

REVUE ESPACE, TERRITOIRES, SOCIÉTÉS ET SANTÉ

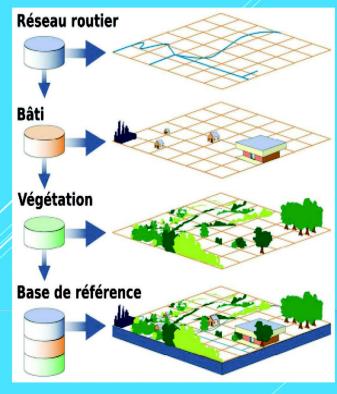
VOL. 5-N°9, Juin. 2022

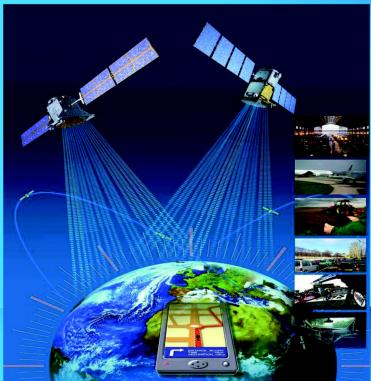
ISSN-L: 2617-3085

ISSN-Impr.: 2664-2344

DOSSIER THEMATIQUE

Méthodes et outils géospatiaux dans l'analyse des problèmes de santé





SOUS LA COORDINATION DE:

Dr Armand Zamblé TRA BI

Dr Djibril NOUFE

Pr Emran ANAS

rev.tssa@gmail.com





REVUE ESPACE TERRITOIRES SOCIÉTÉS ET SANTÉ Revue électronique thématique et pluridisciplinaire

Du Groupe de Recherche Espace, Territoires, Sociétés et Santé De l'Institut de Géographie Tropicale

Professeur ANOH Kouassi Paul : **Directeur de la publication**Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan
08 BP 3776 Abidjan 08
République de Côte d'Ivoire
Téléphone: (225) 07 08 03 90 40

(225) 01 02 67 76 90

Courriel: anohpaul@yahoo.fr **Site Internet**: www.retssa-ci.com



La Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé (RETSSA) est une revue semestrielle, pluridisciplinaire et thématique. Chacun de ses numéros présente un dossier thématique, tout en ouvrant ses portes à des textes hors dossier, au travers de la rubrique « Varia » dans laquelle peuvent être publiés des articles se rapportant aux différentes rubriques de la revue.

RETSSA est éditée et diffusée en ligne par le **Groupe de Recherche Espace**, **Territoires**, **Sociétés**, **Santé** (**GRETSSA**) de l'Institut de Géographie Tropicale de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire).

Elle est dotée d'un comité scientifique national et international.

La Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé est en accès libre et gratuit pour les auteurs et les lecteurs, en texte intégral en ligne sur le site www.retssa-ci.com.

Les opinions émises dans les articles n'engagent que leurs auteurs. La revue se réserve le droit d'y opérer des modifications, pour des raisons éditoriales.

Groupe de Recherche Espace, Territoires, Sociétés et Santé Institut de Géographie Tropicale Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan – Côte d'Ivoire



REVUE ESPACE TERRITOIRES SOCIÉTÉS ET SANTÉ

Directeur de la publication

Professeur ANOH Kouassi Paul

Comité de Rédaction

- Prof. OSSEY Yapo Bernard, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire)
- Dr. YMBA Maïmouna, Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan
- Dr. TUO Péga, Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan
- Dr. EBA Arsène, Université Jean Lorougnon Guédé-Daloa

Comité scientifique et de lecture du RETSSA

- ANOH Kouassi Paul, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- KOFFIE-BIKPO Céline Yolande, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- KOLI BI Zuéli, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- OUATTARA Soualiho, Maître de Conférences Agrégé Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- OSSEY Yapo Bernard, Professeur Titulaire, Université Nangui Abrogoua, Abidjan
- ALLA Della André, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- YAO Gnambeli Roch, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- OLADOKOUN Wonou David, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- KUDZO Sokemawu, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- VIMENYO Messan, Maître de Conférences, Université de Lomé, Togo
- Patrick POTTIER, Maître de Conférences, Université de Nantes, France
- KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara, Bouaké
- DIBI Kangah Pauline, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- KONAN Kouadio Eugène, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- KABLAN N'Guessan Hassy Joseph, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidian
- KASSI-DJODJO Irène, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- KOFFI-DIDIA Adjoba Marthe, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- YAPI-DIAHOU Alphonse, Professeur Titulaire, Université Paris 8, France
- KOUADIO Anne Marilyse, Maître de Conférences, École Normale Supérieure (ENS), Abidjan
- MONDE Sylvain, Professeur titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan
- COURTIN Fabrice, Chargé de recherche, Institut Pierre Richet, Bouaké, Côte d'Ivoire

Vol. 5, No. 9, Juin 2022

SOMMAIRE

DOSSIER THÉMATIQUE: MÉTHODES ET OUTILS GÉOSPATIAUX DANS L'ANALYSE DES PROBLÈMES DE SANTÉ
TRA BI Zamblé Armand, NOUFE Djibril, ANAS Emran
Éditorial : Méthodes et outils géospatiaux dans l'analyse des problèmes de santé 2-9
1ère partie : Méthodes et outils géospatiaux et analyse de l'environnement pathogène
1- MEYONG René Ramsès, AMOUGOU Joseph Armathé, GNIGNINANJOUENA Oumarou
Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs 11-34
2- TCHEUNTEU SIMO Joël Simplice
« À propos de l'endémicité du paludisme et de la typhoïde dans le bassin versant du Mbanya (Douala-Cameroun) »
3- NSEGBE Antoine de Padoue
Caractérisation géographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de Douala 3è (Cameroun)
4- NDONGHAN IYANGUI Nadine Nicole, OGANDAGA REBELLAH Ludmilla, NGUEMA Charles Tede Wadoud Florentin, DJEKI Jules, MOMBO Jean Bernard
Pollution et risques sanitaires au bord des mangroves de la rivière Igoumié à Alénakiri dans la commune d'Owendo
2 ^{ème} partie : Méthodes et outils géospatiaux et analyse des disparités de soins de santé

5- PAKA Etienne

Structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, République du Congo)
6- SOMA Assonsi
Analyse à partir des systèmes d'information géographiques de la spatialité et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko au Burkina Faso
3 ^{ème} partie : Méthodes et outils géospatiaux et prospective en santé humaine et animale122
7- AGBON Apollinaire Cyriaque, KAKPO Audrey, CHAFFRA Abiola Sylvestre
Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-adakplamé-ewé (commune de Kétou au Bénin)
8- BONI Gratien, AHOHOUNDO Cossi Alexis Parfait, AYIMADE Sènan Virgile Narcisse
Apport du SIG et de l'analyse multi-critère à la modélisation géographique de la vulnérabilité au paludisme dans la commune d'Ifangni
4 ^{ème} partie : Méthodes et outils géospatiaux et cartographie des faits de santé158
9- TRA BI Zamblé Armand, NOUFE Dabissi, ANAS Emran, SEDEHI Akissi Epiphanie
Cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le district sanitaire de Bouaké-sud
10-KOUAME Adonis Krou Damien, TAMEGNON Kouadio Jean Carlos, GUEDE Cataud Marius
Contribution de la géomatique à la cartographie des zones à risque de transmission du paludisme dans la ville de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire)



DOSSIER THÉMATIQUE

MÉTHODES ET OUTILS GÉOSPATIAUX DANS L'ANALYSE DES PROBLÈMES DE SANTÉ



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp.2 -9

www.retssa-ci.com

Éditorial : « MÉTHODES ET OUTILS GÉOSPATIAUX DANS L'ANALYSE DES PROBLÈMES DE SANTÉ »

«GEOSPATIAL METHODS AND TOOLS IN THE ANALYSIS OF HEALTH PROBLEMS »

¹ TRA BI Zamblé Armand, ² NOUFE Djibril, ³ ANAS Emran

TRA BI Zamblé Armand, NOUFE Djibril, ANAS Emran, Editorial: MÉTHODES ET OUTILS GÉOSPATIAUX DANS L'ANALYSE DES PROBLÈMES DE SANTÉ, Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 2-9," [En ligne] 2022, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:40:08, URL: https://retssa-ci.com/index.php?page=detail&k=261

La santé humaine dépend à 80% des paramètres contextuels : environnement physique (10%),comportements sanitaires (30%) et facteurs sociaux et économiques (40%). Seulement 20% de l'état de santé est attribuable au génome, au microbiome et à la qualité des soins (https://www.esri.com/frobtenus fr/geospatial-thinking/stories/health). De ce fait, plusieurs sciences interviennent dans la résolution des problèmes de santé à travers l'étude de divers facteurs. Ce sont notamment l'épidémiologie, la géographie de la santé, la sociologie de la santé, l'économie de la santé etc. La dimension géographique des faits de santé amène ces sciences à utiliser un ensemble

de données, de méthodes et outils géospatiaux. Les données géospatiales sont des informations ayant une composante géographique. Il s'agit des données qui sont géolocalisables à la surface de la terre. L'Organisation Mondiale de la Santé (2011) souligne par exemple l'utilité de ces données dans le cas de la lutte contre le paludisme, en ce sens qu'elles permettent :

- le renforcement de la surveillance ;
- Le suivi des modèles saisonniers de transmission;
- La connaissance de la distribution des infrastructures sanitaires ainsi que leur utilisation;
- L'anticipation des pandémies grâces aux modèles d'alerte précoce;
- La détermination des populations à risque;
- La cartographie des interventions et des lieux d'intervention des différents partenaires ;
- Le suivi et évaluation à travers la résistance aux médicaments.

En santé publique, les données géospatiales sont fréquemment utilisées pour analyser la couverture vaccinale, la

¹ Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire), trabiarmand@uao.edu.ci

² Maître de Conférences, Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), dnoufe@hotmail.com

Professeur Titulaire, Centre Régional Africain des Sciences et Technologies de l'Espace, Université Mohammed V (Maroc), emrananas@yahoo.fr

morbidité et la mortalité d'une maladie. Les outils géospatiaux d'analyse de la santé des populations humaines et animales sont principalement la géostatistique, la télédétection satellitaire et aéroportée, les Systèmes d'Informations Géographiques et la cartographie.

La géostatistique est une méthode d'interpolation spatiale qui permet de prédire la valeur d'une variable en un point pour lequel il n'existe aucune mesure, à partir d'un nombre limité de valeurs en points échantillonnés (Yuddy, 2016). Ainsi, dans les sciences de la santé, la géostatistique est un outil d'analyse spatiale de l'environnement. Elle est également un outil de prospective, car elle permet de prédire la dynamique des environnementales. variables L'expression cartographique méthodes géostatistiques (notamment la méthode de krigeage) est plus complète d'autant plus que, d'une part elles couvrent tout l'espace d'étude, et d'autre part, elle permet d'intégrer plusieurs variables dans les méthodes d'analyse. La géostatistique est souvent associée à d'autres outils d'analyse spatiale comme la télédétection.

La télédétection est la science qui permet d'obtenir une information sur un objet, une région ou un phénomène par l'analyse des images acquises grâce à un dispositif qui n'est pas en contact avec l'objet, la région ou le phénomène étudié (Meynard et *al.*, 2003). Ces informations sont fournies sous la forme d'images à travers des satellites ou des avions. La télédétection est avant tout un outil d'observation de la terre. A cet effet, dans le domaine de la santé, il permet de

surveiller et de détecter plus vite des phénomènes épidémiques voire de les prédire, Il est utile pour analyser le rôle joué par les facteurs environnementaux en les intégrant aux facteurs humains, animaux et entomologiques dans les études épidémiologiques. Un des avantages de cet outil est la disponibilité gratuite de nombreuses images différentes échelles spatiales et temporelles. En milieu tropical particulièrement, la télédétection est un outil performant d'analyse du lien entre les maladies infectieuses vectorielles et zoonotiques facteurs et les environnementaux. Manguin Boussinesq (1999) indiquent à cet effet que l'aire de répartition des maladies à transmission vectorielle est largement déterminée par les facteurs environnementaux conditionnant l'agent pathogène et ses vecteurs. Les traitements des images satellites aboutissent à des produits cartographiques thématiques qui peuvent aussi être le croisement de plusieurs couches d'informations.

La pandémie de la COVID-19 a particulièrement mis en relief l'utilité de cartographie la et des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) dans la gestion des crises sanitaires. Toute donnée géospatiale peut être représentée sous la forme de carte. De ce fait, les représentation possibilités de cartographique des faits géographiques sont énormes. En santé publique, la cartographie est indissociable des SIG parce que les problématiques de santé font interagir plusieurs facteurs explicatifs. Un SIG est un outil qui permet, à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de

combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées contribuant géographiquement, notamment à la gestion de l'espace. La réalisation d'un SIG nécessite donc une base de données géolocalisées et la représentation de celle-ci sous la forme de cartes. Les croisements cartographiques ou les opérations et requêtes dans les couches de la base de données permettent de mettre en relief un problème particulier de santé publique. Kientga (2008) résume les potentialités et les usages des SIG en santé publique en cinq axes qui sont : la gestion de la santé publique; la surveillance des épidémies ; l'analyse de la distribution spatiale des maladies ; la contribution à l'étude des liens entre la santé et l'environnement; l'analyse de la disparité spatiale et de l'accès aux soins de santé. Ainsi, les maladies, ressources ainsi que les évènements de santé publique peuvent être cartographiés et mis en relation avec l'environnement et les infrastructures sanitaires et sociaux existantes (OMS, 2011).

L'objectif du dossier thématique « méthodes et outils géospatiales dans l'analyse des problèmes de santé » est d'appréhender les faits de santé à travers l'usage des méthodes et des outils de cartographie, de SIG, de géostatistique et de la télédétection.

Ce dossier est structuré en quatre axes qui mettent en relief l'usage de ces méthodes et outils. Ce sont : l'analyse de l'environnement pathogène ; l'analyse des disparités des soins de santé ; la prospective en santé humaine et animale ; et la représentation cartographique des faits de santé. Dix contributions scientifiques ont été retenues. Elles

concernent les pays de l'Afrique de l'Ouest et Centrale que sont le Bénin (02), le Burkina Faso (01), la Côte d'Ivoire (02), le Cameroun (03), la République du Congo (01) et le Gabon (01).

1ère partie : Méthodes et outils géospatiaux et analyse de l'environnement pathogène

La synthèse des contributions indique un intérêt important accordé aux questions relatives à l'environnement pathogène dans la survenue des maladies infectieuses. Les quatre travaux de cet axe ont en commun la réflexion sur les conditions climatiques et hydrologiques propices à une incidence élevée de certaines pathologies humaines. Les méthodes et outils géospatiaux utilisées dans cet axe sont la géostatistique et la cartographie des données sanitaires issues des structures de santé et des enquêtes de terrain.

Les contributions de Meyong et al. et de Tcheunteu ont en commun caractérisation de l'hygiène des lieux de vie dans des contextes climatiques et hydrologiques favorables à l'endémicité du paludisme et de la fièvre typhoïde. Cependant, si les travaux de Meyong et al. ont pour espace d'étude le milieu urbain, ceux de Tcheunteu interrogent le milieu rural. Ainsi, Meyong et al. ont travaillé le sujet « variabilité sur climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-Nord Cameroun: contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée indicateurs ». sur les L'approche méthodologique de leur étude se fonde sur la géostatistique et l'économétrie. A travers la méthode d'Interpolation par

Inverse de Distance (IDW), l'approche géostatistique a permis de déceler les points chauds du paludisme dans la spatiotemporelle dynamique de l'incidence palustre. L'approche économétrique quant à elle a permis de tester le Modèle Autorégressif à Retards Echelonnés (MARE), pour évaluer le lien entre les variables épidémiologiques et les variables climatiques et déterminer les indicateurs climatiques de l'incidence palustre. Les résultats de leur étude mettent en relief une forte corrélation entre les paramètres climatiques saisonniers (pluviométrie, humidité de l'air et température de l'air) et l'incidence palustre. Tcheunteu a lui travaillé sur le sujet « à propos de l'endémicité du paludisme et de la typhoïde dans le bassin versant du Mbanya (Douala-Cameroun) ». Sa méthodologie est basée essentiellement sur les enquêtes de terrain et la recherche documentaire. Il réalise des analyses de proximité entre l'habitat et les gîtes larvaires. En outre, il évalue le niveau d'accès aux soins moderne de santé. Il aboutit à la conclusion qu'en plus du faible taux d'accès aux soins moderne. de la typhoïde est l'endémicité conséquence de l'usage domestique des eaux de puits artisanaux, et la récursivité du paludisme est liée à la proximité de l'habitat avec les eaux de surface insalubres.

Les deux autres travaux de cet axe évaluent le rôle joué par la pollution des eaux de surface dans l'état de santé des populations urbaines. Ces travaux ont en commun des espaces géographiques dont la viabilisation est défaillante. Ces espaces souffrent de problème d'assainissement liquide. L'étude de Nsegbe est intitulé « caractérisation géographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de Douala 3e (Cameroun) ». Ndonghan et al., ont quant à eux travaillé sur le sujet « pollution et risques sanitaires au bord des mangroves de la rivière Igoumié à Alénakiri dans la commune d'Owendo ». Au plan méthodologique, les données de ces deux travaux de recherche ont été exploitées sous la forme cartographique et surtout en Système d'Information Géographique. Différents facteurs de pollution des eaux dues aux activités anthropiques ont ainsi été croisés pour déduire ou évaluer les risques de maladies. En effet, les travaux de Nsegbe déterminent en premier lieu un indice de risque de contamination fécale des eaux. deuxième lieu, il détermine l'Incidence Conjuguée des Maladies liées à l'Eau. La combinaison de ces deux indices lui permet d'évaluer le taux de Contamination Fécale chez les enfants de moins de 8 ans. L'indice et le taux ainsi obtenus permettent d'établir corrélation entre les caractéristiques socioéconomiques et environnementales, les pratiques d'assainissement et le degré de contamination fécale très variable en fonction des quartiers. L'étude de Ndonghan et al., fait un inventaire géoréférencé des sources de pollution, de quelques échantillons d'eau. inventaire est consolidé par la réalisation d'enquête par questionnaire. Les résultats sont présentés à travers des statistiques et des cartes. Leurs travaux ont permis d'identifier différentes sources pollution liées au mode de vie des populations, aux activités d'élevage et de pêche et aux activités industrielles. Il en a été déduit, par SIG, les potentiels risques sanitaires biologiques, toxicologiques, électromagnétiques et physiques avec leurs zones d'accumulation de risques.

2ème partie : Méthodes et outils géospatiaux et analyse des disparités de soins de santé

L'Afrique demeure le continent où l'offre et l'accès aux soins modernes de santé sont les plus faibles au monde. Malheureusement, pour corriger cet état de fait, peu sont les gouvernements qui font appel aux analyses spatiales de la distribution des services sanitaires. Les Systèmes d'Informations Géographiques sont des outils par excellence utilisés en géographie des systèmes de santé. Les deux contributions scientifiques de cet axe font appel aux SIG à travers des analyses de densité et de distance.

L'étude menée par Paka porte sur la « structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un urbain ancien, quartier (Brazzaville, République du Congo) ». Bacongo le plus ancien arrondissement de la ville de Brazzaville. En dépit de cela, l'offre de soin de premier recours est insuffisante. Son étude s'attèle comprendre à déterminants de cette distribution. Après géolocalisation établissements des sanitaires et des enquêtes de terrain, sa base de données spatialisées lui a permis de mettre en place un SIG dont la principale opération est l'analyse des densités. Les fortes densités des équipements de soins sont observées dans les deux quartiers les moins peuplés abritant le marché Total. Autour de cet

espace central se dessine un espace périphérique constitué des quartiers les plus peuplés accueillant peu de structures de soins. Il constate que les disparités spatiales de l'offre de soins résultent d'une logique d'implantation fondée plus sur la rentabilité financière et moins sur la satisfaction des besoins des populations.

La deuxième étude de cet axe, réalisée par Soma, est intitulée « analyse à partir des d'Information Systèmes Géographiques de la spatialité et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko au Burkina Faso ». Cette étude analyse l'offre des services de santé dans la commune de Niangoloko. Ses analyses font appel à un SIG de distance. En effet, l'analyse à partir des zones tampons révèle que le rayon moyen d'action théorique des formations sanitaires est de 5.61 km, ce qui est appréciable, comparé aux normes nationales (7,1 km) et internationale (5 km). Par contre, l'application polygones de Thiessen présente une disparité des aires de couverture des localités par les formations sanitaires. Par ailleurs, la technique des oursins a permis de montrer que les populations de certaines localités ont un ou plusieurs choix pour se rendre à une formation sanitaire, du fait de leur situation géographique.

3ème partie : Méthodes et outils géospatiaux et prospective en santé humaine et animale

La prospective est une science d'anticipation du changement. Selon Voiron-Canicio (2012), anticiper le changement est une démarche qui consiste à rechercher les changements probables ou possibles d'une situation ou de l'état d'un phénomène, à évaluer leur probabilité d'occurrence, leur nature, leur ampleur et leurs impacts. En santé publique, la prospective concerne toutes les études visant à assurer une meilleurs condition de vie et de santé aux populations. Deux travaux de recherche résument l'approche assez bien prospectiviste dans ce dossier thématique. La méthodologie de ces études se fonde sur l'analyse du changement pour mettre en relief des risques et des vulnérabilités environnementaux ou sociétaux. méthode systémique utilisée dans ces deux travaux est le SIG.

La première étude est réalisée par Agbon et al. sur le sujet « cartographie des menaces anthropiques conservation de la faune dans la forêt kouvizoun-adakplamé-ewé sacrée (commune de Kétou au Bénin) ». La méthode utilisée par ces auteurs a consisté en premier lieu à réaliser une base de géographique des espèces données animales en les dénombrant. En second lieu, les pressions anthropiques et les changements de l'écosystème forestier ont été évalués et cartographiés. L'étude a établi que la principale pression sur la faune est due à la chasse. La cartographie a montré que le Nord-Est et le Sud-Ouest de la forêt ont une forte concentration d'espèce faunique avec une distribution agrégative et sympatrique. Par contre le Nord-Ouest est considéré comme une lacune écologique (vide). Leur étude permet d'actualiser l'ancien plan de zonage de cette forêt pour une conservation durable de la faune.

La deuxième étude est celle réalisée par Boni et al. et qui met en relief l'« apport du SIG et de l'analyse multicritère a la géographique modélisation vulnérabilité au paludisme dans la commune d'Ifangni ». Leurs travaux visent à identifier les zones vulnérabilité géographique au paludisme dans cette commune. Comme méthode géospatiale, un SIG raster a été conçu en faisant appel à des techniques de télédétection et de cartographie des paramètres climato-environnementaux et sociodémographiques. L'analyse proximité par rapport aux sites potentiels de présence du vecteur (marécages et vallons humides) leur a permis de cartographier trois niveaux vulnérabilité au paludisme. La méthode de la prospective mise en avant à travers le SIG est un outil utile aux acteurs locaux pour identifier les cibles d'intérêts primordiaux dans la mise en œuvre locale des stratégies de la lutte anti-larvaire.

4ème partie : Méthodes et outils géospatiaux et cartographie des faits de santé

Dans le dossier thématique des méthodes et outils géospatiaux dans l'analyse des faits de santé, la cartographie est l'expression finale de l'ensemble des axes des contributions. Elle s'appuie en général sur des données collectées sur le terrain et sur les statistiques de santé archivées par les structures de soin. Cependant, il peut exister une multitude de sources de données dans le cadre des diagnostics de l'état de l'environnement dont dépend la santé humaine et animale. Les interactions entre les facteurs explicatifs de l'état de santé conduisent à

combiner les cartes pour en faire des SIG. Deux exemples illustrent assez bien cette situation.

Le premier exemple est l'étude réalisée par Tra Bi et al. sur le « cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le district sanitaire de Bouake Sud ». Ce suiet de recherche aurait pu être classé dans les études prospectives, mais par la diversité des données de l'étude et les méthodes de cartographie utilisées, elle a été retenue comme illustration de la cartographie des faits de santé. Tra Bi et al. ont utilisée des données climatiques mensuelles, des données satellitaires de Landsat et de des statistiques MODIS (aérosol), sanitaires. démographiques des enquêtes de terrain. Des techniques variées de cartographie ont été appliquées à chaque type de donnée. Ces techniques sont issues des méthodes géostatistique (interpolation des données d'enquête de terrain), des méthodes de représentation des types de données cartographique, des méthodes de la télédétection et des méthodes des SIG raster. Le principal résultat issu de l'étude de Tra Bi et al. est qu'il existe une forte corrélation entre le caractère sec de l'année, la quantité d'aérosol de la saison sèche et l'incidence de la pneumonie.

