie et d'habitat parfois proches de celles de celle des milieux ruraux (Fobil et al., 2011). Ainsi, les enfants sont-ils soumis à des risques environnementaux de diverse nature, qu'il s'agisse de la précarité des logements, des densités de population élevées, de la contamination de l'eau de boisson, ou de l'insuffisance de l'hygiène des milieux de vie (Keiser et al., 2004).

L'un des signes de la situation sanitaire dans ce contexte est l'apparition de symptômes multiples de maladie chez les jeunes enfants (Becker et al., 1991; Mosley et Becker, 1991; Fenn et al., 2005). L'apparition de deux symptômes est reconnue comme un problème important de santé publique dans les pays du Nord (Van Oostrom et al., 2012). La non disponibilité de données fiables pour évaluer l'ampleur réelle de l'apparition de deux symptômes chez l'enfant représente un frein pour mener ce type d'analyse dans les pays en développement (Fenn et al., 2005). Dans la majorité des cas, les études utilisent les données

⁵¹ La croissance annuelle de la population urbaine en Afrique sub-saharienne est de 3,4 % en moyenne contre 1,1 % pour l'ensemble de la population mondiale. NATIONS UNIES. 2014. Situation de la population mondiale en 2014. Rapport concis. New York, Nations Unies, 40 p.

sanitaires et administratives, et rarement des données issues d'enquêtes en population générale. De ce fait, ces études sont sujettes à des biais de sélection, puisque certaines maladies sont plus fréquentes chez les personnes en quête de soins que dans l'ensemble de la population (Valderas et al., 2009). Également, la littérature porte davantage sur la psychopathologie que sur les maladies infectieuses infantiles (Connor et al., 2003; Mulholland, 2005), bien qu'il existe quelques études portant sur l'association entre la pneumonie et d'autres maladies (Williams et al., 2002; Fenn et al., 2005). Or, les statistiques sanitaires de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) estiment que la diarrhée et la fièvre contribuent à plus de 25% aux causes de décès des enfants de moins de 5 ans en 2010 (OMS, 2012). En ce sens, ces deux symptômes sont particulièrement pertinents à prendre en compte pour étudier l'état de mauvaise de santé des enfants et les facteurs de l'environnement associés à ce mauvais état de santé.

Un symptôme de maladie peut être associé à la présence de nombreux autres symptômes traduisant ainsi sa gravité ; ce que nous désignons par le concept de co-occurrence. L'analyse de l'occurrence de deux symptômes s'avère toutefois complexe et soulève des problèmes conceptuels dans la mesure où plusieurs causes possibles peuvent être identifiées (Lopez et al., 2006). Par exemple, concernant le paludisme, la fièvre élevée qui en est le principal symptôme, peut également être accompagnée par une diarrhée. De la même manière, les maladies diarrhéiques sévères sont généralement associées à une fièvre, l'exemple le plus typique étant la fièvre typhoïde. Toutefois, une diarrhée et une fièvre peuvent être concomitantes sans qu'il n'y ait de lien entre ces deux symptômes, la première pouvant résulter d'une infection intestinale alors que la seconde peut apparaître d'un fait d'une blessure mal soignée. Également, la chronologie de l'apparition de ces symptômes peut-être multiple : ces différents symptômes peuvent être concomitants ou apparaître successivement, ce qui complexifie l'analyse à partir de données en population générale.

La question de la co-occurrence des maladies reste tout particulièrement peu examinée du point de vue de la démographie. Certains facteurs socio-démographiques peuvent ainsi jouer un rôle déterminant dans la résistance de l'individu face aux risques environnementaux ou encore dans son exposition à ces risques. Les effets de l'environnement, par exemple,

pourraient varier systématiquement selon l'âge ou encore le sexe (LeGrand et Mbacké, 1995; Dabiré, 2002; Pongou, 2013).

L'identification des facteurs en jeu dans l'apparition de ces symptômes pourrait ainsi guider la hiérarchisation des interventions de santé publique pour réduire la mortalité infanto-juvénile. Aussi, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de l'environnement immédiat et des facteurs démographiques sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre, deux problèmes de santé importants chez les enfants en Afrique à partir des données issues de cinq quartiers périphériques de Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso. Après l'exposé du cadre conceptuel, nous présenterons les données et la méthode d'analyse utilisées, puis les principaux résultats que nous discuterons avant de conclure en dernière section.

V.2 Cadre conceptuel

Plusieurs types de facteurs de l'environnement peuvent influencer la santé des populations. Mosley et Chen (1984) ont été parmi les premiers à conceptualiser les facteurs environnementaux comme des déterminants proches de la santé, puisqu'ils influencent directement les risques de contamination (Dos Santos et al., 2014). Les facteurs de l'environnement, comme l'accès à l'eau de boisson potable, l'assainissement et l'hygiène sont associés à la diarrhée et à la fièvre isolément (Curtis et al., 2001; Dos Santos et al., 2014). Une étude réalisée à Yaoundé (Cameroun) a montré que l'occurrence de la diarrhée baisse de plus de la moitié dans les ménages salubres, et augmente à l'opposé avec les conditions de promiscuité dans le logement (Banza-Nsungu, 2004). L'insalubrité des lieux est à l'origine de la prolifération des vecteurs d'agents pathogènes (Fobil et al., 2011). En déposant les œufs dans les matières fécales, les mouches peuvent véhiculer des germes pathogènes, contaminer directement l'eau de boisson et les aliments (Ellis et al., 1993). D'autres études suggèrent des liens entre les matières fécales des porcs et la diarrhée de l'enfant (Curtis et al., 2001; Schémann, 2006). Les sabots des animaux qui piétinent les matières fécales peuvent répandre les germes pathogènes dans l'ensemble de l'enceinte de la maison. Les enfants qui jouent avec la terre contaminée par les matières fécales peuvent ingérer des germes pathogènes (Curtis et al., 2001). Les petits ruminants, par le biais de leurs

excréments, peuvent ainsi constituer un risque sanitaire en disséminant des agents infectieux dans l'espace domestique.

Par ailleurs, un nombre croissant d'études mettent en exergue l'effet du quartier sur la santé (les populations ayant une mauvaise santé seraient celles exposées à des facteurs de risque dans le quartier) en milieu urbain (Potvin et al., 2002). Cet effet est très souvent lié aux ressources du quartier (contexte d'accès aux soins et qualité des services urbains notamment), à l'influence des réseaux sociaux (parents, pairs, etc.), mais également à la perception que les résidents ont de leur quartier (Diez Roux et Mair, 2010). L'effet de quartier peut être positif ou négatif dépendamment de la nature du quartier (favorisé ou défavorisé) (Galster, 2012; Fink et al., 2014). De nos jours, bien qu'il soit possible de dégager des corrélations entre la composition des quartiers et des comportements spécifiques, il reste encore difficile d'identifier les effets de causalité éventuels ou de distinguer de manière précise si ces effets sont imputables au quartier ou à d'autres déterminants socio-économiques (Galster, 2012), malgré le développement de la modélisation des multiniveaux. Dans cette étude, nous avons directement les informations sur les facteurs de l'environnement immédiat, le quartier de résidence captera ainsi les effets des autres facteurs tels que le contexte d'accès aux soins et la qualité des services urbains.

Parmi les déterminants de la santé de l'enfant, les facteurs démographiques revêtent une importance considérable. L'âge, par le fait que l'organisme de l'enfant devient plus robuste en grandissant, et le sexe de l'enfant peuvent agir sur la résistance de l'enfant contre la maladie et aussi affecter son exposition au risque d'infection. En général, les enfants de 6 à 23 mois sont les plus vulnérables par rapport aux enfants de 36 mois ou plus (Mokori et al., 2013). Certains symptômes comme les diarrhées atteignent un pic pendant le second semestre suivant la naissance, lorsque les aliments supplémentaires sont introduits pour décliner ensuite avec l'âge, compte tenu d'une immunité suscitée par l'exposition répétée aux germes pathogènes (MacRitchie et al., 2013). Par ailleurs, à cause de facteurs biologiques, les garçons sont plus vulnérables à la naissance (Brucker-Davis et al., 2011). La résistance des enfants aux agressions des maladies dépend également du comportement

social à l'égard des garçons et des filles et des différences biologiques (Locoh, 1986; LeGrand et Mbacké, 1995).

Plus récemment, une étude a observé une mortalité systématiquement plus élevée chez les garçons que chez filles pouvant traduire une différence d'attitude des adultes selon le sexe de l'enfant (Boco, 2013). Toutefois, les différences biologiques entre les sexes deviennent négligeables lorsque les politiques et institutions des pays sont de bonne qualité (Kuaté Defo, 2013). Dans de nombreuses sociétés en Afrique de l'Ouest, une préférence est culturellement accordée aux garçons pour l'allaitement, l'alimentation et les soins de santé, au détriment des filles, en cas de maladie (Arnold, 1992; Ferry, 2007). Par contre, en Afrique de l'Ouest dans son ensemble, les filles ne sont pas défavorisées en matière de vaccinations du fait que la vaccination est souvent faite par de grandes campagnes (Ferry, 2007), indépendamment de la volonté des familles. Au Burkina Faso, la préférence sexuelle tire son origine de l'organisation sociale, patrilinéaire et patrilocale (Mazzocchetti, 2007). Cependant, certaines pratiques en matière d'alimentation ou d'allaitement ne sont pas consciemment discriminatoires, mais répondent au souci de parer aux problèmes chez un enfant (par exemple, enfant plus petit) (Trussell et al., 1989). Les différences entre filles et garçons sont plus marquées et obéissent à un paradoxe en milieu urbain au Burkina Faso : on y vaccine plus les filles, elles sont mieux allaitées, on les nourrit mieux, mais elles sont moins bien soignées (Dabiré, 2002) ; aussi la littérature ne fait pas état d'une surmortalité des filles (Ferry, 2007; Soura, 2009). Les dernières données de l'enquête démographique et de santé montrent par ailleurs une absence de différence entre la couverture vaccinale des garçons et des filles : 82% des garçons reçoivent des vaccinations contre 81% des filles, une différence statistiquement non significative (INSD et ICF International, 2012).

Pour des raisons comportementales, les études sur les déterminants sociaux de la santé montrent que l'âge de la mère peut également influencer la santé de l'enfant (Mosley et Chen, 1984; Marmot et al., 2008). Les mères jeunes, moins expérimentées, peuvent avoir un comportement inadapté en matière de soins de santé et de nutrition (LeGrand et Mbacké, 1995). En matière de santé, les femmes chefs de ménage semblent investir plus de

ressources, de temps et de soutien émotionnel dans leur progéniture et la famille par rapport aux autres femmes (Adjibade, 2004).

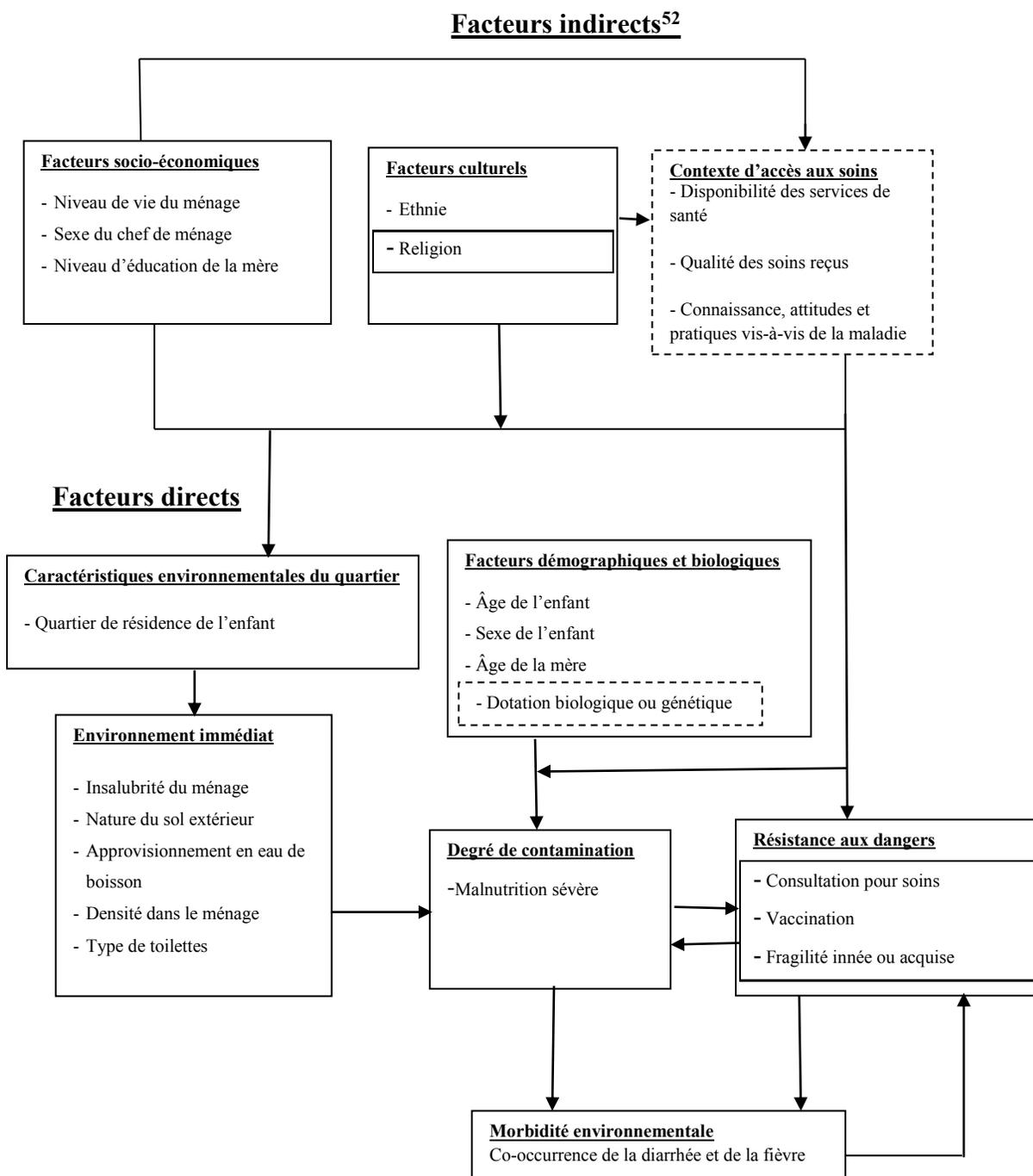
De nombreux facteurs socio-économiques constituent d'autres déterminants clés de la santé de l'enfant, tels que le niveau de vie du ménage ou l'éducation de la mère. Une littérature abondante établit des liens entre l'éducation de la mère et la santé de l'enfant (Caldwell et McDonald, 1982; Desai et Alva, 1998). Les mécanismes d'action de l'éducation de la mère sont multiples. Une mère éduquée a une autonomie accrue et peut rompre avec certaine tradition peu favorable à la santé (Caldwell et McDonald, 1982). Elle peut également prendre des dispositions pour assurer la salubrité du ménage, améliorer l'hygiène, l'alimentation et intervenir dans les décisions de la famille concernant les soins de santé (Kuaté Defo, 1997).

Enfin, les facteurs socio-culturels (ethnie, religion) qui régissent les normes, valeurs et croyances de l'individu peuvent influencer les pratiques d'allaitement et de sevrage, les représentations vis-à-vis de la maladie (esprits et génies reconnus comme responsables de maladies) ainsi que le traitement des maladies (Gyimah, 2002). C'est ainsi que certaines mères d'enfants malnutris pensent que la viande et le poisson provoquent des troubles de la digestion (Cantrelle et Locoh, 1990; Muke, 2003). À Ouagadougou, ces croyances varient d'une ethnie à l'autre, malgré l'influence des brassages ethniques et l'occidentalisation de la typologie alimentaire (Somda, 1995).

La figure 5.1 présente le schéma conceptuel, inspiré du cadre de Mosley et Chen (1984) et de Dos Santos et al. (2014), qui nous guide pour l'analyse de la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Le schéma conceptuel distingue deux grands niveaux de facteurs : les facteurs directs et indirects. Notre hypothèse est que l'insalubrité du ménage a un effet en même temps sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre, deux symptômes de maladie importants chez les enfants à Ouagadougou. Ces deux symptômes (diarrhée et fièvre) constituent des problèmes de santé environnementale à Ouagadougou : environ 20% d'enfants de moins de 5 ans ont eu de la fièvre au cours des deux semaines précédant l'enquête et 18% ont eu la diarrhée (INSD et ICF International, 2012). La diarrhée et la fièvre sont étroitement liées à l'environnement immédiat reconnu dans la littérature. De

nombreuses études font déjà état de l'effet des facteurs environnementaux sur la diarrhée et la fièvre prises isolément (Curtis et al., 2001; Bouba Djourdebbé et al., 2014; Dos Santos et al., 2014) ; on s'attend à ce qu'un effet similaire soit observé sur la co-occurrence de ces deux symptômes de maladie.

Figure 5.1 : Schéma conceptuel pour l'analyse de la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre



⁵² Les variables dans la case en pointillés ne sont pas testées dans l'analyse.

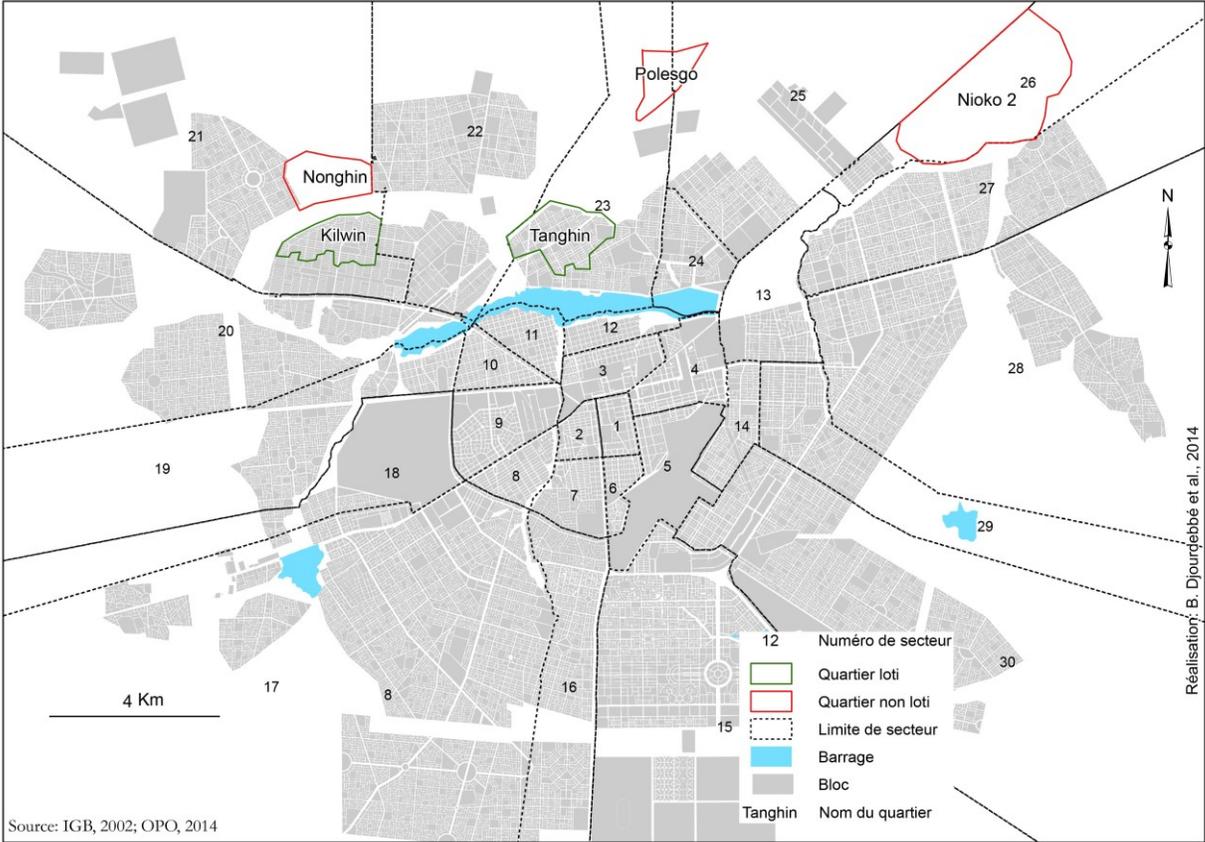
V.3 Données et méthodes d'analyse

V.3.1 Contexte et données

Ouagadougou est une capitale africaine caractérisée par une forte croissance démographique du fait combiné d'une croissance naturelle soutenue, et surtout d'un solde migratoire important (Soura, 2009). La population de Ouagadougou pourrait ainsi atteindre trois millions en 2020, soit deux fois plus qu'au moment du dernier recensement en 2006 (Boyer, 2010). La difficulté à gérer cette croissance démographique rapide s'illustre par une insuffisance d'infrastructures et d'accès aux services urbains de base (santé, électricité, accès à l'eau, assainissement, habitat, etc.) pour une part non négligeable de la population. Ainsi, à Ouagadougou, Boyer (2010) estime que près de 35% des ménages vivent dans des quartiers informels, appelés communément à Ouagadougou "non lotis", caractérisés par une absence d'accès aux services urbains de base.

Dans cet article, l'analyse repose spécifiquement sur les données recueillies dans le cadre de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO) (Rossier et al., 2012). Depuis 2008, l'OPO suit environ 85 000 personnes résidant dans cinq quartiers périphériques au Nord de la ville : deux quartiers formels, lotis (Kilwin, Tanghin) et trois quartiers non lotis (Polesgo, Nonghin, Nioko 2) (carte 5.1). L'OPO fournit des données permettant d'approfondir des thématiques variées, dont la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants. Ainsi, une enquête réalisée de mai à décembre 2009 auprès de l'ensemble des ménages suivis a recueilli de l'information sur les conditions de vie et d'habitat en plus des données démographiques et socio-économiques. Une enquête sur la santé et le recours aux soins réalisée de février à août 2010 a également complété cette base de données. L'échantillon portait ici sur 950 enfants de moins de cinq ans. Cet échantillon a été tiré de façon aléatoire et représentatif de tous les enfants de l'OPO. Le questionnaire a notamment collecté des informations sur la survenue de la fièvre, de la diarrhée au cours des deux semaines précédant l'enquête. Des mesures anthropométriques ont également été réalisées auprès de ces enfants.

Carte 5.1 : Les zones de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO)



V.3.2 Variables

Dans cette étude, nous définissons le concept de co-occurrence comme l'apparition déclarée d'une fièvre et d'une diarrhée au cours des deux semaines précédant l'enquête. Aussi, la survenue de ces deux symptômes n'est pas nécessairement concomitante dans une période de temps courte (quelques heures), comme généralement entendu⁵³. Pour capter la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre, nous avons défini une variable dépendante à trois modalités : 1) aucun symptôme, 2) un seul symptôme (fièvre ou diarrhée) et 3) deux symptômes (fièvre et diarrhée).

La définition et la distribution des variables utilisées dans les régressions sont présentées dans les premières colonnes du tableau 5.1. En raison de la petite taille de l'échantillon, une méthode d'analyse factorielle a été utilisée pour sélectionner les variables pertinentes à inclure dans les analyses explicatives (voir Dos Santos et al. (2011) pour plus de détails). Les variables indépendantes incluses dans l'analyse sont présentées dans le tableau 5.1. Les variables relatives à l'environnement sont l'insalubrité dans le ménage, la nature du sol extérieur⁵⁴, l'approvisionnement en eau de boisson et la densité de population dans le logement. L'insalubrité du ménage a été mesurée par un indicateur composite considérant la présence des ordures dans le ménage et aux alentours, la gestion des ordures ménagères et des eaux usées, et la présence de petits ruminants dans la concession. Les modalités de ces variables ont d'abord été ordonnées selon un score, et ont été ensuite soumises à une analyse en composantes principales. Enfin, une analyse de classification par la méthode des nuées dynamiques a été effectuée sur la part de la variance expliquée par la première composante, ce qui a conduit à construire l'indicateur d'insalubrité du ménage à trois modalités : salubre, moyennement salubre et insalubre. La nature du sol extérieur a été regroupée en trois modalités : pavé ou ciment, terre et autres (bouse, bois ou autres végétaux). L'approvisionnement en eau de boisson a été regroupé en trois modalités : robinet à l'intérieur du logement ou dans la concession, borne-fontaine et autres sources (vendeurs

⁵³ Dans notre échantillon, à peine 10 % des cas de diarrhée était accompagnée de fièvre.

⁵⁴ La variable "nature du sol intérieur" a été testée. Les résultats n'étant pas significatifs (non montrés), cette variable n'a pas été incluse dans les modèles de régression présentés ici.

ambulants, rivière, etc.). La densité de population dans le logement a été obtenue en rapportant l'effectif total des résidents du ménage au nombre de pièces habitables dont dispose le logement. Les rapports ainsi obtenus ont été regroupés en deux modalités : 1 à 2 personnes par pièce, et 3 personnes ou plus par pièce. Pour éviter les faibles effectifs, le type de toilette⁵⁵ a été regroupé en deux catégories : n'a aucun système d'assainissement (majoritairement la nature) et a un système d'assainissement (toilettes à chasse d'eau et latrines).

Les cinq quartiers de l'OPO correspondent aux différentes modalités du quartier de résidence de l'enfant : Kilwin, Tanghin (quartiers lotis), Polesgo, Nonghin et Nioko 2 (quartiers non lotis). Kilwin a été choisi comme modalité de référence en raison de ses meilleures caractéristiques (infrastructures, assainissement, eau) par rapport à Tanghin (un quartier loti dégradé). Quatre variables démographiques pouvant être associées à la variable dépendante à l'étude ont été retenues : le sexe du chef de ménage, l'âge de la mère pendant l'enquête ainsi que le sexe et l'âge de l'enfant pendant l'enquête. Les variables démographiques, celles relatives à l'environnement, ainsi que le quartier de résidence⁵⁶ de l'enfant constituent les variables explicatives d'intérêt. D'autres variables telles que le niveau d'éducation de la mère, le niveau de vie du ménage, l'ethnie et la malnutrition sévère ont été utilisées comme variables de contrôle compte tenu de leur rôle avéré sur l'état de santé des enfants.

L'indicateur du niveau de vie inclut les caractéristiques de l'habitat (les matériaux de construction du mur et du toit), ainsi que les biens d'équipement du ménage (disposition de l'électricité et possession du téléphone, d'une radio, d'un téléviseur, d'un réfrigérateur, d'un vélo, d'une motocyclette et d'une voiture). Une analyse en composantes principales a été effectuée sur ces variables choisies pour obtenir une première composante retenue comme

⁵⁵ La variable type de toilettes non discriminante a été essentiellement prise en compte dans le troisième article suite à la suggestion de la revue.

⁵⁶ Le quartier de résidence (Kilwin, Tanghin, Polesgo, Nonghin et Nioko 2) a été préféré par rapport à la variable type de lotissement (quartier loti ou non loti) parce qu'il offre plus d'intérêt de par le nombre de ses modalités. Il permet d'aller au-delà de la dichotomie classique entre les quartiers lotis et non lotis (cf. Dos Santos et al., 2011).

indicateur de niveau de vie. La malnutrition sévère a été définie en suivant les normes de l'OMS et notamment le calcul du rapport poids pour la taille et l'utilisation du seuil de -3 écarts types des normes OMS pour identifier les enfants ayant une malnutrition sévère (OMS, 2009).

Les variables dans la case en pointillés (consultation pour des soins et vaccination, par exemple) ne sont pas testées dans l'analyse par le souci d'avoir des modèles parcimonieux et à cause de la proportion relativement importante des non-réponses pour certaines variables (consultation pour des soins et vaccination avec respectivement 27,6% et 17,3% des non-réponses).

V.3.3 Méthodes

L'enquête sur la santé a porté sur un échantillon de 950 enfants de moins de cinq ans. En raison de l'exclusion de 147 observations comportant des valeurs manquantes (non-réponses partielles), les analyses ont été finalement effectuées sur 803 enfants. L'exclusion des valeurs manquantes de l'analyse ne devrait pas entraîner de biais de sélection dans l'échantillon pour deux raisons. D'abord, les valeurs manquantes semblent se distribuer de façon aléatoire. Ensuite, des modèles-tests ont montré que les données manquantes n'étaient pas particulièrement liées à certaines modalités des variables explicatives. Par ailleurs, l'échantillon a été pondéré afin que les résultats puissent être généralisés à la population de l'OPO. Enfin, la mesure du changement de la variance pour l'ensemble des variables explicatives a permis de vérifier la faible multicolinéarité. Toutefois, la relative petite taille de l'échantillon pourrait engendrer une sous-estimation des résultats, en augmentant notamment les erreurs-types, même en présence d'une faible multicolinéarité.

Du fait des corrélations entre l'environnement, les facteurs démographiques et socio-économiques, l'influence des facteurs environnementaux et démographiques dans la co-occurrence a été ainsi contrôlée par les variables socio-économiques, culturelles et

nutritionnelles⁵⁷ importantes. L'omission de ces variables pertinentes pourrait biaiser l'estimation des effets de facteurs de l'environnement conjointement avec les facteurs démographiques. À partir d'un modèle logit ordonné développé à partir du logiciel Stata (version 10), les effets de l'environnement, des facteurs démographiques et du quartier de résidence de l'enfant sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre ont été estimés, en contrôlant le niveau d'éducation de la mère, le niveau de vie du ménage, l'ethnie, et la malnutrition⁵⁸. Différents tests et modèles successifs ont permis d'aboutir à un modèle unique complet. D'abord, concernant la variable dépendante, la pertinence des seuils α_j du modèle sous-jacent a été testée à l'aide de la commande *lincom* disponible dans le logiciel Stata. L'analyse des tests a montré qu'un modèle où seraient réunies les différentes modalités de la variable dépendante ne serait pas pertinent puisque les sauts d'une modalité à l'autre sont significatifs. Un test de Wald a également permis d'apprécier la significativité du modèle complet. Par ailleurs, un modèle incluant uniquement les variables relatives à l'environnement a permis d'estimer l'effet de ces variables sans les variables de contrôle, établissant la robustesse des résultats des variables clés. Également, une interaction entre l'insalubrité du ménage et le sexe de l'enfant a été testée. Ce terme d'interaction n'a toutefois pas été retenu puisqu'aucun effet statistiquement significatif n'a montré une variation de l'insalubrité du ménage selon le sexe de l'enfant. Enfin, des tests unilatéraux ont été utilisés, ce qui signifie que le test bilatéral de 10% représente un test unilatéral de 5%. Le petit nombre d'observations a justifié la nécessité de ne pas se limiter au seuil de 5% : le niveau de significativité de 10% a donc également été considéré dans les analyses. Pour prendre en compte la non indépendance des enfants d'un même ménage, l'option *cluster* disponible sous Stata a permis de calculer des erreurs-types plus robustes.

Des probabilités prédites ont également été calculées pour faciliter l'interprétation des résultats. La probabilité a été d'abord prédite pour chacune des trois modalités de la variable

⁵⁷ La malnutrition (état nutritionnel) peut être également une mesure du mauvais état de santé chez l'enfant au même titre que la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre.

⁵⁸ Etant potentiellement endogène, la variable "malnutrition" a initialement été considérée dans un modèle à part. Les résultats étant quasiment identiques à ceux du modèle complet, cette variable a finalement été prise en compte avec l'ensemble des autres variables de contrôle.

dépendante en tenant constant les valeurs de toutes les autres variables indépendantes (cf. colonne 6). Pour chaque variable, il a ensuite été effectué une somme des produits des probabilités prédites correspondant à chacun des intervalles de la variable dépendante par la valeur moyenne de chaque intervalle. Les probabilités prédites ont enfin été calculées pour les enfants ayant un et deux symptômes pour une comparaison des résultats. Les calculs des probabilités prédites ont également été pondérés (cf. colonnes 7 et 8).

V.4 Résultats

Sur 803 enfants dans l'analyse, 47,6% n'ont eu aucun symptôme déclaré, et 34,7% ont eu soit de la fièvre, soit la diarrhée. Pour 17,7%, on enregistre une co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre pendant les deux semaines précédant l'enquête. Le tableau 5.1 présente les effets propres des variables explicatives sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. L'interprétation des résultats porte exclusivement sur les variables de l'environnement immédiat et démographiques puisqu'elles constituent les variables d'intérêt.

Le test de Wald montre que les variables de l'environnement ainsi que les variables démographiques ont conjointement un effet significatif sur la co-occurrence. Dans l'ensemble, les liens entre ces variables persistent, mais diminuent progressivement avec le nombre de symptômes chez les enfants (colonnes 3,4, 7, et 8 du tableau 5.1). Les effets de l'environnement et des variables démographiques baissent légèrement lors de l'introduction des variables de contrôle, mais cette baisse n'est pas uniforme pour tous les symptômes (résultats non montrés).

Les effets de l'environnement immédiat sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants

Plus précisément, les résultats montrent que l'insalubrité du ménage (mesurée par la présence des ordures dans le ménage et aux alentours, la gestion des ordures ménagères et des eaux usées, et la présence de petits ruminants dans la concession) accroît la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Cette association est statistiquement significative : comparés aux enfants résidant dans les ménages salubres (25,9%), la co-occurrence de la diarrhée et de la

fièvre est plus élevée chez les enfants résidant dans les ménages moyennement salubres (28,7%) et insalubres (29,2%). Ce résultat vient renforcer les connaissances théoriques sur la santé environnementale. En effet, l'insuffisance d'hygiène du milieu de vie crée des conditions favorables à la prolifération des vecteurs et agents des maladies (Satterthwaite, 2003). De ce fait, les populations sont exposées à des risques de contamination des maladies liées à l'insalubrité dans le cadre de vie par le truchement de l'eau, des aliments préparés et du contact interpersonnel (Bartlett, 2003). Des études mettent ainsi en évidence des liens entre l'insalubrité de l'habitat et une multitude de maladies environnementales (typhoïde, paludisme, trachome, etc.), principalement les maladies diarrhéiques qui sont davantage sensibles à la qualité du cadre de vie (Ngwé et Banza-Nsungu, 2007; Fobil et al., 2011). C'est ainsi que certains chercheurs avancent que l'amélioration de l'hygiène permettrait une baisse considérable de la diarrhée chez les enfants (Parashar et al., 2003).