Le deuxième exemple d'utilisation de la cartographie concerne l'étude de Kouamé et al., intitulée « contribution de la géomatique a la cartographie des zones à risque de transmission du paludisme dans la ville de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire) ». Leurs travaux sont basés dans un premier temps sur la télédétection et, dans un second temps,

sur les SIG d'analyse de distance et de combinaison raster de facteurs de risques de paludisme marqués par la présence des gîtes larvaires du vecteur de la maladie. traitement Ainsi. le des satellitaires leur ont permis d'extraire, l'occupation du sol, la température de l'humidité surface. et de surface. L'intégration de ces facteurs environnementaux dans un SIG à l'aide de l'analyse multicritère par la méthode AHP (Analytical Hierarchy Process) permet de générer des cartes de risque paludique. L'étude a alors classifié la ville de Yamoussoukro en trois niveaux de risque (fort, moyen et faible), suivant l'exposition des populations.

En conclusion, le dossier thématique sur les « méthodes et outils géospatiaux dans l'analyse des faits de santé » se résume à l'utilisation de méthodes variées cartographie de la santé des populations humaines et animales. Les méthodes utilisées sont fondent toutes sur la collecte des données géoréférencées de trois principales sources. Il s'agit en premier lieu des données d'enquête de terrain (enquête par questionnaire ou enquête par relevé de terrain), des données statistiques (sanitaires, démographiques et fauniques), données du milieu naturel (les eaux, le climat) et des données satellitaires multi sources de diverses résolution spatiales. Le traitement des données l'obtention de résultats exprimés sous la forme cartographique a fait appel à la géostatistique, aux techniques représentation cartographique par plage et par point, aux techniques de traitement des images satellitaires et aux techniques de SIG. Concernant ces dernières, diverses technique SIG ont été utilisées. Il s'agit d'une part des SIG vecteurs à travers les analyses de distance (ou de proximité) et de densité et des SIG rasters à travers la détermination des poids de différents facteurs de risque pour la santé. Les résultats des études ont consisté à identifier géographiquement les inégalités d'accès aux soins de santé, les facteurs de risque des maladies liées à la qualité du milieu de vie et l'hygiène. Il s'agit en occurrence du paludisme, de la fièvre typhoïde et de la pneumonie. Le dossier thématique a aussi mis en relief les risques anthropiques sur la préservation de la faune.

Références Bibliographiques

KIENTGA Sonwouignandé. 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, Lausanne, Thèse de doctorat de l'école Polytechnique Fédérale. p. 241

MANGUIN Sylvie et BOUSSINESQ Michel. 1999. Apport de la télédétection en santé publique: l'exemple du paludisme et autres perspectives. Médecine et maladies infectieuses, 29(5), 318-324

MEYNARD Jean Baptiste, ORLANDI Eve, ROGIER Christophe., IDRISSI Sbai K., DEPARIS Xavier, PEYREFFITE Christophe, LIGHTBURN Edward, MALOSSE Dominique, MIGLIANI René, SPIEGEL André, & BOUTIN Jean-Paulu. 2003. Utilisation des satellites dans le domaine de la santé publique en milieu tropical. Médecine tropicale, 63, 7-16 ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ. 2011. Cartographie et SIG en santé publique, exemples d'applications, URL:

https://ge.ch/sitg/media/sitg/files/docume nts/03-preaud.pdf, consulté le 28 novembre 2021

VOIRON-CANICIO Christine. 2012. L'anticipation du changement en prospective et des changements spatiaux en géoprospective. *L'Espace géographique*, 41(2), 99-110.

YUDDY ramos. 2016. Développement et évaluation d'approches géostatistiques à l'échelle urbaine pour l'estimation de l'exposition aux particules fines et à l'ozone troposphérique, Montréal, Thèse de doctorat de l'Université de Montréal, p. 227

ESRI, https://www.esri.com/fr-fr/geospatial-thinking/stories/health, consulté le 01 décembre 2021



Première Partie:

MÉTHODES ET OUTILS GÉOSPATIAUX ET ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT PATHOGÈNE

10



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp. 11-34

www.retssa-ci.com

VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET INCIDENCE PALUSTRE DANS LA RÉGION DE L'EXTRÊME-NORD DU CAMEROUN : CONTRIBUTION POUR UNE MEILLEURE ÉPIDEMIOSURVEILLANCE BASÉE SUR LES INDICATEURS

CLIMATE VARIABILITY AND MALARIA INCIDENCE IN THE FAR NORTH REGION OF CAMEROON: CONTRIBUTION FOR BETTER EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE BASED ON INDICATORS

¹ MEYONG Ramsès René, ² AMOUGOU Armathé Joseph, ³ GNIGNINANJOUENA Oumarou.

- Université de Yaoundé 1 (Doctorant en Géographie) ; Observatoire National sur les Changements Climatiques (Chargé d'Etudes Assistant), Cameroun : ramsesrenemeyong@yahoo.com
- ² Université de Yaoundé 1 (Professeur Titulaire de Géographie); Observatoire National sur les Changements Climatiques (Directeur Général), Cameroun: joearmathe@yahoo.fr
- ³ Organisation Mondiale de la Santé (Médecin), Cameroun : gnigninanjouenao@who.int

MEYONG Ramsès René, AMOUGOU Armathé Joseph, et GNIGNINANJOUENA Oumarou, Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs, Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 11-34, [En ligne] 2022, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:43:07, URL: https://retssaci.com/index.php?page=detail&k=254

Résumé

La Région de l'Extrême-Nord, fait partie des zones les plus affectées par le fardeau socioéconomique du paludisme au Cameroun. Dans un contexte aujourd'hui fortement marqué par les changements climatiques et pour une meilleure surveillance épidémiologique, une analyse approfondie du lien climat-paludisme, assortie d'indicateurs précis s'avère nécessaire. Pour ce faire, deux approches méthodologiques

ont été mobilisées, à savoir une approche géostatistique et une approche économétrique. A travers la méthode d'Interpolation par Inverse de Distance (IDW), l'approche géostatistique a permis de déceler les points chauds du paludisme dans dynamique spatiotemporelle l'incidence palustre. L'approche économétrique quant à elle a permis de tester le Modèle Autorégressif à Retards Echelonnés (MARE), afin évaluer le lien entre les variables épidémiologiques et les variables climatiques et de déterminer les indicateurs climatiques de l'incidence palustre. Les résultats révèlent que les précipitations influencent significativement l'incidence palustre avec un décalage d'un à trois mois, tandis que l'influence de l'humidité des températures maximales minimales se fait avec un décalage d'un à deux mois. Avec les précipitations, les seuils 100-200mm, 50-100mm et 0-50mm correspondent respectivement aux exigences de vigilance élevée, modérée et faible. Avec l'humidité relative de l'air, ces seuils de vigilance sont respectivement de 60-80%, 20-60% et 0-20%. Pour ce qui est des températures maximales, elles contribuent le plus à l'augmentation du risque de transmission entre 30 et 35°C, modérément entre 35 et 40°C et faiblement entre 40 et 45°C, tandis qu'avec les températures minimales fourchettes sont respectivement de 20-30°C, 15-20°C et 30-35°C.

Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs **Mots clés :** Paludisme, précipitions, températures, humidité, indicateurs, modèle

Abstract

The Far North Region is one of the areas most affected by the socio-economic burden of malaria in Cameroon. In a context today strongly marked by climate change and for a better epidemiological surveillance. an in-depth analysis of the climate-malaria link. accompanied by precise indicators, is necessary. To achieve this, two methodological approaches were used, namely a geostatistical approach and an econometric approach. Through Inverse Distance Weight interpolation method (IDW), the geostatistical approach allowed the detection of malaria hot spots in the spatiotemporal dynamics of malaria incidence. The econometric approach was used to test the Autoregressive Multistage Lag Model (AMLG), to assess the link between epidemiological and climatic variables and to determine climatic indicators of malaria incidence. The results reveal that rainfall significantly influences malaria incidence with a time lag of one to three months, while the influence of relative humidity, maximum and minimum temperatures is done with a time lag of one to two months. For rainfall, the thresholds of 100-200mm. 50-100mm and 0-50mm correspond to high, moderate and low vigilance requirements respectively. With relative humidity, these thresholds are 60-80%, 20-60% 0-20% respectively. and For maximum temperatures, they contribute most to the increase in transmission risk between 30 and 35°C, moderately between 35 and 40°C and weakly between 40 and 45°C, while with minimum temperatures these ranges are 20-30°C, 15-20°C and 30-35°C respectively.

Key words: Malaria, precipitations, temperatures, humidity, indicators, model

INTRODUCTION

Le paludisme constitue toujours un véritable problème de santé publique en Afrique subsaharienne, en raison de ses nombreuses conséquences maternelles, fœtales économiques déjà relevées par J. Sachs et P. Malney, (2002, p. 7), OMS (2003, p. 28), OMS (2006, p. 17), Ouédraogo et al., (2011, p. 2) et qui persistent depuis la période post 2010. Le Cameroun n'échappe pas à cette réalité, dans la mesure où le pays continue d'enregistrer environ 6 millions de cas et 11000 décès estimés chaque année, malgré les nombreux efforts consentis. Ce qui le classe encore au 11ème rang mondial parmi les pays les plus touchés par cette maladie et au troisième rang en Afrique centrale (OMS, 2019, p. 11). Le paludisme étant une maladie à transmission vectorielle qui dépend en partie des conditions environnementales et climatiques, il y a nécessité d'une meilleure appréhension du lien entre cette maladie et le climat, dans un contexte fortement marqué aujourd'hui changements climatiques. En effet, la fréquence des précipitations, leur intensité, la forte variabilité des températures influencent le cycle de vie des vecteurs, ainsi que leur abondance durant les saisons de transmission (I. Diouf et al., 2014, p. 5). Parmi les facteurs responsables de la persistance de cette forte incidence palustre, figure donc en bonne place la forte variabilité du climat (ONACC, 2018, p. 62; ONACC, 2019a, p. 48; ONACC, 2019b, p. 54; ONACC, 2019c, p. 60; ONACC, 2019d, p. 81). Au début des années 2000, l'OMS reconnaissait déjà cette influence du climat sur le paludisme surtout dans les pays en développement, en affirmant qu'« en l'an 2000, le changement climatique était déjà responsable d'environ 6% des cas de paludisme dans certains pays à revenu intermédiaire ». La partie Nord du Cameroun, constituée des Régions du Nord et de l'Extrême-Nord, fait partie des zones les plus touchées par la maladie. Et cette situation est accentuée par les effets néfastes du réchauffement climatique. Malgré les nombreux travaux disponibles jusqu'ici sur le lien entre l'épidémiologie du paludisme et la

MEYONG Ramsès René, AMOUGOU Armathé Joseph, GNIGNINANJOUENA Oumarou. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 11-34

p. 3; MINSANTE, 2016, p. 12). En d'autres termes, la saisonnalité du paludisme dans cette Région obéit sensiblement à celle des paramètres climatiques (R.N. Tabue et al., 2017, p. 9).

Sur le plan climatique, l'Extrême-Nord est une zone de transition entre les régions désertiques au nord et celles où règne un climat soudanien de plus en plus humide vers le sud (C. Seignobos et O. Iyébi-Mandjek, 2017, p. 17-20). La région est dominée par un climat tropical au sens large, dont les caractéristiques sont les suivantes:

- une seule saison des pluies, centrée sur un maximum au mois d'août, avec des totaux moyens annuels variant de 400 à 1100 mm;
- une saison sèche d'autant plus rigoureuse et longue (sept mois et plus) à mesure que l'on se dirige vers le nord et que l'on s'éloigne des monts Mandara;
- une insolation importante et des températures fortes (en moyenne 37°C), et souvent très fortes en se rapprochant des rives du lac Tchad.

Ces conditions climatiques sont particulièrement favorables à certaines espèces (A. Pharoensis, A. Rufipes, A. Funestus) qui transmettent le paludisme au début et au cours de l'unique saison des pluies que connait ladite zone (A. Same-Ekobo, 2005, p.3).

variabilité du climat dans les différentes zones agroécologiques du Cameroun, très peu de connaissances existent sur les seuils climatiques en cause. Ce qui rend encore difficile la prise en compte opérationnelle du climat dans la surveillance épidémiologique de la maladie. La présente étude a pour objectif de combler ce déficit de connaissances dans le faciès soudanosahélien du paludisme au Cameroun, à travers une focalisation sur la Région de l'Extrême-Nord. Elle a pour but la prédiction appliquée de l'incidence palustre dans cette zone, en se basant sur les conditions de précipitations, d'humidité relative et de températures.

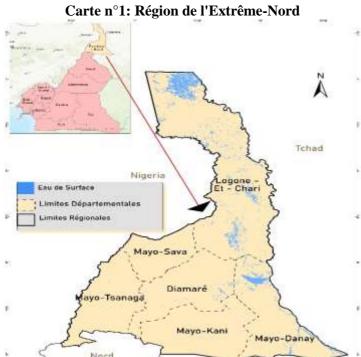
1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Outils

✓ La zone d'étude

Sur le plan épidémiologique, la région de l'Extrême Nord (carte n°1) correspond à la moitié Nord du faciès soudano-sahélien du paludisme au Cameroun (MINSANTE, 2007, p. 42). Elle se caractérise par une transmission saisonnière courte de la maladie, qui dure environ 3 mois (C. Antonio-Nkondjio *et al.*, 2008, p. 9), avec des taux d'inoculation d'en moyenne 10 piqures infectantes par homme et par mois (J. Atangana *et al.*, 2011, P 26; H. S. Yaya et A. Zé, 2013, p.19; MINSANTE, 2013,

Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs



Source: INC, Openstreet Map, 2022

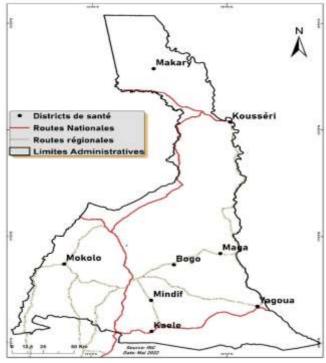
✓ Les données

Les données épidémiologiques utilisées dans le présent travail proviennent du Ministère de la Santé publique du Cameroun, notamment de la base de données Excel des Maladies à Potentiel Epidémique (MAPE). Ces données concernent les nouveaux cas de paludisme, par semaine épidémiologique, sur cinq années (2014, 2015, 2016, 2017 et 2018). Elles couvrent 09 districts

de santé (carte n°2) disséminés dans quatre des cinq départements que compte la région de l'Extrême-Nord, à savoir Mokolo, Maroua, Yagoua, Kaélé, Bogo, Mindif, Makary, Kousséri et Maga. Le choix porté sur ces Districts de santé a été guidé non seulement par la disponibilité des donnés, mais surtout par le niveau de complétude desdites données, qui devait être au moins égal à 60%.

· mTchad

Carte n°2: Districts de santé d'intérêt



Source: INC, Openstreet Map, 2022

Sur la base de ces données, les taux d'incidence ont été calculés, en rapportant les nouveaux cas de paludisme à la population de chaque district de santé à partir de l'équation cidessous.

$$I = \frac{N}{P \times B} (1)$$

Avec:

I = Taux d'incidence (%)

N = Nombre de nouveaux cas

P = Nombre d'individus total de la population étudiée

D = Durée de la période d'observation

Les données climatiques utilisées pour les localités sus évoquées sont d'origine satellitaire. Elles nous ont été fournies par l'Observatoire National sur les Changements Climatiques (ONACC) et se déclinent à l'échelle mensuelle, sur la période allant de 2014 à 2018, soit 60 mois. Les paramètres concernés sont les précipitations, l'humidité relative, les températures maximales

et les températures minimales. Le choix porté sur les données satellitaires, plutôt que sur les données in situ (qui sont plus précises), tient en ceci qu'en dehors de Maroua qui est dotée d'une station météorologique fonctionnelle (au niveau de l'aéroport), la plupart des autres localités d'intérêt sus mentionnées ne disposent pas de station au sol (ONACC, 2018, p.43-48). Et quand existerait des stations bien même il au météorologiques sol. celles-ci sont défectueuses depuis de nombreuses années (ONACC, 2018, p.43-48). Ce qui ne permet pas d'avoir une base de données homogène pour toutes ces localités sur la période de 2014 à 2018.

1.2. Méthodes de traitement et d'analyse des données

Afin de rendre compte de l'influence de la dynamique des paramètres pluviothermohygrométriques sur les taux d'incidence du paludisme dans la Région de l'Extrême-Nord, deux principales approches ont

Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun: contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs été mises à contribution, à savoir une approche géospatiale et une approche économétrique.

✓ Approche géostatistique

L'analyse géostatistique a consisté en la représentation cartographique de l'évolution saisonnière de l'incidence palustre dans la Région. Pour ce faire, la technique d'analyse géospatiale utilisée a été l'Interpolation par Inverse de Distance, encore appelée méthode IDW. Elle a ainsi permis, à partir des localités choisies, de simuler la distribution spatiale et temporelle du paludisme pour la saison sèche et la saison des pluies de chacune des années, de 2014 à 2018, et de détecter les points chauds. Cette technique d'interpolation se traduit par l'équation ci-dessous :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i X_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$
 (2)

Avec:
$$W = \frac{1}{(dia)^p}$$

Où:

W = Poids

P = Puissance du poids

Dia = Distance entre les points i et a

Xi = Valeur connue de la variable étudiée.

Le choix porté sur la méthode IDW se justifie en ceci qu'elle fait partie des méthodes déterministes de spatialisation communément utilisées en climatologique diagnostique (C. Antonio-Nkondjio et al., 2008, p. 11; S. Louvet et al., 2011, p.3). De plus, elle est facile à appliquer et s'adapte mieux à des jeux de données peu denses comme cela est le cas dans notre étude. C'est ainsi qu'elle a permis de présenter sous une forme cartographique la dynamique spatiale de l'incidence palustre dans la Région de l'Extrême-Nord aussi bien pendant la saison sèche que pendant la saison des pluies sur la période allant de 2014 à 2018.

✓ Approche économétrique

Cette approche méthodologique a consisté dans un premier temps, en une analyse bivariée des deux groupes de variables (épidémiologiques et climatiques), afin d'apprécier leur évolution mensuelle et de soupçonner le sens de la liaison avec chaque variable climatique. Ainsi, sur la période allant de 2014 à 2018 et à l'échelle l'évolution mensuelle, des paramètres paludométriques et climatiques, pris deux à deux, a été présentée sur des graphiques. La méthode économétrique a surtout consisté en l'estimation du Modèle Autorégressif à Retards Echelonnés (MARE), afin de mettre en évidence l'effet des variables climatiques sur le taux d'incidence du paludisme. Encore appelé modèle de moyennes mobiles, le modèle à retards échelonnés est un modèle qui traduit le fait qu'un phénomène peut révéler que certaines des variables observées dépendent d'autres variables de façon retardée, traduisant ainsi l'existence de délais de réaction. Le choix de ce modèle se justifie par le fait que, théoriquement, il existe un délai d'un mois en moyenne entre le développement des anophèles (phases aquatique et aérienne) et l'apparition des premiers symptômes cliniques du paludisme chez l'hôte humain (P. Carnevale et V. Robert, 2017, p.5). Mais pour en être rassuré, il a fallu au préalable procéder à des tests pré estimatoires, notamment Breusch-Pagan et Pesaran et de stationnarité (Im, Pesaran et Shin), avant d'estimer le modèle. En économétrie des données de panel, le test de dépendance des individus a pour but d'examiner si les individus constituant un panel sont dépendants les uns des autres ou indépendants, et il existe divers tests à cet effet.

Dans le principe, pour le test de **Breusch-Pagan**, si on pose l'hypothèse nulle et l'hypothèse alternative suivantes :

$$H_0: y_i = \alpha + \beta x_i + \gamma z_i + \varepsilon_i$$
; $V(\varepsilon_i) = \sigma^2$; $i = 1, N$
 $H_1: y_i = \alpha + \beta x_i + \gamma z_i + \varepsilon_i$; $V(\varepsilon_i) = {\sigma_i}^2 = \eta_1 + \eta_2 x_i + \eta_3 z_i + \omega_i$, où η_1 , η_2 , η_3 sont des coefficients et ω_i est un bruit blanc,

Le test se déroule en trois étapes :

MEYONG Ramsès René, AMOUGOU Armathé Joseph, GNIGNINANJOUENA Oumarou. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 11-34

les En cas de rejet de l'hypothèse d'indépendance des individus à l'issue des deux tests sus présentés, au seuil de 5%, la prochaine étape consiste en l'exécution des tests de stationnarité.

Pour ce qui est du test de racine unitaire de **Im**, **Pesaran et Shin** choisi dans cette étude pour évaluer la stationnarité, il autorise, sous l'hypothèse alternative, non seulement une hétérogénéité de la racine autorégressive ($\rho_i \neq \rho_j$), mais aussi une hétérogénéité quant à la présence d'une racine unitaire dans le panel (Hurlin et Mignon, 2005). En l'absence d'autocorrélation, ce modèle IPS s'écrit :

Modèle IPS :
$$\Delta y_{i,t} = \alpha_i + \rho_i y_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$$
(4)

Où l'effet individuel
$$\alpha_i$$
 est défini par $\alpha_i = -\rho_i y_i$, avec $\gamma_i \in R$ et où $\varepsilon_{i,t} \cong N.i.d.$ $(0, \sigma_{\varepsilon,i}^2)$

Ainsi, le test IPS est un test joint de l'hypothèse nulle de racine unitaire ($\rho_i = 0$) et de l'absence d'effets individuels car sous l'hypothèse nulle $\alpha = 0$, on a :

Test IPS: H0:
$$\rho_i = 0$$
, $\forall i = 1,...,N$
 $H0: \rho_i < 0$, $\forall i = 1,2,...,N_I$
 $\rho_i < 0$, $\forall i = N_I + 1, N_I + 2,...,N$

Les résultats de ces différents tests ayant été concluants dans notre cas, cela a conforté notre choix du Modèle Autorégressif à Retards Echelonnés (MARE) et les estimations ont été réalisées. Les résultats sont présentés en quatre phases, à savoir :

- une analyse de dynamique géospatiale saisonnière de l'incidence palustre dans la zone d'étude ;
- une analyse mensuelle des variables prises deux à deux (analyse bivariée) ;
- une analyse des corrélations entre l'incidence palustre et les variables climatiques ;
- une analyse des indicateurs climatiques du paludisme sur la base des corrélations établies.

- L'estimation du modèle par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) permettant d'obtenir êi que l'on élève ensuite au carré :
- L'estimation par les MCO de l'équation de test suivante : $\hat{\epsilon}_{i}^{2} = \eta_{1} + \eta_{2}x_{i} + \eta_{3}z_{i} + \omega_{i}$;
- Le calcul de la statistique de Breusch-Pagan : BP = nR² qui suit χ² (K-1), avec K = nombre de coefficient à estimer dans l'équation auxiliaire écrite à l'étape précédente, n = nombre de valeurs utilisées et R² = coefficient de détermination de test (équation obtenue à l'étape précédente).

A l'issue du test, si la statistique de **Breusch-Pagan** est supérieure à celle obtenue par le du <u>test du χ^2 </u> (Chi-Deux) pour un certain niveau de risque d'erreur de première espèce, soit 5%, alors on rejette l'hypothèse nulle d'homoscédasticité.

Quant au test de **Pesaran**, il utilise une statistique abrégée CD, pour « Cross Dependence», dont la formule dépend des corrélations entre les résidus de chaque ligne du modèle linéaire à estimer. Ainsi, si on prend un estimateur de la corrélation entre ces résidus, ρ_{ij} .

$$\begin{aligned} \hat{\rho}_{ij} &= \hat{\rho}_{ji} &= \sum_{t=1}^{T} \xi_{it} \xi_{jt}, \\ \text{Avec} &: \hat{\xi}_{it} &= \sqrt{\frac{e_{it}}{E'_{i}E_{i}}} \\ \text{et } E_{i} &= (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{iT})' \end{aligned}$$

La formule de la statistique CD qui est appliquée est alors la suivante :

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \hat{p}_{ij} \right)$$
(3)

2. RÉSULTATS

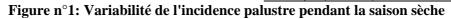
2.1. Variabilité saisonnière de l'incidence palustre

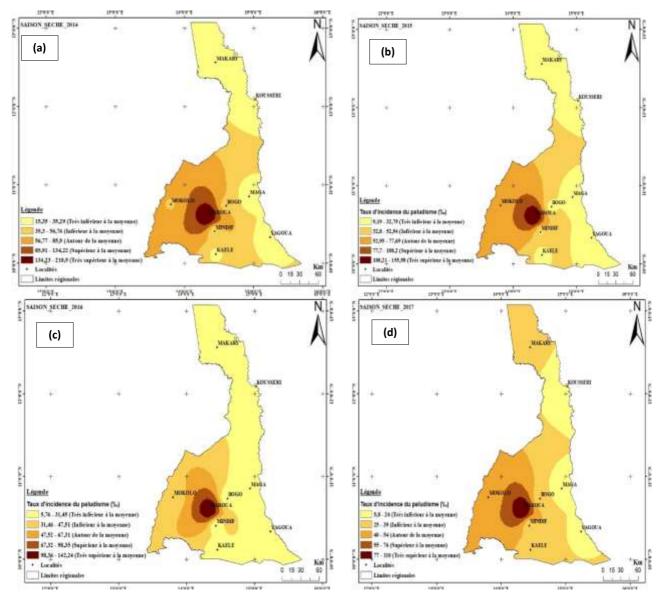
2.1.1. Variabilité saisonnière de l'incidence palustre pendant la saison sèche

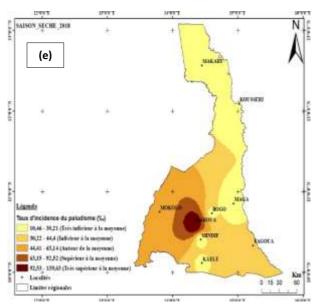
La saison sèche de l'année 2014 a été marquée par une incidence du paludisme qui a varié de 15‰ pour le taux d'incidence minimal à 210‰ pour le taux d'incidence maximal (figure n°1a). La distribution géospatiale de cette incidence montre que la partie Ouest et la partie centrale (autour de Maroua) ont été les plus impaludées, avec des taux avoisinant la moyenne (56-85%) à très supérieur à la moyenne (134-210%). Dans le reste de la région, le taux d'incidence du paludisme a varié d'inférieur à la moyenne (35-56‰) à très inférieur à la moyenne (15-35‰). S'agissant de la saison sèche de l'année 2015, elle s'est distinguée par un taux d'incidence minimal de 9,19% et un taux maximal de 155% (figure n°1b). Sur le plan géospatial, la distribution montre que la partie Ouest de la région est restée la plus impaludée, avec un taux d'incidence qui a varié d'autour de la moyenne (53-78‰) à très supérieur à la moyenne (108-156‰). Quant à la saison sèche de l'année 2016 (figure n°1c), elle a connu un taux d'incidence minimal de 6‰ et un taux maximal de 142‰.

Cela dit, la distribution géospatiale de cette incidence révèle que la partie ouest a été la plus touchée par la maladie, le taux d'incidence ayant varié d'autour de la moyenne (47,52-67,31%) à très supérieur à la moyenne (98,36-142,24‰). Le reste de la région a été sous l'emprise d'une incidence allant d'inférieur à la moyenne (31,46-47,51‰) à très inférieur à la moyenne. Le même constat est fait sur la distribution spatiale de la maladie durant la saison sèche de l'année 2017, avec un minimum de 5.8% et un maximum de 110‰ (figure n°1d). Pour ce qui est, enfin, de l'incidence du paludisme durant la saison sèche de l'année 2018, elle a oscillé de 10,46% pour la minimale à 139,63% pour la maximale (figure n°1e). La distribution géospatiale de cette incidence montre que la partie Ouest a été la plus impaludée. Cela se justifie par un taux d'incidence qui a varié d'autour de la moyenne (44,41-63,14%) à très supérieur à la moyenne (92,53-139,63‰). Dans le reste de la région, ce taux d'incidence, moins important, a oscillé d'inférieur à la moyenne (30,22-44,4%) à très inférieur à la moyenne (10,46-30,21%).

Il ressort de ces analyses qu'il existe un paludisme de saison sèche dans la Région de l'Extrême-Nord, avec un taux d'incidence qui oscille de 5,8‰ à 210,9‰. La configuration géospatiale de la maladie sur la période de l'étude fait état de ce que la partie Ouest de ladite Région est régulièrement la plus impaludée.







Source: MINSANTE, 2018

2.1.2. Variabilité de l'incidence palustre pendant la saison des pluies

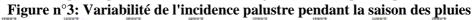
Durant la saison des pluies de l'année 2014 (figure n°2a), l'incidence du paludisme a oscillé de 10,13‰ pour le taux le plus faible à 189,1‰ pour le taux le plus élevé. Il est observé que la partie Ouest et une bonne partie du sud de la région ont été les plus impaludées, avec un taux variant d'autour de la moyenne (52,96-78,21%) à très supérieur à la moyenne (119,63-118,1‰). Dans le reste de la région, le taux d'incidence a été moins important, oscillant d'inférieur à la movenne (30,5-52,95%) à très inférieur à la moyenne (10,13-30,49%). Durant la saison des pluies de l'année 2015, on assiste à une légère diminution de l'incidence palustre par rapport à 2015, laquelle s'est distinguée par un taux minimal d'incidence de 8,83‰, contre un taux maximal de 183,45‰ (figure n°2b). Le même constat fait sur la dimension spatiale de cette incidence l'année précédente s'applique à celle 2018, en ceci que la partie ouest et une bonne partie du sud de la région ont été les plus impaludées. avec cependant des d'incidence différents. Cela se justifie par un taux d'incidence allant d'autour de la moyenne

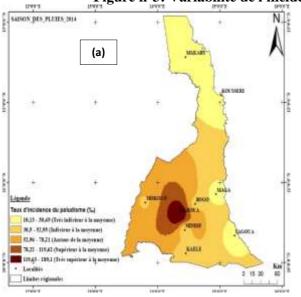
(60,89-88,27‰) à très supérieur à la moyenne (124,57-183,45‰) dans ces zones, tandis que dans le reste de la région l'incidence a varié d'inférieur à la moyenne (33,5-60,88‰) à très inférieur à la moyenne (8,83-33,49%). Quant à la saison des pluies de l'année 2016, elle a connu une augmentation globale de l'incidence palustre dans la région pratiquement à la hauteur de ce qui a été observé en 2014, avec un taux d'incidence minimal de paludisme de 8,15% et un taux maximal de 188,32 (figure n°2c). Sur le plan spatial, on note la plus forte incidence de la maladie se concentre dans la partie ouest et la partie sud de la région, en ceci qu'ils varient d'autour de la moyenne (56,2-86,58%) à très supérieur à la moyenne (126,15-188,32%). Aussi, le reste de la région a été sous l'emprise de la plus faible incidence, avec un taux oscillant d'inférieur à la moyenne (30,77-56,19‰) à très inférieur à la moyenne (8,15-30,76%). Pour ce qui est de la saison des pluies de l'année 2017, elle a été de loin moins impaludée que celles des années 2014, 2015 et 2016, dans la mesure où le taux d'incidence y a oscillé de 8,29‰ à 128,56‰ (figure n°2d). Sur le plan spatial, la distribution de la maladie montre que la partie Ouest et la

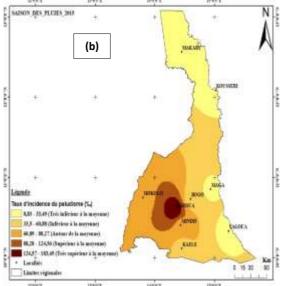
partie sud de la région sont restées les plus touchées par la maladie, en raison du taux d'incidence y avarié d'autour de la moyenne (46,97-65,36‰) à très supérieur à la moyenne (84,23-128,56‰). Moins impaludé, le reste de la région a été marqué par un taux d'incidence allant d'inférieur à la moyenne (30,94-46,96‰) à très inférieur à la moyenne (8,29-30,93‰). Quant la saison des pluies de l'année 2017 (figure n°2e), elle a été marquée par une incidence palustre oscillant de 5,03‰ à 210,51‰. Cela dit, la distribution géo spatiale de cette incidence n'a pas connu de grandes modifications, en ceci que la partie ouest et la

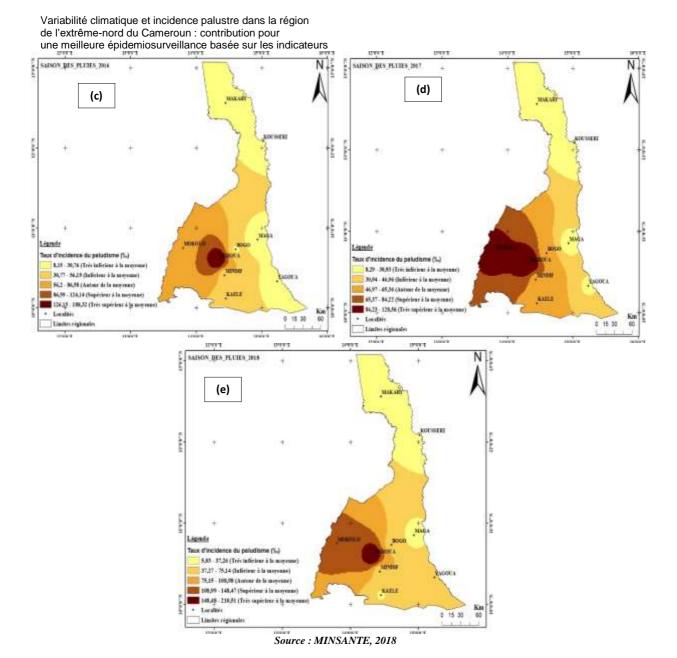
partie sud demeurent les plus impaludées, avec un taux d'incidence qui a une fois de plus varié d'autour de la moyenne (75,15-108,98‰) à très supérieur à la moyenne (148,48-210,51‰). Dans le reste de la région, ce taux d'incidence a oscillé d'inférieur à la moyenne (37,27-75,14‰) à très inférieur à la moyenne (5,03-37,26‰).

Il ressort de ces analyses que, sur la période de l'étude, le taux d'incidence du pendant la saison des pluies dans la Région de l'Extrême-Nord, oscille de 5,03‰ à 210,51‰. La distribution spatiale de la maladie, comme pendant la saison sèche, révèle que la partie Ouest de ladite Région est régulièrement la plus impaludée.









2.2. Évolution mensuelle du paludisme par rapport aux paramètres climatiques

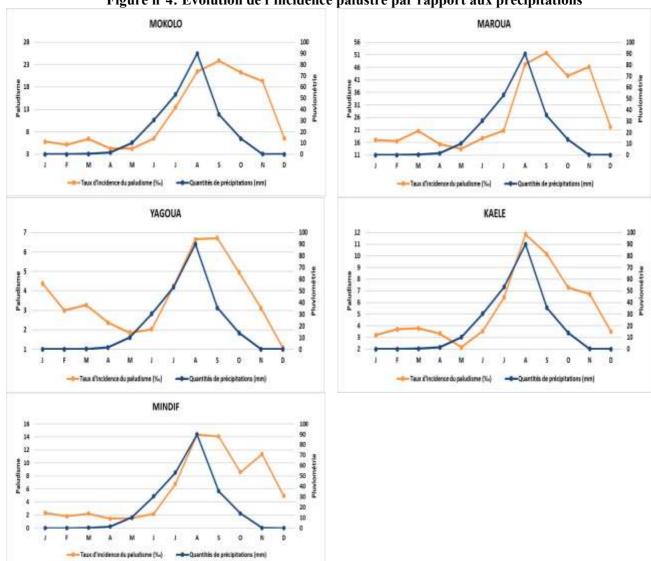
2.2.1. Évolution mensuelle de l'incidence palustre par rapport aux précipitations

L'évolution mensuelle du paludisme et celle de la pluviométrie dans les localités de Mokolo, Maroua, Yagoua, Kaélé et Mindif (figure n°4) révèlent des tendances convergentes, marquées par trois séquences. En effet, durant la première phase, qui s'étend de décembre à avril, la pluviométrie présente un régime unimodal où l'on observe une faible variation des quantités de précipitations (autour de 00mm). Pendant cette période, on observe que le taux d'incidence du paludisme présente des fluctuations caractérisées par de faibles valeurs mensuelles, notamment autour de 3‰, comparativement au reste de l'année. Dans la seconde phase, qui va

de mai à août, Les précipitations augmentent exponentiellement jusqu'à atteindre un pic d'environ 100mm en août. Parallèlement, le taux d'incidence palustre affiche une augmentation, avec cependant un décalage d'un mois, jusqu'à atteindre leur pic en septembre pour Mokolo (autour de 23‰), Maroua (autour de 50‰), Yagoua (environ 7‰), et août pour Kaélé (12‰) et Mindif (autour de 15‰). Après le mois d'août, les précipitations baissent progressivement jusqu'en décembre. Au cours de cette dernière

phase, deux schémas d'évolution de l'incidence du paludisme apparaissent. Le premier concerne les localités de Mokolo, Maroua et, dans une moindre mesure, Mindif. L'incidence du paludisme, dans ces localités, connaît d'abord une phase de baisse très lente entre août et novembre avant de connaître ensuite une chute brutale. Par contre, pour les localités de Yagoua et Kalele, la séquence de diminution amorcée au mois d'août s'étend jusqu'en décembre.

Figure n°4: Évolution de l'incidence palustre par rapport aux précipitations



Source: MINSANTE/ONACC, 2018

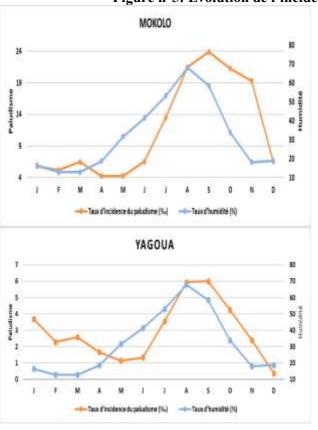
Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs

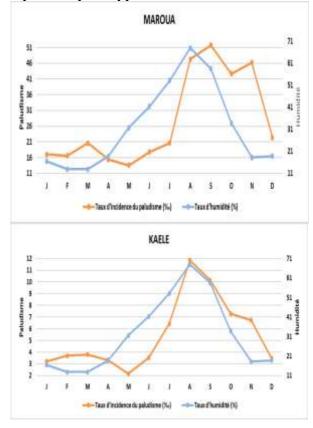
2.2.2. Évolution mensuelle de l'incidence palustre par rapport à l'humidité

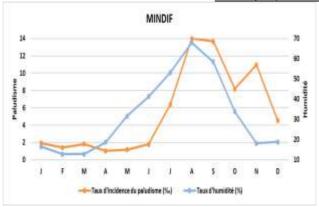
L'évolution mensuelle du paludisme et de l'humidité permet de soupçonner une association positive entre les deux variables (figure n°5). Cette association est marquée par trois grandes phases, dont la première s'étend de décembre à mars, marquée par une faible variation de l'humidité, autour de 20%. Cette évolution de l'humidité s'accompagne par une variation tout aussi faible de l'incidence palustre. A partir du mois d'avril, l'humidité augmente

exponentiellement, pour atteinte son pic en août, soit environ 70%. Dans le même temps, l'incidence palustre affiche une tendance à l'augmentation, jusqu'au mois d'août. Cette réalité est valable tant à Mokolo, Maroua, Yagoua, Kaélé qu'à Mindif. Il apparait donc, que l'augmentation de l'humidité relative semble s'accompagner d'une augmentation de la transmission du paludisme. Ce qui pourrait s'expliquer par le rôle de catalyseur que joue généralement ce paramètre climatique en zone soudano-sahélienne sur le développement sporogonique chez les vecteurs.

Figure n°5: Évolution de l'incidence palustre par rapport à l'humidité







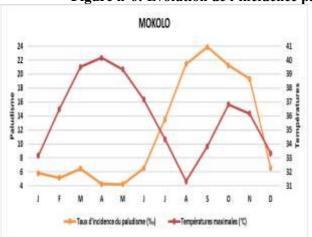
Source: MINSANTE/ONACC, 2018

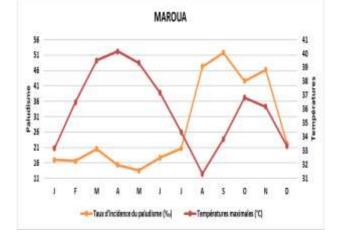
2.2.3. Évolution mensuelle de l'incidence palustre par rapport aux températures maximales

L'évolution mensuelle de l'incidence palustre, par rapport à celles des températures maximales, laisse soupçonner une association négative entre les deux variables du mois de février jusqu'au mois de juillet et du mois de juillet jusqu'au mois d'août (figure n°6). Dans la première séquence qui s'étend de janvier à juin, il existe une corrélation négative entre les températures minimales et le taux d'incidence du paludisme.

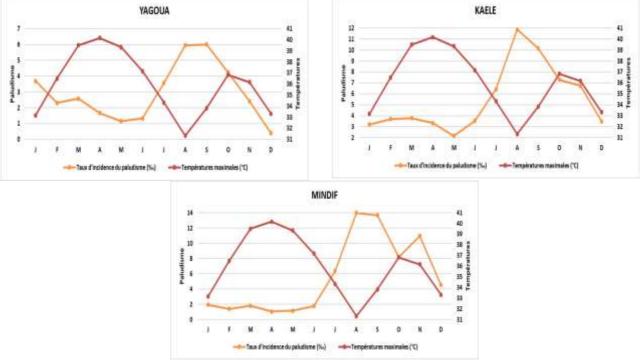
Alors que les températures de cette phase présentent une évolution monomodale avec un pic de 40°C au mois avril pour toutes les localités, les taux d'incidence évoluent en sens inverse pour atteindre leur niveau le plus bas avec un mois de décalage, c'est-à-dire en mai. Dans la seconde séquence qui s'étend sur le reste de l'année, la même association est observée, un fléchissement avec cependant températures dont le niveau le plus bas (30°C) se situe au mois d'août, contre une inversion du sens de l'incidence palustre dont le pic se situe en septembre.

Figure n°6: Évolution de l'incidence palustre par rapport aux températures maximales





Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs



Source: MINSANTE/ONACC, 2018

2.2.4. Évolution mensuelle de l'incidence palustre par rapport aux températures minimales

A la lecture de la figure n°7, on observe globalement deux grands moments dans l'évolution de l'incidence palustre par rapport à celle des températures minimales. Comme dans le cas températures maximales, la première séquence qui s'étend de janvier à juillet s'illustre par une évolution en sens opposés des deux variables. De la sorte, l'augmentation des

températures minimales, dont le pic d'environ 30°C se situe en mai, s'accompagne inversement d'une diminution de l'incidence palustre pour laquelle le niveau le plus bas se situe également au mois de mai dans les localités de Mokolo (autour de 4‰), Maroua (autour de 15‰), Yagoua et Kaélé (autour de 3‰), au mois d'avril pour la localité de Mindif (environ 3‰). Toutefois, cette dernière séquence semble également s'illustrer à partir du mois d'octobre par une évolution parallèle des deux variables, en ceci que les températures minimales et l'incidence palustre diminuent ensemble.

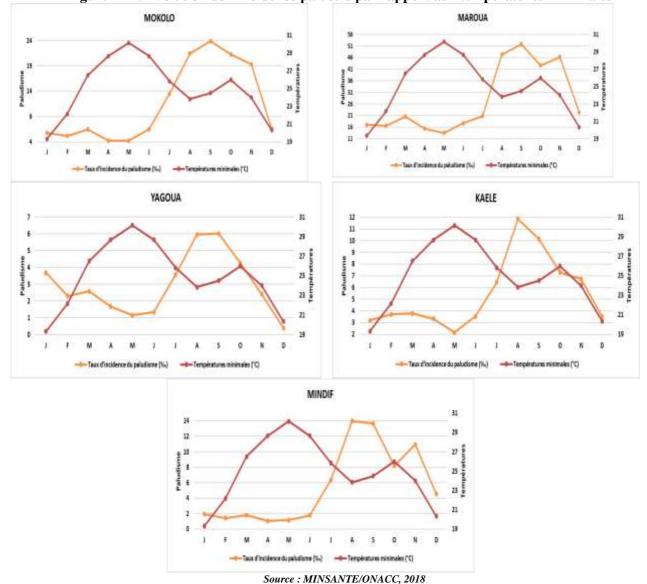


Figure n°7 : Évolution de l'incidence palustre par rapport aux températures minimales

2.3. Impact de la variabilité des paramètres climatiques sur le risque palustre

Dans le cadre des analyses de régression qui vont suivre, les étoiles associées aux coefficients de corrélation (X) traduisent un seuil de significativité de 10% pour une étoile (X*), 5% pour deux étoiles (X**) et 1% pour trois étoiles (X***).

2.3.1. Impact des précipitations

Les résultats issus de l'estimation du modèle révèlent que les quantités de précipitations influencent significativement l'incidence palustre dans les différentes localités, avec un décalage d'un à trois trois. S'agissant des l'influences des quantités de précipitations au premier mois (t-1), elles affectent

Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs négativement les nouveaux cas de paludisme, au seuil de 10% (tableau n°1). Ce qui se traduit par un coefficient de corrélation de -0.023 et une probabilité de 0.59. En d'autres termes. l'augmentation des quantités de précipitations entraine une diminution de la transmission du paludisme le mois suivant dans les localités de la Région de l'Extrême-Nord. Ces précipitations correspondent surtout aux premières pluies durant le démarrage de la saison des pluies dans la zone concernée. En fonction de la démographie des zones cibles, cette diminution de l'incidence palustre est alors de l'ordre de 0,02‰ par millimètre d'eau précipitée. Au décalage deuxième mois précédemment l'association détectée s'intensifie. Cela s'illustre par un seuil de significativité de 5%, un coefficient de corrélation de -0.08 et une probabilité de 0.07. Dans ce cadre, la diminution de l'incidence palustre s'élève à 0,08‰ par millimètre d'eau supplémentaire. Par contre, au troisième mois de décalage (t-3) on assiste à une inversion de la situation, en ceci que l'augmentation des précipitations s'accompagne d'une augmentation de l'incidence palustre. Ce qui s'observe, non seulement par au seuil de 1%, un coefficient de corrélation qui s'élève à 0,09, mais aussi par une statistique de probabilité de 0,02. Cela revient donc à dire que rendu à trois mois après les pluies d'un mois t, le nombre de cas de paludisme nouveaux significativement en réaction à la dynamique des quantités de précipitations d'il y a trois mois. Cela pourrait s'expliquer par le fait que trois mois après le démarrage des pluies, il existe déjà suffisamment de surfaces d'eau dans les différentes localités, et donc de gîtes larvaires. De plus, les moustiques ont eu suffisamment de temps pour leur développement, de la phase aquatique jusqu'à la phase aérienne. Ainsi, on assiste, pour chaque millimètre d'eau précipitée, à une augmentation de 0,09‰ du taux d'incidence du paludisme dans cette région.

Tableau n°1: Résultats de l'estimation du modèle avec les précipitations

Variables explicatives	Valeurs	
Paludisme $(t-1)$	0,661***(0,000)	
Précipitations $(t-1)$	-0,023*(0,586)	
Précipitations $(t-2)$	-0,075**(0,069)	
Précipitations $(t-3)$	0,085***(0,019)	
Altitude	-0,002*(0,278)	
Terme constant	3,507(0,836)	

Source: MINSANTE/ONACC, 2018

2.3.2. Impact de l'humidité relative

Il ressort des résultats du modèle que l'humidité relative influence significativement l'incidence palustre dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun, avec un décalage d'un à deux mois. Pour ce qui est de l'influence de l'humidité au premier mois de décalage (t-1), les résultats de la modélisation révèlent une association positive et très significative, au seuil de 1% (tableau n°2), avec la transmission du paludisme. En effet, avec un coefficient de corrélation de 0.487 et une statistique de 0,0001, l'augmentation du taux d'humidité de l'air d'un mois semble donc entrainer une augmentation des nouveaux cas de paludisme au deuxième mois de décalage (t-1) dans les localités de la Région de l'Extrême-Nord de l'ordre de 0,49% pour 1% d'humidité supplémentaire. Ouant à l'influence l'humidité au deuxième mois (t-2), les résultats révèlent que l'humidité affecte négativement les nouveaux cas de paludisme, au seuil de 5%. Ce qui se traduit par un coefficient de corrélation de -0,307 et une probabilité de 0,020. Ceci implique que l'augmentation du taux d'humidité de l'air, au-delà d'un certain seuil, entraine une diminution de la transmission du paludisme deux mois plus tard. En fonction de la démographie des zones cibles, tette diminution est alors de l'ordre de 0,31‰.

Tableau n°2: Résultats de l'estimation du modèle avec l'humidité relative

Variables explicatives	Valeurs
Paludisme (t-1)	0,661***(0,000)
Humidité (t-1)	0,487***(0,0001)
Humidité (t-2)	-0,307**(0,020)
Altitude	-0,002*(0,278)
Terme constant	3,507(0,836)

Source: MINSANTE/ONACC, 2018

2.3.3. Impact des températures maximales

Les résultats du modèle révèlent l'existence d'une association significative d'avec le risque palustre, avec un décalage d'un à deux mois. Pour ce qui est de l'influence des températures maximales au premier mois de décalage (t-1), les résultats de la modélisation révèlent une association positive et significative, au seuil de 10%, avec la transmission du paludisme (tableau n°3). Cette association se traduit par un coefficient de corrélation de 1,055 et une statistique de 0,232. Ainsi, l'augmentation des températures maximales d'un mois semble donc entrainer une augmentation des nouveaux cas de paludisme au mois ((t-1) dans les localités de la Région de l'Extrême-Nord de l'ordre de 1.06‰ par degré Celsius supplémentaire. Quant à l'influence des températures maximales au deuxième mois ((t-2), les résultats révèlent une association négative et significative entre les deux variables, au seuil de 10%. Ce qui se traduit par un coefficient de corrélation de -1,172 et une probabilité de 0,162. Cela signifie que l'augmentation des températures maximales, au-delà d'un certain seuil, entraine une diminution de la transmission du paludisme deux mois plus tard, laquelle diminution est donc de l'ordre de 1,17‰ par pour chaque degré Celsius de plus au-delà du seuil optimal.