Les analyses révèlent que lorsque le sol extérieur n'est pas en dur, la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre est accrue. Ainsi, la survenue d'une diarrhée et d'une fièvre est plus élevée chez les enfants résidant dans un ménage qui possède un sol extérieur en terre (28,8%) ou fait d'un autre matériel (bouse, bois ou autres végétaux) (29,6%) que chez leurs congénères résidant dans un ménage possédant un sol extérieur en pavé ou en ciment (25,4%). Ce résultat souligne l'importance de l'accès à un logement durable, pour une prévention des problèmes sanitaires liés à l'environnement. Bien souvent, le sol extérieur constitue une aire de jeu pour les enfants. Quand le sol est en terre, il est propice au développement de micro-organismes pathogènes. Par ailleurs, l'entretien d'un sol en dur est plus facile. Pendant la période où l'enfant commence à ramper ou à marcher, la contamination par voie orale est importante étant donné que l'enfant en bas âge est constamment en contact avec le sol et introduit tout ce qui est à sa portée dans sa bouche (Banza-Nsungu, 2004). Ainsi, l'enfant est susceptible d'entrer en contact avec les agents pathogènes responsables des maladies diarrhéiques (Lalou et LeGrand, 1997; Bartlett, 2003). Quelques rares travaux abondent dans ce sens, quand bien même ils portent sur la qualité du sol intérieur (Ngwé et Banza-Nsungu, 2007; Peumi, 2012). Notamment, dans une analyse menée sur 20 pays d'Afrique subsaharienne, Morrisson et Linskens (2000) montrent que

l'existence d'un sol en ciment est bien plus déterminante de la santé des enfants que la présence de toilettes. Le type de toilette ne semble d'ailleurs pas avoir d'effet dans notre modèle. Ces résultats interrogent donc tout particulièrement sur les stratégies nationales pour l'assainissement en Afrique qui ciblent presque exclusivement les toilettes comme services d'assainissement de base (OMS/UNICEF, 2007). En développant des programmes basés également sur la promotion des sols en dur, la lutte contre le mauvais état de santé des enfants serait sans doute renforcée.

Par ailleurs, l'approvisionnement en eau de boisson n'est pas significativement associé à la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Cette co-occurrence chez l'enfant dans les ménages qui s'approvisionnent à la borne-fontaine ou aux autres sources (vendeurs ambulants, rivière, etc.) se différencie très peu de celle d'un enfant résidant dans un ménage disposant d'un robinet situé dans le logement ou dans la cour. Or, une étude récente utilisant les mêmes données observe un effet de l'approvisionnement en eau de boisson sur la fièvre chez les enfants (Bouba Djourdebbé et al., 2014). Ce constat illustre la complexité des liens de causalité entre l'eau et la santé (Dos Santos, 2011). Pour certains auteurs, il existe un lien causal entre l'accès à l'eau et la santé, même lorsque les facteurs socio-économiques sont pris en compte (Victora et al., 1988; Woldemicael, 2000). L'effet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la réduction de la morbidité et de la mortalité dues à la diarrhée, par exemple, est de plus en plus reconnu (Ngnikam et al., 2014). L'eau propre disponible en quantité suffisante est essentielle pour réduire les risques de voir se développer les maladies liées à l'environnement chez les enfants (Haines et al., 2012). En revanche, pour d'autres auteurs, l'effet de l'accès de l'eau sur la santé s'estompe avec la prise en compte des facteurs socio-économiques (Tumwine et al., 2002). L'effet de l'accès de l'eau de boisson est largement controversé en raison des problèmes conceptuels, méthodologiques et des données (Dos Santos et LeGrand, 2007). La multitude des mécanismes en jeu, de sources de données, et des méthodes d'analyse utilisées n'aboutissent pas à des conclusions toujours unanimes sur cette relation (Dos Santos et LeGrand, 2007).

En revanche, la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants varie d'un quartier à l'autre. Tout particulièrement, une co-occurrence plus élevée est observable chez

les enfants résidant à Nioko 2 (31,8%) par rapport à leurs congénères de Kilwin (28,2%). À l'inverse à Polesgo, les enfants ont une faible co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre (25,5%). Cet effet de la variable quartier fort et statistiquement significatif a été observé par d'autres études sur la santé environnementale des enfants dans l'OPO (Peumi, 2012; Bouba Djourdebbé et al., 2014). Le constat est le même dans la littérature qui indique que même si les variables individuelles expliquent une proportion importante de la variance de l'état de santé, on retrouve de façon systématique des effets de contexte (Gauvin et Dassa, 2004). Les caractéristiques du quartier s'incarnent dans les facteurs de risque et des vulnérables aux maladies (Potvin et al., 2002). Les enfants sont ainsi influencés par l'exposition aux caractéristiques du quartier (Gauvin, 2004). Le fait de résider dans un quartier favorisé ou défavorisé influence à la fois les comportements, les attitudes et l'utilisation des soins de santé (Ellen et al., 2001). Cet effet positif ou néfaste est lié à l'influence des réseaux sociaux (parents, pairs, etc.), à l'organisation sociale et aux ressources du quartier ou encore à la perception que les habitants ont de leur quartier (Bacqué et Fol, 2007). Pour certains sous-groupes, par exemple les enfants, le quartier peut représenter une importante voie d'accès aux ressources ou, au contraire, un obstacle (Riva et al., 2007).

Tableau 5.1 : Distribution des variables explicatives et probabilités de co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants, OPO 2010

Variables	Effectifs des enfants	Pourcentage des enfants ayant la diarrhée ou fièvre	Pourcentage des enfants ayant la diarrhée et fièvre	Odds ratio	Probabilités prédites pour toutes les modalités en %	Probabilités prédites en %	
						(1)	(2)
Insalubrité du ménage							
Salubre	115	32,1	8,7	R	25,9	29,9	11,7
Moyennement salubre	250	36,0	19,2	1,66*	28,7	35,5	17,8
Insalubre	438	36,0	19,2	1,83**	29,2	36,3	19,1
Nature du sol extérieur							
Pavé ou ciment	58	36,2	5,2	R	25,4	28,8	10,9
Terre	698	35,1	18,5	1,85*	28,8	35,5	18,0
Autres	47	36,2	21,3	2,13*	29,6	36,7	20,1
Approvisionnement en eau de boisson							
Robinet	138	33,3	9,4	R	27,7	33,7	15,5
Borne-fontaine	546	35,3	20,8	1,24	28,9	35,8	18,4
Autres sources	119	37,0	12,6	1,05	27,9	34,2	16,1
Densité dans le ménage							
1 à 2 personnes par pièce habitable	269	33,8	18,1	R	28,4	34,8	17,2
3 personnes ou plus par pièce habitable	534	35,9	11,5	1,05	28,7	35,2	17,9
Type de toilettes							
N'a aucun système d'assainissement	45	40,0	17,8	R	28,6	35,1	35,1
A un système d'assainissement	758	35,0	15,6	0,97	28,4	34,8	34,8
Quartier de résidence de l'enfant							
Kilwin	186	36,5	9,7	R	28,2	35,1	16,4
Nonghin	293	35,5	23,2	1,14	29,0	36,3	18,4
Tanghin	124	31,4	11,3	0,67	26,0	30,6	11,8
Polesgo	58	32,7	6,9	0,61	25,5	29,4	10,9
Nioko 2	142	37,3	26,7	1,82**	31,8	39,2	18,2
Sexe du chef de ménage							
Homme	712	35,0	17,5	R	28,7	35,2	17,9
Femme	91	37,4	18,6	0,85	27,8	33,7	15,9
Âge de la mère							
15-24 ans	179	35,7	18,9	R	28,4	34,8	17,3
25-34 ans	446	35,9	17,3	1,02	28,6	35,0	17,6
35 ans ou plus	178	33,1	17,4	1,07	28,8	35,4	18,2
Sexe de l'enfant							
Garçon	418	37,1	10,3	R	28,8	35,5	18,3
Fille	385	33,2	13,5	0,89	28,3	34,6	17,1
Âge de l'enfant							
0 an	79	38,0	31,6	3,88**2	32,9	40,1	29,2
1 an	219	36,5	25,1	,90**	31,2	39,4	23,8
2 ans	186	34,9	19,8	1,88**	28,6	36,2	17,0
3 ans	185	33,5	10,3	1,23	26,2	31,3	11,9
4 ans	134	34,3	4,5	R	25,1	28,5	9,9
Niveau d'éducation							
N'a pas été à l'école	503	35,2	18,3	R	28,5	35,0	17,5
A été à l'école	300	35,3	16,6	1,04	28,7	35,3	18,0
Niveau de vie du ménage							
Bas	349	36,3	19,7	R	28,6	35,0	17,6
Moyen	404	34,6	16,5	0,99	28,5	34,0	17,5
Élevé	50	32,0	12,0	1,24	29,8	36,6	20,7
Ethnie							
Mossi	668	34,4	17,5	R	28,1	34,3	16,6
Non Mossi	135	39,2	18,5	1,65**	31,0	37,9	24,1
Malnutrition sévère							
Non malnutris	764	35,3	17,3	R	28,5	35,0	17,4
Malnutris	39	33,3	28,2	1,33	30,2	37,2	21,7
Seuils							
Cut 1	-	-	-	2,20**	-	-	-
Cut 2	-	-	-	3,40**	-	-	-
Total	803	803	803		803	803	803
Chi 2 de Wald (degrés de liberté)	-	-	-		68,4(25)		-
Probabilité	-	-	-		0,0000		-

Note : (1) Probabilités prédites estimées pour les enfants avec un seul symptôme (diarrhée ou fièvre) et (2) avec deux symptômes (diarrhée et fièvre)

Les effets des facteurs démographiques sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants

Les résultats montrent également que certaines variables démographiques ont des effets estimés intéressants. Bien que le sexe du chef de ménage n'ait pas une association significative avec la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre, son effet estimé va dans le sens attendu. Le fait d'être femme chef de ménage est ainsi associé à un plus bas niveau de co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants.

Par ailleurs, la probabilité d'une co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre diminue significativement jusqu'à 3 ans révolus. Cette probabilité est plus élevée chez les enfants de 0 an (32,9%), 1 an (31,2%) et 2 ans révolus (28,6%) que chez les enfants de 4 ans révolus (25,1%). En revanche, on n'observe peu de différence entre les enfants de 3 et de 4 ans révolus. L'effet de l'âge de l'enfant baisse également avec le nombre de symptômes chez les enfants, toutes choses étant égales par ailleurs. Ce résultat converge avec ceux obtenus concernant les liens entre les facteurs démographiques et la morbidité chez les enfants. Plusieurs études antérieures font état des différentiels de problèmes de santé selon l'âge. Notamment pour la diarrhée, il a été observé que l'enfant est particulièrement vulnérable à la diarrhée avant l'âge d'un an. Deux raisons sont classiquement évoquées pour expliquer ce constat. Premièrement, aux âges très jeunes (entre 6 mois et 12 mois), le système immunitaire de l'enfant se développe graduellement, alors qu'une baisse des anticorps d'origine maternelle s'effectue (Lamberti et al., 2013). Deuxièmement, cette période est celle de l'introduction des aliments qui coïncide avec un risque accru de diarrhée chez les enfants lorsque les précautions d'hygiène ne sont pas prises. L'enfant pourrait être exposé à des aliments contaminés et ainsi aurait une plus grande probabilité d'être malnutri, ce qui pourrait augmenter par la suite le risque de diarrhée ou de fièvre. L'effet d'âge observé conforte aussi la qualité des données utilisées dans cette étude.

D'autre part, l'effet du sexe de l'enfant n'apparaît pas significatif, même si dans les analyses univariées, les filles auraient moins souvent un symptôme mais plus souvent plusieurs symptômes. Ce résultat intéressant mérite d'être considéré étant donné qu'en matière de

différences filles et garçons au Burkina Faso, de nombreuses caractéristiques sont favorables pour les filles (comme les vaccinations, l'alimentation, et l'allaitement) alors que d'autres le sont moins comme l'accès aux soins (Dabiré, 2002; Soura, 2009). Ce constat va dans le sens de celui de Soura (2009) qui souligne qu'il n'y a pas une surmortalité des filles au Burkina Faso (Soura, 2009). Les analyses indiquent également une non-significativité du terme d'interaction entre l'insalubrité du ménage et le sexe de l'enfant, ce qui suggère que l'effet de l'insalubrité du ménage sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre semble constant selon le sexe de l'enfant. Autrement dit, on ne peut pas écarter l'hypothèse que les effets de l'insalubrité et du sexe de l'enfant sont indépendants l'un de l'autre.

V.5 Conclusion

L'objectif de cet article était d'examiner l'influence de l'environnement immédiat et des facteurs démographiques sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre, deux problèmes de santé responsables de la morbidité élevée chez les enfants en Afrique subsaharienne. L'hypothèse testée au cours de l'analyse était que l'insalubrité du ménage a un effet en même temps sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre chez les enfants à Ouagadougou. L'étude a montré l'existence des liens entre les facteurs environnementaux, démographiques et la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Les résultats de l'étude, en raison d'une meilleure sélection des variables dépendantes et indépendantes, fournissent des données probantes directes des effets de l'environnement immédiat sur la santé des enfants en milieu urbain, dans un contexte de recherches où ce genre d'études est confronté à des difficultés méthodologiques (Bouba Djourdebbé et al., 2014). Les résultats de l'analyse montrent que les influences de l'environnement et les facteurs démographiques sont conjointement associés au mauvais état de santé des enfants. Les influences de l'environnement et des facteurs démographiques sont plus importantes sur la diarrhée ou la fièvre prise isolément, et le sont moins sur la diarrhée et la fièvre considérées comme un ensemble, suggérant ainsi la pertinence de hiérarchiser des interventions efficaces pour la réduction de la morbidité chez les enfants. Le fait que les influences persistent mais diminuent progressivement avec le nombre de symptômes pourrait également être lié à la

taille limitée de l'échantillon qu'à un effet de sélection. Des modèles-tests effectués n'ont pas montré un problème lié à un effet de sélection (résultats non présentés).

L'une des forces de l'étude est l'utilisation des données de l'OPO ayant recueilli des variables pertinentes sur les facteurs de l'environnement en comparaison avec les données des enquêtes standardisées (EDS, MICS), ainsi que des variables socio-économiques et démographiques. L'échantillon de l'étude confère un avantage relativement aux échantillons cliniques concernant le biais de sélection. De même, le décalage temporel entre les informations pendant l'enquête santé de février à août 2010 et celles de l'enquête sur le ménage de mai à décembre 2009 n'introduit pas des biais dans les résultats des estimations, puisqu'il est admissible que les caractéristiques de l'environnement du ménage ne se modifient pas rapidement dans le temps (Peumi, 2012). L'évaluation des données par plusieurs méthodes graphiques et statistiques⁵⁹ rassure sur la confiance accordée aux résultats. L'étude porte également sur une population urbaine spécifique : l'OPO couvre cinq quartiers périphériques au nord de la ville. Ces quartiers ont été choisis pour cibler les populations les plus vulnérables pour lesquelles les données et les interventions dans le domaine de la santé sont prioritaires (Rossier et al., 2012). Enfin, les connaissances profondes des auteurs de l'article des zones de l'OPO les permettent de mieux interpréter les résultats des régressions.

En sens opposé, la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre étudiée se base sur la déclaration des individus, les symptômes déclarés par les répondants (qui ne sont pas les malades eux-mêmes) n'ont pas été vérifiés par les médecins, et ne sont donc qu'un proxy d'un signe clinique. Les déclarations concernant les symptômes peuvent également être biaisées, étant donné que la tendance à reconnaître et à déclarer un symptôme peut être en général plus grande pour une mère éduquée (Al-Eissa et al., 2000), ce qui biaiserait vers le bas l'association entre le niveau d'éducation et la co-occurrence. Une dernière limite concerne la représentativité des résultats. D'un point de vue purement statistique, la population suivie par l'OPO n'est pas représentative de la ville de Ouagadougou. Ce biais est une limite classique à l'analyse de données issues de système de suivi de population, basé sur

59 Résultats de l'évaluation des données non présentés.

le suivi d'une zone géographique limitée, et non d'une cohorte. Toutefois, les résultats issus de l'exploitation de ces données offrent une bonne illustration des phénomènes qui pourraient être observés dans des contextes similaires, ailleurs à Ouagadougou ou plus généralement en Afrique sub-saharienne.

L'article a ainsi contribué à la compréhension scientifique des liens entre les variables démographiques, celles relatives à l'environnement et le mauvais état de santé des enfants de moins de 5 ans dans les zones suivies par l'OPO. Les résultats de l'analyse incitent à approfondir ces liens à travers un échantillon suffisamment grand permettant de stratifier les analyses selon certaines caractéristiques démographiques individuelles (âge, sexe, etc.). Il serait intéressant à cet effet de recueillir des données longitudinales qui ont un certain nombre d'avantages par rapport aux données transversales. Les données longitudinales permettront de séparer les effets de l'âge des ceux de groupes d'enfants nés la même année, et de fournir des informations sur des changements spécifiques chez les enfants. Les recherches futures doivent davantage examiner plusieurs autres aspects non explorés en considérant l'insalubrité générale du quartier par exemple. Il y a lieu de creuser pour comprendre entre l'insalubrité locale (du ménage) et l'insalubrité générale, laquelle influence le plus le mauvais état de santé des enfants à travers des analyses multiniveaux.

Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce au financement du Programme population et santé en Afrique subsaharienne (PPSA-financé par la Fondation Bill et Melinda Gates). Nous remercions le Laboratoire Population-Environnement-Développement (LPED) de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et l'Université de Montréal. Nous tenons à remercier également l'Institut Supérieur des Sciences de la Population (ISSP) de l'Université de Ouagadougou pour avoir mis à notre disposition des données de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO). Nos remerciements vont également à l'endroit des professeurs Clémentine Rossier, Solène Lardoux et Valery Ridde ainsi que deux relecteurs anonymes pour leurs commentaires sur une précédente version de ce texte.

Conclusion générale

Dans les villes subsahariennes à forte croissance démographique et spatiale, les maladies liées à l'environnement immédiat sont un problème de santé publique. Cependant, les études empiriques sur les liens entre la santé et l'environnement sont encore fragmentaires à cause des données inexistantes ou inappropriées. La présente recherche constitue une contribution en analysant les liens entre la santé et l'environnement à partir des données de l'Observatoire de population de Ouagadougou (OPO) : les données de l'enquête santé de 2010, celles de l'enquête ménage de 2009 et les données géo-localisées de 2010.

En entreprenant cette recherche, l'objectif général était de contribuer à une meilleure compréhension des liens entre l'environnement immédiat et la santé des enfants. Nous nous sommes fixé trois objectifs spécifiques dans cette thèse : 1) caractériser les quartiers les plus à risque de maladies liées à l'environnement immédiat ; 2) analyser l'effet de l'environnement immédiat sur l'occurrence de la fièvre chez les enfants ; et 3) étudier l'influence des facteurs environnementaux et démographiques sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. L'hypothèse générale de l'étude est que l'environnement immédiat a un effet sur les symptômes chez les enfants de moins de 5 ans à Ouagadougou en dehors des variables démographiques et socio-économiques. Les résultats de la thèse ont été présentés sous forme de trois articles conformément aux trois objectifs spécifiquement poursuivis. Les résultats de la thèse permettraient ainsi de disposer des résultats de recherche susceptibles d'orienter les politiques publiques dans la réduction de la morbidité et la mortalité des enfants dans les villes subsahariennes.

Deux approches d'analyse ont été utilisées dans le premier article pour décrire finement le contexte sanitaire des quartiers lotis et non lotis en milieu urbain africain (en étudiant le cas de Ouagadougou) et outrepasser l'opposition classique quartiers lotis et non lotis en matière de santé environnementale : 1) l'analyse spatiale fondée sur la distance euclidienne pour estimer la proximité des UCH avec les espaces considérés à risque d'un point de vue sanitaire et 2) l'analyse des correspondances multiples et de classification.

Beaucoup d'études utilisent les analyses bivariées pour évaluer les effets de l'environnement immédiat sur la santé en omettant les variables de contrôle pertinentes. Afin de combler ces lacunes des études antérieures sur le sujet, le deuxième article a cherché à tester l'hypothèse selon laquelle en dehors des variables démographiques et socio-économiques, l'environnement immédiat a un effet sur la fièvre des enfants à Ouagadougou, toutes choses étant égales par ailleurs. Les modèles logit ont été utilisés pour évaluer les effets de l'environnement immédiat sur la fièvre chez les enfants au cours des deux dernières semaines précédant la collecte.

Compte tenu de l'importance de la co-occurrence des symptômes chez les enfants dans les villes en Afrique subsaharienne, le troisième article s'est proposé d'estimer à partir des modèles logit ordonné, l'influence des facteurs environnementaux et démographiques sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Cette influence des facteurs environnementaux et démographiques a été contrôlée par le niveau d'éducation de la mère, le niveau de vie du ménage, l'ethnie, le quartier de résidence de l'enfant et l'état nutritionnel de l'enfant.

1) Principaux résultats, apports de la thèse, originalité et limites

Les effets de la plupart des facteurs de l'environnement sur l'occurrence ou la co-occurrence des symptômes demeurent relativement stables en présence des variables socio-économiques et démographiques. Par exemple, le fait d'être dans un ménage non salubre ou d'avoir le sol extérieur en terre accroît la propension de co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Les chances d'avoir eu de la fièvre chez les enfants de Nioko 2, par exemple, sont deux fois plus élevées et moins élevées chez les enfants à Polesgo que chez leurs homologues à Kilwin, alors que ces chances sont quasiment similaires entre Kilwin et les autres quartiers (Nonghin et Tanghin). Ces résultats de l'étude valident l'hypothèse de l'influence de l'environnement sur la santé des enfants de moins de 5 ans après la prise en compte des facteurs démographiques et socio-économiques (articles 2 et 3), même si certains résultats contre-intuitifs rendent relativement difficiles les conclusions fortes. Les conclusions de cette étude à Ouagadougou se rapprochent de ce qui ressort d'une étude à Dakar (Dos Santos et al., 2014). Les résultats de l'étude incitent à approfondir ces liens à travers un échantillon

suffisamment grand permettant de stratifier les analyses selon certaines caractéristiques démographiques individuelles (âge, sexe, etc.). Les différences entre les zones loties et non loties demeurent fortes, toutefois on observe la présence des quartiers atypiques dans tous les milieux de résidence lotis et non lotis (cas de Polesgo, avec certains avantages et celui de Tanghin loti mais très dégradé, 80% des enfants de Tanghin se retrouvent dans les groupes plus à risque de maladies). Ces résultats confirment l'hypothèse de l'existence des poches de vulnérabilité dans les zones loties. Certains quartiers non lotis peuvent parfois avoir des conditions sanitaires plus favorables que d'autres quartiers lotis comme c'est le cas de Polesgo (article 1) ; ce qui suggère une hétérogénéité en matière de santé environnementale (plus particulièrement en zones non loties). La thèse invite à mieux penser ce concept de « non loti » à Ouagadougou, ou celui de « slum » en milieu urbain africain.

De par ses résultats et les réflexions y afférentes, cette thèse contribue à l'avancement de l'état des connaissances sur les facteurs environnementaux et la santé des enfants en milieu urbain africain où cette problématique est faiblement étudiée. L'une des contributions importantes de la thèse est qu'elle a mis en évidence des liens entre l'environnement immédiat et la santé des enfants en milieu urbain africain, notamment dans les quartiers non lotis en dehors des variables socio-économiques et démographiques. La thèse a également permis de nourrir des réflexions sur l'environnement des quartiers informels et ses variations, tout en mettant en évidence les difficultés liées à la mesure des variables de l'environnement immédiat. Les analyses dans cette étude fournissent une illustration des questions de santé environnementale qui peuvent être observées dans les bidonvilles d'autres capitales d'Afrique subsaharienne, à Yaoundé ou à Nairobi, la capitale du Kenya, la morbidité des enfants est deux fois plus élevée dans les *slums* que dans d'autres quartiers de la ville (Ndugwa et Zulu, 2008; Kimani-Murage et al., 2011; Mutua et al., 2011).

L'une des forces de l'étude a été l'utilisation des données de l'OPO ayant recueilli des informations pertinentes sur les variables de l'environnement immédiat, ainsi que des variables socio-économiques et démographiques, à partir d'une population urbaine un peu particulière : celle des quartiers périphériques de la ville de Ouagadougou. Le recours aux données de l'observatoire a également autorisé un long séjour sur le terrain (Ouagadougou),

une bonne connaissance du contexte, ce qui a permis de cerner les faiblesses dans les données de grands systèmes d'enquête non spécifique à cette thématique, et aussi d'apprécier le poids des variations dans le contexte. Une autre contribution de ce travail réside dans la méthodologie utilisée. La thèse a utilisé les données d'un observatoire (des données transversales et géo-localisées) ayant saisi une gamme d'informations beaucoup plus large sur l'environnement et les symptômes de maladies. Elle a concilié étroitement les méthodes utilisées en géographie et en démographie pour cerner les liens entre la santé et l'environnement chez les enfants (en recourant aux logiciels variés de traitement et d'analyse des données : ArcGIS, Arcview, MapInfo, Illustrator, SPAD, SPSS, STATA, PAS). Par la suite, la thèse a examiné en profondeur les effets des facteurs de l'environnement sur la fièvre spécifiquement à l'aide des analyses multivariées explicatives. La thèse a également approfondi davantage l'influence conjointe des facteurs environnementaux et démographiques sur la co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre. Comparativement à l'article 2 ayant porté sur les effets des facteurs de l'environnement immédiat sur la fièvre spécifiquement, l'article 3, en raison d'un meilleur choix des variables dépendantes et indépendantes, a permis de fournir des données probantes directes des effets de l'environnement immédiat sur la santé des enfants à Ouagadougou.

La construction l'indicateur de l'insalubrité à partir des variables de l'environnement immédiat (type de toilettes, présence des ordures dans le ménage et aux alentours du ménage, gestion des ordures ménagères et des eaux usées, et présence de petits ruminants dans le ménage), en recourant à une analyse en composantes principales et à la classification par la méthode des nuées dynamiques, a constitué également une originalité de l'étude (notamment du point de vue d'avancée méthodologique). Le fait que l'indicateur de l'insalubrité soit considéré dans l'article 3 (et non dans l'article 2) indique une progression dans la méthode tout au long de ces travaux de recherche. La démarche a permis d'avoir des résultats plus robustes en matière de validité statistique. Les résultats obtenus dans cette recherche suggèrent aussi la pertinence du schéma conceptuel inspiré de Mosley et Chen (1984) et Dos Santos et al. (2014) pour l'analyse de la santé environnementale, en facilitant ainsi l'explication des mécanismes d'action des facteurs lointains sur les facteurs proches (ou

intermédiaires) et de ces derniers sur la morbidité environnementale. En indiquant que les effets de facteurs de l'environnement immédiat demeurent stables en présence des variables socio-économiques et démographiques, la thèse suggère également que les études qui se focalisent essentiellement sur les effets des facteurs environnementaux en négligeant les autres variables démographiques et socio-économiques ne peuvent être biaisées. Par ailleurs, la thèse corrobore bien les relations entre les facteurs environnementaux et le niveau socio-économique des ménages comme le montrent certaines études (Emina et al., 2011; Sy et al., 2011; Ngnikam et al., 2014). Les ménages riches compensent les effets néfastes de l'environnement immédiat, voire dans les conditions sanitaires plus à risque. Également, le fait de se trouver dans les zones tampons autour des tas d'ordures ou des points d'eau stagnante n'est pas le plus grand déterminant de la santé de l'enfant.

Cependant, l'étude présente certaines faiblesses qu'il convient de rappeler. L'une des faiblesses de l'étude pourrait toucher la petite taille de l'échantillon de l'enquête sur la santé et le nombre de quartiers (cinq quartiers) couverts par l'OPO, ce qui n'a d'ailleurs pas permis de mener des analyses multiniveaux. La taille limitée de l'échantillon pourrait être à l'origine de la non-significativité de certaines variables considérées dans les analyses. Encore, faut-il ajouter les problèmes concernant la définition statistique du quartier qui ne correspond pas exactement avec l'espace vécu d'un individu, ainsi que le manque de données permettant de capturer d'autres espaces de socialisation (Andersson et Musterd, 2010). Une autre faiblesse de l'étude pourrait concerner les tas d'ordures ou les points d'eau stagnante géo-localisées en fonction de leur ampleur ou étendue. À titre d'exemple, pour les tas d'ordures, on n'a pas une idée précise de leur ampleur en fonction du volume. De même, les symptômes n'ont pas été médicalement testés, ce qui fait que l'occurrence ou la co-occurrence étudiée est essentiellement subjective ou déclarative. De plus, le caractère intégralement quantitatif des données utilisées constitue également une faiblesse de l'étude. Une autre faiblesse de l'étude enfin touche la représentativité des résultats, étant donné que la population suivie par l'OPO n'est pas représentative de la ville de Ouagadougou. Cette limite est classiquement inhérente aux données des observatoires de population établis sur le suivi d'une zone géographique limitée. Néanmoins, les résultats découlant de l'analyse des données de l'OPO indiquent une

bonne illustration des phénomènes qui pourraient être observés à Ouagadougou ou dans un autre milieu urbain en Afrique subsaharienne. Pour résoudre les problèmes méthodologiques, il est ainsi important de songer à un échantillon plus grand permettant d'appliquer les méthodes multiniveaux, et de confirmer les symptômes de maladies déclarés par des analyses médicales. D'autres limites de l'étude pourraient concerner la non utilisation des variables de recours aux soins et de la disponibilité des soins, en raison de la proportion élevée des valeurs manquantes (soit, par exemple, 27,6%, 17,3% et 14% des non-réponses respectivement pour la consultation pour des soins, la vaccination et la vitamine A).

De nombreuses études mettent en évidence le rôle clé joué par le quartier dans le changement des comportements individuels, même s'il n'est toujours facile de séparer distinctement les effets imputables au quartier et ceux liés aux facteurs socio-économiques (Diez Roux et Mair, 2010; Adebayo et al., 2013; Chola et Alaba, 2013). Des facteurs tels que l'influence des communautés locales, la disponibilité des services urbains dans un quartier, de même que la perception de la santé ou encore du quartier par les résidents sont connus pour être associés à ces effets de quartier (Browning et Cagney, 2002; Galster, 2012). De plus, plusieurs études insistent sur les conditions sanitaires plus défavorables dans les quartiers informels (Ndugwa et Zulu, 2008; El-Fadel et al., 2014; Fink et al., 2014) ; quartiers qui se définissent précisément par le manque de disponibilité en équipements urbains de base (eau, assainissement, électricité) (UN-Habitat, 2014). Dans les deux derniers articles de la thèse (2 et 3), l'effet de la variable quartier important et statistiquement significatif a été obtenu, après contrôle de tous les autres facteurs et qu'un quartier non loti est parfois mieux avantageux en matière de santé environnementale. Il a été par ailleurs constaté une hétérogénéité entre les quartiers (lotis ou non lotis). Une autre étude ayant utilisé les données similaires de l'OPO a également obtenu un effet important de quartier après contrôle des autres facteurs (Peumi, 2012). Ceci laisse entrevoir que la variable quartier capte les effets d'autres facteurs importants non maîtrisés (comme par exemple, les alentours des bornes-fontaines dans les quartiers non lotis, l'état des routes dans les quartiers lotis, la fréquentation des bornes-fontaines par les enfants, la présence des fermes avicoles dans les quartiers, la proportion des enfants qui jettent eux-mêmes les ordures ménagères par quartier, ou encore

la proportion des maisons avec des moustiquaires sur des fenêtres par quartier, etc.). D'autre part, les facteurs socio-économiques peuvent agir par d'autres déterminants proches omis comme l'accès aux soins préventifs et curatifs (services qui sont fortement corrélés au quartier de résidence). Les erreurs de certaines variables mal captées peuvent ainsi déboucher sur la persistance de l'effet de quartier. De ce fait, des études ultérieures doivent examiner les facteurs sous-jacents non observés, afin de mieux les définir et les caractériser.

2) Perspectives

Du point de vue de perspectives, des recherches portant des échantillons plus grands sont nécessaires pour renforcer les connaissances sur les liens entre la santé et l'environnement en milieu urbain en Afrique subsaharienne. Il faudrait collecter des données détaillées sur l'environnement immédiat chez les enfants dans plusieurs quartiers, ainsi que les données géo-localisées sur les UCH dans les EDS, afin de permettre de recourir aux analyses multiniveaux. Les questionnaires d'enquêtes devraient, par exemple, saisir la présence des insectes et des rongeurs dans les pièces habitables, la présence de volaille et des abreuvoirs dans la cour, l'hygiène corporelle, le type de lit de l'enfant et la période d'installation de la moustiquaire la nuit, etc. On devrait également géo-localiser les latrines et les sources d'approvisionnement en eau de boisson, afin d'étudier plus finement les risques sanitaires associés chez les enfants. Les recherches à venir doivent également étudier un certain nombre de dimensions non prises en compte dans cette étude, en analysant les effets de l'insalubrité générale et locale dans la co-occurrence des symptômes à l'aide des analyses multiniveaux. Le recours aux analyses multiniveaux permettra ainsi d'estimer les sources de variance intra-unité et inter-unités au moyen de la corrélation intra-classe, de déterminer la présence d'effets aléatoires et de quantifier les effets fixes (Gauvin et Dassa, 2004; Snijders, 2014). Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre les perceptions socio-culturelles des populations vis-à-vis l'environnement immédiat en lien avec la co-occurrence des symptômes, ainsi que les maladies dégénératives chez les enfants. C'est dans ce sens que tendront nos travaux de recherche futurs.