Tableau n°3 : Résultats du modèle avec les températures maximales

temperatures maximales		
Variables explicatives	Valeurs	
Paludisme (t-1)	0,661***(0,000)	
Température max (t-1)	1,055*(0,232)	
Température max (t-1)	-1,172*(0,162)	
Altitude	-0,002*(0,278)	
Terme constant	3,507(0,836)	

Source: MINSANTE/ONACC, 2018

2.3.4. Impact des températures minimales

Les résultats issus de l'estimation de notre modèle révèlent l'existence d'une association significative, avec un décalage d'un à deux mois, entre les températures minimales et l'incidence palustre dans la région de l'Extrême-Nord. Les résultats de la modélisation révèlent, s'agissant de l'influence des températures minimales, qu'au premier moi de décalage, l'association est négative et significative, au seuil de 10%, avec la transmission du paludisme (tableau n°4). Cette association se traduit par un coefficient de corrélation de -0,821 et une statistique de 0,236. En d'autres termes, l'augmentation des températures minimales d'un mois entraine une diminution des nouveaux cas de paludisme au mois (t-1) dans les localités de la Région de l'Extrême-Nord de l'ordre de 0.08% pour chaque degré Celsius supplémentaire. Quant à l'influence températures minimales au deuxième mois (t-2), les résultats révèlent une association positive et significative entre les deux variables, au seuil de 10%. Ce qui se traduit par un coefficient de corrélation de 0,830 et une probabilité de 0,228. l'augmentation Cela signifie que températures minimales entraine augmentation de la transmission du paludisme deux mois plus tard, une augmentation estimée à 0,83% par pour chaque degré Celsius de plus audelà du seuil optimal.

Tableau n°4: Résultats du modèle avec les températures minimales

ies temperatures imminates		
Variables explicatives	Valeurs	
Paludisme $(t-1)$	0,661***(0,000)	
Température min $(t-1)$	-0,821*(0,236)	
Température min $(t-2)$	0,830*(0,228)	
Altitude	-0,002*(0,278)	
Terme constant	3,507(0,836)	

Source: MINSANTE/ONACC, 2018

2.4. Analyse des indicateurs climatiques pour une meilleure surveillance du risque palustre

Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs

2.4.1. Analyse des indicateurs de précipitations Dans la relation entre les quantités de précipitations et l'incidence du paludisme dans la la région de l'Extrême-Nord du Cameroun, les taux les plus importants, à savoir 20‰, sont généralement atteints pour des fourchettes de précipitations comprises entre 100 et 150mm (figure n°8). Ce seuil est suivi par celui des précipitations allant de 50 à 100mm, qui correspond à un taux d'incidence moyen de 15,37‰ dans cette Région, tandis que le

taux moyen le plus bas, à savoir 10,06‰ est généralement observé pour des quantités de précipitations allant de 0 à 50mm. Cela signifie donc que le seuil d'alerte maximal est atteint lorsque les quantités de précipitations dans les localités de la Région de l'Extrême-Nord varient de 100 à 150mm. Au-delà de ce seuil, les quantités de précipitations tombées en un mois n'ont plus d'influence significative sur les taux d'incidence du paludisme.

Figure n°8: Indicateurs pluviométriques du paludisme



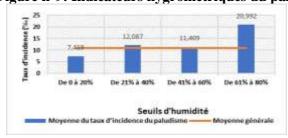
Source: MINSANTE/ONACC, 2018

a) Analyse des indicateurs hygrométriques

L'humidité relative influence le paludisme à quatre niveaux dans la Régions de l'Extrême-Nord, notamment à travers les fourchettes 0-20%, 20-40%, 40-60% et 60-80% (figure n°9). Dans cet ensemble, le seuil de 0-20% est celui qui influence le moins le paludisme, avec un taux d'incidence de 7,41‰. Il est suivi par le seuil 40-60%, qui est responsable d'un taux d'incidence moyen de

paludisme de 11,40%. Non loin de ce dernier seuil, celui de 20-40% entraine un taux d'incidence moyen de 12,08‰. Cela dit, le taux d'incidence moyen le plus important, qui est de 20,99‰, est causé par un seuil d'humidité de 61-80%. En d'autres termes, l'humidité relative de l'air, au-delà de ce seuil maximal, n'a plus une influence significative sur le paludisme dans la Région du Nord.

Figure n°9: Indicateurs hygrométriques du paludisme



Source: MINSANTE/ONACC, 2018

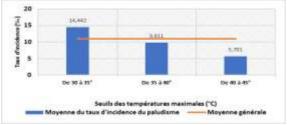
b) Analyse des indicateurs de températures maximales

Le paludisme est influencé, dans la Région de l'Extrême-Nord par trois principales fourchettes de températures maximales, à savoir 30-35°C, 35-40°C et 40-45°C. D'après la figure n°10 ci-dessous, l'incidence du paludisme, liée à aux températures maximales, est plus importante lorsque lesdites

températures oscillent de 30°C à 35°C, soit 14,44% de taux d'incidence. Ce seuil de température est suivi par celui de 35-40°C, qui est responsable d'un taux d'incidence de 9,81%, puis par le seuil de 40-45°C qui est responsable du taux d'incidence le plus faible, à savoir 5,70%. Il en ressort donc que le seuil maximal d'alerte pour les températures maximales est de 30-35°C, en ceci qu'il est

responsable du plus fort taux d'incidence du paludisme, tandis que de 40°C à 45°C l'incidence du paludisme est plus faible.

Figure n°10 : Indicateurs de températures maximales pour le paludisme



Source: MINSANTE/ONACC, 2018

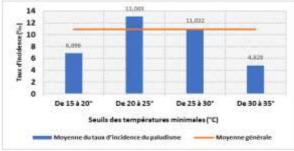
c) <u>Analyse des indicateurs de températures</u> minimales

La figure n°11 ci-dessous révèle que l'association découverte entre les températures minimales et l'incidence palustre dans la Région de l'Extrême-Nord, se décline en quatre indicateurs. Dans un premier temps, le seuil maximal concerne les températures allant de 20°C à 25°C, en ceci que températures entrainent lesdites d'incidence du paludisme de 13,06‰. Ce seuil est suivi par la fourchette de températures allant de 25°C à 30°C, responsable d'un taux d'incidence de 11,03‰. Les deux derniers seuils quant à eux, à savoir 15-20°C et 30-350C, sont responsables respectivement de 6,89‰ et 4,82‰ de taux d'incidence. On peut donc faire le constat selon

3. DISCUSSION

Il ressort de nos résultats que la variabilité du climat influence significativement la transmission du paludisme dans la Région de l'Extrême-Nord, avec un retard d'un à trois mois pour les précipitations et d'un à deux mois pour l'humidité relative, les températures maximales et les températures minimales. Cette influence se décline indicateurs qui pourraient servir de base pour une meilleure surveillance épidémiologique de la maladie dans le faciès soudano-sahélien auquel appartient la zone d'étude. Les précipitations, les 100-200mm, 50-100mm et 0-50mm correspondent respectivement aux exigences de vigilance élevée, modérée et faible. Avec l'humidité relative de l'air, ces seuils de vigilance sont respectivement de 60-80%, 20-60% et 0-20%. Pour ce qui est des températures maximales, elles lequel le seuil d'alerte maximal pour les températures minimales ici est de 20-25°C, contre 30-35°C pour le seuil minimal, avec un écart de taux d'incidence qui s'élève à 8,24‰.

Figure n°11: Indicateurs de températures minimales pour le paludisme



Source: MINSANTE/ONACC, 2018

contribuent le plus à l'augmentation du risque de transmission entre 30 et 35°C, modérément entre 35 et 40°C et faiblement entre 40 et 45°C, tandis qu'avec les températures minimales ces fourchettes sont respectivement de 20-30°C, 15-20°C et 30-35°C.

De l'analyse géostatistique et de l'analyse bivariée, il ressort que le paludisme n'est plus seulement une maladie de la saison des pluies, en ceci qu'il est présent dans les deux saisons. Cela contraste avec écrits de nombreux auteurs à l'instar de Djeutchouang Sayang (2010, p.37), S. Chouto et R. Wakponou (2016), R. Josse et al., (1987, p.8) sur le faciès soudano-sahélien. En revanche, il existe une convergence entre ces résultats et ceux de L. Djibie Kaptchouang et al., (2021, p.14), dans leur étude portant sur le lien entre la variabilité climatique et l'incidence palustre dans la cuvette de la Bénoué. Toutefois, les grandes agglomérations présentent

Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun: contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs toujours un paludisme particulier, traduit par une plus forte concentration des cas indépendamment de la saison. Ce qui confirme également les analyses de R. Josse et al., (1987, p.12) et S. Chouto et A. Wakponou (2016, p.9-15) dans leurs travaux respectifs portant sur la saisonnalité du paludisme dans le grand Nord (Kousséri et Maga) du Cameroun.

Sur le plan de la significativité du lien entre le paludisme et les variables climatiques et sur le plan de la périodicité de l'impact en termes de décalage temporel, les résultats de cette étude corroborent ceux de O. Briët et al. (2008, p.5-11), M. Hashizume et al. (2009, p.2-3), A. Midekisa et al., (2012, p.6), Y. Bi (2013, p.5-6), L. Sena et al. (2015, p.6), E. Kipruto et al., (2017, p.6-7), E.O. Asare et al., (2017, p.7), J.L. Ferrão (2017, p.6-7). En effet, Briët et al. (2008, p.5-11) dans leur étude sur la corrélation temporelle entre et les précipitations et les cas de paludisme au Sri Lanka, ont découvert des corrélations positives entre ces deux variables dans la plupart des districts, avec des retards de zéro à trois mois en moyenne. Dès lors, une convergence se dégage d'avec les résultats de la présente étude pour la Région de l'Extrême-Nord, tout comme avec ceux de M. Hashizume et al. (2009, p.2-3) dans leur travail portant sur le lien anomalies de surfaces océaniques, précipitations et paludisme dans les hautes terres du Kenya. De même, avec les études de A. Midekisa et al., (2012, p.6), Y. Bi (2013, p.5-6), L. Sena et al. (2015, p.6) portant sur le lien climat et paludisme sur les hauts plateaux de l'Ethiopie et dans la province chinoise de Yunnan, la convergence de nos résultats tient en ceci qu'ils ont découvert des retards de zéro à quatre mois avec les précipitations et l'humidité et de zéro à deux mois avec les températures. Quant à Kipruto et al., (2017, p.6-7), les résultats de leur étude sur l'effet de la variabilité climatique sur les tendances du paludisme dans le comté de Baringo au Kenya dans la mesure où ils ont découvert une association significative entre la maladie, les précipitations et les températures. Avec les précipitations, l'association s'est révélée significative avec un retard de deux mois, tandis que ce retard est d'un mois avec les températures. Chez E.O. Asare et al., (2017, p.7), il a été découvert, comme dans notre étude, une association significative, avec un retard de deux mois, entre le paludisme et précipitations au Ghana à partir du modèle VECTRI. Cette convergence apparait également avec les résultats de J.L. Ferrão (2017, p.6-7) qui, à partir du modèle ARIMA, a découvert une association significative entre le paludisme, les températures et les précipitations dans la municipalité de Chimoio au Mozambique, avec un retard d'un à trois mois.

Comme dans notre étude, les précipitations chez ces auteurs sont le principal moteur de la transmission de la maladie. Cela s'illustre à travers un plus grand nombre de mois de retards par rapport aux autres paramètres climatiques. L'explication à cette situation pourrait tenir en ceci que les gîtes larvaires dépendent de la disponibilité en eau pour la multiplication des anophèles. Cependant, dans cette convergence des résultats, on note des nuances quant au sens de la liaison entre les variables paludométriques et les paramètres climatiques d'un mois de décalage à un autre. Ceci pourrait se justifier par le fait que chaque zone se caractérise par une forme de variabilité qui lui est propre. Ainsi, l'intensité des précipitations, leur distribution spatiale et temporelle au cours des saisons sont différentes d'une zone agroécologique à une autre.

Sur le plan des fourchettes climatiques en cause dans la transmission du paludisme pour chaque paramètre, nous notons l'absence d'une base scientifique comparable au niveau de la zone d'étude, ainsi qu'au niveau d'autres zones similaires en Afrique tropicale. Cela tient au fait que la plupart des travaux antérieurs sur cette question n'ont pas envisagé le lien climatpaludisme sous le prisme des indicateurs pouvant aider une meilleure surveillance épidémiologique. Cela dit, les fourchettes climatiques découvertes dans le cadre de cette étude mériteraient d'être analysées en profondeur sur une plus longue période. Cette analyse profonde aiderait à identifier les facteurs socioéconomiques qui exacerbent l'influence du climat sur la transmission de la maladie dans ce faciès, pour une meilleure adaptation. Une telle analyse commande sans doute une approche inter disciplinaire et transdisciplinaire, qui intègre l'influence des

MEYONG Ramsès René, AMOUGOU Armathé Joseph, GNIGNINANJOUENA Oumarou. (2022).

Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 11-34

indicateurs climatiques à la fois sur les vecteurs et Society of Tropical Medicine and Hygiene, vol. sur l'hôte humain dans son milieu de vie. 102, no 4, p. 352-359.

CONCLUSION

L'objectif de ce travail était d'évaluer l'influence de la variabilité du climat sur l'incidence palustre dans la Région de l'Extrême-Nord du Cameroun, qui fait partie du faciès épidémiologique soudanosahélien. Le but quant à lui était de définir des indicateurs climatiques pouvant aider à une meilleure épidémiosurveillance de la maladie, à travers une exploitation plus adéquate des services disponibles au climatologiques Cameroun. Pour se faire. l'approche méthodologique utilisée est passée par une analyse géospatiale et une analyse économétrique. Il en ressort que la variabilité du climat influence significativement la transmission du paludisme dans la Région de l'Extrême-Nord, avec un retard d'un à trois mois pour les précipitations et d'un à mois pour l'humidité relative, maximales températures et les températures minimales. Cette influence se décline indicateurs qui pourraient servir de base pour une meilleure surveillance épidémiologique de la maladie dans le faciès soudano-sahélien auquel appartient la zone d'étude. Ainsi, avec les précipitations, les seuils 100-200mm, 50-100mm et 0-50mm correspondent respectivement exigences de vigilance élevée, modérée et faible. Avec l'humidité relative de l'air, ces seuils de vigilance sont respectivement de 60-80%, 20-60% et 0-20%. Pour ce qui est des températures maximales. elles contribuent le plus l'augmentation du risque de transmission entre 30 et 35°C, modérément entre 35 et 40°C et faiblement entre 40 et 45°C, tandis qu'avec les températures minimales ces fourchettes sont respectivement de 20-30°C, 15-20°C et 30-35°C.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANTONIO-NKONDJIO Christophe, ATANGANA Jean et NDO Cyrille, 2008, « Malaria transmission and rice cultivation in Lagdo, northern Cameroon » Transactions of the Royal ASARE Ernest et AMEKUDZI Leonard, 2017, « Assessing climate driven malaria variability in Ghana using a regional scale dynamical model », Climate, vol. 5, no 1, p. 20.

BI Yan, YU Weiwei et HU Wenbiao, 2013, « Impact of climate variability on Plasmodium vivax and Plasmodium falciparum malaria in Yunnan Province, China », Parasites & vectors, vol. 6, no 1. p. 1-12.

BRIËT Olivier, VOUNATSOU Penelope, **GUNAWARDENA** Dissanayake, GALAPPATHTHY Gawrie et AMERASINGHE Priyanie, 2008, « Temporal correlation between malaria and rainfall in Sri Lanka », Malaria Journal, vol. 7, no 1, p. 1-14.

CARNEVALE Pierre, **ROBERT** Vincent, MANGUIN Svlvie. **CORBEL** Vincent. FONTENILLE Didier, GARROS Claire et ROGIER Christophe (préf.), 2017, Les anophèles : biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle, IRD éditions, p.402.

CHOUTO Stéven et WAKPONOU Anselme, 2016, Disparités spatio-temporelles et prévalence du paludisme à partir des données formelles : cas de Kousséri (Extrême-Nord Cameroun), Ouvrage honoré du soutien financier de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de l'Université de Maroua, vol. 225, p.21.

DJEUTCHOUANG SAYANG, Collins, 2010, Intérêt de l'utilisation des tests de diagnostic rapide du paludisme sur le coût et l'efficacité de la prise en charge des patients fébriles à Yaoundé, Cameroun, Thèse de doctorat Aix-Marseille 2, p. 162.

DJIBIE KAPTCHOUANG Lionnel, TSAMO Louis Merlin et NFOR Ata Julius, 2021, « Influence de la variabilité climatique sur l'incidence palustre dans la Bénoué (nord-Cameroun) », Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 4 (7), p. 25-40.

FERRÃO João Luís, MENDES Jorge et PAINHO Marco, 2017, « Modelling the influence of climate on malaria occurrence in Chimoio Municipality. Mozambique », Parasites & vectors, vol. 10, no 1, p. 1-12.

Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun: contribution pour une meilleure épidemiosurveillance basée sur les indicateurs HASHIZUME Masahiro, TERAO Toru et MINAKAWA Noboru, 2009, « The Indian Ocean Dipole and malaria risk in the highlands of western Kenya», Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 106, no 6, p. 1857-1862.

HURLIN Christophe et MIGNON Valérie, 2005, « Une synthèse des tests de racine unitaire sur données de panel », Economie prévision, n°3, p. 253-294.

KIPRUTO Edwin, OCHIENG Alfred, ANYONA Douglas, MBALANYA Macrae, MUTUA Edna, ONGURU Daniel, NYAMONGO Isaac et ESTAMBALE Benson, 2017, « Effect of climatic variability on malaria trends in Baringo County, Kenya», Malaria journal, vol. 16, no 1, p. 1-11.

LOUVET Samuel, PATUREL Jean-Emmanuel et MAHÉ Gil, 2011, « Variabilité spatio-temporelle passée et future de la pluie sur le bassin du Bani en Afrique de l'Ouest », Hydro-climatology, vol. 344, p. 125-130.

MIDEKISA Alemayehu, SENAY Gabriel, HENEBRY Geoffrey, SEMUNIGUSE Paulos et WIMBERLY Michael, 2012, « Remote sensingbased time series models for malaria early warning in the highlands of Ethiopia», Malaria journal, vol. 11, no 1, p. 1-10.

MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE, 2007, Plan Stratégique National de Lutte contre le Paludisme au Cameroun 2007-2010, p. 136.

MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE, 2013, Plan stratégique national de lutte contre le paludisme au Cameroun 2011-2015, p. 75.

MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE, 2016, Plan stratégique National de lutte contre le paludisme au Cameroun 2014-2018, p. 103.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, 2003, Africa malaria repport, p.120.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, 2006, Global malaria programme, p. 54.

OBSERVATOIRE NATIONAL SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, 2018, Pluviométrie et températures dans la Région de l'Extrême-Nord-Cameroun : Analyse de l'évolution sur la période allant de 1950 à 2015 et projection jusqu'à l'horizons 2090, p. 128.

OBSERVATOIRE NATIONAL SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, 2019a,

Pluviométrie et températures dans la Région de l'Est-Cameroun : Analyse de l'évolution sur la période allant de 1950 à 2015 et projection jusqu'à l'horizons 2090, p. 128.

OBSERVATOIRE NATIONAL SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, 2019b, Pluviométrie et températures dans la Région du Centre-Cameroun : Analyse de l'évolution sur la période allant de 1950 à 2015 et projection jusqu'à l'horizons 2090, p. 130.

OBSERVATOIRE NATIONAL SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, 2019c, Pluviométrie et températures dans la Région de l'Adamaoua-Cameroun : Analyse de l'évolution sur la période allant de 1950 à 2015 et projection jusqu'à l'horizons 2090, p. 150.

OBSERVATOIRE NATIONAL SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, 2019d, Pluviométrie et températures dans la Région du Nord-Cameroun : Analyse de l'évolution sur la période allant de 1950 à 2015 et projection jusqu'à l'horizons 2090, p. 119.

SACHS Jeffrey et PIA Malaney, 2002, « The economic and social burden of malaria», Nature 415.6872: 680-685. P. 22.

SAME-EKOBO Albert, 2005, « Aspects épidémiologiques du paludisme au Cameroun», Journal of the Cameroon Academy of Sciences, vol. 5, p. 3-16.

SEIGNOBOS Christian et IYÉBI-MANDJEK Olivier, 2017, « Atlas de la province extrême-nord Cameroun », IRD Éditions, p. 171.

SENA Lelisa, DERESSA Wakgari et ALI Ahmed, 2015, « Correlation of climate variability and malaria: a retrospective comparative study, Southwest Ethiopia », Ethiopian journal of health sciences, vol. 25, no 2, p. 129-138.

TABUE Raymond, AWONO-AMBENE Parfaite et ETANG Josiane, 2017, « Role of Anopheles (Cellia) rufipes (Gough, 1910) and other local anophelines in human malaria transmission in the northern savannah of Cameroon: a cross-sectional survey », Parasites & vectors, vol. 10, no 1, p. 1-11.

YAYA Hachimi Sanni et ZE Albert, 2013, Le fardeau socio-économique du paludisme en Afrique, Presses de l'Université Laval, p. 230.



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp. 35-52

www.retssa-ci.com

« A PROPOS DE L'ENDEMICITE DU PALUDISME ET DE LA TYPHOIDE DANS LE BASSIN VERSANT DU MBANYA (DOUALA-CAMEROUN) »

«ABOUT THE ENDEMICITY OF MALARIA AND TYPHOID IN THE MBANYA BASIN SIDE (DOUALA-CAMEROON) »

¹ TCHEUNTEU SIMO Joël Simplice.

TCHEUNTEU SIMO Joël Simplice, À propos de l'endemicite du paludisme et de la typhoide dans le bassin versant du Mbanya (Douala-Cameroun), Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 35-52, [En ligne] 2021, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:45:24, URL: https://retssa-ci.com/index.php?page=detail&k=258

Résumé

Avec une aire de 464 hectares, le bassin versant du Mbanya est l'un des moins étendus des surfaces topographiques de Douala. Ses vallées sont ruralisées et marquées par un habitat spontané et précaire bâti sur un site non aedificandi dont le milieu physique fragile se caractérise par un sol hydromorphe à texture sableuse ou sablo-limoneuse favorable aux infiltrations rapides des eaux pluviales et usées rechargeant la nappe phréatique affleurante qui alimente les puits. L'insuffisance des réseaux d'assainissement de ces eaux favorisent la stagnation permanente d'eaux insalubres au sein de l'habitat où se développent les larves et vecteurs des maladies dont les plus récurrentes sont le paludisme et la typhoïde. Il se pose alors un problème de santé dans cet espace dépourvu

d'hôpital public et l'on s'interroge dès lors sur l'endémicité de chacune de ces deux maladies. Cette recherche vise à analyser les facteurs de la recrudescence de ces pathologies ainsi que les modes d'accès aux soins de santé dans le bassin de Mbanya. La méthodologie basée sur les enquêtes de terrain et la recherche documentaire aboutit aux résultats vérifiant les hypothèses suivant lesquels l'endémicité de la typhoïde est la conséquence de l'usage domestique des eaux de puits artisanaux ; la récursivité du paludisme est liée à la proximité de l'habitat avec les eaux de surface insalubres, gites des anophèles gambiae. L'accès aux soins médicaux reste marginal. Les populations en raison de leur statut socio-économique se soignent davantage à l'indigène ou dans la rue.

Mots clés : Mbanya, bassin versant, endémicité, paludisme, typhoïde

Abstract

With an area of 464 hectares, the Mbanya basin side is the least extensive of the topographic surfaces of Douala. Its valleys are ruralized and marked by a spontaneous and precarious habitat built on a non-aedificandi site whose fragile physical environment is characterized by a hydromorphic soil with a sandy or sandy-loamy texture favorable to the rapid infiltration of rain

Docteur de Science politique, Université de Ngaoundéré (Cameroun), Faculté des Sciences juridiques et politiques, Département de Science politique, sityjoe@yahoo.fr

and waste water recharging the flush groundwater. That feeds the wells. insufficiency of the sanitation networks of these waters favors the establishment of unhealthy water ponds within the habitat where the larvae and vectors of diseases develop, the most recurrent of which are malaria and typhoid. There is then a health problem in this area without a public hospital and one wonders about the endemicity of each of these two diseases. This research aims to analyze the factors of the resurgence of these pathologies as well as the modes of access to health care in the Mbanya basin. The methodology based on field surveys and documentary research leads to results verifying the hypotheses according to which the endemicity of typhoid is the consequence of the domestic use of water from artisanal wells; the recursion of malaria is linked to the proximity of the habitat to unsanitary surface water, the breeding grounds of Anopheles gambiae. Access to medical care remains marginal. Because Populations of their socio-economic status are treated more locally or in the street.

Keywords: Mbanya, basin side, endemicity, malaria, typhoid

INTRODUCTION

A Douala, la croissance démographique galopante a généré la crise foncière et le problème de logement (J. P. Mbaha et al., 2013, p. 5). Face à ces maux, une frange de la population s'est installée dans des espaces non aedificandi. Ces sites sont aménagés sans support légal et stimulé par l'autoconstruction (J. Tcheunteu, 2012, p. 3). Plusieurs problèmes affectant le cadre et la qualité de vie des habitants s'v rencontrent : l'extension de la zone d'habitat urbain dans les régions inondables marécageuses, l'insuffisance ou l'inexistence des réseaux de drainage des eaux de surface et des systèmes d'assainissement urbain, la gestion des déchets, la pollution de l'environnement (H. Emvoutou, 2007, p. 4). Ceci participe à la dégradation de l'environnement avec des impacts sur la santé (P. Ehrlich, 1968, p. 4), car les crises environnementales sont sources de diverses maladies (J-F. Beaux, 2004, p. 64).

Toutefois, la santé de la population est déterminée par l'existence et l'utilisation des services sociaux de base tels l'approvisionnement en eau et l'assainissement, qualité des services disponibles, responsabilité de chacun et la qualité de l'environnement (OMS 2002 p. 12). Ce qui n'est pas le cas dans les zones dites non constructibles de la capitale économique du Cameroun malgré l'anthropisation de celles-ci. D'où vulnérabilité de ses habitants aux diverses maladies liées à l'eau.

Dans le bassin versant du Mbanya, la recrudescence du paludisme et de la typhoïde reste d'actualité. Ils sont cause de 60% de consultations médicales à l'hôpital de district de Déido

Le paludisme est une maladie parasitaire, transmise à l'homme par l'anophèle femelle infestée du type Gambiae et causé par un protozoaire du genre plasmodium falcifarum (ONU/SPIC, 2005, p. 23). La typhoïde encore appelée fièvre typhoïde ou salmonellose est une maladie infectieuse contagieuse due au bacille typhique ou bacille d'Eberth. Elle, se caractérise par une fièvre élevée, un état de stupeur et des troubles digestifs graves et est transmise par voie digestive (toxi-infection alimentaire), soit par ingestion d'eau contaminée par des salmonella provenant souvent d'un puits, soit par ingestion d'aliments contenant cette bactérie. (Larousse-médecine 2007).

Au cours de l'année, de nombreux habitants du bassin versant du Mbanya sont victimes d'au moins une de ces maladies considérées à l'échelle nationale comme maladies réémergentes et présentant des caractéristiques très inquiétantes et alarmantes (A. Samé Ekobo, 2002, p. 6).

Qu'est-ce qui explique la recrudescence du paludisme et de la typhoïde dans le bassin versant du Mbanya? Quelle est la prévalence de chacune de ces maladies ? Comment les malades

accèdent-ils aux soins dans cet espace dépourvu d'hôpital public?

De façon spécifique, il s'agira de présenter les facteurs d'endémicité de ces deux maladies, de dresser les données statistiques de chacune d'elles et analyser les modes d'accès aux soins dans ce bassin versant et ses environs.

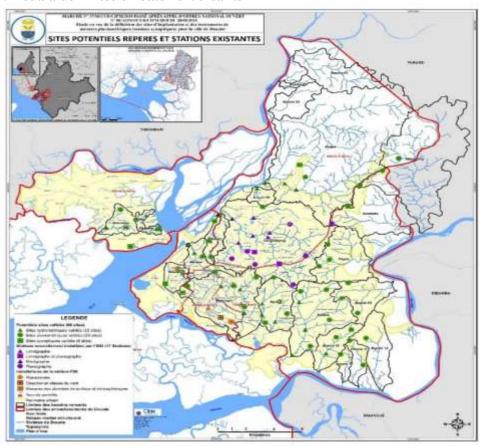
1. Outils et Méthodes

1.1- Présentation de la zone d'étude

Douala, la Capitale économique du Cameroun est bâtie sur la rive gauche du fleuve Wouri, et est découpée en 68 bassins versants (Carte n°1). Le bassin versant du Mbanya est compris entre

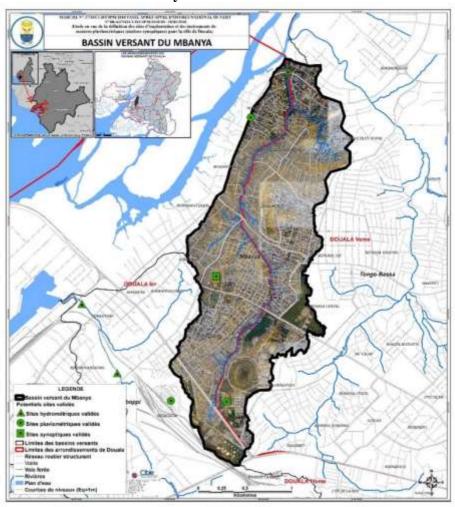
4°3' et 4°4' de latitude Nord et entre 9°41'30 et 9°44'30" de longitude Est. Suivant le découpage administratif, il intègre les quartiers des Arrondissements de Douala 1er et Douala 5ième (Carte n°2). Le Mbanya, cours d'eau principal et éponyme de ce bassin versant, prend sa source près du Boulevard de la république à environ 15 m d'altitude au sud du stade de la Réunification. le traverse longitudinalement dans le sens Sud-Ouest/Nord-Ouest, puis s'écoule sur une distance de 4,8 km avant de se jeter dans le fleuve Wouri (J.Tcheunteu, 2012, p. 7). Pour être plus précis, la délimitation de la zone de cette étude est d'environ 210 hectares et couvre l'ensemble des bas-fonds des quartiers New-Déido, Bépanda et Akwa-Nord (Carte n° 3).

Cartes 1 : Douala délimitée en bassins Versants



Source: Projet de station pluviométrique dans la ville de Douala C.U.D, 2021

Carte n°2: Le bassin versant du Mbanya



Source : Projet de station pluviométrique dans la ville de Douala C.U.D, 2021

Carte n°3: Zone d'étude dans le bassin versant du Mbanya

Fond de carte: Atelier d'Urbanisme C.U.D

1.2- Techniques de collecte des données

La mission exploratoire a abouti à la délimitation et à la structuration géographique de la zone d'étude. Ensuite l'usage des techniques vivantes¹ a permis durant les enquêtes de ménages de collecter des données qualitatives et quantitatives. Les données qualitatives sont issues des entretiens semi-directifs menés auprès des infirmières rencontrées dans les différents centres de santé inventoriés. Cette approche, a aidé à prendre connaissance des différentes maladies les plus fréquemment diagnostiquées

Réalisateur : Tcheunteu Joël, 2022

après une consultation médicale dans un centre de santé.

Les données quantitatives résultent des sondages de type aléatoire simple par questionnaires conduits auprès de 300 ménages répartis comme suit : New-Déido (100), soit (50) au lieu-dit "quartier gentil" et (50) au lieu-dit "grandmoulin" ; Bépanda (100), soit Bonabo (50) et lieu-dit "Bépanda-voirie" (50) et enfin Akwanord précisément au lieu-dit "Sable" (100). Le critère d'éligibilité des ménages est tributaire de la proximité de ceux-ci avec un drain ou le cours d'eau. Seules les maisons situées à une distance

¹ Les techniques vivantes sont les instruments techniques dont disposent les chercheurs (M. Grawitz., Méthodes des Sciences sociales, Dalloz, 11ème édition, Paris, mars 2002, pp. 524.)

de moins de 100 mètres de ces objets géographiques ont été échantillonnées.

Les données collectées auprès des chefs de ménages portent essentiellement sur les maladies les plus récurrentes dans leurs familles, leur avis par rapport à la fréquence de ces maladies, l'accès aux soins de santé, le centre de santé le plus sollicité, les raisons de ce choix, la qualité ou la fiabilité du corps médical rencontré, le mode et le coût de traitement, le nombre de personnes par ménage, la fonction et le revenu du chef de ménage.

Une autre partie des données quantitatives mobilisées dans cette étude provient du dépouillement des archives de l'hôpital de District de Déido et concerne uniquement les patients résidant dans un quartier du bassin versant du Mbanya et souffrant soit du paludisme soit de la typhoïde. Ces données ont été dépouillées manuellement et traitées à l'aide des outils statistiques inférentielles (moyennes et fréquences).

Les données rasters ont été acquises extraction des couches d'informations des images satellitaires (Landsat FTM+multispectral, 2006). Celles-ci ont été géoréférencées, et traitées à l'aide du logiciel Arc Gis version 10. L'essentiel des centres de santé, considérés comme des objets géographiques ont été géolocalisés à l'aide d'un GPS de marque Garmin version 5.0. Ces données ont servi à la réalisation des cartes.

La recherche documentaire a consisté à la lecture des documents et l'exploration de l'internet. Elle s'est appuyée sur des données et informations trouvées dans des ouvrages, des Dictionnaires spécialisés, des Articles scientifiques, des Mémoires et Thèses de Doctorat, des Rapports des Organisations Internationales.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Deux principaux facteurs sont cause de l'endémicité du paludisme et de la typhoide dans bassin versant du Mbanya où les malades préfèrent se soigner à l'indigène ou dans la rue.

2.1- Divers facteurs d'endémicité du paludisme et de la typhoïde dans le bassin versant du Mbanya

L'endémicité de la typhoïde est la conséquence de l'usage domestique des eaux de puits artisanaux alors que la proximité de l'habitat avec les eaux de surface insalubres explique la recrudescence du paludisme.

2.1.1- L'usage domestique des eaux de puits

Dans les bas-fonds du bassin versant du Mbanya, le problème d'approvisionnement en eau potable se pose avec acuité. Les populations sont contraintes de recourir aux eaux de puits pour les travaux domestiques. Ces points d'eau dont la profondeur est pour la plupart inférieure à 2 mètres sont localisés pour l'essentiel dans un environnement malsain et insalubre, propice au développement et à la dissémination des germes de la typhoïde (planche photographique 1).

Planche photographique n° 1: Puits d'eau artisanaux dans un environnement malsain

Photo 1a : Puits d'eau dans un environnement Malsain à sable

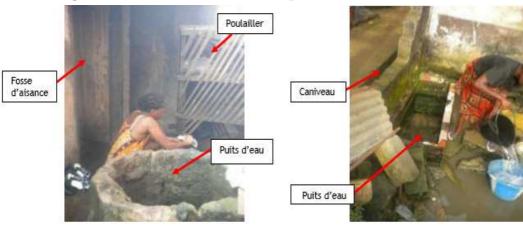
Photo 1b : Vu intérieur d'un puits d'eau à Sable





Photo 1c: Proximité entre puits d'eau fosse d'aisance et poulailler à Bonabo

Photo 1d : Source d'eau à ciel ouvert au quartier Sable



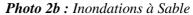
Source: Clichés Tcheunteu Joël, 2012 et 2022.

La proximité entre les puits d'eau, les poulaillers, porcheries et les fosses septiques et d'aisance favorise la contamination des eaux de puits par les substances organiques dissoutes via le phénomène d'osmose. La différence de concentration en produit dissous entre les fosses d'une part et les puits d'eau d'autre part provoque une différence de pression osmotique. Plus de 40% des ménages disposent d'un puits d'eau et 55,1 % de ces ouvrages hydrauliques ne

bénéficient pas d'un aménagement adéquat. Ils sont laissés à ciel ouvert. Or les inondations ici sont fréquentes en saison des pluies du fait de la planimétrie du relief et de l'obstruction des drains et caniveaux par des immondices (Planche photographique n°2). Les eaux qui coule à la surface de la terre charrient les ordures de toutes sortes et les déversent dans des puits d'eau non aménagés.

Planche photographique n°2: Inondations dans le bassin versant du Mbanya

Photo 2a: Inondations à Bonabo





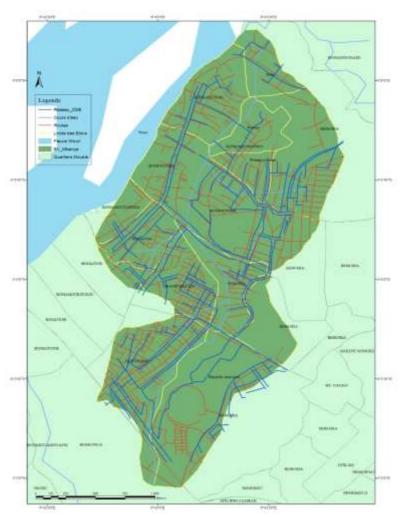


Source: Clichés Tcheunteu Joël, 2022

De façon générale, la consommation ou l'usage des eaux de puits est préjudiciable pour la santé humaine. Elles sont généralement contaminées par les germes des maladies hydriques. Le bacille d'Eberth responsable de la salmonellose, le vibrion cholérique germe du choléra ou la bilharziose, vecteur des dermatoses séjournent bien souvent dans ces eaux.

L'usage des eaux de puits et de source dans ce bassin versant est la conséquence de la rareté d'eau potable. L'accès à une eau de qualité reste un réel problème. Pourtant, ce précieux liquide est l'une des principales ressources naturelles indispensables pour toute forme de vie sur terre (OMS, 2006, p. 23). L'adduction en eau potable dans le bassin versant du Mbanya est limitée et reste onéreuse. Les frais de branchement et d'abonnement au réseau d'eau Camwater (carte n° 4) s'élèvent à la somme minimale de 135 000 francs CFA pour une distance de seulement 5 mètres à partir du point de connexion. Très peu de ménages sont connectés à ce réseau faute de moyens financiers. Sur l'ensemble des enquêtes, 95% des chefs de ménages sont du secteur informel et ont un revenu mensuel inférieur ou égale à 90 000 Francs CFA, soit environ 3000 Francs CFA par jour. Ce revenu est incertain alors que le nombre de personne par ménage est en moyenne 5. Par ailleurs, la nature géopédologique du sol n'est pas favorable à l'implantation d'un forage moderne ou d'une hydraulique villageoise dans cet espace.

Carte n°4: Réseau d'adduction CDE



Source : Carte de réseau d'adduction d'eau CDE de la ville de Douala, Réalisateur : TCHEUNTEU Joël, 2022

2.1.2- La proximité de l'habitat avec les eaux insalubres

La gestion des déchets est l'une des questions socio-environnementales les plus préoccupantes dans la ville de Douala (C. L Meutou., 2011, p. 13). Cette gestion, assurée par le concessionnaire HYSACAM, reste approximative compte tenu de la fragmentation sociodémographique des « territoires de salubrité urbaine » (J. M. OLinga, 2012, p. 34). En effet, la quantité d'ordures ménagères collectées par jour reste faible (400 à 500 tonnes, contre environ 1100 tonnes produites) eu égard au coût élevé de cette activité

(environ 2,3 milliards FCFA/an), l'insuffisance des camions de collecte et des bacs à ordures (L.B.Tchuikoua, 2010, p. 39). La collecte de ces ordures est ainsi limitée exclusivement aux quartiers accessibles par des routes praticables pour les camions de collecte. Par conséquent, ces « territoires insalubres », ne sont pas pris en compte dans le cahier de charge des prestations d'HYSACAM du fait de leur inaccessibilité et de l'absence d'un système de pré collecte (L.B. Tchuikoua; op. cit). De ce fait, les bas-fonds du bassin versant du Mbanya, sont marqués par une prolifération des décharges incontrôlées d'ordures ménagères solides et d'eaux usées. Le

Mbanya devenant le lieu par excellence de déversement des déchets ménagers solides ou de vidange de fosse d'aisance par une frange importante de la population (planche photographique n° 3).

Planche photographique n° 3 : Eaux de surface chargée d'immondices

Photo 3a : Lieux de déversements d'eaux usées à sable



Photo 3b : Lieux de déversements d'ordures dans le Mbanya à Bépanda-voirie



Source: clichés: Tcheunteu Joël, 2012

Par cette planche photographique n°3, on voit qu'il est évident que les habitants du Bassin versant du Mbanya restent vulnérables au paludisme. En effet, dans ce bassin versant, l'homme est le principal agent pollueur et se présente comme la principale cible des vecteurs et parasites qui se développent dans ce type de milieu, notamment l'Anophèle gambiae vecteur du paludisme. A l'état larvaire, ce vecteur est susceptible de se développer dans une grande variété de gîtes. On peut le rencontrer dans tous les types de collections d'eau, à condition qu'elles ne soient pas trop chargées en matières organiques ou en sels minéraux et que le courant soit faible ou nul. Cette espèce préfère cependant les petites collections d'eau ensoleillées résultant de l'activité humaine (J. Rageau et al., 1953, p. 430).

Ce déversement d'ordures dans le Mbanya est nourri par la non application des textes réglementaires en la matière. A titre d'exemple, l'article 4 de la loi N°987/005 du 14 avril 1998, portant régime de l'eau au Cameroun en son alinéa 1, proscrit le déversement dans les cours d'eaux de toute substance polluante solide,

liquide ou gazeuse. Mais, les observations directes sur le terrain révèlent le clivage incontestable entre l'existence de la loi et son application (J. Tcheunteu, 2012, p. 50).

2.2- La prévalence du paludisme et de la typhoïde dans le bassin versant du Mbanya Cette prévalence est essentiellement les données statistiques de l'hôpital de District de Déido. Cette formation sanitaire est d'après les sondages, le centre médical le plus sollicité par les patients. Le choix de ce sanatorium par ces derniers repose sur la qualité du personnel médical, du plateau technique préférable, d'une pharmacie disponible, son rapprochement et le fait qu'il soit un hôpital public où les coûts des soins sont relativement bas par rapport aux centres de santé privés.

2.2.1- La prévalence du paludisme

Les statistiques de l'hôpital de District de Déido montre que 60% de patients consultés par jour sont testés positifs au paludisme. La prise en charge est fonction de la gravité du mal. Le patient peut soit être interné soit se soigner à domicile sur avis médical.

Les données épidémiologiques ci-après (Tableau n°1) sont celles de la période 2019-2021. Elles concernent essentiellement les malades internés

et ne sont pas spécifiques à notre zone d'étude mais à l'ensemble du bassin versant, car les registres de ce sanatorium qui offrent ces données indiquent le nom du quartier sans préciser le bloc.

Tableau n°1: Nombre de malades du paludisme habitant le bassin versant du Mbanya, hospitalisés à l'hôpital de Déido entre janvier 2019 et décembre 2021.

Année Mois	2019	2020	2021	Total	Moyenne mensuelle
Janvier	36	39	30	105	35
Février	27	23	29	79	26 ,33
Mars	19	26	27	72	24
Avril	24	19	27	70	23,33
Mai	20	27	22	69	21
Juin	24	31	28	83	27,67
Juillet	29	24	39	92	30,67
Août	35	29	34	98	32,67
Septembre	32	22	27	81	27
Octobre	28	26	19	73	24,33
Novembre	22	31	26	79	26,33
Décembre	20	30	32	82	27,33
Total	316	327	340	983	327,67
Moyenne annuelle	26,33	27,25	28,33		

Source : Service de la statistique de l'Hôpital de Déido, 2022.

Ce tableau n°1 montre qu'en 2019 à l'hôpital de Déido, 316 malades souffrant de paludisme et résidant dans l'un des quartiers du bassin versant du Mbanya y ont été internés. En 2020, ce chiffre a évolué et a atteint 327 cas. Enfin en 2021, 340 cas ont été enregistrés.

La répartition de ces malades par pavillon donne en 2019, 104 en médecine et 212 en pédiatrie ; en 2020, 101 en médecine et 226 en pédiatrie et en 2021, 92 cas en médecine et 248 cas en pédiatrie (Tableau n° 2).

Tableau $n^{\circ}2$: Nombre de malades du paludisme habitant le bassin versant du

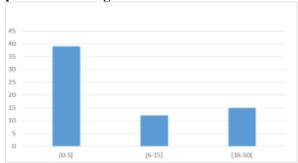
Mbanya internés par pavillon à l'hôpital de District de Déido entre 2019 et 2021

Année	Médecine	Pédiatrie	Total	
2019	104	212	316	
2020	101	226	327	
2021	92	248	340	

Source : Service de la statistique de l'Hôpital de Déido, 2022

L'on constate à partir du tableau n°2 que le paludisme dans le bassin versant du Mbanya, affecte plus les enfants que les adultes. Les valeurs 212; 226; 248, représentent le nombre de cas enregistrés annuellement en pédiatrie où sont pris en charge les enfants malades. Cet accroissement temporel du nombre de cas met en évidence la vulnérabilité progressive de cette catégorie de personnes. Ces enfants sont majoritairement de la tranche d'âge comprise entre 0 et 5 ans (Graphique n°1).

Graphique n°1: Distribution du paludisme par tranche d'âge

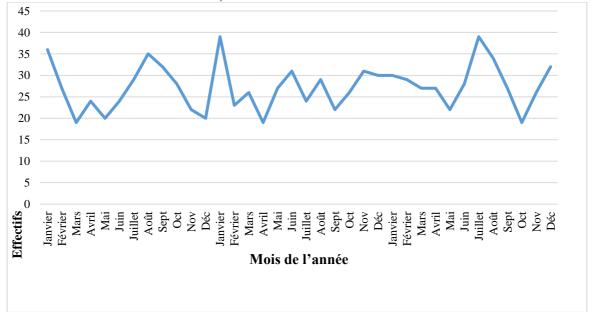


Tranches d'âges Source : Service de la statistique hôpital de district de Déido, 2022

paludéens sont de moins en moins internés dans cette structure sanitaire. Le nombre de cas enregistrés décroît de 104 en 2019 à 101 en 2020 puis à 92 en 2021. Les personnes interrogées assimilent cette situation au fait que les adultes sont moins fragiles que les enfants. Aussi, se protègent- ils mieux de la piqûre des moustiques que les enfants, souvent imprudents et négligents. Le paludisme sévit presque toute l'année avec de faibles variations saisonnières (Graphique n°2).

Enfin, le tableau n° 2 montre que les adultes

Graphique n°2 : Evolution mensuelle du paludisme dans le bassin versant du Mbanya (Hôpital de district de Déido de 2019 à 2021).



2.2.2- La prévalence de la typhoïde

typhoïde ou gastro-entérite en provenance des quartiers du bassin versant du Mbanya comme l'indique le tableau 3.

Durant la période 2019-2021, l'hôpital de District de Déido a interné 764 malades de la

Tableau n°3: Nombre de cas de malades de la typhoïde venus du bassin versant du Mbanya, internés à l'hôpital de Déido entre 2019 et 2021

Année Mois	2019	2020	2021	Total	Moyenne mensuelle
Janvier	28	30	29	87	29
Février	22	33	24	79	26,33
Mars	20	20	17	57	19
Avril	17	18	19	54	18
Mai	22	19	16	57	19
Juin	18	17	11	46	15,33
Juillet	17	15	09	41	13,67
Août	18	18	13	49	16,33
Septembre	18	21	18	57	19
Octobre	21	27	21	69	23
Novembre	21	29	26	76	25,33
Décembre	26	35	31	92	30,67
Total	248	282	234	764	254,67
Moyenne annuelle	20,67	23,5	19,5		

Source : Service de la statistique de l'hôpital de District de Déido, 2022

Le tableau n°4 ci-dessous donne la répartition de ces malades par pavillon durant la période 2019-2021.

Tableau n° 4 : Nombre de malades de gastroentérite et typhoïde venant du bassin versant du Mbanya, internés par pavillon à l'hôpital de Déido entre 2019 et 2021

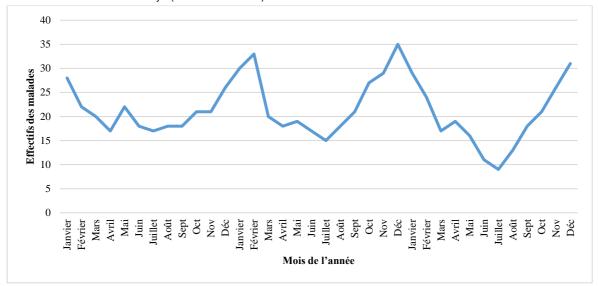
Année	Médecine	Pédiatrie	Total
2019	123	125	248
2020	105	177	282
2021	116	118	234

Source : Service de la statistique de l'Hôpital de District de Déido, 2022

La typhoïde se manifeste plus en saison sèche avec le pic au mois de janvier (Graphique n°3). C'est pendant la saison sèche que la baisse de la pluviométrie favorise l'augmentation de la salinité des sols et des eaux de surface. L'augmentation de la température étant propice à la prolifération des algues, coquillages et mollusques qui sont des réservoirs environnementaux de certaines bactéries (E. Guevart et al., 2006, p. 285).