D'autre part, il pourrait exister des risques de causalité inverse entre la morbidité des enfants et certaines variables de l'étude, notamment celles liées à l'état nutritionnel de l'enfant. La malnutrition est susceptible d'être endogène puisqu'il pourrait exister une causalité inverse entre les variables dépendantes (occurrence de la fièvre ou co-occurrence de la diarrhée et de la fièvre, par exemple) et la malnutrition chez l'enfant. De plus, la malnutrition peut être influencée par des facteurs qui sont également susceptibles d'affecter le mauvais état de santé chez l'enfant, ce qui constitue une source de biais de simultanéité. Également, certaines différences observées dans la population auront presque certainement des effets sur les risques des enfants de contracter un symptôme donné. Une sous-cohorte fragile de la population défavorisée, cependant, aurait tendance à courir un grand risque de contracter un symptôme par rapport à une sous-cohorte fragile de la population favorisée (sélectivité). Les études futures devraient approfondir les questions liées à l'hétérogénéité pouvant ainsi s'exprimer par la causalité inverse, la simultanéité, la sélectivité ou la fragilité des groupes (Vaupel et Yashin, 1985; Bhrolcháin et Dyson, 2007; Dumas et al., 2014).

En raison de l'occurrence des symptômes chez les enfants dans les zones de l'OPO, un accent doit être mis sur la prévention. Nous suggérons ainsi à l'État burkinabé, aux institutions internationales et aux organisations non gouvernementales de faire de l'amélioration de l'approvisionnement en eau de boisson, de l'assainissement tant au niveau des quartiers (élimination des décharges publiques et traitement ou élimination des points d'eau stagnante) que des ménages une priorité des priorités. Il est également important de considérer les quartiers plus vulnérables de l'OPO, et plus spécialement Nioko 2 au cœur des préoccupations dans les interventions sociales et sanitaires pour protéger la santé des enfants. Des efforts doivent être entrepris pour promouvoir l'accès à l'eau du robinet pour les ménages à des prix abordables pour la population locale. L'étude suggère donc la nécessité pour les municipalités de revoir leurs politiques de santé publique, afin de les rendre plus efficaces pour promouvoir la santé de l'enfant et du bien-être. Nous recommandons aussi la mise en place d'un programme de prévention et de lutte contre les maladies liées à l'environnement permettant de dispenser une éducation sanitaire aux populations sur la salubrité du ménage,

la source de l'eau de boisson, la gestion adéquate des ordures ménagères et des eaux usées et la maîtrise de la divagation de petits ruminants dans l'espace domestique.

Du fait du changement climatique à l'échelle de la planète , il est prévu que la moyenne des précipitations en Afrique augmente avec des risques accrus de maladies liées à l'environnement, telles que le paludisme, la dengue et les maladies diarrhéiques. Au vu de la dynamique démographique actuelle des villes africaines qui s'accompagne d'une pauvreté, pour favoriser un développement urbain durable il est donc impératif de relever les défis liés aux pressions démographiques, d'urbanisation et de transformations de l'environnement, et du climat qui exacerbent déjà des effets négatifs du milieu urbain. Ce qui suppose la mise en place des politiques urbaines, sanitaires et sociales pertinemment durables tout en améliorant les capacités de gestion des municipalités, et en impliquant les populations dans tous les processus du développement durable.

Références

- ABDULLA, S., SCHELLENBERG, J. A., NATHAN, R. et al. 2001. «Impact on malaria morbidity of a programme supplying insecticide treated nets in children aged under 2 years in Tanzania: community cross sectional study», *BMJ: British Medical Journal*, 322, 7281: 270-273.
- ABU-ELYAZEED, R. R., WIERZBA, T. F., FRENCK, R. W. et al. 2004. «Epidemiology of Shigella-associated diarrhea in rural Egyptian children», *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 71, 3: 367-372.
- ABUBAKAR, A., HOLDING, P., MWANGOME, M. et al. 2011. «Maternal perceptions of factors contributing to severe under-nutrition among children in a rural African setting», *Rural and Remote health*, DOI: 10.1371/journal.pone.0071998.
- ABUYA, B. A., CIERA, J. et KIMANI-MURAGE, E. 2012. «Effect of mother's education on child's nutritional status in the slums of Nairobi», *BMC Pediatrics*, DOI: 10.1186/1471-2431-12-80.
- ADDAI, I. et ADJEI, J. 2014. «Predictors of self-appraised health status in sub-Saharan Africa: The case of Ghana», *Applied Research in Quality of Life*, 9, 2: 233-253.
- ADEBAYO, A. A., MUSVOTO, G. G. et ADEBAYO, P. 2013. *Towards the Creation of Healthier City Neighbourhoods for Marginalised Communities in South Africa: a Case Study of the South Durban Industrial Basin in the City of Durban*. Urban Forum, Springer, 343-355 p.
- ADJIBADE, A. K. 2004. *L'enfant en Centrafrique: famille, santé, scolarité, travail*. Paris, Karthala, 385 p.
- ADMASSIE, A. et ABEBAW, D. 2014. «Rural poverty and marginalization in Ethiopia: a review of development interventions», dans J. Von Braun et F. W. Gatzweiler (dir.), *Marginality*. Springer: 269-300.
- AFDB, I. E. 2014. *Infrastructures financing trends Africa 2013*. Tunis, ICA/AfDB, 27 p.
- AIKINS, M. K., PICKERING, H. et GREENWOOD, B. M. 1994. «Attitudes to malaria, traditional practices and bednets (mosquito nets) as vector control measures: a

- comparative study in five west African countries», *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 97, 2: 81-86.
- AÏT-KHALED, N., ENARSON, D. et BOUSQUET, J. 2001. «Chronic respiratory diseases in developing countries: the burden and strategies for prevention and management», *Bulletin of the World Health Organization*, 79, 10: 971-979.
- AKOTO, E. M. et TABUTIN, D. 1988. «Morbidity, malnutrition et mortalité des enfants en Afrique noire», dans D. Tabutin (dir.), *Population et sociétés en Afrique au sud du Sahara*. Paris, Éditions L'Harmattan: 309-334.
- AL-EISSA, Y. A., AL-SANIE, A. M., AL-ALOLA, S. A. et al. 2000. «Parental perceptions of fever in children», *Annals of Saudi Medicine*, 20, 4: 202-205.
- ALEGRI, M., PESCOSOLIDO, B. A., WILLIAMS, S. et al. 2011. «Culture, race/ethnicity and disparities: Fleshing out the socio-cultural framework for health services disparities», dans B. A. Pescosolido, J. K. Martin, J. D. McLeod et A. Rogers (dir.), *Handbook of the Sociology of Health, Illness, and Healing*. New York, Springer: 363-382.
- ALIROL, E., GETAZ, L., STOLL, B. et al. 2011. «Urbanisation and infectious diseases in a globalised world», *The Lancet*, 11, 2: 131-141.
- ALSHARIF, A. A. A. et PRADHAN, B. 2014. «Urban sprawl analysis of Tripoli Metropolitan city (Libya) using remote sensing data and multivariate logistic regression model», *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 42, 1: 149-163.
- ANDERSSON, R. et MUSTERD, S. 2010. «What scale matters ? Exploring the relationships between individuals social position, neighbourhood context and the scale of neighbourhood», *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 92, 1: 23-43.
- ANDRÉ, P., VAILLANCOURT, J.-G., PLANTE, S. et al. 2003. «L'apport des sciences sociales en santé environnementale», dans M. Gérin, P. Gosselin, S. Cordier, C. Viau et P. Quénel (dir.), *Environnement et santé publique: fondements et pratiques*. Paris, Edisem/Tec et Doc, Acton Vale: 222-276.
- ARKU, G., MKANDAWIRE, P., LUGINAAH, I. et al. 2013. «Healthcare Access in Three Residential Neighborhoods in Accra, Ghana», dans J. R. Weeks, A. G. Hill et J. Stoler (dir.), *Spatial Inequalities*. Springer: 191-204.

- ARNOLD, F. 1992. «Sex preference and its demographic and health implications», *International Family Planning Perspectives*, 18, 3: 93-101.
- ASCHAN-LEYGONIE, C., BAUDET-MICHEL, S., MATHIAN, H. et al. 2013. «Les inégalités de santé respiratoire entre villes: une approche géographique», *Environnement, Risques & Santé*, 12, 2: 118-128.
- ATTA KOFFI, B. E. O. et TÉRÉ, G. 2013. «Stratégies de gestion des cadres et conditions de vie des populations à Abobo», *European Scientific Journal*, 9, 29: 128-143.
- AURAH, C. M. 2013. «Assessment of Extent to Which Plastic Bag Waste Management Methods Used in Nairobi City Promote Sustainability», *Nature*, 1, 4: 96-101.
- AZAPAGIC, A., CHALABI, Z., FLETCHER, T. et al. 2013. «An integrated approach to assessing the environmental and health impacts of pollution in the urban environment: Methodology and a case study», *Process Safety and Environmental Protection*, 91, 6: 508-520.
- BACQUÉ, M.-H. et FOL, S. 2007. «Effets de quartier: enjeux scientifiques et politiques de l'importation d'une controverse», dans J.-Y. Authier, M.-H. Bacqué et F. Guérin-Pace (dir.), *Le quartier*. La découverte: 181-193.
- BAIN, L. E., AWAH, P. K., GERALDINE, N. et al. 2014. «Malnutrition in Sub-Saharan Africa: burden, causes and prospects», *Pan African Medical Journal*, DOI: 10.11604/pamj.2013.15.120.2535.
- BAMPOKY, C. 2013. «Can clean drinking water and sanitation reduce child mortality in Senegal?», *Pepperdine Policy Review*, 6, 1: 5-27.
- BANDYOPADHYAY, S., KANJI, S. et WANG, L. 2012. «The impact of rainfall and temperature variation on diarrheal prevalence in Sub-Saharan Africa», *Applied Geography*, 33, 4: 63-72.
- BANQUE MONDIALE. 2012. Le futur de l'eau en Afrique. Pourquoi gaspiller l'eau ? Vue d'ensemble. Washington, DC, Banque mondiale, 12 p.
- BANZA-NSUNGU, B. A. 2004. Environnement urbain et santé : la morbidité diarrhéique des enfants de moins de cinq ans à Yaoundé (Cameroun). Paris, Université de Paris X - Nanterre, Thèse de doctorat, 373 p.

- BARAGATTI, M., FOURNET, F., HENRY, M. C. et al. 2009. «Social and environmental malaria risk factors in urban areas of Ouagadougou, Burkina Faso», *Malaria Journal*, 8, 1: 1-14.
- BARLES, S. 2010. «De l'hygiénisme à la santé environnementale, regards sur la ville», *Pollution Atmosphérique*, 11: 11-21.
- BARNETT, A. G., TONG, S. et CLEMENTS, A. C. A. 2010. «What measure of temperature is the best predictor of mortality?», *Environmental Research*, 110, 6: 604-611.
- BARRETO, M. L., GENSER, B., STRINA, A. et al. 2011. «Impact of a City-Wide Sanitation Programme in Northeast Brazil on Intestinal Parasites Infection in Young Children», *Environmental Health Perspectives*, 118, 11: 1637-42.
- BARROS, A. J. D., RONSMANS, C., AXELSON, H. et al. 2012. «Equity in maternal, newborn, and child health interventions in Countdown to 2015: a retrospective review of survey data from 54 countries», *The Lancet*, 379, 9822: 1225-1233.
- BARTLETT, S. 2003. «Water, sanitation and urban children: the need to go beyond improved provision», *Environment and Urbanization*, 15, 2: 57-70.
- BAUDET-MICHEL, S. et ASCHAN-LEYGONIE, C. 2009. «Risque, Vulnérabilité, Résilience: comment les définir dans le cadre d'une étude géographique sur la santé et la pollution atmosphérique en milieu urbain ?», *Vulnérabilités sociétales, risques et environnement*: 60-68.
- BAYA, B., ROSSIER, C., ZOURKALEINI, Y. et al. 2010. Ouagadougou Demographic Surveillance System (ODSS) 2008-2012. Ouagadougou, ISSP, 10 p.
- BEARER, C. F. 1995. «Environmental health hazards: how children are different from adults», *The Future of Children*, 5, 2: 11-26.
- BEAUCHEMIN, C. et BOCQUIER, P. 2004. «Migration and urbanisation in Francophone West Africa: An overview of the recent empirical evidence», *Urban Studies*, 41, 11: 2245-2272.
- BECKER, S., BLACK, R. E. et BROWN, K. H. 1991. «Relative effects of diarrhea, fever, and dietary energy intake on weight gain in rural Bangladeshi children», *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 6: 1499-1503.

- BÉGUIN, M. 2013. «L’histoire des ordures: de la préhistoire à la fin du dix-neuvième siècle», *Vertigo-la revue électronique en sciences de l’environnement*, DOI: 10.4000/vertigo.14419
- BERTINI, G., PERUGI, S., DANI, C. et al. 2003. «Maternal education and the incidence and duration of breast feeding: a prospective study», *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 37, 4: 447-452.
- BESANCENOT, J. P., HANDSCHUMACHER, P., NDIONE, J. A. et al. 2004. «Climat, eau et santé au Sahel ouest-africain», *Sécheresse*, 15, 3: 233-241.
- BHROLCHÁIN, M. N. et DYSON, T. 2007. «On Causation in Demography: Issues and Illustrations», *Population and Development Review*, 33, 1: 1-36.
- BIRCHER, J. et KURUVILLA, S. 2014. «Defining health by addressing individual, social, and environmental determinants: New opportunities for health care and public health», *Journal of Public Health Policy*, 35, 3: 363-386.
- BLACK, R. E., MORRIS, S. S. et BRYCE, J. 2003. «Where and why are 10 million children dying every year?», *The Lancet*, 361, 9376: 2226-2234.
- BOCO, G. 2013. Global patterns of sex differentials in child mortality in Sub-Saharan Africa: Multivariable analysis of 30 national datasets. Population American of Association 2013. New Orleans, PAA, 4 p.
- BOCQUIER, P., BEGUY, D., ZULU, E. M. et al. 2010. «Do migrant children face greater health hazards in slum settlements ? Evidence from Nairobi, Kenya», *Journal of Urban Health*, 88, 2: 266-281.
- BOCQUIER, P., MADISE, N. J. et ZULU, E. M. 2011. «Is there an urban advantage in child survival in sub-Saharan Africa? Evidence from 18 countries in the 1990s», *Demography*, 48, 2: 531-558.
- BOLDUC, D. G., GÉRIN, M., GOSSELIN, P. et al. 2005. «Gestion du risque en santé environnementale», dans (dir.), *Environnement et Santé Publique. Fondements et Pratiques*. Québec, Edisem: 975-994.
- BOLOGO, E., MOUNDAIN, N., RANDALL, S. et al. 2010. Morphologie sociale du quartier de Nioko II. Ouagadougou, 20 p.

- BOLOGO, E., MOUNDAIN, N., RANDALL, S. et al. 2010. Morphologie sociale du quartier de Polesgo. Ouagadougou, 22 p.
- BORGHI, J., GUINNESS, L., OUEDRAOGO, J. et al. 2002. «Is hygiene promotion cost-effective? A case study in Burkina Faso», *Tropical Medicine & International Health*, 7, 11: 960-969.
- BOUBA DJOURDEBBÉ, F., DOS SANTOS, S., LEGRAND, T. K. et al. 2014. «Environmental factors and childhood fever in areas of the Ouagadougou Health and Demographic Surveillance System, Burkina Faso», *Journal of Biosocial Science*, DOI: 10.1017/S0021932014000479.
- BOUYER, J., CORDIER, S. et LEVALLOIS, P. 2003. «Épidémiologie», dans M. Gérin, P. Gosselin, S. Cordier, C. Viau et P. Quénel (dir.), *Environnement et santé publique-Fondements pratiques*. Paris, Edisem: 89-118.
- BOYER, F. 2010. «Croissance urbaine, statut migratoire et choix résidentiels des Ouagalais. Vers une insertion urbaine ségréguée ?», *Revue Tiers Monde*, 1, 201: 47-64.
- BOYER, F. et DELAUNAY, D. 2009. Peuplement de Ouagadougou et développement urbain. Ouagadougou, IRD, 250 p.
- BOYER, F. et DELAUNAY, D. 2014. *Les espaces de la famille à Ouagadougou. Une construction inscrite dans trois temporalités: cycles de vie, domestique et urbain*. Fronts et frontières des sciences du territoire Frontiers and boundaries of territorial sciences, Paris, CIST, 47-53 p.
- BRASSEUR, P., RACCURT, C., BADIANE, M. et al. 2014. «Évolution de la prévalence du paludisme et de la prise en charge des fièvres de 2000 et 2012 en Casamance, Sénégal», *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 1, 108: 10-13.
- BRONDEAU, F. 2014. «Comment sécuriser l'accès au foncier pour assurer la sécurité alimentaire des populations africaines: éléments de réflexion», *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, DOI: 10.4000/vertigo.14914
- BROWN, J., CAIRNCROSS, S. et ENSINK, J. H. J. 2013. «Water, sanitation, hygiene and enteric infections in children», *Archives of Disease in Childhood*, 98, 8: 629-634.

- BROWNING, C. R. et CAGNEY, K. A. 2002. «Neighborhood structural disadvantage, collective efficacy, and self-rated physical health in an urban setting», *Journal of Health and Social Behavior*, 43, 4: 383-399.
- BRUCKER-DAVIS, F., FERRARI, P., BODA-BUCCINO, M. et al. 2011. «Cord blood thyroid tests in boys born with and without cryptorchidism: correlations with birth parameters and in utero xenobiotics exposure», *Thyroid*, 21, 10: 1133-1141.
- BRYK, A. S. et RAUDENBUSH, S. W. 1992. *Hierarchical Linear Models: Advanced Quantitative Techniques in the Social Sciences I*, Newbury Park, Calif: Sage Publications, 265 p.
- BURKINA FASO et ONU. 2012. *Cadre d'accélération des OMD (CAO) au Burkina Faso. Éliminer l'extrême pauvreté*, 11 p.
- BUTTARELLI, E., CHAPUIS-LUCCIANI, N., BADIANE, N. S. et al. 2013. «État nutritionnel du jeune enfant (0–3 ans) à Pikine-Dagoudane en milieu urbain sénégalais», *Bulletins et mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, 25, 1-2: 83-98.
- CAHUZAC, E. et BONTEMPS, C. 2008. *Stata par la pratique: statistiques, graphiques et éléments de programmation*, Stata Press, 254 p.
- CAIRNCROSS, S., HUNT, C., BOISSON, S. et al. 2010. «Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhoea», *International Journal of Epidemiology*, 39, 1: 193-205.
- CAIRNCROSS, S., O'NEILL, D., MCCOY, A. et al. 2004. *La santé, l'environnement et le fardeau des maladies*, Department for International Development, 61 p.
- CALDWELL, J. et MCDONALD, P. 1982. «Influence of maternal education on infant and child mortality: levels and causes», *Health Policy and Education*, 2, 3: 251-267.
- CAMBOIS, E. et ROBINE, J.-M. 2014. «Les espérances de vie sans incapacité: un outil de prospective en santé publique», *Informations sociales*, 183, 3: 106-114.
- CAMPBELL-LENDRUM, D., MANGA, L., BAGAYOKO, M. et al. 2015. «Climate change and vector-borne diseases: what are the implications for public health research and policy?», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, DOI: 10.1098/rstb.2013.0552.

- CANTRELLE, P. 1996. «Mortalité et environnement», dans F. Gendreau, P. Gubry et J. Véron (dir.), *Population et environnement dans les pays du Sud*. Paris, Karthala et CEPED: 217-229.
- CANTRELLE, P. et LOCOH, T. 1990. Facteurs culturels et sociaux de la santé en Afrique. CEPED. Paris, Les dossiers du CEPED, 36 p.
- CANTRELLE, P., RALIJAONA, O., RANDRETSIA, I. et al. 2007. *La mortalité saisonnière à Madagascar*, Unité de recherche Population et développement, 83 p.
- CARNEVALE, P., TRARI, B., IZRI, A. et al. 2012. «Les cinq piliers de la protection familiale et personnelle de l'homme contre les moustiques vecteurs d'agents pathogènes», *Médecine et Santé Tropicales*, 22, 1: 13-21.
- CHAIX, B., MERLO, J., EVANS, D. et al. 2009. «Neighbourhoods in eco-epidemiologic research: delimiting personal exposure areas. A response to Riva, Gauvin, Apparicio and Brodeur», *Social Science & Medicine*, 69, 9: 1306-1310.
- CHAPMAN, K. L., HOLZGREFE, H., BLACK, L. E. et al. 2013. «Pharmaceutical toxicology: Designing studies to reduce animal use, while maximizing human translation», *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 66, 1: 88-103.
- CHAPMAN, S. J. et HILL, A. V. S. 2012. «Human genetic susceptibility to infectious disease», *Nature Reviews Genetics*, 13, 3: 175-188.
- CHARBIT, Y. et KÉBÉ, M. 2006. «Education et changements démographiques», dans M. Pilon (dir.), *Défis du développement en Afrique subsaharienne. L'éducation en jeu. Ceped, collection Rencontres*. Paris, IRD: 25-36.
- CHEN, M., ZHANG, H., LIU, W. et al. 2014. «The Global Pattern of Urbanization and Economic Growth: Evidence from the Last Three Decades», *PloS One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0103799.
- CHEVALIER, P., CORDIER, S., DAB, W. et al. 2003. «Santé environnementale», dans M. Gérin, P. Gosselin, S. Cordier et al. (dir.), *Environnement et santé publique: fondements et pratiques*. Paris, Edisem/Tec et Doc, Acton Vale: 59-86.
- CHIREBVU, E., CHIMBARI, M. J. et NGWENYA, B. N. 2014. «Assessment of risk factors associated with malaria transmission in Tubu village, northern Botswana», *Malaria Research and Treatment* 2014, DOI: 10.1155/2014/403069.

- CHOGE, J. K., NG, M. A., AKHWALE, W. et al. 2014. «Symptomatic malaria diagnosis overestimate malaria prevalence, but underestimate anaemia burdens in children: results of a follow up study in Kenya», *BMC Public Health* 14, DOI: 10.1186/1471-2458-14-332.
- CHOLA, L. et ALABA, O. 2013. «Association of Neighbourhood and Individual Social Capital, Neighbourhood Economic Deprivation and Self-Rated Health in South Africa—a Multi-Level Analysis», *PloS One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0030795
- CHOPRA, M., MASON, E., BORRAZZO, J. et al. 2013. «Ending of preventable deaths from pneumonia and diarrhoea: an achievable goal», *Lancet*, 381, 9876: 1499-1506.
- CHOUKROUN, M.-L. 2010. *Le poumon de l'enfant*. Bordeaux, Université de Bordeaux-2, 38 p.
- CHUNG, K., YANG, D.-H. et BELL, R. 2004. «Health and GIS: toward spatial statistical analyses», *Journal of Medical Systems*, 28, 4: 349-360.
- COLDITZ, G. A. et WEI, E. K. 2012. «Preventability of cancer: the relative contributions of biologic and social and physical environmental determinants of cancer mortality», *Annual Review of Public Health*, 33: 137-156.
- COMMUNE DE OUAGADOUGOU. 2011. *Annuaire statistique de la ville de Ouagadougou*. Ouagadougou, 181 p.
- COMPAORÉ, G. et NÉBIÉ, O. 2003. «Croissance démographique et espace urbain à Ouagadougou (Burkina Faso)», dans Centre de recherches sur les espaces tropicaux (dir.), *Études urbaines à Ouagadougou, Burkina Faso*. Bordeaux, CRET: 9-28.
- CONGDON, P. 2013. «Spatially interpolated disease prevalence estimation using collateral indicators of morbidity and ecological risk», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, 10: 5011-5025.
- CONNOR, D. F., EDWARDS, G., FLETCHER, K. E. et al. 2003. «Correlates of comorbid psychopathology in children with ADHD», *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 42, 2: 193-200.
- CURTIS, V., BIRAN, A., DEVERELL, K. et al. 2003. «Hygiene in the home: relating bugs and behaviour», *Social Science & Medicine*, 57, 4: 657-672.

- CURTIS, V. et CAIRNCROSS, S. 2003. «Effect of washing hands with soap on diarrhoea risk in the community: a systematic review», *The Lancet*, 3, 5: 275-281.
- CURTIS, V., CAIRNCROSS, S. et YONLI, R. 2001. «Review: Domestic hygiene and diarrhoea pinpointing the problem», *Tropical Medicine & International Health*, 5, 1: 22-32.
- CURTIS, V., KANKI, B., MERTENS, T. et al. 1995. «Potties, pits and pipes: explaining hygiene behaviour in Burkina Faso», *Social Science & Medicine*, 41, 3: 383-393.
- D'ALESSANDRO, U. et BUTTIENS, H. 2001. «History and importance of antimalarial drug resistance», *Tropical Medicine & International Health*, 6, 11: 845-848.
- D'AMATO, G. 2011. «Effects of climatic changes and urban air pollution on the rising trends of respiratory allergy and asthma», *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 6, 1: 28-34.
- DABIRÉ, B. 2002. Le sexe et le statut de l'enfant dans le ménage. Enfant confié ou enfant du couple-peuvent-ils être des facteurs de discrimination? Enfants d'aujourd'hui, diversité des contextes, pluralité des parcours: colloque international de Dakar (10-13 décembre 2002). AIDELF. Dakar, INED, 11, 124-139 p.
- DAGOYE, D., BEKELE, Z., WOLDEMICHAEL, K. et al. 2003. «Wheezing, allergy, and parasite infection in children in urban and rural Ethiopia», *American journal of respiratory and critical care medicine*, 167, 10: 1369-1373.
- DARAMOLA, A. et IBEM, E. O. 2010. «Urban environmental problems in Nigeria: Implications for sustainable development», *Journal of Sustainable Development in Africa*, 12, 1: 124-145.
- DAS, S. K., CHISTI, M. J., MALEK, M. A. et al. 2013. «Socio-demographic, host and clinical characteristics of people with typhoidal and non-typhoidal Salmonella gastroenteritis in urban Bangladesh», *Journal of Biomedical Science and Engineering*, DOI: 10.4236/jbise.2013.68101.
- DAVE, S. 2011. «Neighbourhood density and social sustainability in cities of developing countries», *Sustainable Development*, 19, 3: 189-205.

- DAVIES-ADETUGBO, A. A. 1997. «Sociocultural factors and the promotion of exclusive breastfeeding in rural Yoruba communities of Osun State, Nigeria», *Social Science & Medicine*, 45, 1: 113-125.
- DEAUVIEAU, J. 2010. «Comment traduire sous forme de probabilités les résultats d'une modélisation logit?», *Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 105, 1: 5-23.
- DEEN, J. L., WALRAVEN, G. E. L. et VON SEIDLEIN, L. 2002. «Increased risk for malaria in chronically malnourished children under 5 years of age in rural Gambia», *Journal of tropical pediatrics*, 48, 2: 78-83.
- DÉGBEY, C., MAKOUTODE, M., OUENDO, E. M. et al. 2008. «La qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin», *Environnement, Risque & Santé*, 7, 4: 279-83.
- DEREJE, N. 2014. «Determinants of severe acute malnutrition among under five children in Shashogo Woreda, Southern Ethiopia-A Community based matched case control study», *International Journal of Research*, 1, 6: 339-363.
- DESAI, S. et ALVA, S. 1998. «Maternal education and child health: Is there a strong causal relationship?», *Demography*, 35, 1: 71-81.
- DESGRÉES DU LOÛ, A. 2011. «La démographie, une discipline passerelle en santé publique», dans D. Kerouedan (dir.), *Santé internationale. Les enjeux de santé au Sud*. 535-547.
- DIALLO, A., NDAM, N. T., MOUSSILIOU, A. et al. 2012. «Asymptomatic carriage of plasmodium in urban Dakar: the risk of malaria should not be underestimated», *PloS One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0031100.
- DIEZ ROUX, A. V. et MAIR, C. 2010. «Neighborhoods and health», *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1186, 1: 125-145.
- DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE. 2007. Bulletin agrométéorologique décadaire n°20. Ouagadougou, 5 p.
- DONG, G.-H., DING, H.-L., MA, Y.-N. et al. 2008. «Housing characteristics, home environmental factors and respiratory health in 14,729 Chinese children», *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 56, 2: 97-107.

- DONGO, K., KOUAMÉ, F. K. et KONÉ, B. 2008. «Analyse de la situation de l'environnement sanitaire des quartiers défavorisés dans le tissu urbain de Yopougon à Abidjan, Côte d'Ivoire», *VertigO-La revue électronique en sciences de l'environnement*, DOI: 10.4000/vertigo.6252.
- DORA, C., HAINES, A., BALBUS, J. et al. 2014. «Indicators linking health and sustainability in the post-2015 development agenda», *The Lancet*, 381, 9866: 566–574.
- DOS SANTOS, S. 2006. «Accès à l'eau et enjeux socio-sanitaires à Ouagadougou», *Espace, Populations, Sociétés*, 2, 3: 271-285.
- DOS SANTOS, S. 2011. «Les risques sanitaires liés aux usages domestiques de l'eau. Représentations sociales mossi à Ouagadougou (Burkina Faso)», *Natures Sciences Sociétés*, 19, 2: 103-112.
- DOS SANTOS, S. 2012. «L'accès à l'eau en Afrique subsaharienne : la mesure est-elle cohérente avec le risque sanitaire ?», *Environnement, Risques & Santé*, 11, 4: 282-286.
- DOS SANTOS, S. 2013. «L'accès à l'eau courante des femmes migrantes à Ouagadougou: durabilité de l'accès et effet sur la survie des enfants», *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, DOI: 10.4000/vertigo.13289.
- DOS SANTOS, S., BOUBA DJOURDEBBÉ, F., NIKIEMA, A. et al. 2011. Risques environnementaux et santé des enfants. Caractérisation des populations et des quartiers à risque à Ouagadougou. VIe Conférence africaine sur la population du 5 au 9 décembre 2011. Ouagadougou, UAPS, 20 p.
- DOS SANTOS, S. et LEGRAND, T. K. 2007. «Accès à l'eau et mortalité des enfants à Ouagadougou (Burkina Faso)», *Environnement, Risques & Santé*, 6, 5: 365-371.
- DOS SANTOS, S. et LEGRAND, T. K. 2013. «Is the Tap Locked? An Event History Analysis of Piped Water Access in Ouagadougou, Burkina Faso», *Urban Studies*, DOI: 10.1177/0042098012462613.
- DOS SANTOS, S., RAUTU, I., LE HESRAN, J.-Y. et al. 2014. «Environmental threats and childhood fever during the rainy season in Dakar Senegal: interest in using

- hierarchical models», *Population and Environment Review*, DOI: 10.1007/s11111-014-0224-1.
- DRABO, K. M., SAWADOGO, A., LAOKRI, S. et al. 2014. «Pratiques de prévention antipaludique dans les zones périurbaines de deux districts sanitaires du Burkina Faso», *Santé Publique*, 26, 5: 679-684.
- DROZ, Y. et SÉRAPHIN, G. 2004. *L'effervescence religieuse en Afrique: la diversité locale des implantations religieuses chrétiennes au Cameroun et au Kenya*, Karthala Éditions, 281 p.
- DU LOÛ, A. D., PISON, G., SAMB, B. et al. 1996. «L'évolution des causes de décès d'enfants en Afrique: une étude de cas au Sénégal avec la méthode d'autopsie verbale», *Population*, 45, 4/5: 845-881.
- DUMAS, O., SIROUX, V., LE MOUAL, N. et al. 2014. «Approches d'analyse causale en épidémiologie», *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 62, 1: 53-63.
- DUSSAIX, A.-M. 2009. «La qualité dans les enquêtes», *Revue MODULAD*, 1, 3: 137-171.
- EDORH, A.-M. 2006. Conditions de vie des enfants des femmes chefs de ménage. Enfants d'aujourd'hui, diversité des contextes, pluralité des parcours: colloque international de Dakar (10-13 décembre 2002). Dakar, INED, 401-413 p.
- EGONDI, T., KYOBUTUNGI, C., NG, N. et al. 2013. «Community perceptions of air pollution and related health risks in Nairobi Slums», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, 10: 4851-4868.
- EL-FADEL, M., MAROUN, R., QUBA'A, R. et al. 2014. «Determinants of diarrhea prevalence in urban slums: a comparative assessment towards enhanced environmental management», *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 2: 665-677.
- ELLEN, I. G., MIJANOVICH, T. et DILLMAN, K. N. 2001. «Neighborhood effects on health: exploring the links and assessing the evidence», *Journal of Urban Affairs*, 23, 3-4: 391-408.
- ELLIS, K. V., RODRIGUES, P. C. C. et GOMEZ, C. 1993. «Parasite ova and cysts in waste stabilization ponds», *Water Research*, 27, 9: 1455-1460.

- EMERSON, P. M., LINDSAY, S. W., ALEXANDER, N. et al. 2004. «Role of flies and provision of latrines in trachoma control: cluster-randomised controlled trial», *The Lancet*, 363, 9415: 1093-1098.
- EMINA, J., BEGUY, D., ZULU, E. M. et al. 2011. «Monitoring of health and demographic outcomes in poor urban settlements: evidence from the Nairobi Urban Health and Demographic Surveillance System», *Journal of Urban Health*, 88, 2: 200-218.
- ESREY, S. A. 1996. «Water, waste, and well-being: a multicountry study», *American Journal of Epidemiology*, 143, 6: 608-623.
- ESREY, S. A., POTASH, J. B., ROBERTS, L. et al. 1991. «Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma», *Bulletin of the World Health Organization*, 69, 5: 609-621.
- ESSO LASME, E. J. C. 2013. «Les déterminants de la mortalité des enfants de moins de cinq en Côte d'Ivoire», *European Scientific Journal*, 9, 2: 139-150.
- ETCHELECOU, A. 2010. Environnement et santé, une évidence pour l'opinion et un défi pour la connaissance. Programme du colloque "Les populations vulnérables" en 2007. Dumont G-F., Etchelecou A., Parant A. et al. Bordeaux, CUDEP, 429-435 p.
- ÉVINA, A. 1990. *Infécondité et sous-fécondité: évaluation et recherche des facteurs. Le cas du Cameroun*. Yaoundé, IFORD, 269 p.
- EZZATI, M. 2012. *Indoor air pollution and African death rates*, 196 p.
- FAUCHEUX, S. et FROGER, G. 1994. «Le revenu national soutenable peut-il être un indicateur de soutenabilité ?», *Revue française d'économie*, 9, 2: 3-37.
- FAVEAU, V. 1990. «Santé des enfants et des mères au Bangladesh: peut-on faire plus ? Le cas de Matlab», *Population*, 45, 6: 1075-1083.
- FELEKE, S. M., ANIMUT, A. et BELAY, M. 2015. «Prevalence of Malaria among Acute Febrile Patients Clinically Suspected of Having Malaria in the Zeway Health Center, Ethiopia», *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 68, 1: 55-59.
- FENN, B., MORRIS, S. S. et BLACK, R. E. 2005. «Comorbidity in childhood in northern Ghana: magnitude, associated factors, and impact on mortality», *International Journal of Epidemiology*, 34, 2: 368-375.

- FERRÉOL, G. 2011. *Dictionnaire de sociologie* Paris, Armand Colin, 332 p.
- FERRY, B. 2007. *L'Afrique face à ses défis démographiques. Un avenir incertain*. Paris, AFD-CEPED-Karthala, 384 p.
- FILMER, D. 2005. «Fever and its treatment among the more and less poor in sub-Saharan Africa», *Health Policy and Planning*, 20, 6: 337-346.
- FINK, G., GÜNTHER, I. et HILL, K. 2011. «The effect of water and sanitation on child health: evidence from the demographic and health surveys 1986–2007», *International Journal of Epidemiology*, 40, 5: 1196-1204.
- FINK, G., GÜNTHER, I. et HILL, K. 2013. «Urban Mortality Transitions: The Role of Slums», *Program on the Global Demography of Aging PGDA Working Papers*, 9913: 28.
- FINK, G., GÜNTHER, I. et HILL, K. 2014. «Slum Residence and Child Health in Developing Countries», *Demography*, DOI: 10.1007/s13524-014-0302-0.
- FINK, G. et HILL, K. 2013. Urbanization and Child Mortality–Evidence from the Demographic and Health Surveys, Harvard School of Public Health, 22 p.
- FISKE, S. 2008. *Psychologie sociale*. Paris, De Boeck 759 p.
- FISMAN, D. 2012. «Seasonality of viral infections: mechanisms and unknowns», *Clinical Microbiology and Infection*, 18, 10: 946-954.
- FNUAP. 2008. *État de la population mondiale 2007*. New York, UNFPA, 148 p.
- FOBIL, J. N., KRAEMER, A., MEYER, C. G. et al. 2011. «Neighborhood urban environmental quality conditions are likely to drive malaria and diarrhea mortality in Accra, Ghana», *Journal of Environmental and Public Health*, DOI: 10.1155/2011/484010.
- FORBAT, J. 2014. «De la spécificité du concept de santé environnementale vis-à-vis du développement durable», *Développement Durable et Territoires*, DOI: 10.4000/developpementdurable.10241.
- FOTHERINGHAM, S. et ROGERSON, P. 2013. *Spatial analysis and GIS*, CRC Press, 296 p.
- FOURNET, F., MEUNIER-NIKIEMA, A. et SALEM, G. 2013. Ouagadougou (1850-2004): une urbanisation différenciée (petit atlas urbain), IRD, 143 p.

- FOURNET, F., YONGSI, N. B., MEUNIER-NIKIÉMA, A. et al. 2010. « Afrique: l'environnement fait la santé », dans F. Fournet, N. B. Yongsi, A. Meunier-Nikiéma et G. Salem (dir.), *Regards sur la Terre 2010*. Paris, Presses de Sciences Pô: 153-163.
- FREUDENBERG, N., GALEA, S. et VLAHOV, D. 2005. «Beyond urban penalty and urban sprawl: back to living conditions as the focus of urban health», *Journal of Community Health*, 30, 1: 1-11.
- FRIEL, S., AKERMAN, M., HANCOCK, T. et al. 2011. «Addressing the social and environmental determinants of urban health equity: evidence for action and a research agenda», *Journal of Urban Health*, 88, 5: 860-874.
- GAIGBÉ-TOGBÉ, V. 1988. *Mortalité infantile à Yaoundé: une étude des saisonnalités. Les enquêtes sur la mortalité infantile et juvénile*. Yaoundé, IFORD, 163 p.
- GALSTER, G. 2007. «Neighbourhood social mix as a goal of housing policy: a theoretical analysis», *European Journal of Housing Policy*, 7, 1: 19-43.
- GALSTER, G. C. 2012. «The mechanism (s) of neighbourhood effects: Theory, evidence, and policy implications», dans M. Van Ham, D. Manley, N. Bailey, L. Simpson et D. Maclennan (dir.), *Neighbourhood effects research: New perspectives*. Springer: 23-56.
- GASPARI, K. C. et WOOLF, A. G. 1985. «Income, public works, and mortality in early twentieth-century American cities», *The Journal of Economic History*, 45, 02: 355-361.
- GAUVIN, L. et DASSA, C. 2004. «L'analyse multiniveaux: avancées récentes et retombées anticipées pour l'étude des inégalités sociales et de santé», *Santé, Société et Solidarité*, 3, 2: 187-195.
- GAVIDIA, T., BRUNE, M.-N., MCCARTY, K. M. et al. 2010. «Children's environmental health - from knowledge to action», *The Lancet*, 377, 9772: 1134-1136.
- GAY, W. I. 2013. *Methods of animal experimentation*, Elsevier, 461 p.
- GENDREAU, F. 1993. *La population de l'Afrique : manuel de démographie*. Paris, CEPED et KARTHALA, 464 p.

- GOEBEL, A., DODSON, B. et HILL, T. 2010. «Urban advantage or Urban penalty? A case study of female-headed households in a South African city», *Health & Place*, 16, 3: 573-580.
- GOKA, E. A., VALLELY, P. J., MUTTON, K. J. et al. 2014. «Single, dual and multiple respiratory virus infections and risk of hospitalization and mortality», *Epidemiology and Infection*, DOI: 10.1017/S0950268814000302.
- GORINI, F., CHIAPPA, E., GARGANI, L. et al. 2014. «Potential effects of environmental chemical contamination in congenital heart disease», *Pediatric Cardiology*, 35, 4: 559-568.
- GOSSÉ, M. H. 1991. Villes et architectures: essai sur la dimension culturelle du développement, Karthala, 249 p.
- GOUËSET, V. 2006. «Développement urbain et mobilités à Ouagadougou: le rôle des politiques publiques», dans F. Dureau, V. Gouëset et E. Mesclier (dir.), *Les défis des politiques urbaines*. Paris: 136-167.
- GRAHAM, J. P. et POLIZZOTTO, M. L. 2013. «Pit latrines and their impacts on groundwater quality: a systematic review», *Environmental Health Perspectives*, 121, 5: 521-530.
- GREGORY, L. N. et HEALEY, R. G. 2007. «Historical GIS: structuring, mapping and analysing geographies of the past», *Progress in Human Geography*, 31, 5: 638-653.
- GRIRA, H. 2007. «Les déterminants du statut nutritionnel au Matlab: une analyse empirique», DOI: halshs-00175088.
- GUENGANT, J.-P. 2011. Comment bénéficier du dividende démographique? Analyse pays Burkina Faso. Ouagadougou, Agence Française de Développement, 54 p.
- GUENGANT, J. P., LANKOANDÉ, M., TAPSOBA, T. V. M. E. et al. 2009. Projections démographiques. Ouagadougou, Institut National de la Statistique et de la Démographie, 108 p.
- GUILLAUMOT, L. 2005. Les moustiques et la dengue, Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie, 22 p.
- GUINHOYA, B. C. 2010. «Une méthode alternative pour caractériser l'environnement «obésogénique» de l'enfant», *Santé Publique*, 22, 2: 165-179.

- GÜNTHER, I. et HARTTGEN, K. 2012. «Deadly Cities? Spatial Inequalities in Mortality in sub-Saharan Africa», *Population and Development Review*, 38, 3: 469-486.
- GWANA, A. M., MSHELIA, N. H., ABDULLAHI, M. M. et al. 2014. «Effects of Domestic Wastes on Water from Shallow-Wells in Moduganari, Nigeria», *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 2, 4: 185-190.
- GYIMAH, S. O. 2002. «Ethnicity and infant mortality in sub-Saharan Africa: The case of Ghana», *PSC Discussion Papers Series*, 16, 10: 1-31.
- GYIMAH, S. O. 2006. «Cultural background and infant survival in Ghana», *Ethnicity and health*, 11, 2: 101-120.
- HA, W., SALAMA, P., GWAVUYA, S. et al. 2014. «Is religion the forgotten variable in maternal and child health? Evidence from Zimbabwe», *Social Science & Medicine*, 118, 2: 80-88.
- HAINES, A., BRUCE, N., CAIRNCROSS, S. et al. 2012. «Promoting Health and Advancing Development through Improved Housing in Low-Income Settings», *Journal of Urban Health*, 90, 5: 1-22.
- HANKARD, R., COLOMB, V., PILOQUET, H. et al. 2012. «Dépister la dénutrition de l'enfant en pratique courante», *Archives de Pédiatrie*, 19, 10: 1110-1117.
- HANNIGAN, J. 2014. *Environmental Sociology Third Edition*. New York, Routledge, 237 p.
- HARDOY, J. E., MITLIN, D. et SATTERTHWAITTE, D. 2014. *Environmental problems in an urbanizing world: finding solutions in cities in Africa, Asia and Latin America*, Routledge, 440 p.
- HARPHAM, T. 2009. «Urban health in developing countries: What do we know and where do we go?», *Health & Place*, 15, 1: 107-116.
- HAY, R. J., JOHNS, N. E., WILLIAMS, H. C. et al. 2014. «The global burden of skin disease in 2010: an analysis of the prevalence and impact of skin conditions», *Journal of Investigative Dermatology*, 134, 6: 1527-1534.
- HENRY, S. J. F. et DOS SANTOS, S. 2013. «Rainfall variations and child mortality in the Sahel: results from a comparative event history analysis in Burkina Faso and Mali», *Population and Environment*, 34, 4: 431-459.

- HERJEAN, P. 2006. «L'approche multiniveau de la santé», *Cahiers de Géographie du Québec*, 50, 141: 347-355.
- HIEN, P. C. et COMPAORÉ, M. 2004. *Histoire de Ouagadougou des origines à nos jours*. Ouagadougou, DIST/CNRST, 374 p.
- HILL, A., HÜHNER, T., KREIBICH, V. et al. 2014. «Dar es Salaam, Megacity of Tomorrow: Informal Urban Expansion and the Provision of Technical Infrastructure», dans F. Kraas, S. Aggarwal, M. Coy et G. Mertins (dir.), *Megacities*. Springer: 165-177.
- HILL, A. B. 1965. «The environment and disease: association or causation?», *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 58, 5: 295-300.
- HILL, A. G. 1990. *Determinants of Health and Mortality in Africa*. New York, Population Council, 209 p.
- HILL, K. 2003. «Frameworks for studying the determinants of child survival», *Bulletin of the World Health Organization*, 81, 2: 138-139.
- HINGRAY, B. 1999. Comportement et modélisation hydrauliques des zones bâties en situation d'inondation. Géosciences. Montpellier, Université de Montpellier II-ORSTOM, 244 p.
- HOBCRAFT, J. 1997. «Women's education, child welfare and child survival: a review of the evidence», *Health Transition Review*, 3, 2: 159-175.
- HOPEWELL, M. R. et GRAHAM, J. P. 2014. «Trends in access to water supply and sanitation in 31 major sub-Saharan African cities: an analysis of DHS data from 2000 to 2012», *BMC Public Health* 14, DOI: 10.1186/1471-2458-14-208.
- HOPKINS, J. 1988. Improved methods of infant feeding to prevent diarrhea or reduce its severity. Baltimore, WHO, 12 p.
- HOUARD, N. 2011. Des effets de quartier à la politique de la ville. Perspectives internationales. Note d'analyse du Centre d'Analyse Stratégique. Strasbourg, Observatoire Régional de l'Intégration et de la Ville, 249, 5 p.
- HOUÉTO, D. 2007. «Fièvre chez l'enfant en zone d'endémie palustre au Bénin: analyse qualitative des facteurs associés au recours aux soins», *Sante Publique*, 19, 5: 363-372.

- HOWARD, G. et BARTRAM, J. 2003. Domestic water quantity, service level, and health. Geneva, WHO, 33 p.
- HUNTER, P. R., MACDONALD, A. M. et CARTER, R. C. 2010. «Water supply and health», *PLoS Medicine*, DOI: 10.1371/journal.pmed.1000361.
- INERIS. 2006. La démarche d'évaluation des risques sanitaires pour les substances chimiques: origine, objectifs et postulats aux États-Unis. Verneuil-en-Halatte, INERIS, 24 p.
- INOUSSA, N. 1990. *Incidence de la mauvaise déclaration de l'âge sur la mesure des indices de la mortalité infantile et juvénile dans une ville moyenne du Cameroun (Sangmelima)*. Yaoundé, IFORD, 159 p.
- INSD. 2005. Le secteur informel dans l'agglomération de Ouagadougou: performances, insertion, perspectives enquête 1-2-3. Ouagadougou, INSD, 54 p.
- INSD. 2007. Le Burkina en chiffres. Ouagadougou, INSD, 8 p.
- INSD. 2009. Monographie de la commune urbaine de Ouagadougou. Ouagadougou, INSD, 130 p.
- INSD. 2009. Recensement général de la population et de l'habitat de 2006. Rapport de synthèse des rapports d'analyse. Ouagadougou, INSD, 67 p.
- INSD ET ICF INTERNATIONAL. 2012. Enquête démographique et de santé et à indicateurs multiples du Burkina Faso 2010 (EDSBF-MICS IV), INSD et ORC Macro, 501 p.
- JALAN, J. et RAVALLION, M. 2003. «Does piped water reduce diarrhea for children in rural India?», *Journal of Econometrics*, 112, 1: 153-173.
- JANIQUE, E. 2006. «L'accès aux services d'eau et d'assainissement dans les quartiers de Ouagadougou, Burkina Faso», *Villes en Développement*, 72, 73: 9-10.
- JARVIS, G. K. et NORTHCOTT, H. C. 1987. «Religion and differences in morbidity and mortality», *Social Science & Medicine*, 25, 7: 813-824.
- JOHNSON, R. C., SEGLA, H., DOUGNON, T. V. et al. 2014. «Situation of Water, Hygiene and Sanitation in a Peri-Urban Area in Benin, West Africa: The Case of Sèmè-Podji», *Journal of Environmental Protection*, 5, 12: 1277-1283.

- JORDAN, T. E. 2012. *Death of Children in the Sixteenth to Nineteenth Centuries. Quality of Life and Mortality Among Children*, Springer, 11-37 p.
- KAFANDO, P., SEGDA, B. G., NZIHOUE, J. F. et al. 2013. «Environmental Impacts of Waste Management Deficiencies and Health Issues: A Case Study in the City of Kaya, Burkina Faso», *Journal of Environmental Protection*, DOI: 10.4236/jep.2013.410124.
- KAFANDO, Y. 2004. *Environnement urbain et problèmes de santé à Ouagadougou: Cas du quartier Cissin. Département de géographie. Ouagadougou, Université de Ouagadougou, Maîtrise*, 128 p.
- KANDA, M., WALA, K., BATAWILA, K. et al. 2009. «Le maraîchage périurbain à Lomé: pratiques culturelles, risques sanitaires et dynamiques spatiales», *Cahiers Agricultures*, 18, 4: 356-363.
- KANDALA, N. B., JI, C., STALLARD, N. et al. 2008. «Morbidity from diarrhoea, cough and fever among young children in Nigeria», *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 102, 5: 427-445.
- KANTÉ, A. M. et PISON, G. 2011. «La mortalité maternelle en milieu rural sénégalais. L'expérience du nouvel hôpital de Ninéfescha», *Population*, 65, 4: 753-779.
- KARLSEN, S., SAY, L., SOUZA, J.-P. et al. 2011. «The relationship between maternal education and mortality among women giving birth in health care institutions: Analysis of the cross sectional WHO Global Survey on Maternal and Perinatal Health», *BMC Public Health*, DOI: 1186/1471-2458-11-606.
- KECKLEY, P. H. 2003. «The role of evidence-based medicine in disease management», *Disease Management & Health Outcomes*, 11, 7: 429-437.
- KEISER, J., UTZINGER, J., DE CASTRO, M. C. et al. 2004. «Urbanization in sub-saharan Africa and implication for malaria control», *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 71, 2: 118-127.
- KIENTGA, S. 2008. *Contribution du SIG à l'analyse des liens déchets-santé en milieu urbain dans les pays en développement. Cas de deux secteurs de la ville de Ouagadougou, Burkina Faso. Faculté Environnement Naturel, Architectural et Construit. Lausanne, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Thèse de doctorat*, 213 p.

- KIMANI-MURAGE, E. W., FOTSO, J. C., EGONDI, T. et al. 2014. «Trends in childhood mortality in Kenya: The urban advantage has seemingly been wiped out», *Health & Place*, 29, 1: 95-103.
- KIMANI-MURAGE, E. W., MADISE, N. J., FOTSO, J.-C. et al. 2011. «Patterns and determinants of breastfeeding and complementary feeding practices in urban informal settlements, Nairobi Kenya», *BMC Public Health*, DOI: 10.1186/1471-2458-11-396.
- KIMANI-MURAGE, E. W. et NGINDU, A. M. 2007. «Quality of water the slum dwellers use: the case of a Kenyan slum», *Journal of Urban Health*, 84, 6: 829-838.
- KLIEGMAN, R. M., BEHRMAN, R. E., JENSON, H. B. et al. 2007. *Nelson's textbook of pediatrics e-dition 18e and nelson's instructions for pediatric patients package*, Saunders, 312 p.
- KOFFI-TESSIO, M. 2004. «Les déterminants de l'état de santé au Togo», *African Development Review*, 15, 2-3: 147-164.
- KOJIMA, H. 2006. «Déterminants environnementaux de la santé infantile et maternelle dans les pays asiatiques», dans AIDELF (dir.), *Enfants aujourd'hui -Diversité des contextes- Pluralité des parcours*. Paris, AIDELF: 768-778.
- KONÉ, B., DOUMBIA, M., SY, I. et al. 2014. «Étude des diarrhées en milieu périurbain à Abidjan par l'approche écosanté», *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, DOI: 10.4000/vertigo.14976.
- KONSEIGA, A., ZULU, E., BOCQUIER, P. et al. 2009. «Assessing the effect of mother's migration on childhood mortality in the informal settlement of Nairobi.», dans M. A. Collinson, K. Adazu, M. J. White et S. E. Findley (dir.), *The Dynamics of Migrations, Health and Livelihoods Nairobi*, Ashgate: 123-138.
- KOUAMÉ, P. K., DONGO, K., NGUYEN-VIET, H. et al. 2014. «Ecohealth approach to urban waste management: Exposure to environmental pollutants and health risks in Yamoussoukro, Côte d'Ivoire», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, DOI: 10.3390/ijerph111010292.
- KUATÉ DEFO, B. 1997. «Causes et déterminants de la mortalité avant l'âge de deux ans en Afrique subsaharienne: application des modèles à risques concurrents», *Cahiers Québécois de Démographie*, 26, 1: 3-40.

- KUATÉ DEFO, B. 2013. *Excess male mortality: Between child biology, preconception environment and institutions*. The 27th International Population Conference 26-31 august 2013, Busan, Korea, IUSSP, 15 p.
- KUMAR, R., SINGH, J., JOSHI, K. et al. 2014. «Co-morbidities in hospitalized children with severe acute malnutrition», *Indian Pediatrics*, 51, 2: 125-127.
- LACHAUD, J.-P. 2002. «Les déterminants de la survie des enfants et la pauvreté au Burkina Faso: une approche micro-économétrique», *Face à face*, DOI: 1298-0390.
- LALOU, R. et LEGRAND, T. K. 1997. «Child mortality in the urban and rural Sahel», *Population*, 9: 147-168.
- LAMBERTI, L. M., ZAKARIJA-GRKOVIĆ, I., WALKER, C. L. F. et al. 2013. «Breastfeeding for reducing the risk of pneumonia morbidity and mortality in children under two: a systematic literature review and meta-analysis», *BMC Public Health*, 13, 3: 1-8.
- LAVIE, E. et EL-TAYIB, N. H. 2014. «Du robinet au consommateur: qualité de l'eau potable dans le contexte domestique de l'agglomération de Khartoum, Soudan», *Cybergeo: European Journal of Geography*, DOI: 10.4000/cybergeo.26157.
- LE DIEN, S. et PAGÈS, J. 2003. «Analyse factorielle multiple hiérarchique», *Revue de statistique appliquée*, 51, 2: 47-73.
- LE MOAL, J. 2003. «Pour une médecine environnementale», *Les Cahiers de l'ADSP*, 43: 7-11.
- LE ROUX, M., NUTTALL, J. et ELEY, S. 2012. «South African measles outbreak 2009-2010 as experienced by a paediatric hospital», *SAMJ: South African Medical Journal*, 102, 9: 760-764.
- LEBART, L., MORINEAU, A. et PIRON, M. 1995. *Statistique exploratoire multidimensionnelle*, Dunod Paris, 439 p.
- LEBEL, J. 2003. *La santé: une approche écosystémique*, CRDI, 84 p.
- LEDRANS, M. 2008. «L'épidémiologie: un outil pour la veille et la décision en santé environnementale», *Environnement, Risques & Santé*, 7, 1: 21-26.

- LEE, W.-M., LEMANSKE JR, R. F., EVANS, M. D. et al. 2012. «Human rhinovirus species and season of infection determine illness severity», *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 186, 9: 886-891.
- LEGRAND, T. K. et MBACKÉ, C. S. M. 1995. «Sex differences in mortality among young children in the Sahel», *Population Bulletin of the United Nations*, 39: 79-111.
- LEVY, J. K., CURTIS, S., ZIMMER, C. et al. 2014. «Assessing gaps and poverty-related inequalities in the public and private sector family planning supply environment of urban Nigeria», *Journal of Urban Health*, 91, 1: 186-210.
- LHOMME, S. 2013. Introduction à l'analyse spatiale. U. Paris-Diderot. Paris, 80 p.
- LIM, S. S., VOS, T., FLAXMAN, A. D. et al. 2013. «A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the global burden of disease study 2010», *The Lancet*, 380, 9859: 2224-2260.
- LOCOH, T. 1986. «La répartition par sexe des enfants hospitalisés à Lomé (Togo)», dans P. Canterelle, I. Diop, M. Garenne, M. Gueye et A. Sadio (dir.), *Estimation de la mortalité du jeune enfant (0-5 ans) pour guider les actions de santé dans les pays en développement*. Paris, INSERM: 183-196.
- LOPEZ, A. D., MATHERS, C. D., EZZATI, M. et al. 2006. «Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data», *The Lancet*, 367, 9524: 1747-1757.
- LOUIS, G. B. 2006. Principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals. *Environmental health criteria*, 237, WHO, 329 p.
- MACRITCHIE, L. A., HUNTER, C. J. et STRACHAN, N. J. C. 2013. «A population-based exposure assessment of risk factors associated with gastrointestinal pathogens: a *Campylobacter* study», *Epidemiology and Infection*, 141, 5: 976-986.
- MAES, P., HARRIES, A. D., VAN DEN BERGH, R. et al. 2014. «Can timely vector control interventions triggered by atypical environmental conditions prevent malaria epidemics? A case-study from Wajir county, Kenya», *PloS One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0092386.

- MAGORI, K. et DRAKE, J. M. 2013. «The population dynamics of vector-borne diseases», *Nature Education Knowledge*, 4, 4: 14.
- MAHAMUD, A., BURTON, A., HASSAN, M. et al. 2013. «Risk Factors for Measles Mortality Among Hospitalized Somali Refugees Displaced by Famine, Kenya, 2011», *Clinical Infectious Diseases*, 57, 8: 160-166.
- MAHÉ, A., PRUAL, A., KONATÉ, M. et al. 1995. «Skin diseases of children in Mali: a public health problem», *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 89, 5: 467-470.
- MAINET, G. 2004. *Études urbaines à Ouagadougou (Burkina Faso)*, Presses universitaires de Bordeaux, 14 p.
- MALLÉ SAMB, O., RIDDE, V. et QUEUILLE, L. 2013. «Quelle pérennité pour les interventions pilotes de gratuité des soins au Burkina Faso?», *Revue Tiers Monde*, 3, 215: 73-91.
- MANGOLD, K. A. et REYNOLDS, S. L. 2013. «A review of dengue fever: a resurging tropical disease», *Pediatric Emergency Care*, 29, 5: 665-669.
- MARMOT, M., FRIEL, S., BELL, R. et al. 2008. «Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health», *The Lancet*, 372, 9650: 1661-1669.
- MARTINEZ, J., MBOUP, G., SLIUZAS, R. et al. 2008. «Trends in urban and slum indicators across developing world cities, 1990–2003», *Habitat International*, 32, 1: 86-108.
- MASION, A., AUFFAN, M., LABILLE, J. et al. 2012. «Environmental fate of nanoparticles: physical chemical and biological aspects—a few snapshots», *International Journal of Nanotechnology*, 9, 3: 167-180.
- MAZZOCCHETTI, J. 2007. «De l'autorité à l'affect: transformation des paternités au sein de la jeunesse ouagalaise scolarisée (Burkina Faso)», *Recherches Sociologiques et Anthropologiques*, 38, 2: 47-64.
- MBAYE, M., MAHÉ, G., SERVAT, E. et al. 2009. «Ressources en eau et santé publique au Sahel: exemple de la propagation des maladies infectieuses à Saint-Louis (Sénégal)», *Science et Changements Planétaires/Sécheresse*, 20, 1: 161-170.

- MCDADE, T. W. et ADAIR, L. S. 2001. «Defining the “urban” in urbanization and health: a factor analysis approach», *Social Science & Medicine*, 53, 1: 55-70.
- MCMICHAEL, A. J. 2000. «The urban environment and health in a world of increasing globalization: issues for developing countries», *Bulletin of the World Health Organization*, 78, 9: 1117-1126.
- MERRICK, T. W. 1985. «The effect of piped water on early childhood mortality in urban Brazil, 1970-1976.», *Demography*, 22: 1-23.
- METZGER, P. 1994. «Contribution à une problématique de l'environnement urbain», *Cahiers des Sciences Humaines*, 30, 4: 596-589.
- MICHEAU, J., DOR, F., DE GAINZA, R. et al. 2012. «Menaces environnementales et systèmes d'alerte: conceptualisation et enjeux», *Environnement, Risques & Santé*, 11, 6: 493-501.
- MILTON, K. 2013. *Environmentalism and cultural theory: exploring the role of anthropology in environmental discourse*. New York, Routledge, 257 p.
- MOHNEN, S. M., GROENEWEGEN, P. P., VÖLKER, B. et al. 2011. «Neighborhood social capital and individual health», *Social Science & Medicine*, 72, 5: 660-667.
- MOKORI, A., HENDRIKS, S. L., ORISKUSHABA, P. et al. 2013. «Changes in complementary feeding practices and nutrition status in returnee children aged 6-23 months in northern Uganda», *South African Journal of Clinical Nutrition*, 26, 4: 201-211.
- MOMAS, I. 2010. «L'environnement: un défi pour la santé», *Santé Publique*, 22, 3: 275-277.
- MONDAIN, N., ARDUIN, P., DELAUNAY, V. et al. 2012. «La restitution des résultats dans les systèmes de surveillance démographique: une étude dans 3 sites africains», dans B. Schoumaker et D. Tabutin (dir.), *Les systèmes d'information en démographie et en sciences sociales. Nouvelles questions, nouveaux outils?: Actes de la Chaire Quetelet 2006*. Louvain-La-Neuve, Presses Universitaires de Louvain: 499-521.
- MONTGOMERY, M. 2003. *Cities transformed: demographic change and its implications in the developing world*. Washington DC, National Academy Press, 529 p.
- MONTGOMERY, M. R. 2009. Urban poverty and health in developing countries. Population Bulletin. Washington, DC, Population Reference Bureau, 64, 1-15 p.

- MONTGOMERY, M. R. et HEWETT, P. C. 2005. «Urban poverty and health in developing countries: Household and neighborhood effects», *Demography*, 42, 3: 397-425.
- MORELLO-FROSCH, R., ZUK, M., JERRETT, M. et al. 2011. «Understanding the cumulative impacts of inequalities in environmental health: implications for policy», *Health affairs*, 30, 5: 879-887.
- MORRISSON, C. et LINSKENS, C. 2000. Les facteurs explicatifs de la malnutrition en Afrique subsaharienne. Document de travail, OCDE, 41 p.
- MOSLEY, W. H. 1985. *La survie de l'enfant: recherche et principes d'action*, 396-406 p.
- MOSLEY, W. H. et BECKER, S. 1991. «Demographic models for child survival and implications for health intervention programmes», *Health Policy and Planning*, 6, 3: 218-233.
- MOSLEY, W. H. et CHEN, L. C. 1984. «An analytical framework for the study of child survival in developing countries», *Population and Development Review*, 10: 25-45.
- MOTARJEMI, Y., KAFERSTEIN, F., GERRY, M. et al. 1995. Aliments de sevrage contaminés: facteurs de risque majeur de diarrhée et de malnutrition. L'alimentation de complément du jeune enfant: actes d'un atelier OMS/ORSTOM inter-pays, du 20 au 24 novembre 1994, à l'université Senghor, Alexandrie (Egypte). S. Trèche, B. De Benoist, D. Benbouzid et F. Delpeuch. Genève, OMS/ORSTOM, 75 p.
- MOTHERSILL, C. et SEYMOUR, C. 2014. «Implications for human and environmental health of low doses of ionising radiation», *Journal of Environmental Radioactivity*, 133, 1: 5-9.
- MOULIN, A.-M., ORFILA, J., SCHÉMANN, J.-F. et al. 2006. *Lutte contre le trachome en Afrique subsaharienne*. Paris, IRD, 225 p.
- MPAKAM, H. G., KABEYNE, K., GRELE, M. H. et al. 2006. «L'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans les villes des pays en développement: cas de Basoussam (Cameroun)», *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, DOI: 10.4000/vertigo.2377.
- MUKE, S. 2003. *La place du père africain dans la période périnatale*. Liège, Eres, 144 p.

- MULHOLLAND, K. 2005. «Commentary: Comorbidity as a factor in child health and child survival in developing countries», *International Journal of Epidemiology*, 34, 2: 375-377.
- MURIU, S. M., COULSON, T., MBOGO, C. M. et al. 2013. «Larval density dependence in *Anopheles gambiae* ss, the major African vector of malaria», *Journal of Animal Ecology*, 82, 1: 166-174.
- MURRAY, C. J. L., ROSENFELD, L. C., LIM, S. S. et al. 2012. «Global malaria mortality between 1980 and 2010: a systematic analysis», *The Lancet*, 379, 9814: 413-431.
- MUTUA, M. K., KIMANI-MURAGE, E. W. et ETTARH, R. R. 2011. «Childhood vaccination in informal urban settlements in Nairobi, Kenya: Who gets vaccinated?», *BMC Public Health*, 11, 1: 6.
- NAING, C., REN, W. Y., MAN, C. Y. et al. 2011. «Awareness of dengue and practice of dengue control among the semi-urban community: A cross sectional survey», *Journal of Community Health*, 36, 6: 1044-1049.
- NATARO, J. P. 2012. «Diarrhea Among Children in Developing Countries», *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 73-80, DOI: 10.1007/978-1-4614-4726-9_5.
- NATIONS UNIES. 2014. Situation de la population mondiale en 2014. Rapport concis. New York, Nations Unies, 40 p.
- NDUGWA, R. P. et ZULU, E. M. 2008. «Child morbidity and care-seeking in Nairobi slum settlements: the role of environmental and socio-economic factors», *Journal of Child Health Care*, 12, 4: 314-328.
- NGNIKAM, E., MOUGOUÉ, B., FEUMBA, R. et al. 2012. «Water, Wastes, and Children's Health in Low-Income Neighbourhoods of Yaoundé», dans D. F. Charron (dir.), *Ecohealth Research in Practice*. Ottawa, Springer: 215-227.
- NGNIKAM, E., MOUGOUÉ, B., FEUMBA, R. et al. 2014. «L'eau, les déchets et la santé des enfants dans les quartiers à faible revenu de Yaoundé», dans D. F. Charron (dir.), *La Recherche Écosanté en Pratique*. Springer: 239-252.
- NGWÉ, E. et BANZA-NSUNGU, A. B. 2007. Les déterminants socio-environnementaux de la morbidité diarrhéique des enfants de moins 5 ans en milieu urbain au Cameroun: Les villes de Ebolowa et Maroua. Paris, 17 p.