Graphique n°3: Evolution mensuelle de la

gastro-entérite et typhoïde dans le bassin versant du Mbanya entre 2019 et 2021



2.2- L'accès aux soins de santé

Pour pallier au manque de formation sanitaire étatique dans le bassin versant du Mbanya, les acteurs privés ont créé de nombreux centres de santé dans le souci de prendre en charge les malades avant d'éventuelles évacuations sanitaires de ceux-ci en cas de besoin, dans les hôpitaux disposant d'un plateau technique préférentiel. Dommage, la plupart des malades souffrant du paludisme ou de la typhoïde optent se soigner à l'indigène ou auprès des vendeurs des médicaments de la rue.

2.3.1- Les centres de santé

Depuis les années soixante-dix, sous l'inspiration de l'OMS et bien après dans les années 1990 sous

l'impulsion de la Banque Mondiale, le Cameroun s'est engagé dans un processus de réforme quasipermanente de son système de santé. La politique actuelle de Réorientation des Soins de Santé Primaire (RSSP), officiellement adoptée en 1992, vise à restructurer le système de santé national à partir du District de santé (.F. Médard, 2001, p. 4.). Dans le District de santé de Déido, l'hôpital de Déido est la principale structure s'implique vivement aui l'amélioration de la santé dans le bassin versant du Mbanya car cet espace ne dispose d'aucune structure sanitaire étatique. Cependant, l'Etat encourage la lutte contre les maladies en octroyant aux particuliers des agréments pour la création des centres de santé privés à but lucratif. On en compte aujourd'hui près de cinquante dans ce bassin versant et ses environs (Carte n°5)



Carte n°5: Les centres de santé du bassin versant du Mbanya et de ses environs

Source: Géolocalisation par GPS Réalisateur: TCHEUNTEU Joël, 2022

Grace à la géolocalisation sur la carte n°5, on voit bien que ces centres de santé sont aussi nombreux au sein du bassin versant qu'à ses environs. Ils ont vocation à administrer les premiers soins et à réorienter les patients vers l'Hôpital de District de Déido considéré comme pôle médical de référence du District de santé de Déido, lequel District intègre ledit bassin versant.

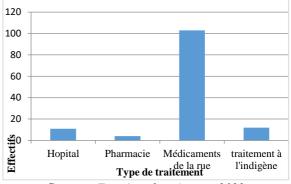
2.3.2- Les médicaments de la rue et le traitement à l'indigène

Dans le bassin versant du Mbanya les centres de santé ne sont pas très sollicités par les personnes souffrant du paludisme et de la typhoïde alors que l'endémicité de ces maladies est considérable. Le faible revenu des populations et le doute sur la compétence du personnel médical en service dans ces sanatoriums incitent de nombreuses personnes malades à se soigner soit

à l'indigène (naturopathie), soit par automédication à l'aide des médicaments de la rue. Elles se ravitaillent quelquefois dans des officines sans s'être fait consultées par un médecin ou infirmier assermenté (Graphique n°4). Cette pratique est pourtant vivement déconseillée par le gouvernement qui préconise le diagnostic médical avant toute forme de soins. Tout traitement aléatoire est un risque pour la vie car est susceptible de favoriser la résistance du germe responsable de la maladie dont souffre le patient.

De façon générale, au Cameroun, les frais d'un carnet et d'une visite médicale auprès d'un médecin assermenté dans un centre de santé étatique s'élève officiellement à 1000 Francs CFA. Seulement, après cette consultation, celuici avant toute prescription médicale ordonne une série de diagnostic ou d'analyses médicales en laboratoire. Pour cela, le malade doit débourser au minimum 10 000 Francs CFA reparti comme suit : VIH = 500 ; selles = 1000, Goutte épaisse 700; Widal + Felix 2450, Examen NFS = 3500; Examen CRP = 2100. Après interprétation de ces différents examens médicaux, le médecin prescrit une ordonnance et peut décider d'interner le malade. Ce qui nécessite davantage des moyens financiers. Déjà habitué au paludisme et la typhoïde, les habitants du bassin versant du Mbanva disent connaitre les symptômes de ses maladies et le traitement approprié. Ils trouvent aberrant d'aller dépenser à l'hôpital alors qu'a priori ils savent de quelle maladie ils souffrent. Pour 60% de personnes, le traitement de la typhoïde est plus efficace à l'indigène qu'à l'hôpital; les médicaments de la rue identiques à ceux des pharmacies en termes de qualité alors que les coûts en pharmacie sont plus élevés.

Graphique n°4: Différents moyens de traitement des maladies hydriques

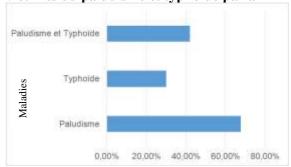


Source: Enquêtes de ménages, 2022

Discussion

Les habitants du bassin versant du Mbanya souffrent du paludisme et de la typhoïde de façon permanente. Ces deux pathologies sévissent toute l'année et causent des décès. Entre 2008 et 2010, l'hôpital de District de Déido a interné 298 cas de malades de Typhoïde dont 7 décès; 963 cas de paludisme avec un décès en provenance du Bassin versant du Mbanya (J. Tcheunteu, 2012). Durant la période 2019-2021, Les enquêtes des ménages montrent que plus de 80% de personnes établies dans le bassin versant du Mbanya souffrent au moins une fois l'an soit du paludisme, soit de la typhoïde. Pour être plus précis, 67,7% de personnes souffrent du paludisme, 30% de la typhoïde et 42% des deux maladies au cours de l'année (**Graphique n°5**)

Graphique n°5: Pourcentage de personnes victimes du paludisme et typhoïde par an



Source: Enquêtes de ménages, 2022

Cette donnée se vérifie à l'hôpital de District de déido où la goutte épaisse (diagnostic du paludisme) et le Widal + Felix (test de la typhoïde) sont positifs à plus de 60% de cas. La moyenne annuelle des hospitalisations dans ce sanatorium est de 327,67 malades pour le paludisme contre 254,67 pour la typhoïde. Ces chiffres ne sont pas très différents de ceux obtenus par Dominique Meva'a, dans une étude menée dans ce bassin versant en 2010, où les résultats obtenus montrent que 66,47% de personnes vivant dans cet espace souffrent régulièrement de ces deux maladies.

Toutefois, l'endémicité du paludisme et de la typhoïde n'est pas spécifique au Bassin versant du Mbanya. A l'échelle de la Région du Littoral, le paludisme est selon le comité régional de lutte contre le paludisme, responsable de 43,23% de consultation médicales, 45,7% de la morbidité des moins de 5 ans et plus de 40,7% de morbidité des plus de 5ans. Douala, la principale ville de cette Région est placée dans la zone de risque « $C \gg^2$ par l'OMS (D. Meva'a et al., 2010). A l'échelle nationale, le paludisme représente sur le plan épidémiologique, 40 à 45% consultations médicales; 30% des hospitalisations et 35 à 40% des décès dans les formations sanitaires (A. Samé Ekobo, 2002, p. 5).

CONCLUSION

L'endémicité du paludisme et de la typhoïde dans le bassin versant du Mbanya est étroitement liée à l'eau. L'usage des eaux de puits à des fins domestiques est l'une des principales causes de la recrudescence de la typhoïde alors que la proximité de l'habitat avec les eaux de surface chargées d'immondices expliquent la récurrence du paludisme dans le bassin versant du Mbanya. Les puits artisanaux sont pour l'essentiel localisés à proximité des fosses d'aisance ou septiques, des poulaillers ou des porcheries et sont susceptibles d'être contaminés par des

bactéries notamment la salmonella typphi germe responsable de la salmonellose ou typhoïde.

Le cours d'eau et drains servent de dépotoirs d'ordures ménagères alors que les mares d'eau stagnantes sont les lieux de déversement des eaux usées et deviennent des gites de développement des anophèles de type Gambiae vecteurs du paludisme.

Les enquêtes de ménages et les données statistiques de l'hôpital de District de Déido justifient bien le caractère endémique de ces deux maladies dans le bassin versant du Mbanya. Plus de 67,7% de personnes sont victimes du paludisme au moins une fois l'an et environ 30% de la salmonellose et 42% de ces deux maladies. L'accès aux soins médicaux appropriés reste marginal. Pourtant de nombreux centres de santé privés sont créés dans cette aire géographique pour pallier au manque de formation sanitaire public. Seulement, le faible revenu journalier ou mensuel des populations incite la majorité des malades à faire recours aux médicaments de la rue ou à se faire soigner à l'indigène. C'est généralement en cas de persistance ou de complication du mal qu'ils sollicitent un pharmacien ou se font consulter dans un hôpital.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASSAKO ASSAKO René Joly, MEVA'A ABOMO Dominique, TCHUIKOUA Louis-Bernard, 2005, « Etude géographique de l'épidémie de choléra à Douala ou la qualité de vie à l'épreuve des pratiques urbaines », édition PUA, 2005, 5 p.

BEAUX Jean-François, 2004, L'environnement, édition Nathan, 160 p.

DODIN André, 1992, « Eau et choléra », Sécheresse, n°4 vol 3, pp. 251-259.

Ehrlich Paul, 1968, The population bomb, édition Ballandine Books, 201 p.

 $^{^2}$ Il s'agit des zones à risque de transmission du plasmodium falcifarum pendant toute l'année.

EMVOUTOU Huguette, 2007, Piézométrie et physicochimie de la nappe phréatique du bassin versant de la rivière Mbanya (Douala-Cameroun), Mémoire de DEA, 61 p.

GUEVART Edouard, NOESKE Juergen, SOLLE Jérémy, MOUANGUE Antoine. 2006, « les déterminants du choléra à Douala », Médecine tropicale, vol. 66, pp : 283-291.

MBAHA Joseph Pascal., OLINGA OLINGA Joseph Magloire, TCHIADEU Gratien, 2013. « Cinquante ans de conquête spatiale à Douala: D'héritage colonial en construction à patrimoine socio-spatial vulnérable aux risques naturels », Actes du Colloque des cinquantenaires, La réunification du Cameroun : Bilans, défis et perspective, FLSH, Université de Douala.

MEDART Jean-François, 2006, Décentralisation du système de santé publique et ressources humaines au Cameroun, IPAD, 2001, 60 p.

MEUTOU Christine Laure, 2011, l'occupation des milieux à risque et statut socio-économique des populations des quartiers Bépanda et Makèpè missoké (Douala), mémoire de DEA, 108 p.

MEVA'A ABOMO Dominique et CHOFOR Zoum, 2010, « Analyse spatial du risqué d'inondation dans le bassin versant du Mbanya à Douala, capital économique du Cameroun », Laboratoire de recherché en géographie (LAREG), université de Douala, NOVOTECH, 10 p.

OLINGA OLINGA Joseph Magloire, 2012, Vulnérabilité des espaces urbains et stratégies locales de développement durable, étude de cas de la ville de Douala (Cameroun), Mémoire de Master de Géographie, Université de Douala, 145p.

OMS, 2002, Rapport de santé dans le monde, 103p.

OMS, 2006, Directive pour le traitement du paludisme, 264 p.

ONU /SIPC, 2005, « Eau et aléas en Afrique guide à l'usage des dirigeants communautaires », collection « éducation », vol.2, n°1, 44 p.

RAGEAU Jean, ADAM Jean-Paul., RIVOLA E., (1953). « Etude préliminaire sur la biologie d'Anophèles GAMBIAE dans les régions forestières du Sud-Cameroun ». Annales de Parasitologie Humaine et Comparée, 28, p. 425-449.

SAME EKOBO Albert, 2002, « Aspects épidémiologique du Paludisme au Cameroun », Journal of the Academy of Science, Vol. 5, 16 p.

TCHEUNTEU SIMO Joël Simplice, 2012, Les déterminants de la pollution des eaux de surface dans le bassin versant du Mbanya, Mémoire de master en Géographie, Université de Douala, 112p.

TCHUIKOUA Louis Bernard, 2010, Gestion des déchets solides ménagers à Douala au Cameroun: Opportunité ou menace pour l'environnement ? Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, 479 p.

TESSIER Stéphane, 1992, « Les maladies de l'enfant liées à l'eau en milieu urbain », cahier santé vol.2 pp: 77-84.



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp. 53-70

www.retssa-ci.com

CARACTERISATION GEOGRAPHIQUE DE LA POLLUTION DE L'EAU DANS LES QUARTIERS DE L'ARRONDISSEMENT DE DOUALA 3E (CAMEROUN)

GEOGRAPHICAL CHARACTERIZATION OF WATER POLLUTION IN THE NEIGHBORHOODS OF THE DOUALA 3RD DISTRICT (CAMEROON)

¹ NSEGBE Antoine de Padoue.

NSEGBE Antoine de Padoue, Caracterisation geographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de douala 3e (Cameroun), Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 53-70, [En ligne] 2021, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:44:09, URL: https://retssaci.com/index.php?page=detail&k=249

Résumé

Douala est la ville la plus peuplée du Cameroun. Sa croissance est à l'origine d'un étalement qui accroit les pressions sur les ressources en eau dont la dégradation se fait à la faveur de processus multiples, dans un contexte où l'assainissement liquide est problématique, autant pour l'évacuation et que le traitement des effluents. Les systèmes d'assainissement de la ville sont en effet très faibles et insuffisants, le mode le plus usité étant individuel et caractérisé par l'utilisation généralisée de latrines souvent creusées jusqu'au niveau des nappes d'eau en affleurement. Ces latrines sont reliées aux cours d'eau et canalisations aménagées, très sollicitées à l'occasion des pluies. Cette situation interroge sur l'exposition et la forte prévalence des maladies liées à l'eau, au moment où la ville fait face depuis février 2022, à la cinquième épidémie de choléra en moins de vingt ans. Si rendre compte de la qualité de l'eau repose très souvent sur une démarche de bioévaluation, que peut apporter l'analyse géographique en matière de caractérisation des pressions exercées sur cette ressource ? Le présent travail met en évidence et caractérise la pollution de l'eau dans les quartiers de Douala 3è. Il s'appuie sur une approche par Système d'Information Géographique et intègre les données issues d'une enquête quantitative effectuée auprès de 2637 ménages. Il s'est ainsi agi d'élaborer un système d'indicateurs de risque et d'état de pollution de l'eau, partant d'une modélisation en deux étapes. La première a porté sur la sélection et la combinaison de facteurs de risque les plus représentatifs. Cette combinaison a permis d'obtenir des critères à partir desquels l'Indice de Risque de Contamination Fécale a été généré. La deuxième a porté sur une hiérarchisation des maladies hydriques. Leur combinaison a permis de définir l'Incidence Conjuguée des Maladies liées à l'Eau. Ce dernier critère associé au premier indice a permis d'obtenir le Taux de Contamination Fécale chez les enfants de moins de 8 ans. L'indice et le taux ainsi obtenus permettent d'établir une corrélation entre les caractéristiques socioéconomiques environnementales, les pratiques d'assainissement et le degré de contamination fécale très variable en fonction des quartiers.

Mots clés : urbanisation, ressource en eau, assainissement, risque, pollution fécale, Douala.

¹ Chargé de Cours, Université de Dschang, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département de Géographie ansegbe2001@gmail.com

Abstract

Douala is the most populated city in Cameroon. Its growth is at the origin of a sprawl which increases the pressures on water resources whose degradation takes place thanks to multiple processes, in a context where liquid sanitation is problematic, as much for the evacuation and the effluent treatment. Sanitation systems in the city are indeed very weak and insufficient, the most common mode being individual and characterized by the generalized use of latrines often dug to the level of outcropping water tables. These latrines are connected to the waterways and developed pipes, which are very busy during the rains. This situation raises questions about the exposure and high prevalence of water-related diseases, at a time when the city has been facing since February 2022, the fifth cholera epidemic in less than twenty years. If reporting on water quality is very often based on a bioassessment approach, what can geographical analysis bring in terms of characterizing the pressures exerted on this resource? This work highlights and characterizes water pollution in the districts of Douala 3. It is based on a Geographic Information System approach and incorporates data from a quantitative survey of 2,637 households. This involved developing a system of water pollution risk and state indicators, based on a two-step model. The first focused on the selection and combination of the most representative risk factors. This combination made it possible to obtain criteria from which the faecal Contamination Risk Index was generated. The second focused on a hierarchy of waterborne diseases. Their combination has made it possible to define the Combined Incidence of Water-related Diseases. This last criterion associated with the first index made it possible to obtain the faecal Contamination Rate in children under 8 years of age. The index and rate thus obtained make it possible to establish a correlation between socio-economic and environmental characteristics, sanitation practices and the degree of faecal contamination, which varies greatly depending on the neighborhood.

Key words: urbanization, water resource, sanitation, risk, fecal pollution, Douala.

INTRODUCTION

Le principal problème de l'urbanisation est la croissance exponentielle de la population urbaine. Ce contexte se traduit aussi par une absence de planification qui induit la bidonvilisation des cités, le difficile accès aux services et équipements de base et la paupérisation des populations. Ces facteurs combinés exposent les ressources naturelles à de fortes pressions, le risque de pénurie d'eau dans le cas d'espèce. Il s'agit d'une préoccupation centrale pour les grandes villes d'Afrique au Sud du Sahara, d'autant plus que sa consommation est aussi en croissance exponentielle. De plus, les modes d'assainissement développés par les populations urbaines affectent en permanence les réserves d'eau disponibles.

L'urbanisation non maîtrisée des villes africaines. avec une défaillance des services de gestion des déchets urbains, génère ainsi des paysages qui deviennent des lieux d'interactions multiples et variées entre santé et environnement (I. Sy et al, 2011, p. 1). Ces interactions sont particulières dans les villes littorales qui sont à la fois d'importants foyers de peuplement et des zones de transfert ou d'ouverture sur l'extérieur. Elles suscitent par conséquent des convoitises, et font l'objet de compétition pour l'accès et le contrôle de leurs multiples richesses. En Afrique, l'urbanisation s'est accélérée, avec des taux qui sont passés de 14 % en 1950 à 40 % en 2018. Un quart des 100 villes du monde dont l'expansion est la plus rapide se trouve en Afrique, où 52 d'entre elles abritent plus d'un million d'habitants (A. Mbade Sène, 2018, p. 15; A de P. Nsegbe, 2019, p. 49). Parmi ces villes, Douala, capitale économique et principale ville du Cameroun fait face à une urbanisation très rapide et démesurée. L'urbanisation y est anarchique et non maitrisée, se confrontant depuis plusieurs décennies aux ressources. Soumis à une forte croissance urbaine dans un contexte de souséquipement services d'assainissement, en l'arrondissement de Douala 3è qui fait l'objet de la présente recherche, n'échappe pas à cette situation. Il singularise par sa taille et son poids démographique, et se caractérise par la propagation de nombreuses pathologies, en particulier celles liées à l'eau. Au rang des indicateurs qui permettent de mieux rendre compte de cette situation, il y a la persistance des contraintes d'assainissement, la recrudescence de l'occupation d'espaces résiduels (Bas-fonds marécageux, anciennes décharges et zones

inondables), ce qui rend l'accès difficile aux équipements et services de base. Cette conjonction de facteurs rend fertile l'exposition des populations des quartiers de l'arrondissement aux risques de pollution de l'eau par contamination fécale.

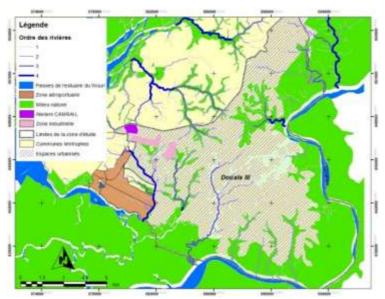
1. OUTILS ET MÉTHODE

1.1. Le cadre de l'étude

Capitale économique du Cameroun et site portuaire situé entre 3°59'0'' et 4°7'30'' de latitude Nord, 9°36'044 et 9°49'30'' de longitude Est, Douala est une ville d'estuaire logée au fond du golfe de Guinée. Il s'agit d'une ville dont le développement urbain est de loin le plus important du Cameroun, avec des surfaces urbanisées estimées en 1983 à 6.500 ha contre 25.700 ha en 2021 (A. de P. Nsegbe, 2021, p. 226). Il en résulte un développement de la ville informelle qui

caractérise l'arrondissement de Douala 3è. Dans cet arrondissement, la conquête de l'espace urbain correspond à une phase de dérégulation profonde engendrée par la crise des années 1990. Cette crise est marquée par l'entrée en scène de nouveaux acteurs spatiaux que sont les promoteurs immobiliers privés ainsi que les migrants (J. M. Olinga Olinga, 2021, p. 11). Ce contexte a exacerbé la spéculation immobilière et foncière au point que l'usage à des fins résidentielles des bas-fonds et des franges impropres à la fonction résidentielle est devenu la norme. Douala 3^è constitue enfin le principal front dessiné par la dynamique urbaine actuelle qui s'est malheureusement accompagnée d'une pas amélioration qualitative du cadre et des conditions de vie des populations (J. M. Olinga Olinga, 2021, p. 13) (Figure n° 1).

Figure n° 1 : Présentation de la ville de Douala



Source des couches de base : CUD, 2018

1.2. Données utilisées

Les données utilisées dans cette étude proviennent d'une enquête quantitative effectuée auprès de 2637 ménages sélectionnés dans l'ensemble des quartiers de l'arrondissement, au prorata du nombre de ménages de chacun d'entre eux. Le choix des ménages à l'intérieur des quartiers s'est fait en tenant compte de leur répartition dans les différents blocs constitutifs, l'objectif étant de prendre en compte leur hétérogénéité. Cette enquête s'est focalisée notamment sur les pratiques d'assainissement des

populations résidentes, les principaux problèmes de santé ressentis par les habitants, la prévalence d'un certain nombre de maladies et les facteurs environnementaux permettant d'appréhender la vulnérabilité aux risques sanitaires des populations de ces quartiers pour la plupart défavorisés. Les informations recueillies auprès des ménages ont ensuite été dépouillées, mises en forme et intégrée dans une table Excel. Cette table a par la suite fait l'objet d'une jointure avec la table attributaire de la couche « quartier » acquise à la Communauté Urbaine de Douala. Ces données issues de l'enquête ménage

Caractérisation géographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de douala 3e (Cameroun) ont été complétées par les données épidémiologiques acquises à la délégation régionale de la santé pour le littoral.

1.3. Les indicateurs de la dégradation de la ressource en eau

La méthode d'évaluation et de cartographie décrite dans la présente recherche repose sur le développement de deux indices : un indice de risque de pollution de l'eau à la base de l'indice synthétique recherché, et un indice d'état de pollution fécale de l'eau. Ce dernier qui sert à constituer une représentation cartographique de la dégradation de la ressource en eau est déterminé à partir de trois cheminements principaux : (1) l'identification du type de dégradation, (2) l'extension sur le terrain du type de dégradation identifié et (3) le degré de dégradation de la ressource (P. Brabant, 2010, p. 15).

1.3.1. Premier indicateur : Le type de dégradation

Si de nombreux types et sous types de dégradation des terres sont répertoriés et standardisés à l'échelle internationale, la dégradation de la ressource en eau n'a pas fait l'objet de la même attention. Relevons tout de même que toutes les formes de dégradation sont induites ou aggravées par les activités humaines. Néanmoins, le Groupe de Travail International pour la définition d'Indicateurs de Qualité des Terres pour Développement Durable des Ressources Naturelles (IQT), la Commission des Nations Unies pour le Développement Durable (UNCSD), la Banque Mondiale et l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE), ont proposé des indicateurs de dégradation de l'eau que nous comparons dans le tableau 1. Comme on peut le voir, certains de ces indicateurs se recoupent, d'autres sont complémentaires. Enfin, ils sont sommaires, dans la mesure où les objets qu'ils visent ne peuvent pas être évalués dans leur totalité. Mais dans l'ensemble, aucun de ces indicateurs n'est opérationnel dans le contexte de l'Afrique.