- NGWÉ, E., BANZA-NSUNGU, N. A. et KONE, H. 2002. *Les diarrhées infantiles en milieu hospitalier à Yaoundé. Une études à partir des statistiques sanitaires*. Yaoundé, IFORD, 37 p.
- NIANG, S. O., KANE, A., DIALLO, M. et al. 2008. «La prévalence des dermatoses dans les écoles coraniques à Dakar (Sénégal)», *Mali Médical*, 23: 6-9.
- NONVIGNON, J., CHINBUAH, M. A., GYAPONG, M. et al. 2012. «Is home management of fevers a cost-effective way of reducing under-five mortality in Africa? The case of a rural Ghanaian district», *Tropical Medicine & International Health*, 17, 8: 951-957.
- NORMAN, R. E., CARPENTER, D. O., SCOTT, J. et al. 2013. «Environmental exposures: an underrecognized contribution to noncommunicable diseases», *Reviews on Environmental Health*, 28, 1: 59-65.
- O'BRIEN, R. M. 2007. «A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors», *Quality & Quantity*, 41, 5: 673-690.
- OCHERI, M., AHOLA, O. et ATU, B. 2012. «Profile of water related diseases in Benue State, Nigeria», *American Journal of Human Ecology*, 1, 3: 87-94.
- OCHIENG, G. M., OJO, O. I., OGEDENGBE, K. et al. 2011. «Open wells, sanitary features, pollutions and water qualities: Case study of Ibadan slums, Nigeria», *International Journal of the Physical Sciences*, 6, 13: 3062-3073.
- OFOUMÉ-BERTON, Y. 2010. «L'approvisionnement en eau des populations rurales au Congo-Brazzaville», *Les Cahiers d'Outre Mer*, 1: 7-30.
- OLVERA, L. D., PLAT, D. et POCHET, P. 2005. «La ville hors de portée? Marche à pied, accès aux services et ségrégation spatiale en Afrique subsaharienne», *Espace Populations Sociétés*, 2, 1: 145-161.
- OMONDI, L., PERSSON, L. A. et STAUGARD, F. 1990. «Determinants for Breast Feeding and Bottle Feeding in Botswana», *Journal of Tropical Pediatrics*, 36, 1: 28-33.
- OMS. 2007. Prévenir la maladie grâce à un environnement sain. New York, OMS, 16 p.
- OMS. 2009. Normes de croissance OMS et identification de la malnutrition aiguë sévère chez l'enfance. Genève, OMS, 11 p.
- OMS. 2011. Accélération de l'élimination de la cécité évitable: une stratégie pour la Région africaine de l'OMS: rapport du Directeur régional. Brazzaville, OMS, 46 p.

- OMS. 2012. Inégalités en matière de santé environnementale en Europe. Rapport d'évaluation. Résumé opérationnel. Copenhague, OMS, 8 p.
- OMS. 2012. Statistiques sanitaires mondiales 2012. Genève, OMS, 176 p.
- OMS. 2013. Rapport sur la santé dans le monde 2013. Genève, OMS, 176 p.
- OMS/UNICEF. 2007. Atteindre l'ODM relatif à l'eau potable et à l'assainissement. Le défi urbain et rural de la décennie. New York, OMS/UNICEF, 41 p.
- OMS/UNICEF. 2012. Un aperçu de la situation de l'eau et de l'assainissement en Afrique-Mise à jour en 2012. Caire, OMS/UNICEF, 20 p.
- ONU-HABITAT. 2010. L'état des villes africaines 2010. Gouvernance, inégalités et marchés fonciers urbains. Nairobi, ONU-Habitat, 266 p.
- ONU-HABITAT. 2011. L'état des villes d'Afrique: Gouvernance, inégalités et marchés fonciers urbains. Nairobi, ONU-Habitat, 2 p.
- OTENG-ABABIO, M., MELARA ARGUELLO, J. E. et GABBAY, O. 2013. «Solid waste management in African cities: Sorting the facts from the fads in Accra, Ghana», *Habitat International*, 39, 1: 96-104.
- OUENDO, E.-M., MAKOUTODÉ, M., WILMET-DRAMAIX, M. et al. 2004. «Accès aux soins de santé au Bénin: indigence et réseaux d'aide communautaire», *Cahiers d'Études et de Recherches Francophones/Santé*, 14, 4: 217-221.
- OZER, P. et PERRIN, D. 2014. «Eau et changement climatique. Tendances et perceptions en Afrique de l'Ouest», dans A. Ballouche et N. A. Taïbi (dir.), *Eau, milieux et aménagement. Une recherche au service des territoires*. Angers, Presses de l'Université d'Angers: 227-245.
- PAGE, A.-L., DE REKENEIRE, N., SAYADI, S. et al. 2013. «Infections in children admitted with complicated severe acute malnutrition in Niger», *PloS One* 8, DOI: 10.1371/journal.pone.0068699
- PAGÈS, J. 2002. «Analyse factorielle multiple appliquée aux variables qualitatives et aux données mixtes», *Revue de statistique appliquée*, 50, 4: 5-37.
- PANAGIOTAKOS, D. B. et PITSAVOS, C. 2004. «Interpretation of epidemiological data using multiple correspondence analysis and log-linear models», *Journal of Data Science*, 2: 75-86.

- PARASHAR, U. D., BRESEE, J. S. et GLASS, R. I. 2003. «The global burden of diarrhoeal disease in children», *Bulletin of the World Health Organization*, 81, 4: 236-236.
- PARENT, G., PODA, J. N., ZAGRÉ, N. M. et al. 2002. «Irrigation, santé et sécurité alimentaire en Afrique: quels liens», *Cahiers Agricultures*, 11: 9-15.
- PATEL, R. B. et BURKE, T. F. 2009. «Urbanization - An Emerging Humanitarian Disaster», *New England Journal of Medicine*, 361, 8: 741-743.
- PENFOLD, S., WILLEY, B. A. et SCHELLENBERG, J. A. 2013. «Newborn care behaviours and neonatal survival: evidence from sub-Saharan Africa», *Tropical Medicine & International Health*, 18, 11: 1294-1316.
- PETERSON, I., BORRELL, L. N., EL-SADR, W. et al. 2009. «Individual and household level factors associated with malaria incidence in a highland region of Ethiopia: a multilevel analysis», *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 80, 1: 103-111.
- PETKOVA, E. P., JACK, D. W., VOLAVKA-CLOSE, N. H. et al. 2013. «Particulate matter pollution in African cities», *Air Quality, Atmosphere & Health*, 6, 3: 603-614.
- PEUMI, J.-P. 2012. Facteurs environnementaux et symptômes des troubles oculaires et cutanés chez les enfants de moins de cinq ans : cas des zones de l'Observatoire de population de Ouagadougou. Département de démographie. Montréal, Université de Montréal, Mémoire de maîtrise, 65 p.
- PHAN, T. G., VO, N. P., BONKOUNGOU, I. J. O. et al. 2012. «Acute diarrhea in West-African children: diverse enteric viruses and a novel parvovirus genus», *Journal of Virology*, DOI: 10.1128/JVI.01427-12.
- PHILLIPS, A. 2014. «African Urbanization: Slum Growth and the Rise of the Fringe City», *Harvard International Review*, 35, 3: 29-31.
- PICKERING, A. J., BOEHM, A. B., MWANJALI, M. et al. 2010. «Efficacy of waterless hand hygiene compared with handwashing with soap: a field study in Dar es Salaam, Tanzania», *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 82, 2: 270-278.
- PICKERING, A. J. et DAVIS, J. 2012. «Freshwater availability and water fetching distance affect child health in sub-Saharan Africa», *Environmental Science & Technology*, 46, 4: 2391-2397.

- PICKERING, A. J., DAVIS, J., WALTERS, S. P. et al. 2010. «Hands, water, and health: fecal contamination in Tanzanian communities with improved, non-networked water supplies», *Environmental Science & Technology*, 44, 9: 3267-3272.
- PIET VERDONSCHOT, F. M. et BESSE-LOTOTSKAYA, A. A. 2014. «Flight distance of mosquitoes (Culicidae): A metadata analysis to support the management of barrier zones around rewetted and newly constructed wetlands», *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 45: 69-79.
- PNUD. 2011. «La santé et l'environnement», *TUNZA Magazine du PNUD pour les Jeunes*, 8, 4: 1-24.
- PNUD. 2012. Évaluation des progrès accomplis en Afrique dans la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement. Rapport OMD 2012. New York, PNUD, 186 p.
- PODA, J. N. 2007. Les maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta: état des lieux et perspectives. Ouagadougou, IRSS, 86 p.
- PONGOU, R. 2013. «Why is infant mortality higher in boys than in girls? A new hypothesis based on preconception environment and evidence from a large sample of twins», *Demography*, 50, 2: 421-444.
- PONLAWAT, A., SCOTT, J. G. et HARRINGTON, L. C. 2005. «Insecticide susceptibility of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* across Thailand», *Journal of Medical Entomology*, 42, 5: 821-825.
- PONVERT, C. 2010. «Quoi de neuf en allergologie pédiatrique en 2009? Partie 2: allergie oculaire et respiratoire (une revue de la littérature internationale de fin 2008 à fin 2009)», *Revue Française d'Allergologie*, 50, 8: 637-652.
- POTRYKOWSKA, A. 1992. «L'environnement en Pologne: état des lieux», *Strates. Matériaux pour la recherche en sciences sociales*, 6: 1-11.
- POTVIN, L., LESSARD, R. et FOURNIER, P. 2002. «Inégalités sociales de santé», *Revue Canadienne de Santé Publique*, 93, 2: 134-137.
- PROST, A. 1996. «L'eau et la santé», dans F. Gendreau, P. Gubry et J. Véron (dir.), *Populations et environnement dans les pays du Sud*. Paris, Karthala-CEPED: 231-251.

- PRÜSS-USTÜN, A., BARTRAM, J., CLASEN, T. et al. 2014. «Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low-and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries», *Tropical Medicine & International Health*, 9, 8: 894-905.
- PULFORD, J., HETZEL, M., BRYANT, M. et al. 2011. «Reported reasons for not using a mosquito net when one is available: a review of the published literature», *Malaria Journal*, DOI: 10.1186/1475-2875-10-83.
- PUMAIN, D. et SAINT-JULIEN, T. 2010. *L'analyse spatiale. Localisations dans l'espace*. Paris, Armand Colin, 167 p.
- RAASCHOU-NIELSEN, O., ANDERSEN, Z. J., BEELEN, R. et al. 2013. «Air pollution and lung cancer incidence in 17 european cohorts: prospective analyses from the European study of cohorts for air pollution effects (ESCAPE)», *The Lancet*, 14, 9: 813-822.
- RAKOTONDRAITÉ, P. F. 1996. *Les facteurs de la mortalité des enfants à Madagascar*. Yaoundé, IFORD, 87 p.
- RAMIN, B. 2009. «Bidonvilles, changement climatique et santé humaine en Afrique subsaharienne», *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 87: 886-886.
- RAZAFINDRAKOTO, M. et ROUBAUD, F. 2005. «Les multiples facettes de la pauvreté dans un pays en développement: le cas de la capitale malgache», *Économie et statistique*, 384-385: 131-155.
- REBOUX, G., BELLANGER, A.-P., ROUSSEL, S. et al. 2010. «Moisissures et habitat: risques pour la santé et espèces impliquées», *Revue Française d'Allergologie*, 50, 8: 611-620.
- REYES, R., AHN, R., THURBER, K. et al. 2013. «Urbanization and infectious diseases: general principles, historical perspectives, and contemporary challenges», dans W. I. Fong (dir.), *Challenges in Infectious Diseases*. Springer: 123-146.
- RICE, A. L., SACCO, L., HYDER, A. et al. 2000. «Malnutrition as an underlying cause of childhood deaths associated with infectious diseases in developing countries», *Bulletin of the World Health Organization*, 78, 10: 1207-1221.

- RICHARDSON, S. 2000. «Problèmes méthodologiques dans les études écologiques santé–environnement», *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 323, 7: 611-616.
- RIVA, M., GAUVIN, L. et BARNETT, T. A. 2007. «Toward the next generation of research into small area effects on health: a synthesis of multilevel investigations published since July 1998», *Journal of Epidemiology & Community Health*, 61, 10: 853-861.
- ROGIER, C. 2003. «Paludisme de l'enfant en zone d'endémie: épidémiologie, acquisition d'une immunité et stratégies de lutte», *Medecine Tropicale (Mars)*, 63, 4: 449-464.
- ROSSIER, C., SOURA, A., BAYA, B. et al. 2012. «Profile: The Ouagadougou Health and Demographic Surveillance System», *International Journal of Epidemiology*, 41, 3: 658-666.
- ROSSIER, C., SOURA, A. et LANKOANDE, B. 2013. «Migration et santé à la périphérie de Ouagadougou», *Revue Quételet* 1, 1: 91-118.
- ROSSIER, C., SOURA, A., LANKOANDÉ, B. et al. 2011. Données collectées au Round 0, Round 1 et au Round 2: Rapport descriptif. Ouagadougou, ISSP, 71 p.
- RUFENER, S., MÄUSEZAHN, D., MOSLER, H. J. et al. 2010. «Quality of drinking-water at source and point-of-consumption - Drinking cup as a high potential recontamination risk: A field study in Bolivia», *Journal of Health, Population, and Nutrition*, 28, 1: 34-41.
- RWENGE, M. 1999. *Changement social, structures familiales et fécondité en Afrique subsaharienne: le cas du Cameroun*. Yaoundé, IFORD, 206 p.
- SACHS, J. et MALANEY, P. 2002. «The economic and social burden of malaria», *Nature*, 415, 6872: 680-685.
- SALEM, G. 1998. *La santé dans la ville. Géographie d'un espace dense : Pikine (Sénégal)*. Paris, Karthala-ORSTOM, 360 p.
- SANBATA, H., ASFAW, A. et KUMIE, A. 2014. «Association of Biomass Fuel Use with Acute Respiratory Infections among Under-Five Children in a Slum Urban of Addis Ababa, Ethiopia», *BMC Public Health*, DOI: 10.1186/1471-2458-14-1122.
- SANGA, B. 2011. Ouagadougou 2025. Des ambitions et des défis énormes. 6^e Conférence africaine sur la population Infos n°1, 3 p.

- SANGHVI, J., MEHTA, S. et KUMAR, R. 2014. «Predicators for Weight Gain in Children Treated for Severe Acute Malnutrition: A Prospective Study at Nutritional Rehabilitation Center», *International Scholarly Research Notices* 2014, DOI: 10.1155/2014/808756.
- SAPORTA, G. 2011. *Probabilités, analyse des données et statistique*. Paris, Éditions Technip, 619 p.
- SASTRY, N. et PEBLEY, A. R. 2003. Neighborhood and family effects on children's health in Los Angeles. California, On-Line Working Paper Series, 21 p.
- SATTERFIELD, T., GREGORY, R., KLAIN, S. et al. 2013. «Culture, intangibles and metrics in environmental management», *Journal of Environmental Management*, 117, 1: 103-114.
- SATTERTHWAITE, D. 2003. «The links between poverty and the environment in urban areas of Africa, Asia, and Latin America», *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 590, 1: 73-92.
- SATTERTHWAITE, D. 2011. « Why is urban health so poor even in many successful cities? », *Environment and Urbanization*, 23, 1: 5-11.
- SAWA, B. A. et BUHARI, B. 2011. «Temperature variability and outbreak of meningitis and measles in Zaria, northern Nigeria», *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 3, 5: 399-402.
- SCHAAF, H. S. et MARAIS, B. J. 2011. «Management of multidrug-resistant tuberculosis in children: a survival guide for paediatricians», *Paediatric Respiratory Reviews*, 12, 1: 31-38.
- SCHARF, R. J., DEBOER, M. D. et GUERRANT, R. L. 2014. «Recent advances in understanding the long-term sequelae of childhood infectious diarrhea», *Current infectious disease reports*, 16, 6: 1-7.
- SCHÉMANN, J.-F. 2006. «Que peut-on attendre de l'assainissement et du contrôle des mouches dans la prévention du trachome ? », dans A.-M. Moulin, J. Orfila, D. Sacko et J.-F. Schémann (dir.), *Lutte contre le trachome en Afrique subsaharienne*. Paris, IRD: 168-174.

- SCOTT, L. M. et JANIKAS, M. V. 2010. «Spatial statistics in ArcGIS», dans M. M. Fischer et A. Getis (dir.), *Handbook of applied spatial analysis*. Springer: 27-41.
- SENA, A., CORVALAN, C. et EBI, K. 2014. «Climate Change, Extreme Weather and Climate Events, and Health Impacts», *Global Environmental Change*, 1, 2: 605-613.
- SHADYC-GRIL. 2002. Une anthropologie politique de la fange : conceptions culturelles, pratiques sociales et enjeux institutionnels de la propreté urbaine à Ouagadougou et Bobo-Dioulassa (Burkina Faso). Marseille/Ouagadougou, SHADYC/GRIL, 223 p.
- SHARKEY, P. et FABER, J. W. 2014. «Where, when, why, and for whom do residential contexts matter? Moving away from the dichotomous understanding of neighborhood effects», *Annual Review of Sociology*, DOI: 10.1146/annurev-soc-071913-043350.
- SHEPPARD, Z. A., NORRIS, S. A., PETTIFOR, J. M. et al. 2009. «Approaches for assessing the role of household socioeconomic status on child anthropometric measures in urban South Africa», *American Journal of Human Biology*, 21, 1: 48-54.
- SHIBATA, T., WILSON, J. L., WATSON, L. M. et al. 2014. «Childhood acute respiratory infections and household environment in an eastern Indonesian urban setting», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 12: 12190-12203.
- SHRIMPTON, R., VICTORA, C. G., DE ONIS, M. et al. 2001. «Worldwide Timing of Growth Faltering: Implications for Nutritional Interventions», *Pediatrics*, 107, 5: 1-7.
- SKINNER, D. J. C., ROCKS, S. A. et POLLARD, S. J. T. 2014. «A review of uncertainty in environmental risk: characterising potential natures, locations and levels», *Journal of Risk Research*, 17, 2: 195-219.
- SMIT, W., HANCOCK, T., KUMARESEN, J. et al. 2011. «Toward a research and action agenda on urban planning/design and health equity in cities in low and middle-income countries», *Journal of Urban Health*, 88, 5: 875-885.
- SMITH, D. L., PERKINS, T. A., REINER, R. C. et al. 2014. «Recasting the theory of mosquito-borne pathogen transmission dynamics and control», *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 108, 4: 185-197.

- SMITH, J. L., HADDAD, D., POLACK, S. et al. 2011. «Mapping the global distribution of trachoma: why an updated atlas is needed», *PLoS Neglected Tropical Diseases*, DOI: 10.1371/journal.pntd.0000973.
- SNIJDERS, T. A. B. 2014. «Multilevel analysis», dans L. Miodrag (dir.), *International Encyclopedia of Statistical Science*. Oxford, Springer: 879-882.
- SOMDA, J. C. 1995. «Les pratiques de sevrage au Burkina Faso», dans S. Trèche, B. De Benoist, D. Benbouzid et F. Delpeuch (dir.), *L'alimentation de complément du jeune enfant*. Genève, OMS-ORSTOM: 15-26.
- SOMÉ, Y. S. C., SORO, T. D. et OUEDRAOGO, S. 2014. «Étude de la prévalence des maladies liées à l'eau et influences des facteurs environnementaux dans l'arrondissement de Nomgr-Masson: cas du quartier Tanghin (Ouagadougou-Burkina Faso)», *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8, 1: 289-303.
- SORGE, F., IMBERT, P., LAURENT, C. et al. 2007. «Protection antivectorielle de l'enfant: insecticides et insectifuges», *Archives de pédiatrie*, 14, 12: 1442-1450.
- SORY, I. 2013. Ouaga la belle ! Gestion des déchets solides à Ouagadougou : enjeux politiques, jeux d'acteurs et inégalités environnementales. Paris, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Thèse de Doctorat, 355 p.
- SOURA, A. B. 2009. Analyse de la mortalité et de la santé des enfants à Ouagadougou. Louvain, Presses universitaires de Louvain, 340 p.
- SOURA, A. B., MBERU, B., ELUNGATA, P. et al. 2014. «Understanding Inequities in Child Vaccination Rates among the Urban Poor: Evidence from Nairobi and Ouagadougou Health and Demographic Surveillance Systems», *Journal of Urban Health*, DOI: 10.1007/s11524-014-9908-1.
- SOURA, B. A. 2009. «Disparités spatiales de mortalité infanto-juvénile à Ouagadougou: niveaux, tendances et facteurs explicatifs», *Espace Populations Sociétés*, 1: 159-174.
- STAEDKE, S. G., NOTTINGHAM, E. W., COX, J. et al. 2003. «Short report: proximity to mosquito breeding sites as a risk factor for clinical malaria episodes in an urban cohort of Ugandan children», *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 69, 3: 244-246.

- STEARNS, C. A. 1999. «Breastfeeding and the good maternal body», *Gender & Society*, 13, 3: 308-325.
- SVERDLIK, A. 2011. «Health and poverty: a literature review on health in informal settlements», *Environment and Urbanization*, 23, 1: 123-155.
- SWOBODA, P., FUEHRER, H., LEY, B. et al. 2014. «Evidence of a major reservoir of non-malarial febrile diseases in malaria-endemic regions of Bangladesh», *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 90, 2: 377-382.
- SY, I., KEITA, M., TRAORÉ, D. et al. 2014. «Eau, hygiène, assainissement et santé dans les quartiers précaires à Nouakchott (Mauritanie): contribution à l'approche écosanté à Hay Saken», *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, DOI: 10.4000/vertigo.14999.
- SY, I., TANNER, M., CISSÉ, G. et al. 2011. «Vulnérabilité sanitaire et environnementale dans les quartiers défavorisés de Nouakchott (Mauritanie): analyse des conditions d'émergence et de développement de maladies en milieu urbain sahélien», *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, DOI: 10.4000/vertigo.11174.
- SY, Z. E. A. 2005. Assainissement, salubrité et santé en milieu urbain : le cas de Saint-Louis du Sénégal. Montpellier, Université Paul Valéry, Thèse de doctorat, 224 p.
- SY, Z. E. A. 2009. *Géographie urbaine de l'insalubrité: le cas de Saint-Louis du Sénégal*, l'Harmattan, 200 p.
- TABUTIN, D. et THILTGÈS, E. 1992. «Relations entre croissance démographique et environnement», *Tiers-Monde*, 33, 130: 273-294.
- TANNER, M. 2014. *Urban health in developing countries: progress and prospects*. New York, Routledge, 182 p.
- TANO, B. F., ABO, K., DEMBELE, A. et al. 2011. «Systèmes de production et pratiques à risque en agriculture urbaine: Cas du maraîchage dans la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire», *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5, 6: 2317-2329.
- TEIXEIRA, M. G., MORATO, V., BARRETO, F. R. et al. 2012. «Risk factors for the incidence of dengue virus infection in preschool children», *Tropical Medicine & International Health*, 17, 11: 1391-1395.

- THILTGÈS, E. 1998. «L'environnement physique et professionnel», dans (dir.), *Morbidité, mortalité: problèmes de mesure, facteurs d'évolution, essai de prospective: colloque international de Sinaia (2-6 septembre 1996)*. Paris, Ined: 249-251.
- THOMPSON, J., PORRAS, I. T., TUMWINE, J. K. et al. 2002. *Drawers of Water II: 30 Years of Change in Domestic Water Use and Environmental Health*. London, International Institute for Environment and Development, 126 p.
- THOURET, J.-C. et D'ERCOLE, R. 1996. «Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain: effets, facteurs et réponses sociales», *Cahiers des sciences humaines*, 32, 2: 407-422.
- THYLEFORS, B., NÉGREL, A. D., PARARAJASEGARAM, R. et al. 2004. «Données mondiales sur la cécité», *Santé Oculaire Communautaire*, 1, 1: 6-10.
- TRAORÉ, M. 2007. Analyse de la participation citoyenne autour de la gestion des déchets dans la ville de Ouagadougou (Burkina Faso). Ouagadougou, ICOTEM, 17 p.
- TRAPE, J.-F., TALL, A., SOKHNA, C. et al. 2014. «The rise and fall of malaria in a west African rural community, Dielmo, Senegal, from 1990 to 2012: a 22 year longitudinal study», *The Lancet*, 14, 6: 476-488.
- TRUSSELL, J., VAN DE WALLE, E. et VAN DE WALLE, F. 1989. «Norms and behaviour in Burkinabe fertility», *Population Studies*, 43, 3: 429-454.
- TUMWINE, J., THOMPSON, J., KATUI-KATUA, M. et al. 2003. «Sanitation and hygiene in urban and rural households in East Africa», *International Journal of Environmental Health Research*, 13, 2: 107-115.
- TUMWINE, J. K., THOMPSON, J., KATUA-KATUA, M. et al. 2002. «Diarrhoea and effects of different water sources, sanitation and hygiene behaviour in East Africa», *Tropical Medicine & International Health*, 7, 9: 750-756.
- UKWUANI, F. A. et SUCHINDRAN, C. M. 2003. «Implications of women's work for child nutritional status in sub-Saharan Africa: a case study of Nigeria», *Social Science & Medicine*, 56, 10: 2109-2121.
- UN-HABITAT. 2003. *The challenge of slums*. Nairobi, UN-Habitat, 310 p.
- UN-HABITAT. 2013. *State of the World's Cities 2012/2013: Prosperity of Cities*. Nairobi, UN-Habitat, 152 p.

- UN-HABITAT. 2014. The state of african cities 2014. Nairobi, UN-Habitat, 267 p.
- UN. 2014. World Urbanization Prospects, 27 p.
- UNGER, A. 2013. «Children's health in slum settings», *Archives of Disease in Childhood*, DOI: 10.1136/archdischild-2011-301621.
- UNGER, A. 2013. «Children's health in slum settings», *Archives of disease in childhood*.
- UNGER, A. et RILEY, L. W. 2007. «Slum health: from understanding to action», *PLoS Medicine*, DOI: 10.1371/journal.pmed.0040295.
- UNICEF. 2012a. The State of the World's Children 2012. New York, UNICEF, 141 p.
- VALDERAS, J. M., STARFIELD, B., SIBBALD, B. et al. 2009. «Defining Comorbidity: Implications for Understanding Health and Health Services», *The Annals of Family Medicine*, 7, 4: 357-363.
- VALLÉE, J., FOURNET, F., MEYER, P. E. et al. 2006. «Stratification de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso) à partir d'une image panchromatique spot 5: une première étape à la mise en place d'une enquête de santé», *Espace, Populations et Sociétés*, 2, 3: 393-401.
- VALLET, L.-A. 2005. «La mesure des effets de quartier/voisinage: un objet important et difficile à la croisée des sciences sociales», *Revue Économique*, 56, 2: 363-369.
- VALLIN, J., CASELLI, G. et SURAULT, P. 2002. «Comportements, styles de vie et facteurs socioculturels de la mortalité», *Démographie: analyse et synthèse*, 3: 255-305.
- VAN DE POEL, E., O'DONNELL, O. et VAN DOORSLAER, E. 2009. «What explains the rural-urban gap in infant mortality: household or community characteristics?», *Demography*, 46, 4: 827-850.
- VAN DE POEL, E., O'DONNELL, O. et VAN DOORSLAER, E. 2012. «Is there a health penalty of China's rapid urbanization?», *Health Economics*, 21, 4: 367-385.
- VAN DE WALLE, E. 1996. L'âge au mariage: tendances récentes. Changements démographiques en Afrique subsaharienne. K. A. Foote, K. H. Hill et L. G. Martin, 119-150 p.

- VAN OOSTROM, S. H., PICAUVET, H. S. J., VAN GELDER, B. M. et al. 2012. «Multimorbidity and comorbidity in the Dutch population-data from general practices», *BMC Public Health*, 12, 1: 715-724.
- VAN STEENBERGHE, É. et DOUMONT, D. 2005. L'éducation relative à la santé environnementale en milieu communautaire: un nouveau champ en émergence. Bruxelles:, Université catholique de Louvain-Unité d'éducation pour la santé, 48 p.
- VAUPEL, J. W. et YASHIN, A. I. 1985. «Heterogeneity's ruses: some surprising effects of selection on population dynamics», *The American Statistician*, 39, 3: 176-185.
- VENNETIER, P. 1988. «Cadre de vie urbain et problèmes de l'eau en Afrique noire», *Annales de Géographie*, 97, 540: 171-194.
- VERGER, D. 2005. «Bas revenus, consommation restreinte ou faible bien-être: les approches statistiques de la pauvreté à l'épreuve des comparaisons internationales», *Économie et statistique*, 383, 1: 7-45.
- VERGRIETTE, B. 2006. Santé environnementale: définitions et évolutions récentes, AFSSET, 6 p.
- VICTORA, C. G. 1997. Facteurs de risque des IRA des voies inférieures Les infections respiratoires chez les enfants, 20 p.
- VICTORA, C. G., SMITH, P. G., VAUGHAN, J. P. et al. 1988. «Water supply, sanitation and housing in relation to the risk of infant mortality from diarrhoea», *International Journal of Epidemiology*, 17, 3: 651-654.
- VINEIS, P. et WILD, C. P. 2014. «Global cancer patterns: causes and prevention», *The Lancet*, 383, 9916: 549-557.
- VLAHOV, D., FREUDENBERG, N., PROIETTI, F. et al. 2007. «Urban as a determinant of health», *Journal of Urban Health*, 84, 1: 16-26.
- VLAHOV, D., GALEA, S., GIBBLE, E. et al. 2005. «Perspectives on urban conditions and population health», *Cadernos de Saude Publica*, 21, 3: 949-957.
- VLAHOV, D., GIBBLE, E., FREUDENBERG, N. et al. 2004. «Cities and health: history, approaches, and key questions», *Academic Medicine*, 79, 12: 1133-1138.
- VONG, S., GUILLARD, B., BORAND, L. et al. 2013. «Acute lower respiratory infections in ≥ 5 year -old hospitalized patients in Cambodia, a low-income tropical country:

- clinical characteristics and pathogenic etiology», *BMC Infectious Diseases* 13, 97, DOI: 10.1186/1471-2334-13-97.
- VYNCKE, V., DE CLERCQ, B., STEVENS, V. et al. 2013. «Does neighbourhood social capital aid in levelling the social gradient in the health and well-being of children and adolescents? A literature review», *BMC Public Health* 13, 65, DOI: 10.1186/1471-2458-13-65.
- WALKER, C. L. F., PERIN, J., KATZ, J. et al. 2013. «Diarrhea as a risk factor for acute lower respiratory tract infections among young children in low income settings», *Journal of Global Health*, DOI: 10.7189/jogh.03.010402.
- WALKER, C. L. F., RUDAN, I., LIU, L. et al. 2013. «Global burden of childhood pneumonia and diarrhoea», *The Lancet*, 381, 9875: 1405-1416.
- WAMANI, H., ASTROM, A. N., PETERSON, S. et al. 2007. «Boys are more stunted than girls in sub-Saharan Africa: a meta-analysis of 16 demographic and health surveys», *BMC Pediatrics*, 7, 1: 7-17.
- WÉTHÉ, J., RADOUX, M. et TANAWA, E. 2003. «Assainissement des eaux usées et risques socio-sanitaires et environnementaux en zones d'habitat planifié de Yaoundé (Cameroun)», *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, DOI: 10.4000/vertigo.4741.
- WHITE, G. F., BRADLEY, D. J. et WHITE, A. U. 1972. *Drawers of water. Domestic water use in East Africa*, University of Chicago, 306 p.
- WHO. 2002. *The World Health Report*. Geneva, WHO, 167 p.
- WHO. 2007. *Preventing disease through healthy environments*. New York, WHO, 104 p.
- WHO. 2009. *Global Health risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. Geneva, WHO, 55 p.
- WHO. 2010. *WHO Public Health and Environment in the African Region: Report on the work of WHO (2008-2009)*. Geneva, WHO, 52 p.
- WHO. 2012a. *World Malaria Report 2012*. Geneva, WHO, 20 p.
- WHO. 2012b. *Report of the sixteenth meeting of the who alliance for the elimination of blinding trachoma by 2020*. Washington DC, WHO, 77 p.
- WHO et UNICEF. 2014. *Progress on drinking water and sanitation*, WHO/UNICEF, 78 p.

- WICKES, R., ZAHNOW, R., WHITE, G. et al. 2014. «Ethnic diversity and its impact on community social cohesion and neighborly exchange», *Journal of Urban Affairs*, 36, 1: 51-78.
- WILLIAM, T., MENON, J., RAJAHRAM, G. et al. 2011. «Severe Plasmodium knowlesi malaria in a tertiary care hospital, Sabah, Malaysia», *Emerging Infectious Diseases*, 17, 7: 1248-1255.
- WILLIAMS, B. G., GOUWS, E., BOSCHI-PINTO, C. et al. 2002. «Estimates of world-wide distribution of child deaths from acute respiratory infections», *The Lancet*, 2, 1: 25-32.
- WILSON, S. E., OUÉDRAOGO, C. T., PRINCE, L. et al. 2012. «Caregiver recognition of childhood diarrhea, care seeking behaviors and home treatment practices in rural Burkina Faso: a cross-sectional survey», *PloS One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0033273.
- WOLDEMICAEL, G. 2000. «The effects of water supply and sanitation on childhood mortality in urban Eritrea», *Journal of Biosocial Science*, 32, 2: 207-227.
- WORLD BANK. 2012. The informal sector in Francophone Africa: Firm size, productivity, and institutions. Montreuil, World Bank, 273 p.
- YANIV, S. S., LEVY, A., WIZNITZER, A. et al. 2011. «A significant linear association exists between advanced maternal age and adverse perinatal outcome», *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 283, 4: 755-759.
- YAPI-GNAORÉ, V. C., VALL, E., HAVARD, M. et al. 2014. Quatrième Semaine Scientifique Agricole de l'Afrique de l'Ouest et du Centre et 11ème Assemblée Générale du CORAF/WECARD. Niamey, CORAF, 14 p.
- YARO, S., ZANGO, A., ROUAMBA, J. et al. 2010. «Situation épidémiologique de la fièvre jaune au Burkina Faso de 2003 à 2008», *Bulletin de la Societe de Pathologie Exotique*, 103, 1: 44-47.
- YOHANNES, K., DULHUNTY, J. M., KOURLEOUTOV, C. et al. 2000. «Malaria control in central Malaita, Solomon Islands: 1. The use of insecticide-impregnated bed nets», *Acta Tropica*, 75, 2: 173-183.

- YONGSI, H. B. N. 2010. «Microbiological Evaluation of Drinking Water in a Sub-Saharan Urban Community (Yaounde)», *American Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 1, 1: 66-75.
- YONGSI, H. B. N. et MIMCHÉ, H. 2014. *Urbanisation, environnement, et enjeux sanitaires en Afrique*. Saarbrücken, Éditions Universitaires Européennes, 59 p.
- YONGSI, H. B. N., NGALA, N. H. et SIETCHIPING, R. 2007. «Infant diarrheas in a Sub-Saharan urban environment (Yaounde): An Epidemio-Geographical Approach», *Comparative Studies of South Asia, Africa and the Middle East*, 27, 3: 680-690.
- YONSHI, N. H. B., SALEM, G. et THOUÉZ, J. P. 2008. «Risques sanitaires liés aux modes d'assainissement des excréta à Yaoundé, Cameroun», *Natures Sciences Sociétés*, 16, 1: 3-12.
- ZAREI-GHANA VATI, S., ESLAMPOOR, A., ABRISHAMI, M. et al. 2014. «Trachoma», dans M. A. McDowell et S. Rafati (dir.), *Neglected Tropical Diseases-Middle East and North Africa*. New York, Springer: 91-116.
- ZHANG, H., ZHOU, Y. P., PENG, H. J. et al. 2014. «Predictive symptoms and signs of severe dengue disease for patients with dengue fever: a meta-analysis», *BioMed Research International*, DOI: 10.1155/2014/359308.
- ZHOU, Z., DIONISIO, K. L., ARKU, R. E. et al. 2011. «Household and community poverty, biomass use, and air pollution in Accra, Ghana», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 27: 11028-11033.
- ZHOU, Z., DIONISIO, K. L., VERISSIMO, T. G. et al. 2014. «Chemical characterization and source apportionment of household fine particulate matter in rural, peri-urban, and urban West Africa», *Environmental Science & Technology*, 48, 2: 1343-1351.

Annexes

Annexe 1- Présentation de quelques variables saisies par le questionnaire sur l'état de santé, OPO 2010

	NOM/Prénom (affichage Pocket)	
	Date de naissance (affichage Pocket)	
	Sexe (affichage Pocket)	
Q1	Est-ce que [NOM] a eu de la fièvre durant les deux dernières semaines ? Si non => Q3	1 Oui 2. Non
Q2	Est-ce que [NOM] a fait des convulsions durant cet épisode de fièvre ?	1 Oui 2. Non
Q3	Est-ce que [NOM] a souffert de la toux durant les deux dernières semaines ? Si non => Q7	1 Oui 2. Non
Q4	Combien de jours a duré (depuis combien de jours dure) la toux ?	
Q5	Est-ce que [NOM] respirait plus rapidement que d'habitude avec un souffle court ou rapide ?	1 Oui 2. Non
Q6	Est-ce que cette toux était concomitante à un épisode de fièvre ?	1 Oui 2. Non
Q7	Est-ce que [NOM] a eu de la diarrhée durant les deux dernières semaines ? Si non => Q11	1 Oui 2. Non
Q8	Combien de jours a duré (depuis combien de jours dure) la diarrhée ?	
Q9	Y avait-il du sang dans les selles ?	1 Oui 2. Non
Q10	Est-ce que cette diarrhée était concomitante à un épisode de fièvre ?	1 Oui 2. Non
Q11	Est-ce que [NOM] a eu des vomissements durant les deux dernières semaines ?	1 Oui 2. Non
Q12	Est-ce que [NOM] a eu une perte d'appétit d'au moins 48 heures durant les deux dernières semaines ?	1 Oui 2. Non

Q13	Est-ce que [NOM] a refusé de boire tout liquide pendant 24 heures durant les deux dernières semaines ?	1 Oui 2. Non
Q14	Est-ce que [NOM] a eu des croutes dans les yeux (ou les yeux collés) au réveil pendant au moins 3 matins durant les deux dernières semaines ? Si non => Q16	1 Oui 2. Non
Q15	Combien de jours ont duré (depuis combien de jours durent) ces croutes ?	
Q16	Est-ce que [NOM] a eu des plaques de boutons infectées (qui coulent) et qui démangent durant les deux dernières semaines ? Si non => Q18	1 Oui 2. Non
Q17	Combien de jours ont duré (depuis combien de jours durent) ces plaques ?	
Q18	Est-ce que [NOM] a eu un autre symptôme durant les deux dernières semaines ? Si oui, lequel ? _____	1 Oui 2. Non
Q19	Est-ce que [NOM] a dormi sous une moustiquaire la nuit dernière ? <i>Si non, passez à Q25</i>	1 Oui 2. Non
Q20	Type de moustiquaire	1. Imprégnée 2. Non imprégnée 3. NSP
Q21	Depuis quand possédez-vous cette moustiquaire ?	___ année(s) ___ mois NSP
Q22	L'avez-vous achetée ? <i>Si non => Q24</i>	1 Oui 2. Non 3. NSP
Q23	Si oui, auprès de qui ? <i>=> module suivant</i>	1. Centre de santé (liste) 2. Boutique 3. pharmacie privée 4. Vendeur ambulancier 5. Autre . NSP
Q24	Si non, qui vous l'a donnée ?	1. Centre de santé (liste) 2. Amis 3. Autre

Annexe 2- Présentation de quelques variables saisies par l'enquête de base de l'OPO, 2009

Combien de pièces habitables comporte cette habitation ?

Quel type de toilettes est utilisé par la plupart des membres du ménage ?

Chasse d'eau (aussi avec seau d'eau)

Latrines simples

Latrines améliorées (ventilées)

Aucun: rue/buissons / champs / bois / rivière / canal d'irrigation / égout (ouvert / public), etc.

Autre

Ces toilettes sont-elles réservées à votre ménage ou communes à d'autres ménages ?

Réservées aux seuls membres du ménage

Communes à d'autres ménages et situées dans la concession du ménage

Communes à d'autres ménages et situées dans la concession d'un ménage voisin

Actuellement, comment vous débarrassez-vous le plus souvent des eaux ménagères?

Fosse septique

Jette dans les caniveaux extérieurs

Jette dans la cour

Jette dans la rue/nature

Jette dans un puits perdu

Utilisées pour l'arrosage

Autre

Actuellement, comment vous débarrassez-vous le plus souvent des ordures ménagères?

Poubelle privée avec service de ramassage
 Bac (benne) public avec service de ramassage public
 Centre de pré-collecte
 Terrain vague/parcelles vides (tas d'ordures)
 Rue à proximité
 Tas dans la cour
 Autre

Est-ce que vous brûlez vos ordures ?

Non concerné (ramassage et centre de précollecte)
 Jamais
 Brûle tous les jours
 Brûle toutes les semaines
 Brûle de temps en temps
 Autre

Au cours des 7 derniers jours, quels ont été les deux principaux modes d'approvisionnement en eau dans ce ménage ?

Enquêteur : indiquez d'abord le principal mode d'approvisionnement, puis le second éventuel (quand il y a coupure par exemple). Si pas de second, codez « 00 »

--	--

01. Robinet d'eau à l'intérieur du logement
02. Robinet d'eau à l'extérieur du logement
03. Puits
04. Borne-fontaine collective
05. Forage
06. Pompe manuelle
07. Vendeurs d'eau
08. Eau de pluie (citerne sur toit ou au sol)

--	--

09. Rivière/lac/mare/source/réservoir/canal d'irrigation

10. Autre

Actuellement, où prépare-t-on le plus souvent les repas?

Cuisine intérieure : pièce fermée spécifique

Cuisine intérieure : pièce fermée commune à d'autres activités

Cuisine extérieure fermée

Ciel ouvert/dehors dans la cour

Autre

Actuellement, quel type de foyer utilise-t-on dans ce ménage pour préparer les repas le plus souvent?

Cuisinière à gaz

Cuisinière électrique

Foyer simple + bois

Foyer amélioré + bois

Foyer simple + charbon

Foyer amélioré + charbon

Autre

Quel principal mode d'éclairage utilisez-vous ?

Électricité branchement réseau SONABEL

Électricité Groupe électrogène

Électricité Plaque solaire

Gaz

Lampe à pétrole

Bougie

Bois ou tige

Lampe à huile

Nature du matériau utilisé pour les murs du bâtiment

Pierres / briques en ciment

Bois

Banco

Tôle

Autre

Nature du matériau utilisé pour le toit du bâtiment

Tôle

Tuiles/ardoises

Dalle en ciment

Bois

Banco

Chaume / paille / feuilles

Nature du matériau utilisé pour le sol intérieur du bâtiment

Carrelage

Ciment

Bois, parquet ou bois ciré

Terre (battue)

Autre

Nature du matériau utilisé pour le sol de l'extérieur

Carrelage ou ciment

Pavé ou gravier

Terre (avec herbe éventuellement) uniquement

Mixte

Autre

Présence d'ordures ménagères dans l'UCH

Oui

Non

Présence d'ordures ménagères aux alentours de l'UCH (moins d'un mètre)

Oui

Non

Présence d'un jardin maraîcher dans l'UCH

Oui

Non

Présence de plantes extérieures dans l'UCH

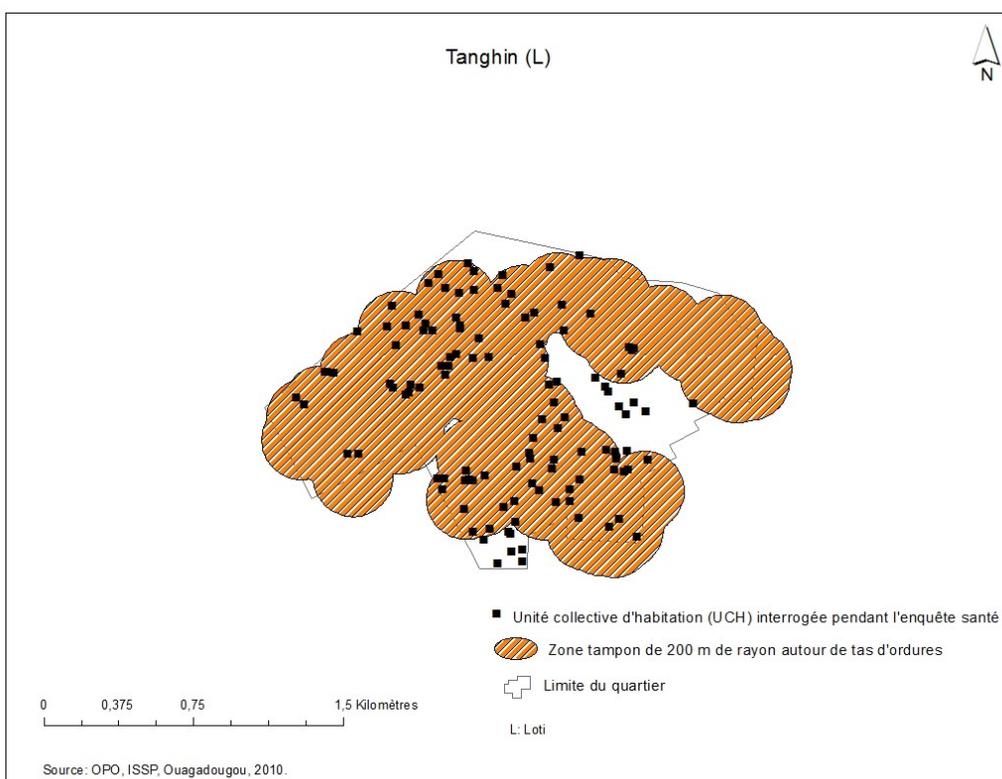
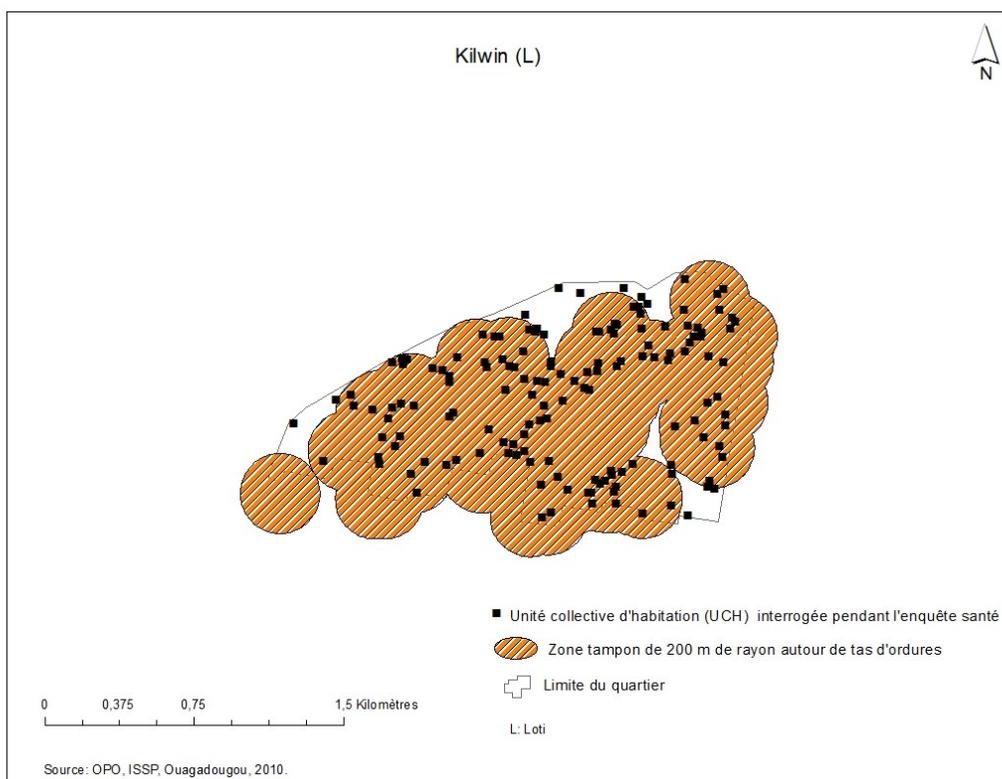
Oui

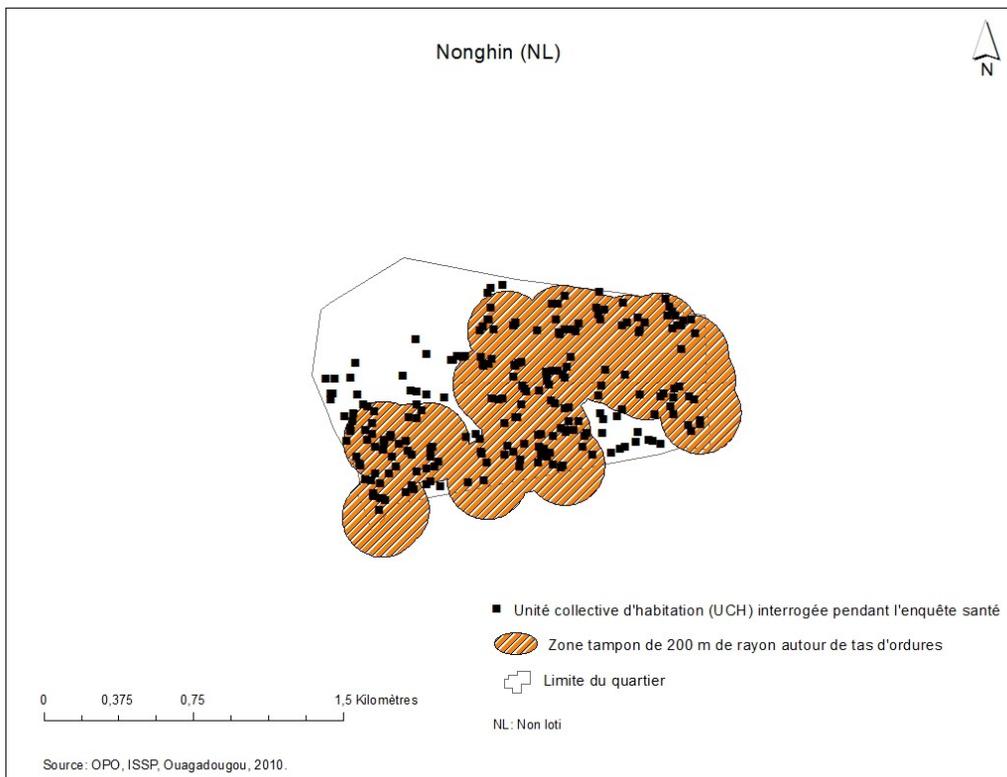
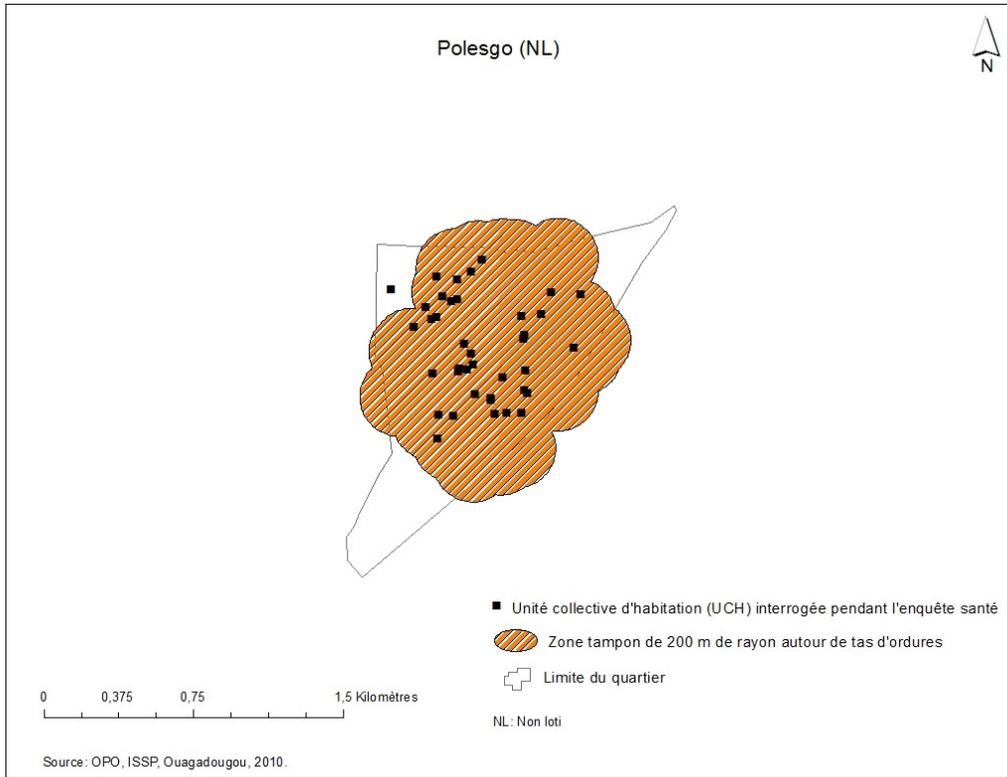
Non

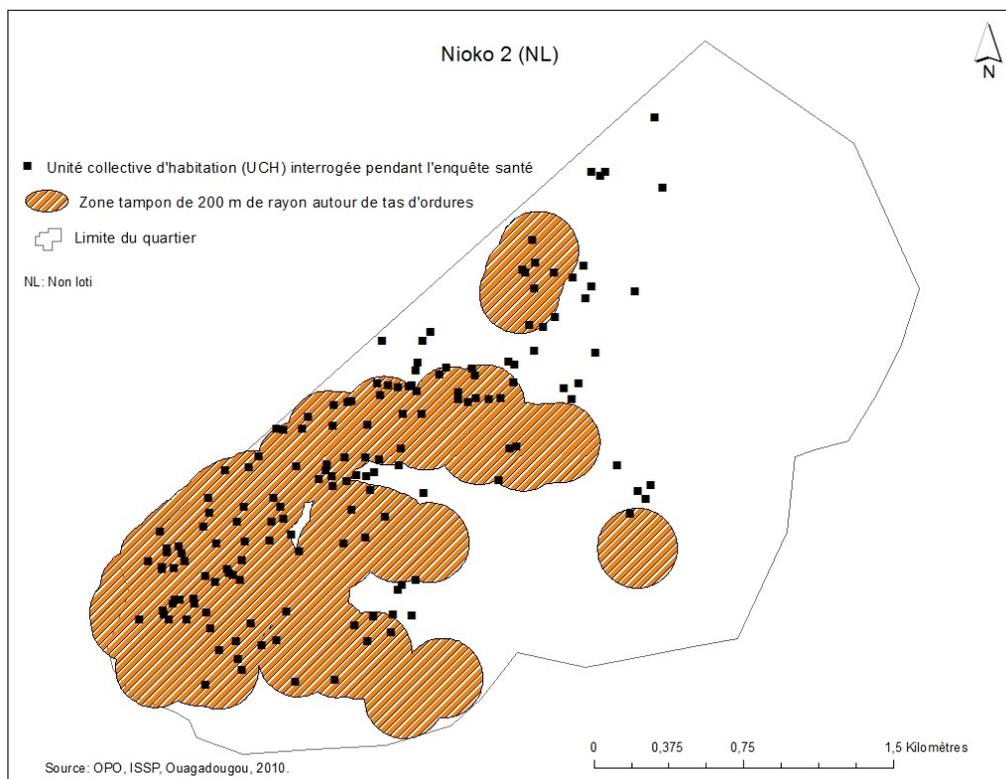
Note :

Plusieurs approches multidimensionnelles permettent de rendre compte du niveau de vie du ménage. On peut mentionner, entre autres, l'approche monétaire, l'approche subjective et l'approche par les conditions de vie. L'approche monétaire, parce qu'elle est intuitive et plus aisément perceptible, est de loin la plus répandue (Verger, 2005). Cette approche considère les revenus du ménage et examine un seuil plus approprié en conformité avec la taille du ménage. L'approche subjective, quant à elle, tient compte des inconvénients de l'approche monétaire en intégrant les opinions et les sentiments de la personne interrogée (situation financière et bien-être, nombre d'enfants dans le ménage). L'approche par les conditions de vie consiste à définir la pauvreté à partir d'un certain nombre de difficultés dans la vie quotidienne comme la privation de bien-être matériel, ou de possibilité de participation à la vie sociale (Razafindrakoto et Roubaud, 2005). Pour les tenants de cette approche, un ménage n'est pas considéré comme étant pauvre en conditions de vie par le manque de tel ou tel bien matériel élémentaire, mais plutôt par l'accumulation des handicaps.

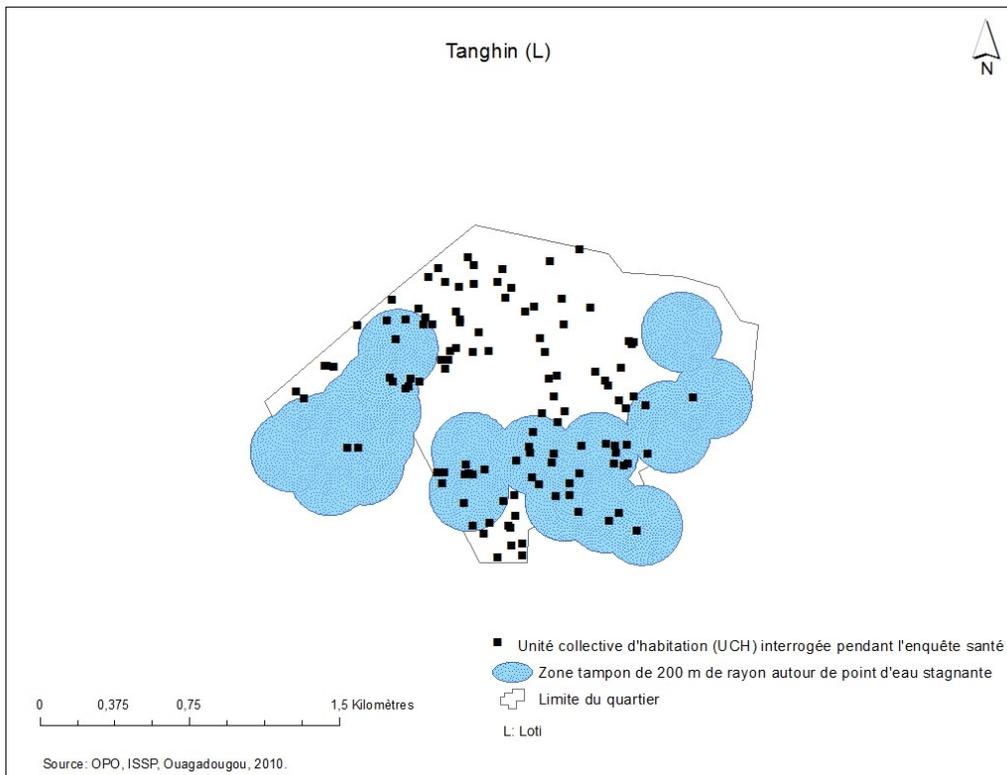
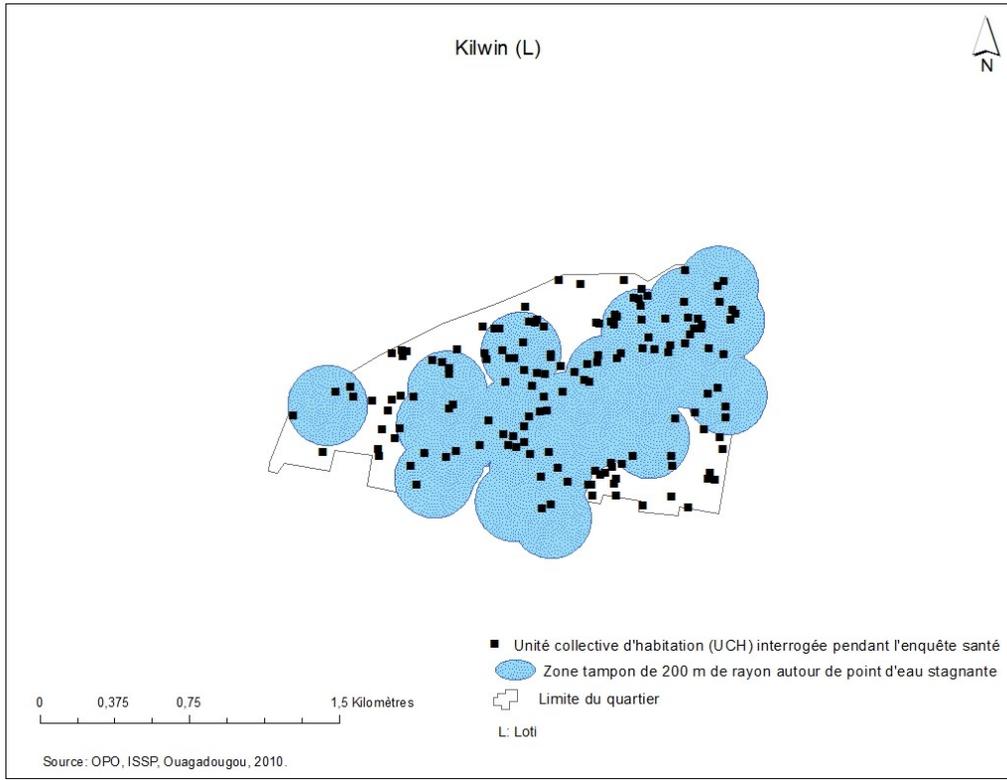
Cartes de distribution des UCH autour de tas d'ordures par quartier

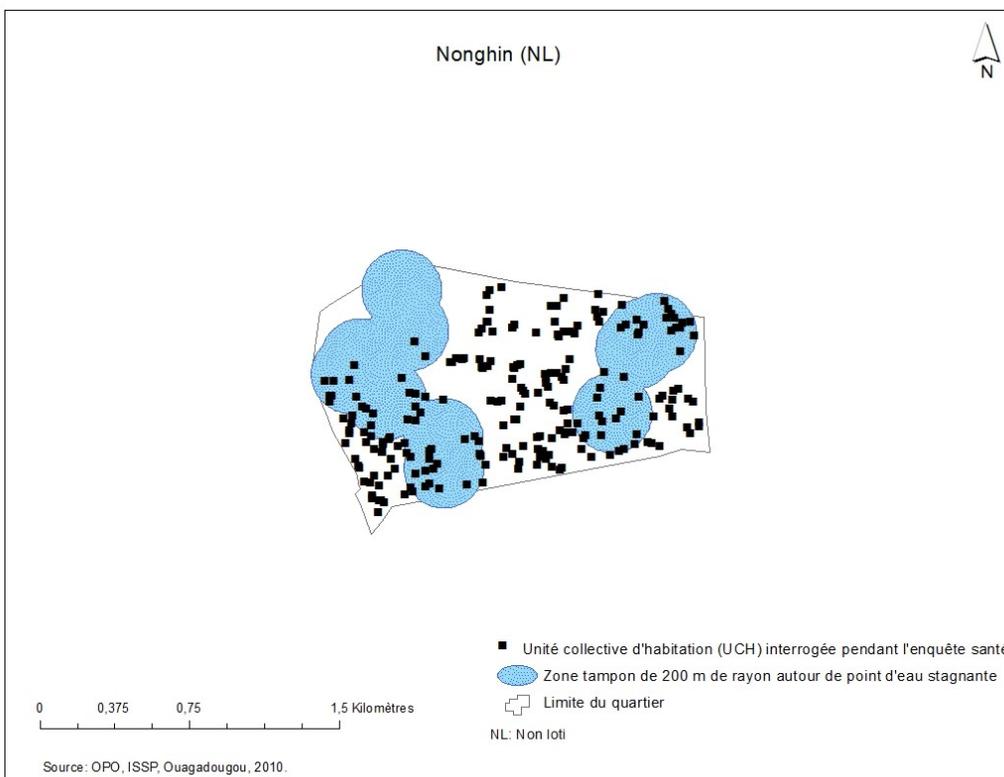
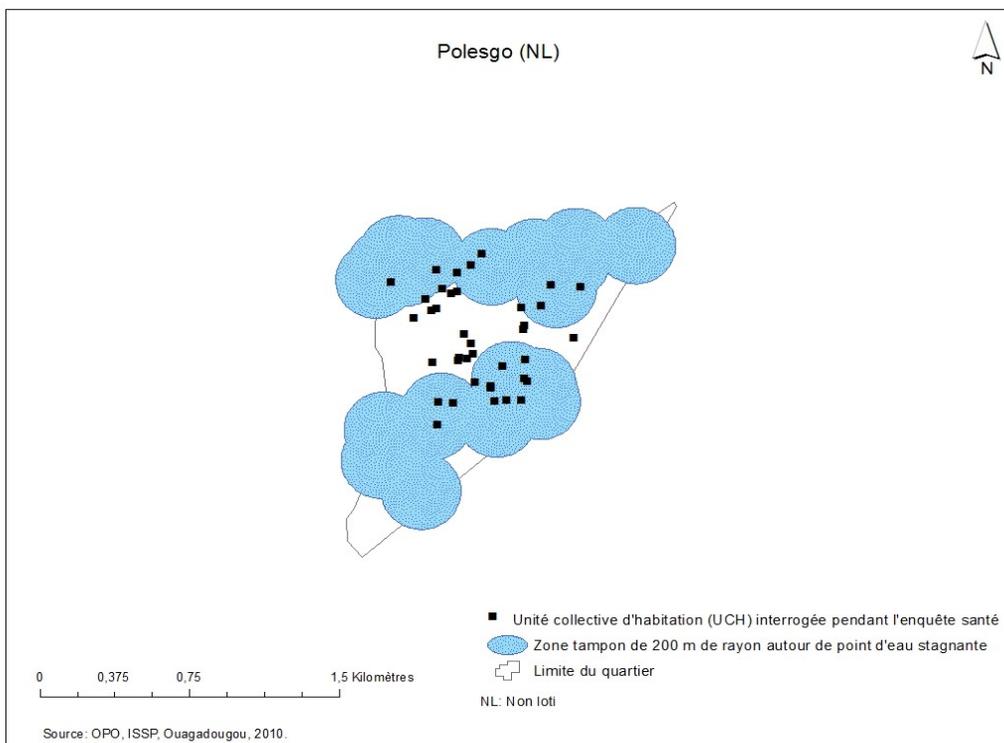