Tableau 1 : Différents indicateurs de dégradation des eaux

Indicateur de dégradation	Pression	Etat	D.
des eaux			Réponse
OCDE (ressources en eau et eutrophisation	Intensité d'utilisation des ressources en eau. Rejets de N et de P dans les cours d'eau	Fréquence, durée et étendue des périodes de pénurie d'eau DBO/OD, concentration en N et en P dans les eaux intérieures et les eaux marines	Tarification de l'eau et redevances pour l'épuration des eaux usées ; % de la population raccordée à une station d'épuration biologique et/ou chimique des eaux usées; part de marché des détergents sans phosphates
UNCSD	Prélèvements annuels des eaux souterraines et de surface. Consommation domestique per capita	Réserves en eaux souterraines; concentration en coliformes fécaux des eaux douces; demande biologique des cours d'eaux	Taux de traitement des eaux usées; densité des réseaux hydrologiques
Banque Mondiale	Intensité d'utilisation des ressources en eau	Accessibilité pour la population	Adoption de pratiques de conservation de l'eau
IQT (abaissement de la nappe d'eau souterraine et/ou salinisation)	Besoins en eau agricole excèdant la capacité de recharge naturelle des eaux souterraines	Abaissement des nappes phréatiques Echecs culturaux dus aux pénuries en eau ou à la salinisation des sols	Mise en œuvre de pratiques d'irrigation améliorées, mise en œuvre de travaux de restauration des sols ; développement de cultures tolérantes aux sels ; abandon de terres agricoles du fait de leur salinisation ou hydromorphie ; tendances en matière de dépenses pour la maintenance des canaux de distribution

Source: Y. Glémarec et P. Braban, 2006, p. 61

Dans les Etats en Afrique au Sud du Sahara en effet, la gestion des ressources en eau n'est pas adossée sur les mêmes systèmes d'indicateurs que dans les pays occidentaux. C'est la raison pour laquelle deux indicateurs de suivi ont été retenus ainsi que le montre le tableau 2.

Tableau 2 : Indicateurs de dégradation des eaux pour l'arrondissement de Douala 3è

Indicateur de suivi de la	Pression	Etat	Réponse
ressource en eaux			
Pénurie en eau	Intensité d'utilisation de la ressource en eau	Fréquence, durée et étendue des périodes de pénurie d'eau	Adoption de pratiques de conservation de l'eau
Pollution de l'eau	Émissions de rejets polluants	Concentration en polluants	Investissements en services et programmes de réduction des émissions polluantes

Source : Enquête de terrain, 2021

La question de la pénurie est très largement évoquée. La dégradation de la qualité de la ressource conjuguée à la progression de la demande dans les espaces périurbains engendre saisonnièrement des tensions dans l'accès à la ressource (E. Renaud-Hellier, 2006, p. 5). A Douala, malgré la forte pluviosité, phénomènes temporaires mais critiques de pénuries en eau sont fréquent, notamment en saison sèche. Les populations de plusieurs quartiers de l'arrondissement de Douala 3è sont ainsi confrontées à un risque de pénurie récurrente d'eau potable, si elles ne comptent que sur les sources classiques. Même face à la persistance de cette réalité, les données statistiques disponibles ne permettent pas d'envisager une évaluation de la pénurie et de la pollution de l'eau. C'est la raison pour laquelle nous avons procédé au choix de deux indicateurs agrégés et pondérés de remplacement, l'indice de risque de pollution de l'eau et l'indice d'état de pollution par contamination fécale de l'eau.

1.3.2. Deuxième indicateur : l'extension de la dégradation

Après avoir identifié le type de dégradation, il est nécessaire de calculer son extension définie comme « la superficie de terrain soumise à un type ou un sous-type donné de dégradation dans une zone déterminée » (P. Brabant, 2008, p. 25). Il s'agit d'une donnée quantitative alors que le type est une donnée qualitative. Le préalable pour connaître l'extension est évidemment d'identifier d'abord le type et le sous-type de dégradation. L'extension de la dégradation s'exprime en pourcentage de la superficie étudiée (P. Brabant, 2010, p. 16).

La préoccupation ici porte sur la dégradation de l'eau par pollution fécale, dégradation qui n'a pas fait, comme nous l'avons déjà relevé, l'objet de standardisation comme c'est le cas pour la dégradation des terres. De plus, la dégradation des ressources en eau concerne les populations urbaines observées dans les ménages et agrégés à l'échelle du quartier. On est donc d'emblée confronté à un problème d'échelle avec ses conséquences sur la densité des observations (P. Brabant, 2008, p. 25). C'est la raison pour laquelle, restant dans une démarche quantitative, l'extension de la dégradation sera analysée, puis cartographiée à l'échelle du quartier, d'autant plus que les grandes échelles conviennent à de petites superficies ne dépassant pas 100 km². Aucun quartier ici n'approche une telle superficie.

1.3.3. Troisième indicateur : le degré de dégradation

Le degré de dégradation, indicateur qualitatif, est le stade de gravité (ou de sévérité) atteint par un type de dégradation donné dans un quartier déterminé. Prenons par exemple un cas simple : une terre cultivée a perdu, sous l'effet de l'érosion hydrique en nappe, une épaisseur de 1 cm de sa couche arable, dont l'épaisseur était à l'origine de 20 cm. Le degré de dégradation est alors considéré comme « faible ». Par contre, si la couche de terre érodée atteint 15 cm, le degré est alors considéré comme « fort » ou « très fort ». Ce type d'évaluation n'est pas forcément aussi facile pour toutes les formes de dégradation.

Rappelons que le degré de dégradation qualitative est, en contexte urbain, évalué par rapport au cumul de phénomènes polluants, ici Caractérisation géographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de douala 3e (Cameroun)

les rejets fécaux. Il se fonde sur le postulat suivant : plus le degré de dégradation est élevé, plus le risque d'exposition aux maladies liées à l'eau est élevé. Le degré de dégradation peut devenir faible à nul si les pratiques d'assainissement sont conformes aux normes d'hygiène et de gestion des déchets fécaux. L'évaluation du degré de dégradation peut se faire suivant deux méthodes :

La première méthode consiste identifier propriétés les physicochimiques et bactériologiques de l'eau qui sont des marqueurs de son degré de dégradation et qui peuvent avoir un impact négatif pour sa consommation. Ces marqueurs doivent autant que possible être faciles à observer, à mesurer ou à estimer, afin qu'un observateur puisse évaluer aussi objectivement que possible le degré de

- dégradation. L'une des entrées les plus utilisées reste la bio-indication ;
- La seconde méthode considère que la forte prévalence de maladies entériques (S. Verhille, 2013, p. 1) dans la population en général, chez les enfants en particulier, indique que l'eau est dégradée.

1.4. Méthodes mises en œuvre

La méthodologie de modélisation et de cartographie de l'indice de pollution fécale de l'eau est schématisée par la figure n° 2. La première étape de notre démarche consiste à sélectionner les facteurs les plus représentatifs pouvant intervenir dans la modélisation de l'indice de risque de pollution de l'eau et de l'indice d'état de pollution de l'eau. Il s'agit des pratiques d'assainissement liquide caractérisées par le « type de latrines », paramètre à partir duquel un premier critère, « les Risques Fécaux » (RF) a été généré.

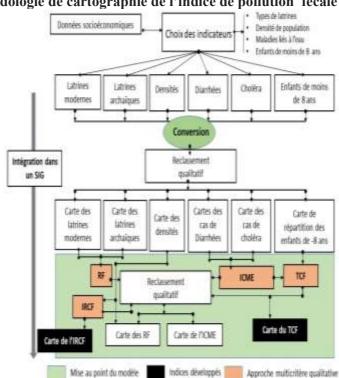


Figure n° 2 : Méthodologie de cartographie de l'indice de pollution fécale de l'eau

Ce critère est le résultat de la combinaison de deux indicateurs pondérés, à savoir les latrines dites modernes caractérisées par un système d'évacuation des toilettes équipé d'un joint hydraulique raccordé à une fosse, et les latrines dites archaïques qui en sont dépourvues.

(Eq. 1)
$$RF = (LAT\ 1\ x\ 0.5) + (LAT\ 2\ x\ 1.5)$$
 Avec:
 $LAT\ 1 = Latrines\ modernes$
 $LAT\ 2 = Latrines\ archaïques$

Le deuxième facteur porte sur les densités de population qui renseignent sur le niveau de promiscuité des quartiers, en partant de l'hypothèse que plus les densités sont fortes plus le risque est élevé. Ainsi, les émissions fécales sont estimées en multipliant le degré de risque de contamination fécale associé aux pratiques sanitaires rencontrées dans les zones pilotes (RF) par la densité de la population, comme suit :

Le deuxième groupe de facteurs a porté sur une hiérarchisation des maladies citées en familles de grands syndromes (I. Sy et al, 2011, p. 4). Ainsi, les problèmes de santé associés aux maladies liées à l'eau, l'hygiène et l'assainissement ont permis de regrouper des pathologies comme la diarrhée, les maladies digestives, les douleurs abdominales et les dermatoses. Le choléra et la

diarrhée ont permis de définir le second critère, l'Incidence Conjuguée des Maladies liées à l'Eau (ICME). Ces maladies ont été identifiées comme étant très liée à la contamination fécale dans la ville. Nous nous sommes intéressés à leur influence conjuguée en les additionnant grâce à l'outil « *Map calculator* » ainsi qu'il suit :

En règle générale, la prévalence à ces maladies est plus forte chez les enfants de moins de 8 ans en l'occurrence. C'est la raison pour laquelle c'est sur cette tranche de la population que se fonde le deuxième indice. Ce critère (ICME)

combiné avec la prévalence des maladies liées à l'eau chez les enfants de moins de 8 ans a permis d'obtenir le deuxième indice, le Taux de Contamination Fécale chez les enfants de moins de 8 ans.

(Eq. 4)
$$TCF = EN-8 \times ICME$$

Avec:
 $TCF = Taux \ de \ contamination fécale \ chez \ les \ enfants \ de \ moins \ de \ 8 \ ans$
 $EN-8 = Enfants \ de \ moins \ de \ 8 \ ans$

L'intérêt de notre démarche réside et s'appuie sur l'apport des données numériques par l'exploitation d'un SIG permettant de spatialiser et caractériser le degré de dégradation de la ressource en eau sur l'ensemble de

l'arrondissement. La méthode employée consiste à intégrer sous forme de couches d'informations dans un SIG, les données collectées dans le cadre de l'enquête quantitative précédemment mentionnée. Chaque variable de la table Caractérisation géographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de douala 3e (Cameroun)

attributaire est convertie en raster, puis reclassées qualitativement sous forme d'un indicateur à intégrer dans le modèle, en fonction de sa contribution au phénomène étudié (P. Dumas, 574). 2010, p. Les nouveaux plans d'informations sont par la suite hiérarchisés, puis combinés par le biais d'une analyse multicritère qualitative grâce à la *calculatrice raster*. Par ses fonctionnalités d'intégration de hétérogènes (en mode vecteur ou « raster ») aux formats distincts, et d'actualisation rapide de celles-ci (P. Dumas, 2010, p. 554), le SIG nous est apparu comme un outil dynamique très intéressant pour croiser l'ensemble de nos données.

2. Résultats

2.1. Qualification et caractérisation du risque de contamination fécale

Les maladies transmises par l'eau et les excréta humains continuent d'être considérées au Cameroun comme un problème de santé publique. La principale source de pollution domestique de l'eau à Douala est la contamination fécale du fait de l'importance de l'usage de latrines très peu améliorées. Les vulnérabilités individuelles s'additionnent au niveau urbain pour déboucher vulnérabilisation de l'ensemble urbain en général qu'il est facile de repérer par la dégradation du bâti la péjoration des conditions d'assainissement (A. de P. Nsegbe, 2019, p. 50). Dans les quartiers de Douala 3^è en effet, les populations les plus démunis se concentrant le plus souvent 1à οù les. conditions environnementales et de logement sont précaires, notamment dans les bas-fonds marécageux, et généralement le long des cours d'eau. Ce contexte est favorable à la pollution, avec la prédominance de l'usage des latrines dites archaïques. 41,93 % de ménages utilisent ainsi des latrines dites modernes contre 58,06 % pour les latrines dites archaïques (Figure n°3).

Tous ces facteurs ont des liens avec la situation environnementale qui offre des conditions propices à la circulation des germes pathogènes dans l'espace urbain par le biais de plusieurs mécanismes. Certains d'entre eux sont associés aux problèmes d'accès à l'eau potable, d'autres à l'évacuation des déchets, aux conditions d'habitat ainsi au'aux niveaux socioéconomiques. Il existe ainsi une relation significative entre la prévalence diarrhéique et les types de latrines utilisées.

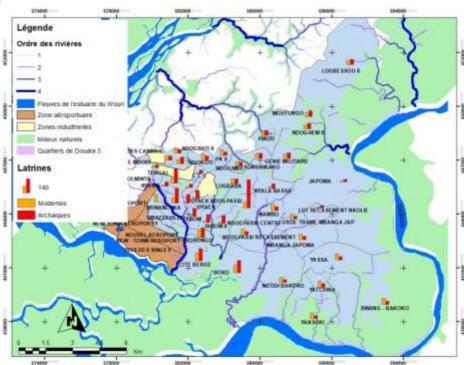


Figure n° 3 : Prédominance de l'usage des latrines dites archaïques dans l'arrondissement de Douala 3è

Source: Enquête de terrain, 2012 et mises à jour, 2021

La prédominance de telles infrastructures d'assainissement pose le problème plus global d'absence d'équipements modernes d'assainissement liquide. Il s'agit ici de la gestion des boues et matières fécales, principales sources de bactéries pathogènes dans les eaux. Ces boues semblent constituer des centres majeurs de diffusion des maladies hydriques telles que les diarrhées, la typhoïde et le choléra. Ainsi le contenu fécal de ces latrines est directement déversé dans les cours d'eau à l'occasion de fortes averses. Certaines de ces

latrines sont directement aménagées sur les cours d'eaux (Planche photographique n°1).

Par endroits, la présence d'une nappe d'eau subaffleurante et la faible perméabilité des sols argilo-sableux rend ces derniers inaptes à l'épuration comme à l'élimination des eaux usées (A. de P. Nsegbe, 2019, p.52). Il s'agit aussi de quartiers en proie aux inondations qui sont des aléas consécutifs à de fortes averses occasionnant la montée des eaux, vecteur non négligeable de dissémination des germes bactériens.

Planche photographique 1 : Diversités des méthodes d'évacuation des déchets fécaux dans les quartiers de Douala 3è



Crédits photographie, Nsegbe, 2011, 2020 et 2021

Les déchets déversés dans les cours d'eau sont essentiellement composés de boues et matières fécales à travers différents mécanismes. Dans les quartiers précaires, les populations s'installent généralement aux abords des cours d'eau. Dans ces zones fortement eutrophisées, les latrines sont construites en matériaux de récupération aux abords de ces habitations (a) ou directement sur le plan d'eau (b). Certaines des fosses d'aisance sont reliées aux cours d'eau par des émissaires (c). En l'absence d'une station d'épuration des eaux dans la ville de Douala, contre trois pour Yaoundé, une déposante des boues et matières fécale est aménagée au quartier Bois des Singes. fut construite en 2003. Cette infrastructure obsolète reçoit en moyenne une trentaine de camions de vidange qui déversent tous les jours leur contenu sur ce site (d).

2.2. Le risque de contamination fécale exacerbé par les fortes densités de population

Le niveau de promiscuité des quartiers de l'arrondissement est un indicateur de la précarité de ces espaces. Cette promiscuité se traduit par les fortes densités de population. Nous partons donc de l'hypothèse que dans ces quartiers où l'usage de latrines archaïques domine, plus les densités sont fortes, plus le risque de pollution fécale est élevé.

L'élaboration de l'Indice de Risque de Contamination Fécale (IRCF) a ainsi reposé sur l'utilisation de deux variables. La population qui constitue l'élément exposé pour lequel il a fallu supprimer l'influence de la dimension des quartiers, en la caractérisant à travers sa densité repartie en quatre classes. Chacune de ces classes

renseigne sur le degré de dégradation par contamination fécale de l'eau. Bien souvent, l'absence de nomenclature fait du degré de dégradation l'opération la plus difficile de toutes celles qui sont mises en œuvre pour caractériser un état de dégradation (P. Brabant, 2010, p.21). Il s'agit donc d'une opération plus facile à décrire qu'à quantifier. Le degré de dégradation peut par ailleurs varier graduellement d'un niveau très faible à un niveau très fort. Quatre classes sont établies et appliquées à une notation entre 1 et 4, la valeur la plus faible (densité inférieures à 25 habitants/km²) signifiant une influence faible et la valeur la plus élevée (densités supérieures à 350 habitants/km²) une influence très élevée (Tableau n°3).

Tableau n°3 : Valeurs de notation retenues pour les densités

Classes de référence	Valeurs des densités	Qualification de l'impact de la densité
1	< 25	Faible à très faible
2	25 – 150	Relativement faible
3	150 - 350	Relativement élevée
4	>350	Élevée à très élevée

Le risque de contamination fécale (deuxième variable) associe aux pratiques sanitaires s'est appuyé sur la prédominance de latrines archaïques dans les différents quartiers de

l'arrondissement suivant le même principe, à savoir que le risque de contamination s'accroit avec la prédominance de latrines archaïques

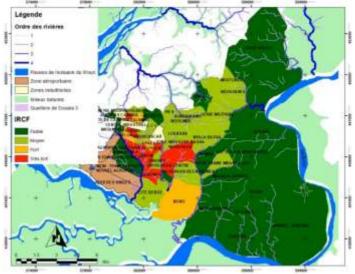
et/ou d'un système d'assainissement pouvant être qualifié comme tel (Tableau n°4).

Tableau n°4 : Qualification du risque de contamination fécale

Équipements sanitaires	Classes de référence	Qualification du risque
Fosse septique (latrines modernes)	1	Faible
Latrines proches d'un puits d'eau	2	Moyen
Latrine avec système d'évacuation vers un plan d'eau	3	Fort
Latrine sur plan d'eau	4	Très fort

Le résultat de la figure 4 permet ainsi d'identifier quatre niveaux de risques :

Figure n°4 : Indice de risque de contamination fécale de l'eau dans les quartiers de Douala 3è



Source: Enquête de terrain, 2012 et mises à jour, 2021

- *Un risque faible de contamination fécale* qui caractérise les nouveaux quartiers planifiés qui se sont développés à l'Est de l'arrondissement. Il s'agit de quartiers lotis (Bwang-Bakoko, Yansoki. Mbanga-Bakoko, Logbessou), dotés de logements sociaux (Yassa et Mbanga-Bakoko) et dont certains font l'objet de promotion immobilière (Japoma, Mbanga-Bakoko). Ces quartiers sont dans l'ensemble dotés d'équipements d'assainissement modernes avec un système de gestion des matières fécales conventionnel: utilisation d'une fosse septique et d'un puisard, vidange à
- l'occasion par des sociétés agréés, réseau d'égouts ;
- Un risque moyen à fort caractérise les quartiers péricentraux l'arrondissement. Il s'agit de quartiers populaires et très densément peuplés dont l'occupation est mixte (planifiée et spontanée), et dans lesquels les pratiques d'assainissement sont à la fois modernes et archaïques. Dans les quartiers soumis risque moyen, le risque dégradation de l'eau par contamination fécale est atténué par l'existence de d'habitation bâtiments modernes équipés d'un dispositif d'assainissement

Caractérisation géographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de douala 3e (Cameroun)

moderne. Pour le cas des quartiers exposés à un risque fort (Mboko, Oyack, Nylon et Ndog-simbi), on observe des pratiques d'hygiène empruntées du milieu rural et reproduites en ville: activité d'élevage porcin liée l'assainissement, usage des espaces de vie comme dépotoirs des déchets. Ces quartiers sont dans l'ensemble bâtis dans des bas-fonds marécageux, vallées inondables et offrent, à travers le réseau hydrographique très dense. possibilités d'évacuation importantes des excrétas, dans un contexte où ces eaux sont aussi utilisées pour des usages domestiques et la baignade, notamment des enfants:

• Le risque très fort caractérise les quartiers Ndog-passi, Dibom 1 et 2, Cité Berge, Bobongo et Oyack. Ils présentent tous les mêmes caractéristiques: quartiers spontanés, développés dans des espaces résiduels sur et/ou autour d'une mangrove, très fortes densités humaines, espace à la fois milieu de vie et dépotoir, inondations permanentes, promiscuité ambiante, prédominance de latrines archaïques...

2.3. Une contamination fécale qui se traduit par la prévalence des maladies liées à l'eau

Le taux d'incidence des maladies hydriques, notamment des diarrhées et du choléra est étroitement associé à la contamination fécale de l'eau. A Douala, les données censées être centralisées par la Délégation régionale de la santé pour le Littoral n'existent que très partiellement. Nous nous sommes à cet effet fié aux données issues de l'enquête quantitative effectuée auprès des ménages, l'objectif étant, entre autres, d'identifier les maladies les plus fréquentes. Les maladies ainsi identifiées ont été classées en familles de grands syndromes (Gagneux et Schneider, 1997 cités par I. Sy et al, 2011, p. 4). Ainsi, les problèmes de santé associés au paludisme, aux fièvres et à la grippe ont été réunis dans le « syndrome paludisme » et ceux liés à l'eau, l'hygiène et l'assainissement dans le «complexe EHA» regroupant des pathologies comme la diarrhée, les maladies digestives, les douleurs abdominales et les dermatoses.

Cette enquête a révélé la prédominance de cinq maladies. Il s'agit par ordre d'importance du paludisme (45,59 %), de la typhoïde (19,47 %), du choléra (15,15 %), des maladies de la peau (10,03 %) et des diarrhées (9,75 %). Le résultat de la figure n° 5 permet ainsi d'observer que cette incidence est plus forte dans la partie Sud-ouest de l'arrondissement, en l'occurrence dans les quartiers Mboko et Cité Berge. L'incidence est faible à nulle dans l'ensemble de la partie Est. Le secteur Est de l'arrondissement se caractérise par le développement de nouveaux quartiers lotis, de zones pavillonnaires ainsi que de faisant l'obiet de promotions immobilières. Par ailleurs, Les données collectées par les centres de prise en charge lors des épidémies de choléra de 2004, 2010, 2012 et 2022, ainsi que celles collectées dans le cadre de l'enquête ménage de 2015 et 2021 montrent que le taux d'incidence des diarrhées et du Choléra chez les enfants de moins de 8 ans est plus élevé.

Light and Committee to Winds

| Committee of Dougle 5 | Committee of Dougle 5

Figure n°5: Incidence conjuguée des Diarrhées et du Choléra dans les quartiers de Douala 3è

Source : Enquête de terrain, 2012 et mises à jour, 2021

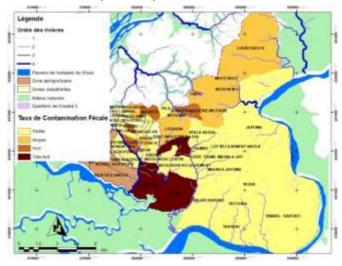
Ces deux maladies permettent donc une meilleure analyse spatiale de la contamination fécale dans l'arrondissement ainsi que le montre le résultat de la figure 6, qui permet d'identifier quatre niveaux de risques:

Un taux de contamination fécale faible dans les nouveaux quartiers planifiés à l'Est de l'arrondissement. Il s'agit de quartiers lotis (Bwang-Bakoko, Yansoki, Mbanga-Bakoko), dotés de logements sociaux (Yassa et Mbanga-Bakoko) et dont certains font l'objet de promotion immobilière (Japoma, Mbanga-Bakoko). Ces quartiers sont dans l'ensemble dotés d'équipements d'assainissement modernes avec un système gestion des matières fécales conventionnel: utilisation d'une fosse septique et d'un puisard, vidange à l'occasion par des sociétés agréés. L'assainissement repose sur un système d'égouts quoi que mal entretenu. Il s'agit aussi de vieux quartiers situés au centre (Nyalla, Kambo, Ndogpassi Centre et

- Recasement) et à l'Ouest de l'arrondissement (autour de la zone aéroportuaire). Ces quartiers se caractérisent par un poids faible de la population des moins de 8 ans. Il s'agit aussi de quartiers peu touchés par les épidémies de choléra.;
- *Un taux de contamination fécale moyen* dans les quartiers récemment intégrés dans l'espace urbain (Logbessou, Moutongo, Ndoghem, Pindo, Logbaba, Gêne Militaire) qui forment un corridor orienté Nord-Nord-Est. Ici, l'occupation est mixte (planifiée et spontanée). Les pratiques d'assainissement sont à la fois modernes et archaïques. La dégradation de l'eau par contamination fécale est atténuée par l'existence de bâtiments d'habitation à la fois modernes. équipés d'un dispositif d'assainissement moderne, mais aussi archaïques comme c'est encore le cas dans les anciens villages intégrés dans la ville (Logbessou par exemple).