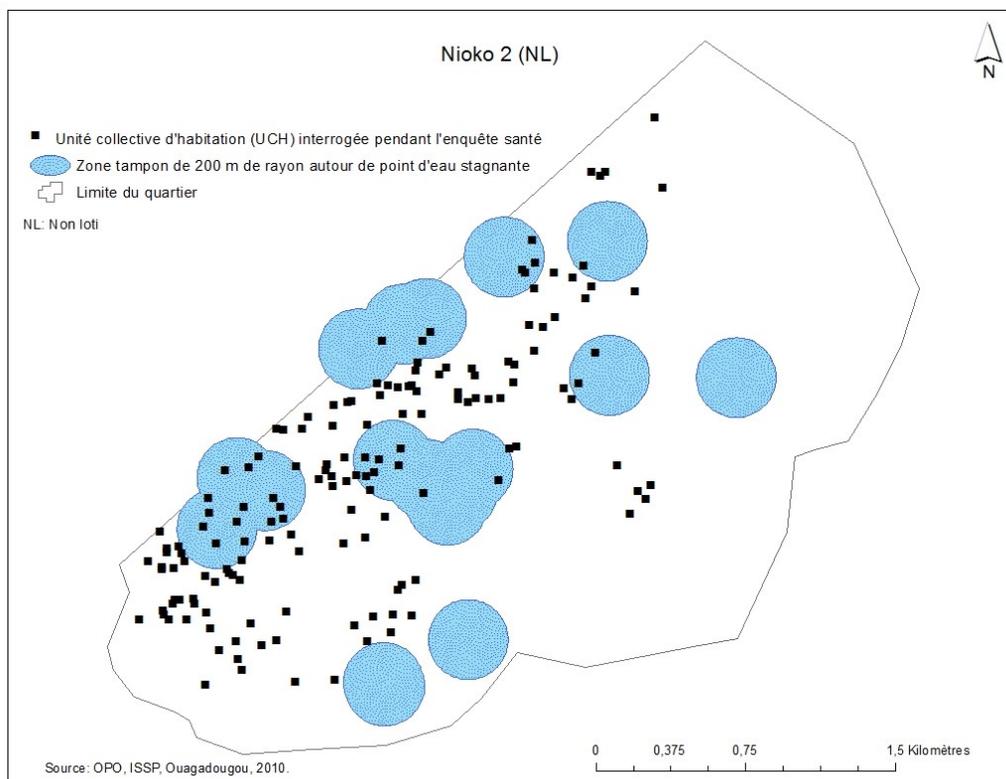




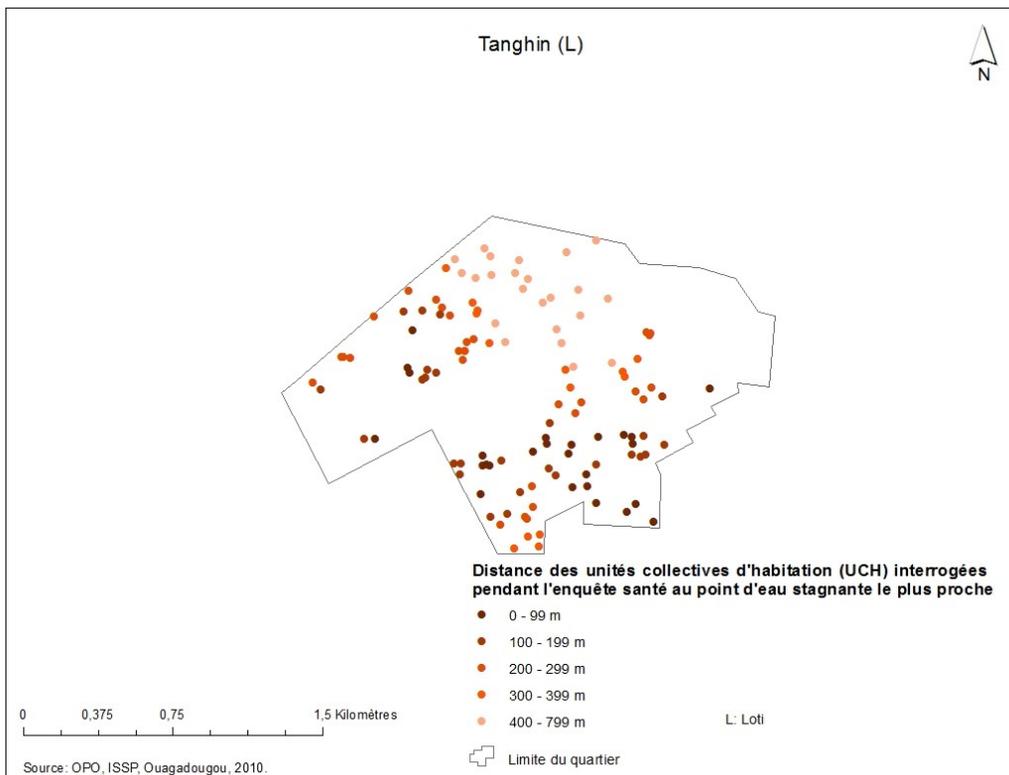
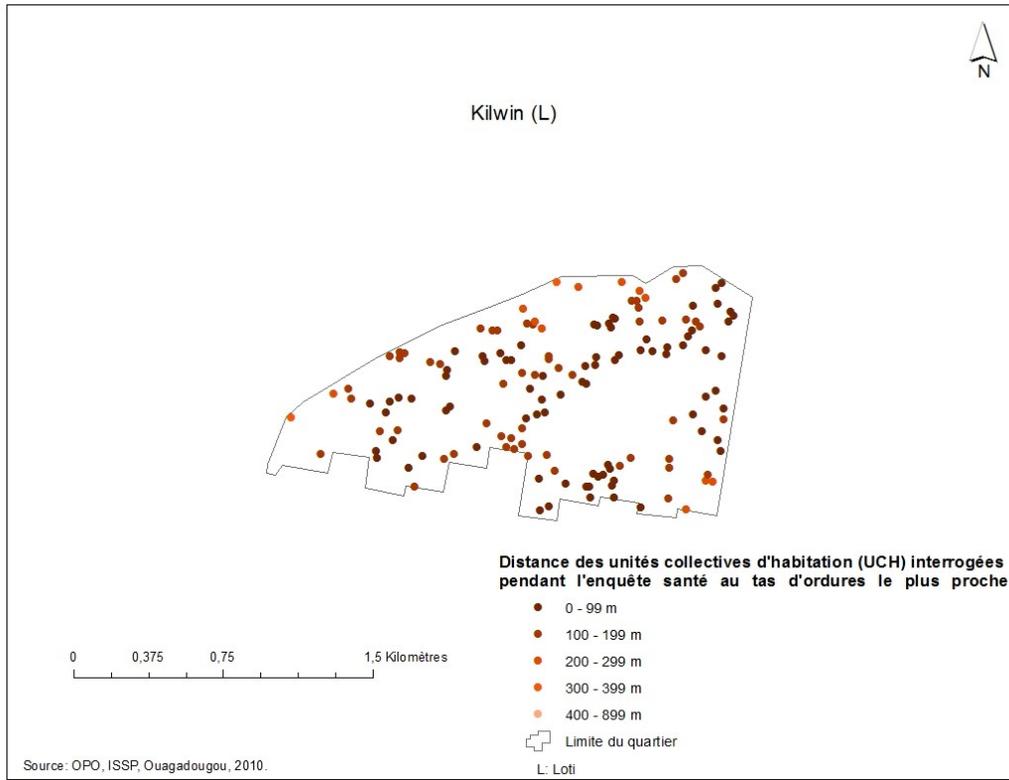
Cartes de distribution des UCH autour de point d'eau stagnante par quartier

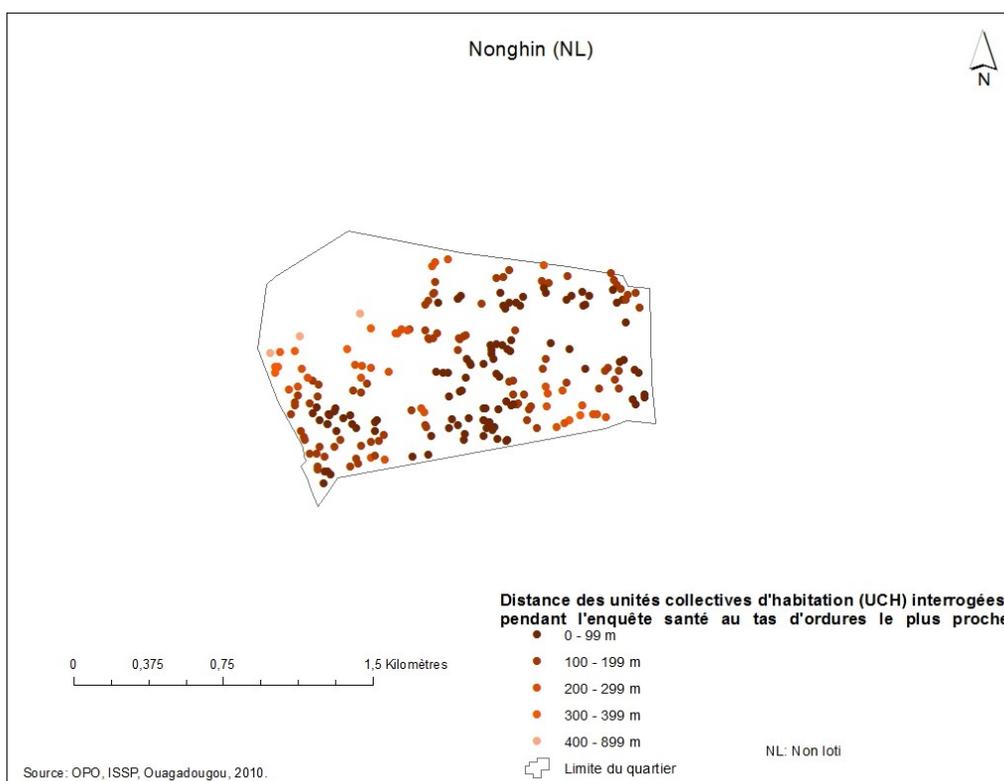
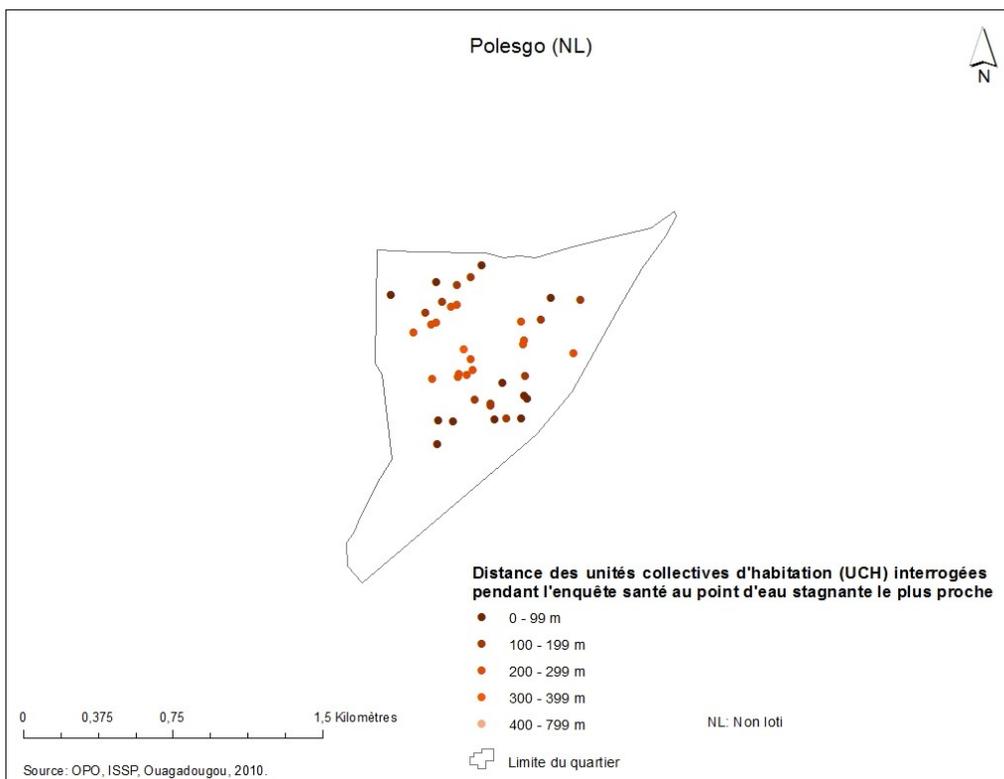


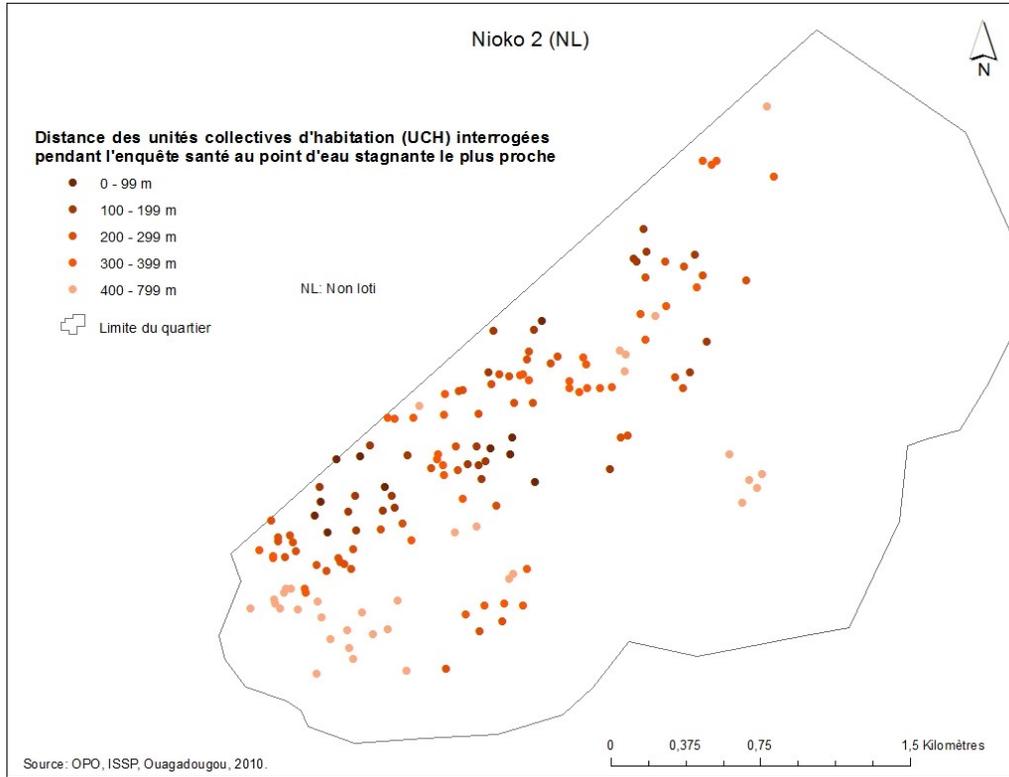




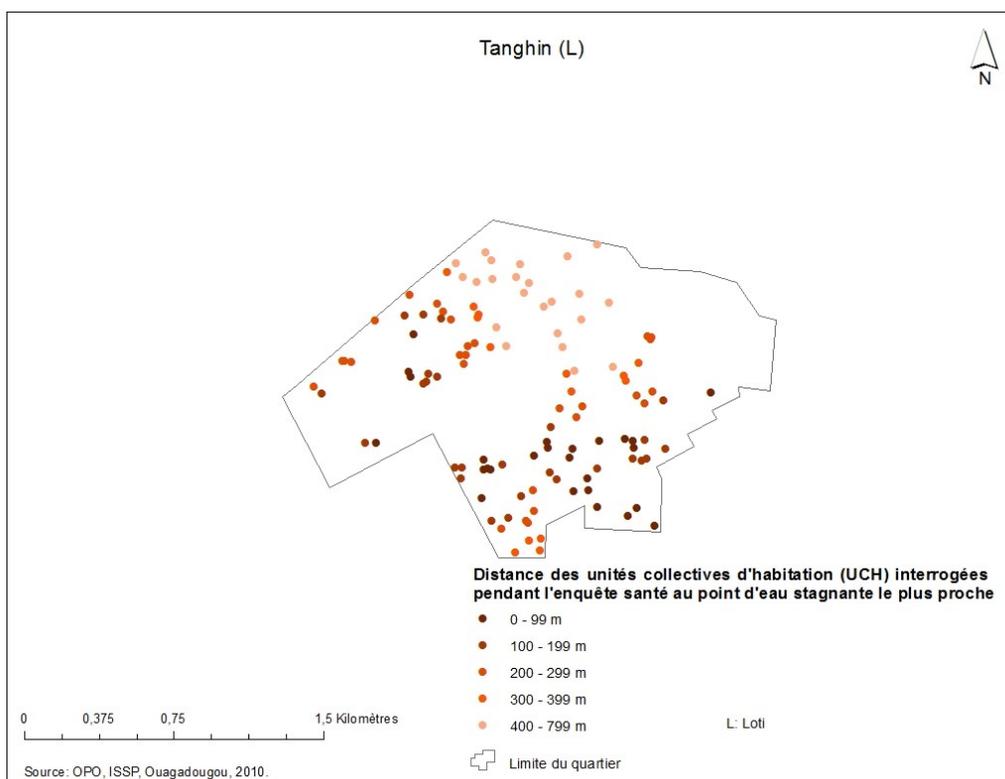
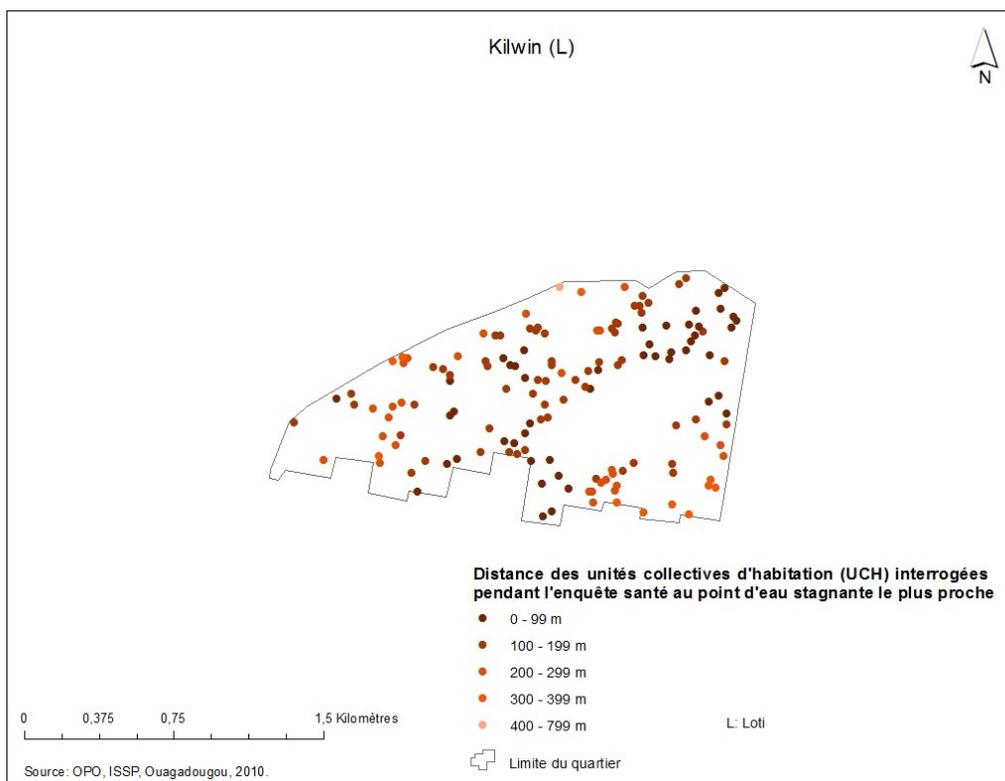
Cartes de distances des UCH aux tas d'ordures les plus proches par quartier

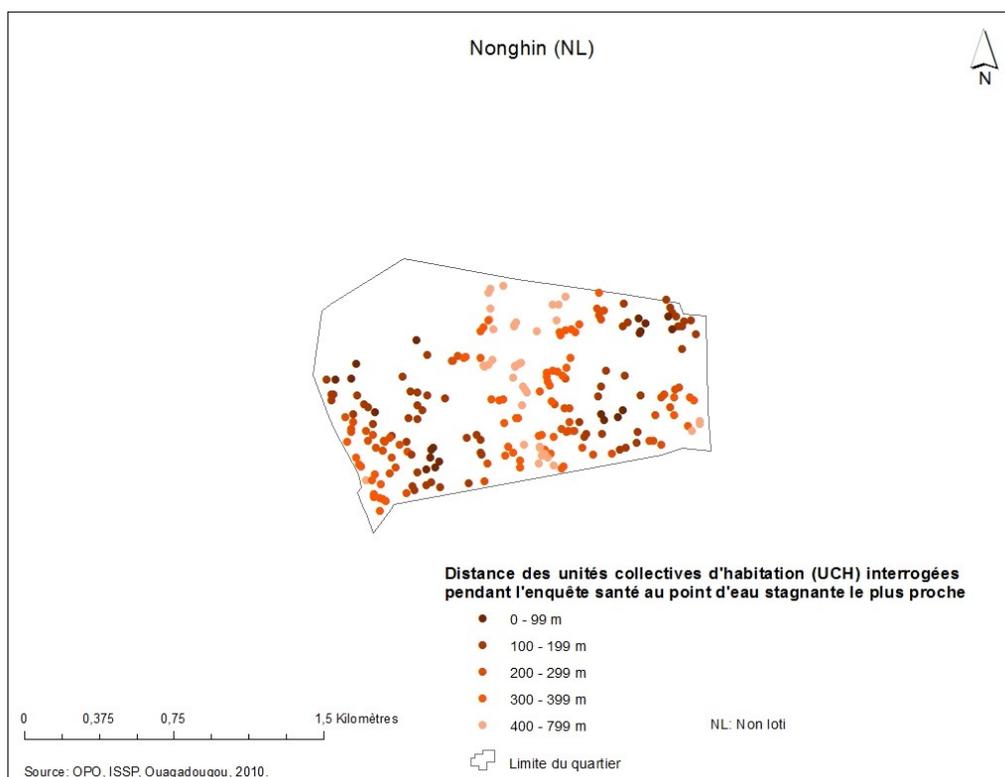
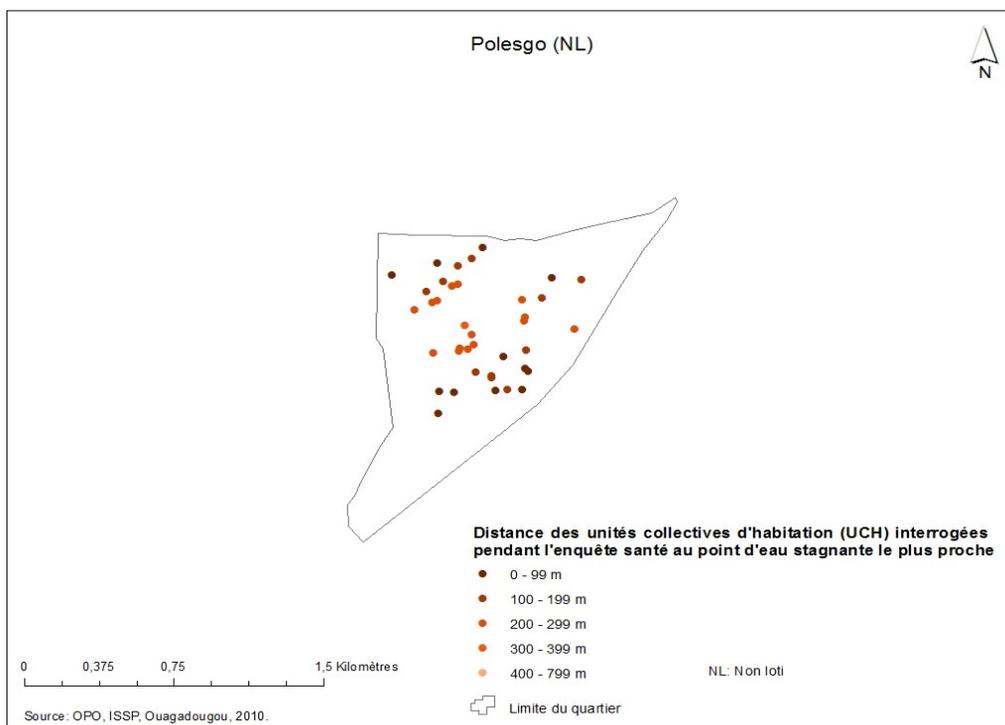


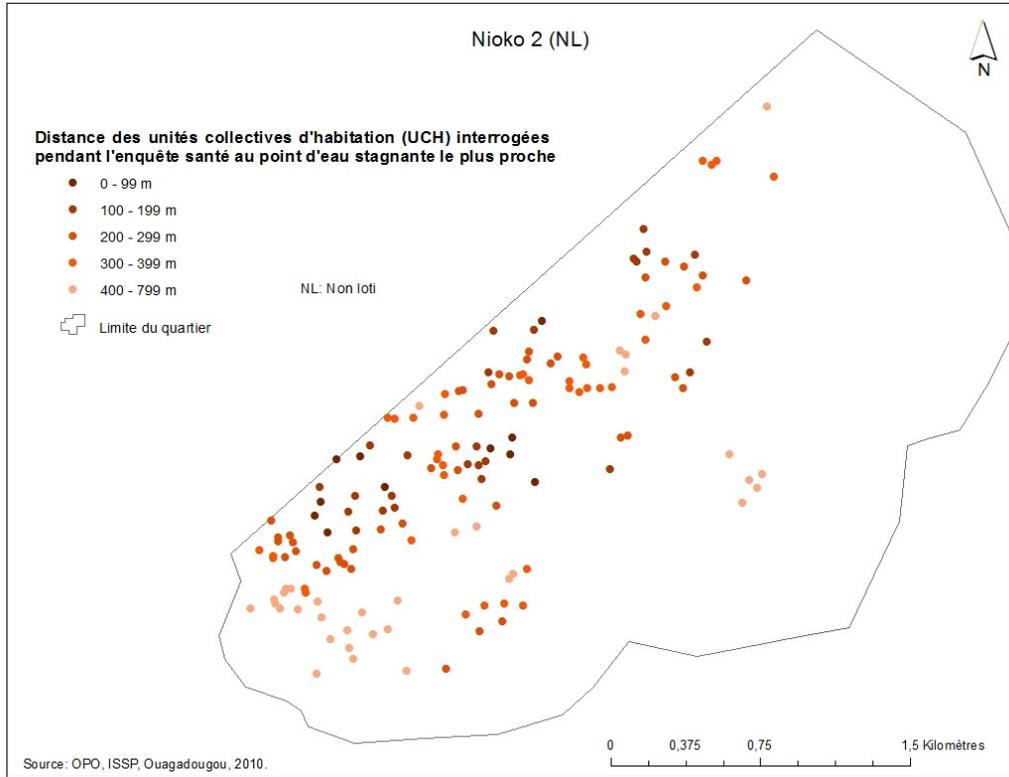




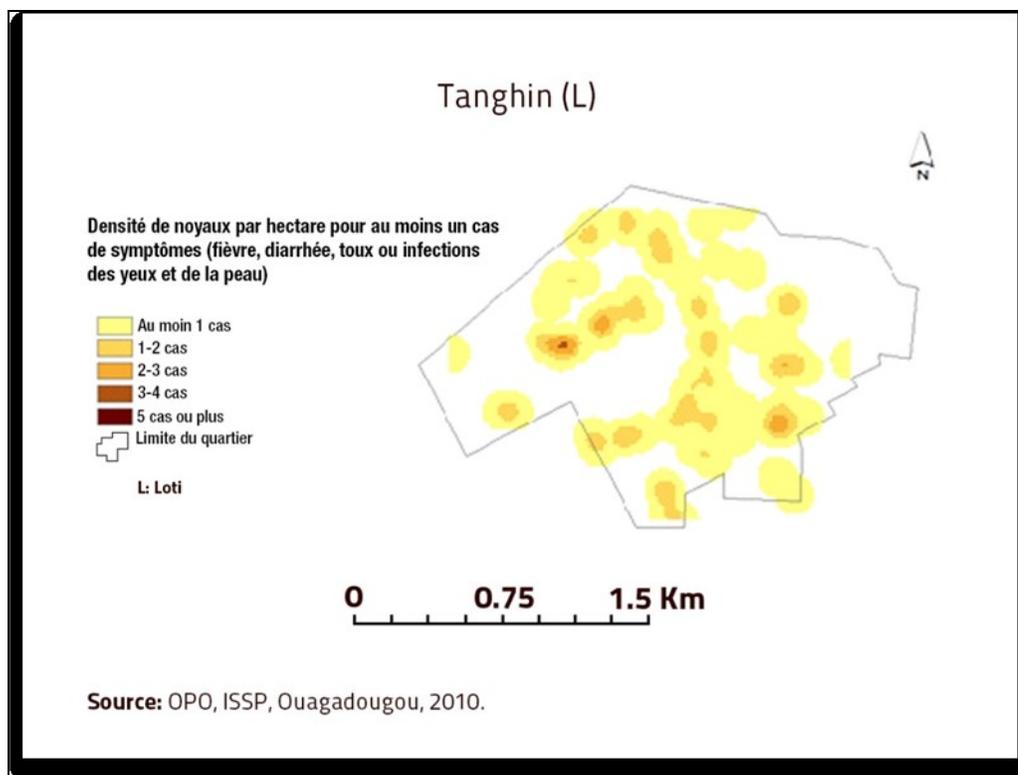
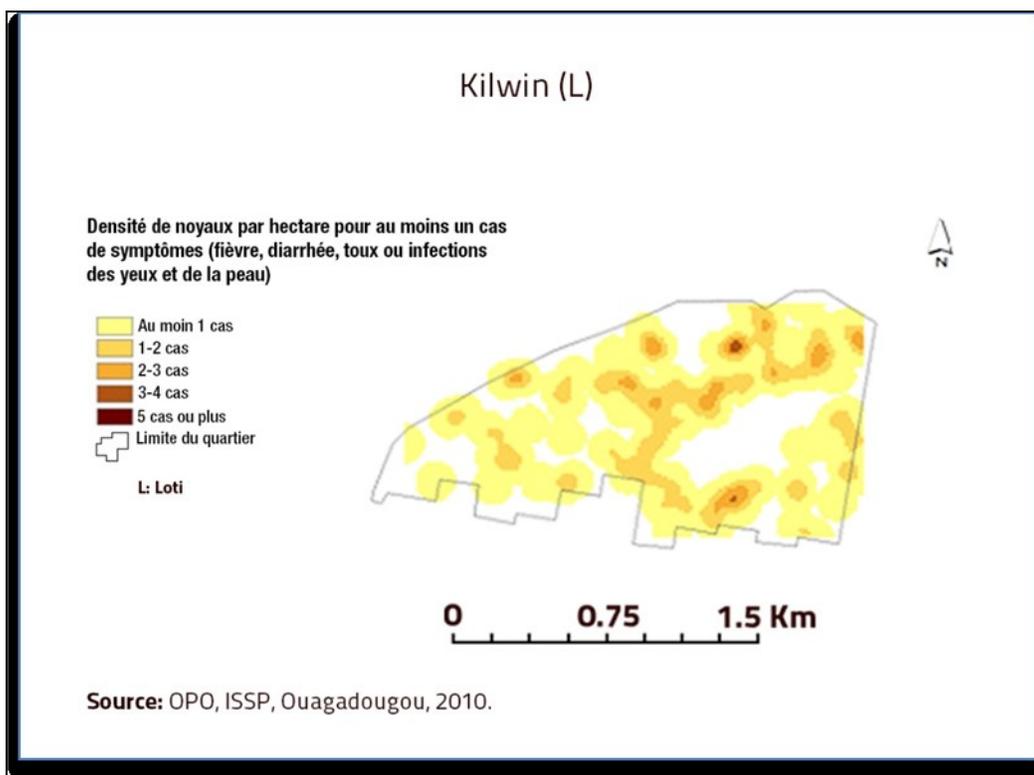
Cartes de distances des UCH aux points d'eau stagnante les plus proches par quartier

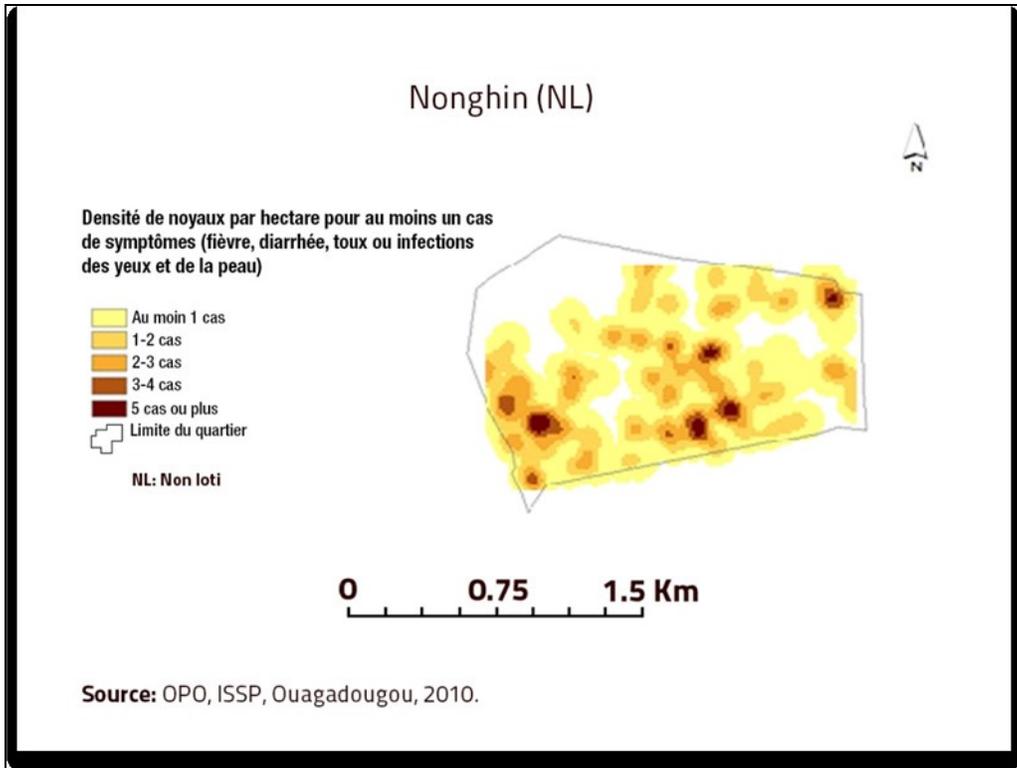
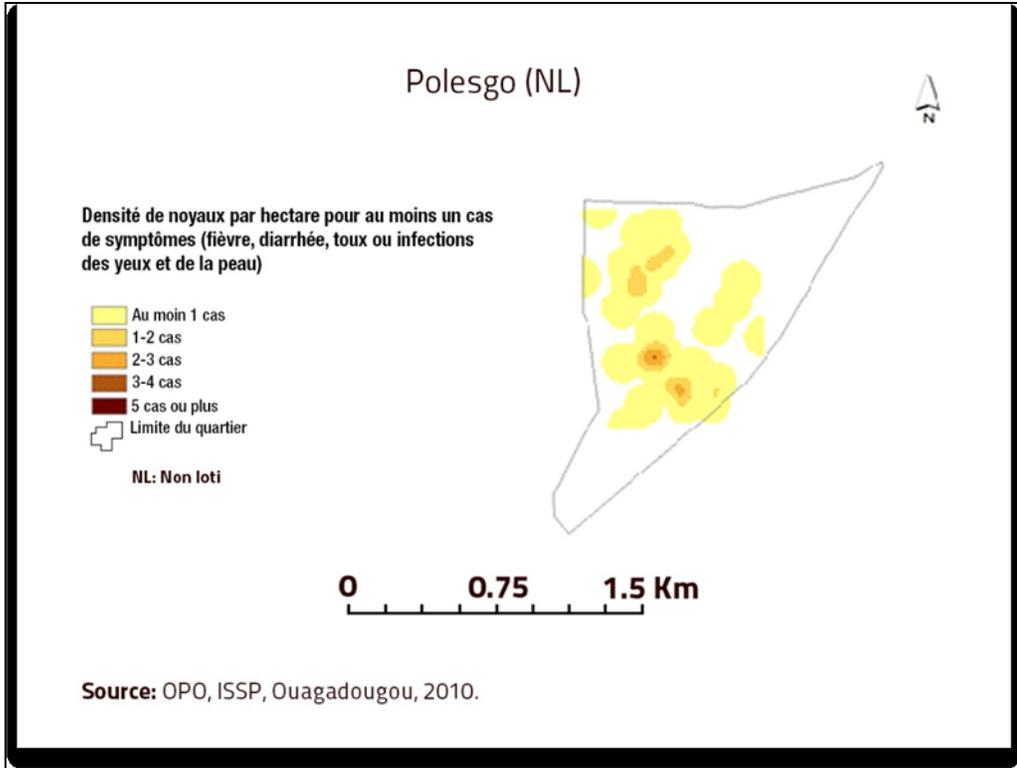


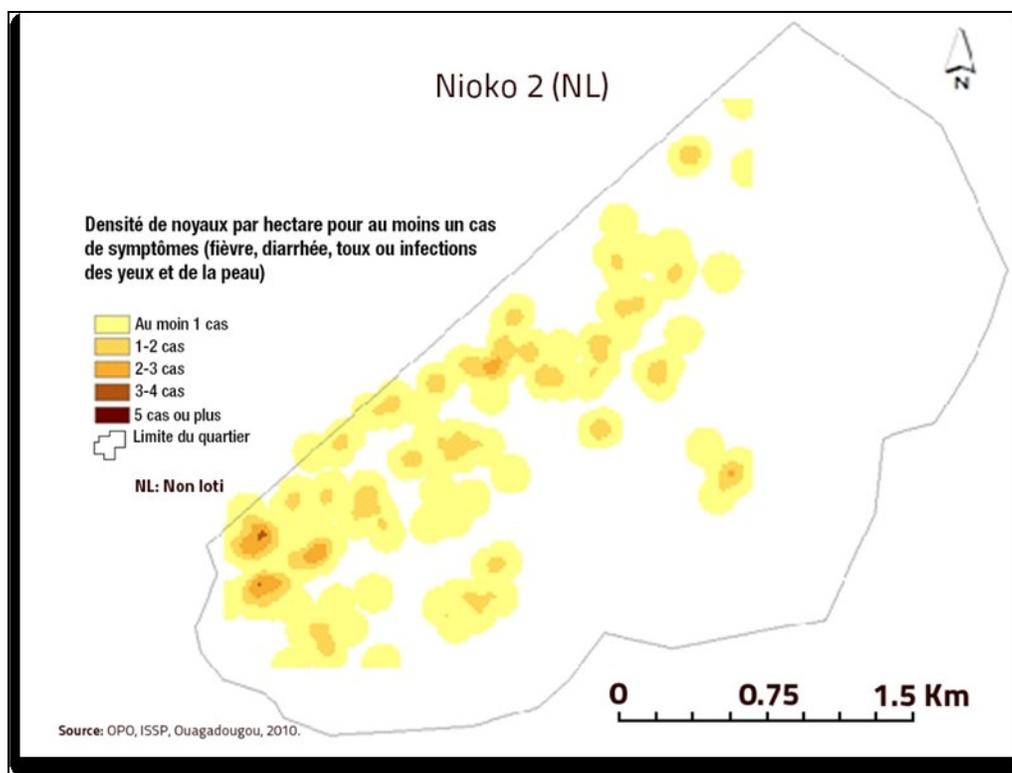




Cartes des densités de noyaux pour les symptômes par quartier







Statistiques issues des analyses spatiales (OPO, 2010)

Quartier	Tas d'ordures		Points d'eau stagnante	
	Moyenne UCH par zone tampon de 200 mètres	Écart-type	Moyenne UCH par zone tampon de 200 mètres	Écart-type
Kilwin (L)	9,0	3,7	3,5	1,3
Tanghin (L)	6,9	2,8	4,0	3,1
Polesgo (NL)	10,6	5,3	2,3	2,2
Nonghin (NL)	17,3	7,0	11,0	6,2
Nioko 2 (NL)	6,2	3,8	2,1	1,3

NB : L= Loti ; NL= Non loti ; UCH= Unité collective d'habitation.

Quelques résultats des analyses factorielles et de classification (OPO, 2010)

Description de l'axe 1

Par les MODALITES ACTIVES

Libellé de la variable	Libellé de la modalité	Valeur-Test	Poids
GESORDU en classes	Terrains vagues	-16,48	713,000
APREAU en classes	Fontaine	-15,84	639,000
DIARRH en classes	Diarrhée	-10,88	262,000
TOUX en classes	Toux	-10,33	382,000
FIEVRE en classes	Fièvre	-9,79	404,000
PLANTEX en classes	Pas de plantes	-9,25	588,000
ORDMEN en classes	Ordures ménagères	-8,55	433,000
PLANCHER en classes	Terre et autres	-8,51	67,000
Z O N E C E N T R A L E			
ORDMEN en classes	Pas d'ordures	8,55	517,000
PLANTEX en classes	Plantes extérieures	9,25	362,000
FIEVRE en classes	Pas de fièvre	9,79	546,000
TOUX en classes	Pas de toux	10,33	568,000
DIARRH en classes	Pas de diarrhée	10,88	688,000
PLANCHER en classes	Carrelage	17,11	49,000
GESORDU en classes	Mode approprié	20,82	145,000
APREAU en classes	Robinet	23,65	161,000

Description de l'axe 1

Par les MODALITES ILLUSTRATIVES

Libellé de la variable	Libellé de la modalité	Valeur-Test	Poids
PMEREDIN en classes	Moins de 34%	-17,16	579,000
LOTISS en classes	Non-loti	-17,16	579,000
QUARTIER en classes	Nonghin	-10,52	334,000
Z O N E C E N T R A L E			
QUARTIER en classes	Kilwin	17,12	214,000
PMEREDIN en classes	Autour de 50%	17,12	214,000
LOTISS en classes	Loti	17,16	371,000

Description de l'axe 2

Par les MODALITES ACTIVES

Libellé de la variable	Libellé de la modalité	Valeur-Test	Poids
FIEVRE en classes	Fièvre	-20,62	404,000
TOUX en classes	Toux	-19,29	382,000
DIARRH en classes	Diarrhée	-12,14	262,000
MALYEU en classes	Maladie des yeux	-11,60	178,000
DORMOST en classes	Moustiquaire	-9,32	325,000
APREAU en classes	Robinet	-7,92	161,000
GESORDU en classes	Mode approprié	-7,73	145,000
ORDMEN en classes	Pas d'ordures	-7,20	517,000
ZONE CENTRALE			
ORDMEN en classes	Ordures ménagères	7,20	433,000
APREAU en classes	Autre source	7,43	150,000
GESORDU en classes	Autre mode	7,97	92,000
DORMOST en classes	Pas de moustiquaire	9,32	625,000
MALYEU en classes	Pas maladie des yeux	11,60	772,000
DIARRH en classes	Pas de diarrhée	12,14	688,000
TOUX en classes	Pas de toux	19,29	568,000
FIEVRE en classes	Pas de fièvre	20,62	546,000

Description de l'axe 2

Par les MODALITES ILLUSTRATIVES

Libellé de la variable	Libellé de la modalité	Valeur-Test	Poids
DENPOPR en classes	Densité moyenne	-7,17	587,000
QUARTIER en classes	Kilwin	-3,76	214,000
PMEREDIN en classes	Autour de 50%	-3,76	214,000
ZONE CENTRALE			
DENPOPR en classes	Densité faible	3,31	136,000
DENPOPR en classes	Densité élevée	5,45	227,000
QUARTIER en classes	Polesgo	5,51	67,000

Coupure 'a' de l'arbre en 2 classes
 Classe: CLASSE 1 / 2 (Effectif: 795 -
 Pourcentage: 83,68)

Libellés des variables	Modalités caractéristiques	% de la modalité dans la classe	% de la modalité dans l'échantillon	% de la classe dans la modalité	Valeur-Test	Probabilité	Poids
PMEREDIN en classes	Moins de 34%	72,33	60,95	99,31	17,07	0,000	579
LOTISS en classes	Non-loti	72,33	60,95	99,31	17,07	0,000	579
APREAU en classes	Fontaine	77,86	67,26	96,87	15,44	0,000	639
GESORDU en classes	Terrains vagues	83,52	75,05	93,13	12,65	0,000	713
QUARTIER en classes	Nonghin	42,01	35,16	100,00	11,98	0,000	334
PLANCHER en classes	Ciment	91,57	87,79	87,29	7,12	0,000	834
DENPOPR en classes	Densité faible	17,11	14,32	100,00	6,86	0,000	136
APREAU en classes	Autre source	18,74	15,79	99,33	6,77	0,000	150
ORDMEN en classes	Ordures ménagères	50,19	45,58	92,15	6,56	0,000	433
QUARTIER en classes	Nioko 2	21,89	18,74	97,75	6,43	0,000	178
PLANTEX en classes	Pas de plantes	65,91	61,89	89,12	5,60	0,000	588
EAUSEE en classes	Rue et autres	83,90	80,95	86,74	4,86	0,000	769
DORMOST en classes	Pas de moustiquaire	69,18	65,79	88,00	4,80	0,000	625
MALNTRS en classes	Malnutris	22,01	19,58	94,09	4,55	0,000	186
PLANCHER en classes	Terre et autres	8,43	7,05	100,00	4,47	0,000	67
QUARTIER en classes	Polesgo	8,43	7,05	100,00	4,47	0,000	67
DIARRH en classes	Diarrhée	29,94	27,58	90,84	3,74	0,000	262
GESORDU en classes	Autre mode	11,07	9,68	95,65	3,50	0,000	92
MALYEU en classes	Maladie des yeux	20,63	18,74	92,13	3,48	0,000	178
DENPOPR en classes	Densité élevée	25,91	23,89	90,75	3,35	0,000	227
TOUX en classes	Toux	42,14	40,21	87,70	2,69	0,004	382
PJARDIN en classes	Jardin dans l'UCH	7,17	6,32	95,00	2,50	0,006	60
FIEVRE en classes	Fièvre	43,52	42,53	85,64	1,32	0,093	404
MALNSV en classes	Sévèrement malnutris	5,28	4,84	91,30	1,26	0,104	46
MALPEAU en classes	Maladie de la peau	8,05	7,89	85,33	0,21	0,417	75
MALPEAU en classes	Pas maladie de peau	91,95	92,11	83,54	-0,21	0,417	875
MALNSV en classes	Non sévèrement malnu	92,20	92,42	83,49	-0,39	0,349	878
MALNTRS en classes	*Reponse manquante*	2,52	2,74	76,92	-0,71	0,239	26
MALNSV en classes	*Reponse manquante*	2,52	2,74	76,92	-0,71	0,239	26
FIEVRE en classes	Pas de fièvre	56,48	57,47	82,23	-1,32	0,093	546
QUARTIER en classes	Tanghin	15,60	16,53	78,98	-1,60	0,054	157
PMEREDIN en classes	Entre 34 et 50%	15,60	16,53	78,98	-1,60	0,054	157
PJARDIN en classes	Pas de jardin	92,83	93,68	82,92	-2,50	0,006	890

TOUX en classes	Pas de toux	57,86	59,79	80,99	-2,69	0,004	568
MALYEU en classes	Pas maladie des yeux	79,37	81,26	81,74	-3,48	0,000	772
DIARRH en classes	Pas de diarrhée	70,06	72,42	80,96	-3,74	0,000	688
MALNTRS en classes	Non malnutris	75,47	77,68	81,30	-3,82	0,000	738
DORMOST en classes	Moustiquaire	30,82	34,21	75,38	-4,80	0,000	325
EAUSEE en classes	Fosse septique	16,10	19,05	70,72	-4,86	0,000	181
PLANTEX en classes	Plantes extérieures	34,09	38,11	74,86	-5,60	0,000	362
ORDMEN en classes	Pas d'ordures	49,81	54,42	76,60	-6,56	0,000	517
DENPOPR en classes	Densité moyenne	56,98	61,79	77,17	-7,24	0,000	587
PLANCHER en classes	Carrelage	0,00	5,16	0,00	-13,61	0,000	49
QUARTIER en classes	Kilwin	12,08	22,53	44,86	-15,94	0,000	214
PMEREDIN en classes	Autour de 50%	12,08	22,53	44,86	-15,94	0,000	214
GESORDU en classes	Mode approprié	5,41	15,26	29,66	-16,57	0,000	145
LOTISS en classes	Loti	27,67	39,05	59,30	-17,07	0,000	371
APREAU en classes	Robinet	3,40	16,95	16,77	-22,37	0,000	161

Classe: CLASSE 2 / 2 (Effectif: 155 -
Pourcentage: 16,32)

Libellés des variables	Modalités caractéristiques	% de la modalité dans la classe	% de la modalité dans l'échantillon	% de la classe dans la modalité	Valeur-Test	Probabilité	Poids
APREAU en classes	Robinet	86,45	16,95	83,23	22,37	0,000	161
LOTISS en classes	Loti	97,42	39,05	40,70	17,07	0,000	371
GESORDU en classes	Mode approprié	65,81	15,26	70,34	16,57	0,000	145
PMEREDIN en classes	Autour de 50%	76,13	22,53	55,14	15,95	0,000	214
QUARTIER en classes	Kilwin	76,13	22,53	55,14	15,95	0,000	214
PLANCHER en classes	Carrelage	31,61	5,16	100,00	13,61	0,000	49
DENPOPR en classes	Densité moyenne	86,45	61,79	22,83	7,24	0,000	587
ORDMEN en classes	Pas d'ordures	78,06	54,42	23,40	6,56	0,000	517
PLANTEX en classes	Plantes extérieures	58,71	38,11	25,14	5,60	0,000	362
EAUSEE en classes	Fosse septique	34,19	19,05	29,28	4,86	0,000	181
DORMOST en classes	Moustiquaire	51,61	34,21	24,62	4,80	0,000	325
MALNTRS en classes	Non malnutris	89,03	77,68	18,70	3,82	0,000	738
DIARRH en classes	Pas de diarrhée	84,52	72,42	19,04	3,74	0,000	688
MALYEU en classes	Pas maladie des yeux	90,97	81,26	18,26	3,48	0,000	772
TOUX en classes	Pas de toux	69,68	59,79	19,01	2,69	0,004	568
PJARDIN en classes	Pas de jardin	98,06	93,68	17,08	2,50	0,006	890
QUARTIER en classes	Tanghin	21,29	16,53	21,02	1,60	0,054	157
PMEREDIN en classes	Entre 34 et 50%	21,29	16,53	21,02	1,60	0,054	157
FIEVRE en classes	Pas de fièvre	62,58	57,47	17,77	1,32	0,093	546

MALNTRS en classes	*Reponse manquante*	3,87	2,74	23,08	0,71	0,239	26
MALNSV en classes	*Reponse manquante*	3,87	2,74	23,08	0,71	0,239	26
MALNSV en classes	Non sévèrement malnu	93,55	92,42	16,51	0,39	0,349	878
MALPEAU en classes	Pas maladie de peau	92,90	92,11	16,46	0,21	0,417	875
MALPEAU en classes	Maladie de la peau	7,10	7,89	14,67	-0,21	0,417	75
MALNSV en classes	Sévèrement malnutris	2,58	4,84	8,70	-1,26	0,104	46
FIEVRE en classes	Fièvre	37,42	42,53	14,36	-1,32	0,093	404
PJARDIN en classes	Jardin dans l'UCH	1,94	6,32	5,00	-2,50	0,006	60
TOUX en classes	Toux	30,32	40,21	12,30	-2,69	0,004	382
DENPOPR en classes	Densité élevée	13,55	23,89	9,25	-3,35	0,000	227
MALYEU en classes	Maladie des yeux	9,03	18,74	7,87	-3,48	0,000	178
GESORDU en classes	Autre mode	2,58	9,68	4,35	-3,50	0,000	92
DIARRH en classes	Diarrhée	15,48	27,58	9,16	-3,74	0,000	262
QUARTIER en classes	Polesgo	0,00	7,05	0,00	-4,47	0,000	67
PLANCHER en classes	Terre et autres	0,00	7,05	0,00	-4,47	0,000	67
MALNTRS en classes	Malnutris	7,10	19,58	5,91	-4,55	0,000	186
DORMOST en classes	Pas de moustiquaire	48,39	65,79	12,00	-4,80	0,000	625
EAUSEE en classes	Rue et autres	65,81	80,95	13,26	-4,86	0,000	769
PLANTEX en classes	Pas de plantes	41,29	61,89	10,88	-5,60	0,000	588
QUARTIER en classes	Nioko 2	2,58	18,74	2,25	-6,43	0,000	178
ORDMEN en classes	Ordures ménagères	21,94	45,58	7,85	-6,56	0,000	433
APREAU en classes	Autre source	0,65	15,79	0,67	-6,77	0,000	150
DENPOPR en classes	Densité faible	0,00	14,32	0,00	-6,86	0,000	136
PLANCHER en classes	Ciment	68,39	87,79	12,71	-7,12	0,000	834
QUARTIER en classes	Nonghin	0,00	35,16	0,00	-11,98	0,000	334
GESORDU en classes	Terrains vagues	31,61	75,05	6,87	-12,65	0,000	713
APREAU en classes	Fontaine	12,90	67,26	3,13	-15,44	0,000	639
LOTISS en classes	Non-loti	2,58	60,95	0,69	-17,07	0,000	579
PMEREDIN en classes	Moins de 34%	2,58	60,95	0,69	-17,07	0,000	579

Caractérisation par les modalités des classes de la partition

Coupure 'b' de l'arbre en 3 classes

Classe: CLASSE 1 / 3 (Effectif: 577 -

Pourcentage: 60,74)

Libellés des variables	Modalités caractéristiques	% de la modalité dans la classe	% de la modalité dans l'échantillon	% de la classe dans la modalité	Valeur-Test	Probabilité	Poids
GESORDU en classes	Terrains vagues	93,59	75,05	75,74	16,57	0,000	713
PLANCHER en classes	Ciment	99,83	87,79	69,06	14,97	0,000	834
MALPEAU en classes	Pas maladie de peau	100,00	92,11	65,94	11,98	0,000	875
PJARDIN en classes	Pas de jardin	99,83	93,68	64,72	10,13	0,000	890
	Fontaine	79,03	67,26	71,36	9,51	0,000	639
LOTISS en classes	Non-loti	70,88	60,95	70,64	7,73	0,000	579
PMEREDIN en classes	Moins de 34%	70,88	60,95	70,64	7,73	0,000	579
EAUSEE en classes	Rue et autres	87,87	80,95	65,93	6,60	0,000	769
QUARTIER en classes	Nonghin	41,25	35,16	71,26	4,87	0,000	334
DENPOPR en classes	Densité faible	17,50	14,32	74,26	3,47	0,000	136
DORMOST en classes	Pas de moustiquaire	70,02	65,79	64,64	3,34	0,000	625
PLANTEX en classes	Pas de plantes	66,20	61,89	64,97	3,33	0,000	588
QUARTIER en classes	Polesgo	9,01	7,05	77,61	2,89	0,002	67
MALYEU en classes	Maladie des yeux	21,32	18,74	69,10	2,47	0,007	178
FIEVRE en classes	Fièvre	45,23	42,53	64,60	2,04	0,021	404
QUARTIER en classes	Nioko 2	20,62	18,74	66,85	1,78	0,038	178
TOUX en classes	Toux	41,94	40,21	63,35	1,29	0,099	382
MALNSV en classes	Non sévèrement malnu	93,24	92,42	61,28	1,06	0,144	878
APREAU en classes	Autre source	16,64	15,79	64,00	0,80	0,212	150
MALNTRS en classes	Malnutris	20,28	19,58	62,90	0,59	0,278	186
ORDMEN en classes	Ordures ménagères	46,27	45,58	61,66	0,47	0,320	433
DIARRH en classes	Diarrhée	27,73	27,58	61,07	0,05	0,479	262
MALNTRS en classes	Non malnutris	77,64	77,68	60,70	-0,04	0,482	738
DIARRH en classes	Pas de diarrhée	72,27	72,42	60,61	-0,05	0,479	688
MALNSV en classes	Sévèrement malnutris	4,68	4,84	58,70	-0,15	0,442	46
DENPOPR en classes	Densité élevée	23,57	23,89	59,91	-0,22	0,414	227
QUARTIER en classes	Tanghin	16,12	16,53	59,24	-0,34	0,368	157
PMEREDIN en classes	Entre 34 et 50%	16,12	16,53	59,24	-0,34	0,368	157
ORDMEN en classes	Pas d'ordures	53,73	54,42	59,96	-0,47	0,320	517
TOUX en classes	Pas de toux	58,06	59,79	58,98	-1,29	0,099	568
MALNTRS en classes	*Reponse manquante*	2,08	2,74	46,15	-1,33	0,091	26
MALNSV en classes	*Reponse manquante*	2,08	2,74	46,15	-1,33	0,091	26
FIEVRE en classes	Pas de fièvre	54,77	57,47	57,88	-2,04	0,021	546
DENPOPR en classes	Densité moyenne	58,93	61,79	57,92	-2,20	0,014	587
MALYEU en classes	Pas maladie des yeux	78,68	81,26	58,81	-2,47	0,007	772
PLANTEX en classes	Plantes extérieures	33,80	38,11	53,87	-3,33	0,000	362
DORMOST en classes	Moustiquaire	29,98	34,21	53,23	-3,34	0,000	325
EAUSEE en classes	Fosse septique	12,13	19,05	38,67	-6,60	0,000	181
LOTISS en classes	Loti	29,12	39,05	45,28	-7,73	0,000	371
QUARTIER en classes	Kilwin	13,00	22,53	35,05	-8,59	0,000	214
PMEREDIN en classes	Autour de 50%	13,00	22,53	35,05	-8,59	0,000	214
PLANCHER en classes	Carrelage	0,17	5,16	2,04	-8,98	0,000	49
GESORDU en classes	Mode approprié	6,41	15,26	25,52	-9,29	0,000	145
PJARDIN en classes	Jardin dans l'UCH	0,17	6,32	1,67	-10,13	0,000	60
PLANCHER en classes	Terre et autres	0,00	7,05	0,00	-11,25	0,000	67
MALPEAU en classes	Maladie de la peau	0,00	7,89	0,00	-11,98	0,000	75
APREAU en classes	Robinet	4,33	16,95	15,53	-12,91	0,000	161
GESORDU en classes	Autre mode	0,00	9,68	0,00	-13,44	0,000	92

Classe: CLASSE 2 / 3 (Effectif: 234 -

Pourcentage: 24,63)

Libellés des variables	Modalités caractéristiques	% de la modalité dans la classe	% de la modalité dans l'échantillon	% de la classe dans la modalité	Valeur-Test	Probabilité	Poids
GESORDU en classes	Autre mode	38,46	9,68	97,83	16,12	0,000	92
PLANCHER en classes	Terre et autres	28,63	7,05	100,00	14,03	0,000	67
MALPEAU en classes	Maladie de la peau	28,21	7,89	88,00	12,10	0,000	75
PJARDIN en classes	Jardin dans l'UCH	24,36	6,32	95,00	12,03	0,000	60
ORDMEN en classes	Ordures ménagères	57,27	45,58	30,95	4,05	0,000	433
PMEREDIN en classes	Moins de 34%	71,37	60,95	28,84	3,74	0,000	579
LOTISS en classes	Non-loti	71,37	60,95	28,84	3,74	0,000	579
EAUSEE en classes	Fosse septique	26,92	19,05	34,81	3,35	0,000	181
APREAU en classes	Autre source	22,65	15,79	35,33	3,12	0,001	150
DIARRH en classes	Diarrhée	34,19	27,58	30,53	2,49	0,006	262
DENPOPR en classes	Densité élevée	29,91	23,89	30,84	2,37	0,009	227
QUARTIER en classes	Nioko 2	23,93	18,74	31,46	2,21	0,013	178
MALNTRS en classes	Malnutris	24,79	19,58	31,18	2,19	0,014	186
QUARTIER en classes	Nonghin	41,03	35,16	28,74	2,08	0,019	334
APREAU en classes	Fontaine	71,79	67,26	26,29	1,63	0,052	639
PLANTEX en classes	Pas de plantes	65,81	61,89	26,19	1,35	0,089	588
FIEVRE en classes	Pas de fièvre	61,11	57,47	26,19	1,22	0,111	546
MALNSV en classes	Sévèrement malnutris	6,41	4,84	32,61	1,11	0,134	46
MALNTRS en classes	*Reponse manquante*	3,42	2,74	30,77	0,53	0,297	26
MALNSV en classes	*Reponse manquante*	3,42	2,74	30,77	0,53	0,297	26
TOUX en classes	Toux	41,88	40,21	25,65	0,53	0,300	382
DORMOST en classes	Pas de moustiquaire	67,09	65,79	25,12	0,40	0,344	625
DENPOPR en classes	Densité faible	14,96	14,32	25,74	0,23	0,410	136
MALYEU en classes	Pas maladie des yeux	81,62	81,26	24,74	0,06	0,478	772
MALYEU en classes	Maladie des yeux	18,38	18,74	24,16	-0,06	0,478	178
QUARTIER en classes	Polesgo	6,41	7,05	22,39	-0,27	0,392	67
DORMOST en classes	Moustiquaire	32,91	34,21	23,69	-0,40	0,344	325
TOUX en classes	Pas de toux	58,12	59,79	23,94	-0,53	0,300	568
QUARTIER en classes	Tanghin	14,10	16,53	21,02	-1,05	0,147	157
PMEREDIN en classes	Entre 34 et 50%	14,10	16,53	21,02	-1,05	0,147	157
FIEVRE en classes	Fièvre	38,89	42,53	22,52	-1,22	0,111	404
MALNSV en classes	Non sévèrement malnu	90,17	92,42	24,03	-1,34	0,090	878
PLANTEX en classes	Plantes extérieures	34,19	38,11	22,10	-1,35	0,089	362
DENPOPR en classes	Densité moyenne	55,13	61,79	21,98	-2,33	0,010	587
MALNTRS en classes	Non malnutris	71,79	77,68	22,76	-2,37	0,009	738
DIARRH en classes	Pas de diarrhée	65,81	72,42	22,38	-2,49	0,006	688
EAUSEE en classes	Rue et autres	73,08	80,95	22,24	-3,35	0,000	769
QUARTIER en classes	Kilwin	14,53	22,53	15,89	-3,39	0,000	214
PMEREDIN en classes	Autour de 50%	14,53	22,53	15,89	-3,39	0,000	214
LOTISS en classes	Loti	28,63	39,05	18,06	-3,74	0,000	371
ORDMEN en classes	Pas d'ordures	42,74	54,42	19,34	-4,05	0,000	517
PLANCHER en classes	Carrelage	0,00	5,16	0,00	-4,85	0,000	49
APREAU en classes	Robinet	5,56	16,95	8,07	-5,73	0,000	161
GESORDU en classes	Mode approprié	4,27	15,26	6,90	-5,84	0,000	145
GESORDU en classes	Terrains vagues	57,27	75,05	18,79	-6,91	0,000	713
PLANCHER en classes	Ciment	71,37	87,79	20,02	-8,12	0,000	834

PJARDIN en classes	Pas de jardin	75,64	93,68	19,89	-12,03	0,000	890
MALPEAU en classes	Pas maladie de peau	71,79	92,11	19,20	-12,10	0,000	875

Classe: CLASSE 3 / 3 (Effectif: 139 -
Pourcentage: 14,63)

Libellés des variables	Modalités caractéristiques	% de la modalité dans la classe	% de la modalité dans l'échantillon	% de la classe dans la modalité	Valeur-Test	Probabilité	Poids
APREAU en classes	Robinet	88,49	16,95	76,40	21,29	0,000	161
GESORDU en classes	Mode approprié	70,50	15,26	67,59	16,75	0,000	145
LOTISS en classes	Loti	97,84	39,05	36,66	16,16	0,000	371
PMEREDIN en classes	Autour de 50%	75,54	22,53	49,07	14,69	0,000	214
QUARTIER en classes	Kilwin	75,54	22,53	49,07	14,69	0,000	214
PLANCHER en classes	Carrelage	34,53	5,16	97,96	13,63	0,000	49
DENPOPR en classes	Densité moyenne	84,89	61,79	20,10	6,31	0,000	587
PLANTEX en classes	Plantes extérieures	62,59	38,11	24,03	6,24	0,000	362
ORDMEN en classes	Pas d'ordures	76,98	54,42	20,70	5,84	0,000	517
DORMOST en classes	Moustiquaire	53,96	34,21	23,08	5,09	0,000	325
EAUSEE en classes	Fosse septique	34,53	19,05	26,52	4,63	0,000	181
MALYEU en classes	Pas maladie des yeux	91,37	81,26	16,45	3,41	0,000	772
DIARRH en classes	Pas de diarrhée	84,17	72,42	17,01	3,39	0,000	688
MALNTRS en classes	Non malnutris	87,77	77,68	16,53	3,13	0,001	738
PJARDIN en classes	Pas de jardin	98,56	93,68	15,39	2,66	0,004	890
TOUX en classes	Pas de toux	69,78	59,79	17,08	2,54	0,006	568
QUARTIER en classes	Tanghin	22,30	16,53	19,75	1,82	0,034	157
PMEREDIN en classes	Entre 34 et 50%	22,30	16,53	19,75	1,82	0,034	157
FIEVRE en classes	Pas de fièvre	62,59	57,47	15,93	1,23	0,109	546
MALNTRS en classes	*Reponse manquante*	4,32	2,74	23,08	0,96	0,167	26
MALNSV en classes	*Reponse manquante*	4,32	2,74	23,08	0,96	0,167	26
MALPEAU en classes	Pas maladie de peau	93,53	92,11	14,86	0,48	0,317	875
MALNSV en classes	Non sévèrement malnu	92,81	92,42	14,69	0,02	0,491	878
MALPEAU en classes	Maladie de la peau	6,47	7,89	12,00	-0,48	0,317	75
MALNSV en classes	Sévèrement malnutris	2,88	4,84	8,70	-0,95	0,170	46
FIEVRE en classes	Fièvre	37,41	42,53	12,87	-1,23	0,109	404
TOUX en classes	Toux	30,22	40,21	10,99	-2,54	0,006	382
DENPOPR en classes	Densité élevée	15,11	23,89	9,25	-2,61	0,005	227
PJARDIN en classes	Jardin dans l'UCH	1,44	6,32	3,33	-2,66	0,004	60
DIARRH en classes	Diarrhée	15,83	27,58	8,40	-3,39	0,000	262
MALYEU en classes	Maladie des yeux	8,63	18,74	6,74	-3,41	0,000	178
MALNTRS en classes	Malnutris	7,91	19,58	5,91	-3,93	0,000	186
GESORDU en classes	Autre mode	1,44	9,68	2,17	-3,97	0,000	92
QUARTIER en classes	Polesgo	0,00	7,05	0,00	-4,17	0,000	67
PLANCHER en classes	Terre et autres	0,00	7,05	0,00	-4,17	0,000	67
EAUSEE en classes	Rue et autres	65,47	80,95	11,83	-4,63	0,000	769
DORMOST en classes	Pas de moustiquaire	46,04	65,79	10,24	-5,09	0,000	625
ORDMEN en classes	Ordures ménagères	23,02	45,58	7,39	-5,84	0,000	433
QUARTIER en classes	Nioko 2	2,16	18,74	1,69	-6,24	0,000	178
PLANTEX en classes	Pas de plantes	37,41	61,89	8,84	-6,24	0,000	588
APREAU en classes	Autre source	0,72	15,79	0,67	-6,29	0,000	150
DENPOPR en classes	Densité faible	0,00	14,32	0,00	-6,43	0,000	136
PLANCHER en classes	Ciment	65,47	87,79	10,91	-7,56	0,000	834

QUARTIER en classes	Nonghin	0,00	35,16	0,00	-11,25	0,000	334
GESORDU en classes	Terrains vagues	28,06	75,05	5,47	-12,77	0,000	713
APREAU en classes	Fontaine	10,79	67,26	2,35	-15,07	0,000	639
LOTISS en classes	Non-loti	2,16	60,95	0,52	-16,16	0,000	579
PMEREDIN en classes	Moins de 34%	2,16	60,95	0,52	-16,16	0,000	579