Figure n°6 : Indice d'état de contamination fécale de l'eau dans les quartiers de Douala 3è

Caractérisation géographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de douala 3e (Cameroun)



Source : Enquête de terrain, 2012 et mises à jour, 2021

Un taux de contamination fécale fort à très fort. Ces taux sont caractéristiques quartiers où on prédominance de l'usage des latrines archaïques, une forte proportion d'enfants de moins de 8 ans ainsi que de nombreux cas déclarés durant les différentes épidémies de choléra. En les pratiques d'hygiène empruntées milieu du rural sont reproduites en ville. l'élevage porcin est lié aux modes d'assainissement qui sont pourvoyeurs d'aliments pour les bêtes. Les quartiers sont à la fois espaces de vie dépotoirs. Ces quartiers spontanés et se sont développés dans des résiduelles (bas-fonds zones marécageux, espaces à mangrove colonisés). Les cas les plus préoccupants concernent les quartiers Cité Berge et Mboko qui se sont développés au contact de la mangrove de l'estuaire du Wouri, près de la zone aéroportuaire. Ces quartiers se caractérisent enfin par des densités fortes et une forte promiscuité, autant de caractéristiques qui ont rendu sinistrigènes ces quartiers durant les différentes épidémies.

3. Discussion

Le développement urbain dans les villes d'Afrique noire induit l'accroissement des besoins en eau dont l'accès continu de préoccuper, tant du point de vue de sa qualité que de sa quantité. En effet, la pollution de l'eau tend à se généraliser dans les villes d'Afrique noire en particulier, et continue d'être une grande préoccupation dans les quartiers qui font face aux mauvaises conditions d'hygiène et à des contraintes d'accès à l'eau potable. Pourtant, l'eau potable est considérée comme une composante essentielle de l'hygiène individuelle et collective étroitement associée à la question de l'assainissement (E. Dorier-Apprill, 1993, p. 130). De ce fait, son influence sur la santé est indéniable surtout dans les milieux où les taux de branchement sont faibles et où les quantités disponibles donnent lieu à des pratiques qui détériorent la qualité de l'eau par l'introduction de pathogènes (R. Willis et al., 2011b, p. 9). L'articulation entre les données socioenvironnementales, microbiologiques épidémiologiques offre une lecture intelligible liens des forts entre sources d'approvisionnement, degré de contamination de l'eau et niveau de la morbidité diarrhéique (I. Sy, 2015, p. 14).

Pour caractériser le risque de contamination fécale en effet, les données ont été collectées à partir d'une enquête quantitative effectuée dans l'ensemble des quartiers auprès de 2637 ménages. Cette enquête s'est focalisée sur les pratiques d'assainissement des populations résidentes, les principaux problèmes de santé ressentis par les habitants, la prévalence des maladies hydriques et les environnementaux permettant d'appréhender la vulnérabilité aux risques sanitaires. Cette enquête a révélé que la principale source de pollution domestique de l'eau à Douala 3^è est la contamination fécale du fait de l'importance de l'usage de latrines très peu améliorées. En effet, les populations les plus démunis se concentrant souvent là où les conditions environnementales et de logement sont précaires, notamment dans les bas-fonds marécageux, et généralement le long des cours d'eau. Une telle situation de conjoncture conduit par conséquent à des comportements et pratiques susceptibles d'altérer la qualité de l'eau avec un risque accru de contamination. Ce constat corrobore ceux de J. Bartram et S. Cairncross (2010, p. 3) et P. Hunter et al. (2010, p. 2). Ce contexte est favorable à la pollution, avec une prédominance de l'usage des latrines dites archaïques. Une corrélation est ainsi établie entre ces facteurs et la situation environnementale qui offre des conditions propices à la circulation des germes pathogènes dans l'espace urbain, relation que I. Sy (2015, p. 167)) qualifie de relation complexe. La situation est particulière dans les quartiers à forte densité, facteur qui constitue un indicateur de promiscuité. Ce dernier a servi à l'élaboration de l'Indice de Risque de Contamination Fécale dans les différents quartiers. La contamination fécale se traduit généralement par la forte prévalence des maladies liées à l'eau, notamment les diarrhées et le choléra particulièrement fréquents chez les enfants. C'est sur cette base que le Taux de Contamination Fécale a été généré.

La présente contribution est adossée sur une approche globale des problèmes de santé perçus à l'aune des maladies liées à l'eau, ainsi que des pratiques d'assainissement considérés comme facteurs d'exposition. Les indices obtenus montrent que les risques sanitaires sont plus importants dans les quartiers les plus insalubres et dépourvus de services d'assainissement. Les problèmes de santé perçus ainsi que la fréquence et la distribution des maladies ciblées fournissent aussi des informations assez précises et claires sur l'impact de l'assainissement sur la prévalence des pathologies hygiéniques. Ces résultats dressent ainsi un état des lieux des conditions de vie dans les quartiers précaires de l'arrondissement et mettent en lumière les contraintes d'assainissement dans les villes d'Afrique noire.

Néanmoins, si l'assainissement est un facteur déterminant des processus de détérioration de la qualité de l'eau, il est important de rappeler que détérioration de l'eau n'est exclusivement liée à la pollution fécale. En effet, quartiers ménages des faiblement approvisionnés en eau pratiquent le stockage de l'eau de boisson. Ainsi et comme le montrent I. Sy et al. (2010, p. 14), les manipulations de l'eau à domicile ou lors de son transport détériorent sa qualité et aggravent les risques de contamination. Du point de vue de la démarche, le cheminement adopté est particulier, certains aspects du processus ayant emprunté des outils mobilisés pour l'analyse de phénomènes purement physiques: inondations, mouvements de masses, dégradation des terres, etc. De plus, la qualité de l'eau est généralement abordée à partir d'une entrée par la bio indication, d'autant plus qu'elle permet de mettre en lumière la dégradation de la ressource au travers d'indicateurs physicochimiques et bactériologiques. Dans ce cadre, la dégradation qualitative de la ressource en eau est abordée à partir de sa susceptibilité à subir une contamination fécale. Cette susceptibilité se traduit dans les faits par la qualité microbienne de l'eau, qualité observée, non plus à l'aune des paramètres physico-chiques et bactériologiques, mais à travers la prévalence des maladies entériques considérées comme l'une des principales causes de consultations. Ce choix Caractérisation géographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de douala 3e (Cameroun)

cadre avec celui de *S. Verhille* (2013, p. 1). Une telle option n'était pas gagnée à l'avance, dans la mesure où l'absence d'une norme standardisée comme c'est le cas pour certains outils n'était pas disponible. Cette difficulté a été palliée par le développement d'indices qui prennent en compte les pratiques d'assainissement et les impacts sanitaires observés dans la population.

CONCLUSION

L'analyse des processus d'urbanisation à Douala 3è offre une grille de lecture intéressante des interactions entre environnement urbain, pratiques sociales et santé. Ces interactions permettent de mettre en lumière les risques sanitaires liés à la dégradation fécale de la ressource en eau en lien avec d'une part l'assainissement et, d'autre part, le développement de pathologies liées à l'eau.

données utilisées dans cette étude proviennent d'une enquête quantitative. Ces données recueillies ont ensuite été dépouillées, mises en forme et intégrée dans une base de données. La méthodologie de modélisation s'est faite en deux étapes. La première qui a porté sur la sélection des facteurs de risque les plus représentatifs a permis de générer un premier critère (Risques fécaux). Ce dernier a été combiné avec les densités de populations pour générer l'Indice de Risque de Contamination Fécale. La deuxième étape a porté sur une hiérarchisation des maladies citées en familles de grands syndromes. Leur combinaison a permis de définir le second critère, l'Incidence Conjuguée des Maladies liées à l'Eau. Ce dernier critère combiné avec l'incidence conjuguée des maladies a permis d'obtenir le Taux de Contamination Fécale chez les enfants de moins de 8 ans. Cette mise en évidence du poids déterminant des pratiques d'assainissement et des conditions environnementales a permis comme cela était envisagé, de développer les deux indices. La cartographie de ces deux indices montre la prédominance de ménages pauvres essentiellement établis dans les quartiers précaires, spontanés et insalubres qui se développent dans des espaces résiduels (anciennes décharges, bas-fonds marécageux). Le principal mode d'assainissement dans ces quartiers repose sur l'usage quasi généralisé de latrines peu améliorées. Dans ces quartiers, l'importance des maladies liées à l'eau montre par ailleurs qu'ils présentent des conditions écologiques favorables à leur développement. Enfin, la détection des agents entéro pathogènes connus susceptibles de contaminer les réseaux d'eau potable se fait généralement par la bio indication. La particularité de la démarche dans ce cadre réside dans le fait que la question de la dégradation qualitative de l'eau est abordée à partir de sa susceptibilité à subir une contamination fécale, partant de l'équipement des quartiers et des pratiques d'assainissement, mais surtout du constat de la présence fréquente et endémique de maladies hydriques dans la population. D'ailleurs, l'arrondissement fait depuis quelques semaines face à une épidémie de Choléra. De plus, le cheminement adopté, très orienté vers l'analyse de phénomènes physiques, souffre d'une absence de standardisation pour ce qui concerne les phénomènes humains. Les deux indices proposés semblent donc ouvrir la voie à une réflexion plus profonde dont l'amorce est balisée par la présente contribution.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdourahmane Mbade Sene, 2018, «L'urbanisation de l'Afrique: davantage de bidonvilles ou des villes intelligentes? », *Population & Avenir*, 2018/4 (n° 739), p. 14-16. DOI: 10.3917/popav.739.0014. URL: https://www.cairn.info/revue-population-et-avenir-2018-4-page-14.htm

Assako Assako René Joly, 2001, « Formulation et validation d'une hypothèse de pollution de l'eau de surface : le cas du lac municipal de Yaoundé », *Déchets, Sciences et Techniques.* N°23, p. 35-38. Dorier-Apprill Elisabeth, 1993, *Environnement et santé à Brazzaville, de*

l'écologie à la géographie sociale. Thèse de Géographie, Université de Paris 10, 668 p. Bartram Janny, Cairncross Sandy, 2010, « Hygiene, sanitation, and water: forgotten foundations of health », *PLoS Medecine*, November, Volume 7, Issue 11, 9 p.

Brabant Pierre, 2008, Activités humaines et dégradation des terres Indicateurs et Indicateurs et indicateurs, Paris, IRD, 369 p.
Brabant Pierre, 2010, Une méthode d'évaluation et de cartographie de la dégradation des terres. Proposition de directives normalisées. Les dossiers thématiques du CSFD. N°8. Août 2010. CSFD/Agropolis International, Montpellier,

BUreau Central de REcensement de la Population (BUCREP), 2010, Rapport de synthèse des résultats du troisième Recensement de la Population et de l'Habitat (RGPH), Yaoundé-Cameroun, 67 p.

France. 52 p.

Emmanuelle Renaud-Hellier, 2006, « Gestions de l'eau et du développement urbain dans l'espace dijonnais : quels modes d'intégration territoriale ? », Revue Géographique de l'Est, vol. 46 / 1-2 | 2006, mis en ligne le 18 décembre 2009, consulté le 16 février 2021. URL : http://journals.openedition.org/rge/1274; DOI: https://doi.org/10.4000/rge.1274

Glémarec Yannick, Braban Pierre. (Ed.), 2006, Indicateurs environnementaux en zone tropicale: Application à la dégradation des forêts, des eaux et des sols dans la province de Thaï Nguyen au Viet Nam. Une recherche menée dans le cadre du projet STD3 - CT94-0310 de l'Union Européenne (DG XII) et coordonnée par l'Institut de Recherche pour le Développement, France, 216 p.

Hunter Paul, MacDonald Alan, Carter Richard, 2010, « Water supply and health », *PLoS Medecine*, November, Volume 7, Issue 11, 9 p.

Koita Mouhamadou, Ould Hadj, Lô Baidy et Cissé Gueladio, 2004, Fréquence et distribution des maladies dans les zones ciblées: Hay Saken, Médina III et Kebba Recasée. Rapport de recherche NCCR-NS, INRSP et Université de Nouakchott (Mauritanie), 22p.

2019. Nsegbe Antoine de Padoue. « Vulnérabilité sanitaire dans les espaces urbains défavorisés et à forte croissance à Douala (Cameroun): analyse des conditions d'exposition et de développement du choléra dans les quartiers de l'arrondissement de $4^{\text{ème}}$ ». $\eta k \dot{a}$ Douala Lumière, interdisciplinaire de la Faculté des lettres et sciences humaines de l'Université de Dschang, N°20, PP. 47-70

Nsegbe Antoine de Padoue, 2012, Analyse géographique des pressions environnementales résultant de l'urbanisation du littoral camerounais. Thèse de doctorat (Ph.D), Université de Yaoundé I, 391 p.

Olinga Olinga Joseph Magloire, 2021, Renforcer la résilience urbaine par une approche intégrée de gestion du risque d'inondation : cas du bassin versant du Tongo Bassa (Cameroun), Thèse de Doctorat (Ph.D), Université de Douala, 341 p.

Pascal Dumas, 2010, « Méthodologie de cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion appliquée à la région de Dumbéa à Païta - Bouloupari (Nouvelle-Calédonie) », Les Cahiers d'Outre-Mer, 252 | Octobre-Décembre 2010, mis en ligne le 01 octobre 2013, consulté le 19 avril 2021. URL: http://journals.openedition.org/com/6123; DOI: 10.4000/com.6123

Sy Ibrahima, Koita Mouhamadou, Traoré Doulo, Keita Moussa, Lo Baidy, Tanner Marcel et Cissé Guéladio. 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 -, Volume 11 Numéro 2 | septembre 2011, mis en ligne le 18 septembre 2011, consulté le 21 mars 2022.

Caractérisation géographique de la pollution de l'eau dans les quartiers de l'arrondissement de douala 3e (Cameroun)

URL:

Http://journals.openedition.org/vertigo/111 74;

https://doi.org/10.4000/vertigo.11174

Sy Ibrahima, Traoré Doulo, Koné Brama, Niang Diène Aminata, Lô Baidy, Faye Ousmane, Utzinger Jürg, Cissé Guéladio et Tanner Marcel, 2015, « Qualités de l'eau et santé en contexte urbain sahélien et semiaride **Dynamiques** environnementales [En ligne], 36 | 2015, mis en ligne le 01 juillet 2016, consulté le 10 décembre 2020. http://journals.openedition.org/dynenviron/ 1035 DOI

https://doi.org/10.4000/dynenviron.1035

Verhille Sophie, 2013, Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable: interpréter les résultats laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique. Centre Collaboration National Santé Environnementale, Rapport, 13 p.

Willis Rachelle. Rodney Stewart. Panuwatwanich Kriengsak, Williams Phillip, Anna Hollingsworth, 2011b, « Quantifying the influence of environmental water conservation attitudes on household end use water consumption », Journal of Environmental Management, 92,

2009,doi:10.1016/j.jenvman.2011.03.023.



Vol. 5, No. 9, Juin. 2021, pp. 71-91

www.retssa-ci.com

POLLUTION ET RISQUES SANITAIRES AU BORD DES MANGROVES DE LA RIVIÈRE IGOUMIÉ À ALÉNAKIRI DANS LA COMMUNE D'OWENDO

POLLUTION AND HEALTH RISKS ON THE MANGROVES OF THE IGOUMIE RIVER AT ALENAKIRI IN OWENDO

¹ NDONGHAN IYANGUI Nadine Nicole, ² OGANDAGA REBELLAH Ludmilla, ³ NGUEMA Charles Tede Wadoud Florentin, ⁴ DJEKI Jules, ⁵ MOMBO Jean Bernard.

- ¹ Maître-assistante CAMES, Géographie de la Santé, Département de Géographie / LAGRAC, Université Omar Bongo, Libreville (Gabon), Email: n_iyangui@yahoo.fr
- ² Chercheur associé, LAGRAC, Université Omar Bongo, Libreville (Gabon) Email : ludmillaogandagarebellah@gmail.com
- ³ Chercheur associé, LAGRAC, Université Omar Bongo, Libreville (Gabon), Email : nguema.florentin@gmail.com
- ⁴ Maitre de conférences CAMES, Géographie Urbaine, Département de Géographie / LAGRAC, Université Omar Bongo, Libreville (Gabon), Email: jules.djeki@gmail.com
- ⁵ Professeur Titulaire CAMES, Géographie Physique et Environnementale, Département de Géographie / LAGRAC, Université Omar Bongo, Libreville (Gabon), Email: jb.mombo@yahoo.fr

NDONGHAN IYANGUI Nadine Nicole, OGANDAGA REBELLAH Ludmilla, NGUEMA Charles Tede Wadoud Florentin, DJEKI Jules et MOMBO Jean Bernard, Pollution et risques sanitaires au bord des mangroves de la rivière Igoumié à Alénakiri dans la commune d'Owendo, Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 71-91, ,[En ligne] 2022, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:43:31, URL: https://retssa-ci.com/index.php?page=detail&k=250

Résumé

L'objectif visé est d'examiner les potentiels risques sanitaires auxquels sont exposées les populations installées le long des mangroves du cours moven de l'Igoumié à Alénakiri dans la commune d'Owendo, au sud de Libreville au Gabon. Ainsi, une collecte des coordonnées géographiques des sources de pollution, de quelques échantillons d'eau et la réalisation d'entrevues à partir d'une fiche d'enquête y ont été menées en mars 2021. Les informations collectées ont été traitées et analysées dans MS Excel et ArcGis. Elles ont permis d'identifier différentes sources de pollution dont 75,4% liées au mode de vie des populations, 15,8% aux activités d'élevage et de pêche et 8,8% aux activités industrielles. Ont été déduits les risques sanitaires biologique. potentiels toxicologique, électromagnétique et physique avec leurs zones d'accumulation du risque. De nombreux ménages y résident et seraient exposés à différentes pathologies allant de simples fièvres à divers cancers, en passant par les dermatoses, les infections des plaies, les affections gastrointestinales ou respiratoires ou encore la fièvre typhoïde. En grande partie, ces résultats s'expliquent par l'absence d'application des

textes réglementaires en matière d'aménagement en particulier. Le lotissement de cette zone, une réflexion sur la relocalisation des populations situées dans les zones d'accumulation du risque lié aux activités industrielles, une plus grande rigueur dans l'application des textes de loi et règlements de la gestion urbaine et de la gouvernance environnementale aideraient à réduire les risques sanitaires. Enfin, l'évaluation des polluants potentiels identifiés aiderait à la prise de décision.

Mots clés: Pollution, Risque sanitaire, Zone d'accumulation du risque, Mangrove, Alénakiri, Owendo, Gabon.

Abstract

The aim is to examine potential health risks to which the populations living along the banks of the middle course of the Igoumie in the Alenakiri area in the city of Owendo, south of Libreville in Gabon, are exposed. Thus, a systematic collection of GPS points of pollution sources, and some water samples and the realization of interviews based on a survey guide were carried out there in March 2021. The information collected was processed and analyzed in MS Excel and ArcGis. They made it possible to identify various sources of pollution: 75.4% of which are linked to the way of life of populations, 15.8% to livestock and fishing activities and 8.8% to industrial activities. The potential biological, toxicological, electromagnetic and physical health risks with their areas of risk accumulation have been deduced. households are found there and would be exposed to various pathologies ranging from simple fevers, to various cancers, through dermatological problems, wound infections, gastrointestinal or respiratory pathologies or even typhoid fever. To a large extent, these results are explained by the lack of application of regulatory texts in terms of planning in particular. The subdivision of this area, a thought on the relocation of populations located in areas of accumulation of risk linked to industrial activities, greater rigor in the application of laws and regulations of urban management and environmental governance would help reduce health risks. Finally, the evaluation of the identified potential pollutants would help in decision making.

Keywords: Pollution, Health Risk, Area of Risk Accumulation, Mangrove, Alenakiri, Owendo, Gabon.

INTRODUCTION

Les écosystèmes de mangroves sont reconnus comme disposant d'une véritable capacité de séquestration du carbone (D. Donato et al., 2011, p. 294; A. I. Akendengué et al., 2021, p.174). Cela en fait un véritable enjeu de conservation dans le contexte des changements climatiques, et justifie de nombreux travaux relatifs aux mangroves péri-urbaines. Or, sur ces rives de zones humides à mangroves et à priori non aedificandi, les populations s'y installent de plus plus, dans une situation d'explosion démographique incontrôlée et d'étalement urbain anarchique. Ainsi, ces écosystèmes se retrouvent dégradés (coupes et déchets divers) et menacés de déforestation (M. Okanga-Guay et al., 2019, p. 4). En outre, au Gabon, les populations y sont parfois installées à proximité des infrastructures classées l'environnement (ICPE) dangereuses et/ou polluantes (Décret 000543/PR/MEFEPEPN du 15 juillet 2005, fixant le régime juridique des installations classées, Article 2). Or, la concentration de ce type de sources de pollution interpelle et rend nécessaire de s'intéresser non seulement à ces pollutions, mais également aux risques sanitaires auxquels les populations sont exposées au quotidien. C'est le cas à Alénakiri, dans la commune d'Owendo, au sud de Libreville, où une centrale thermique à gaz, avec son gazoduc, jouxte une décharge municipale non contrôlée au bord des mangroves de la rivière Igoumié. L'intérêt d'un tel examen est ici d'alerter les décideurs sur les risques liés à la proximité de ces sources polluantes et, également, de produire des informations d'aide à

la décision pour le Ministère de l'environnement et aussi celles d'aide à la sensibilisation pour les associations et ONG.

En effet, bien que la loi reconnaisse la décharge municipale, la centrale thermique, le gazoduc et la ligne haute tension comme des ICPE, une grande existe entre proximité très infrastructures et les populations à Alénakiri. Même si, officiellement, il n'existe pas encore de décret délimitant les aires de sécurité de ces ICPE. De plus, ce quartier est en pleine croissance démographique, comme la majorité des quartiers de l'agglomération de Libreville. Parallèlement, les cas de maladies cardiovasculaires et des cancers au Gabon augmentent (F. Nze-Nguema et al., 1996, p. 693; E. B. Ngoungou et al., 2012, p. 81; S. Zoa-Assoumou et al., 2016, p. 1; République Gabonaise et OMS, s. d., p. 11).

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'étude des mangroves de la rivière Igoumié, demandée au Laboratoire de Géomatique, Recherche Appliquée et Conseil (LAGRAC) de l'Université Omar Bongo (UOB) de Libreville, par la Direction Générale des Ecosystèmes Aquatiques (DGEA) du Ministère des Eaux, des Forêts, de la Mer, de l'Environnement, chargé du Plan Climat et du Plan d'Affectation des Terres. La DGEA souhaitait, entre autres, avoir une meilleure compréhension des effets de l'urbanisation sur l'environnement, afin de disposer d'informations d'aide à l'intervention à jour.

L'objectif ici est donc d'explorer les potentiels risques sanitaires auxquels sont exposées les populations au bord des mangroves du cours moyen de l'Igoumié, à Alénakiri dans la commune d'Owendo. Il s'agira, dans un premier temps d'identifier, les potentielles sources de pollution et, dans un second temps, d'en déduire les éventuels types de risques sanitaires.

1. Méthodologie

1.1. Présentation de la zone d'étude

Alénakiri est un quartier situé au sud-est du 1er arrondissement de la commune d'Owendo. Il est limité au nord-ouest et à l'ouest par le secteur 1 du quartier Angoungou, au nord-est et à l'est par le cours d'eau Igoumié, au sud par la zone industrialo-portuaire (Carte 1, ci-après).

Carte 1: Le quartier Alénakiri dans le Premier arrondissement d'Owendo



Source: Fonds de carte Institut National de Cartographie, LAGRAC et données de l'enquête de 2021

Sa topographie est quelque peu accidentée. Les collines et éperons (autour de 40 m) sont enserrés par les basses collines et les faibles reliefs (L. R. Essono Mbegha, 2016, p. 21). Principal cours d'eau, l'Igoumié borde le quartier dans une zone marécageuse à mangroves. Les voies de communications sont représentées par une route principale, quelques routes secondaires et des pistes (L. R. Essono Mbegha, 2016, p. 7-8).

Le climat d'Owendo est du type « tropical de transition » (A. Richard et G. Léonard, 1993, p. 97). Celui-ci est caractérisé par une saison pluvieuse de neuf mois, de septembre à mai, et une saison sèche de trois mois, de juin à août. La saison pluvieuse est plus chaude, alors que la saison sèche est plus fraîche.

Pour pallier les difficultés d'accès à l'eau potable, le quartier s'est vu doté d'une pompe publique en 1996 (Y. S. Ndongo Mombo, 2020, p. 50). Cependant, les populations localisées aux bas des pentes, le long des mangroves et dans les talwegs ont du mal à en bénéficier, car elles doivent payer le transport des bidons d'eau. Si bien qu'avec la pandémie du Covid-19, la Société d'Energie et d'Eau du Gabon (SEEG) a distribué gratuitement de l'eau, une fois par semaine, le long de la route principale.

Il n'y existe aucune structure médicale publique. Quelques structures privées peuvent être dénombrées, principalement des cabinets médicaux, aux abords de la principale voie. Le quartier est densément peuplé; ce qui justifie la faible densité du couvert végétal. Les quartiers n'étant pas délimités, le Recensement Général de la Population et du Logement (RGPL) de 2013 ne donne pas le nombre d'habitants (Direction Générale de la Statistique, 2015). Toutefois, si en 2008 le bâti couvrait environ 18,5% de la zone, ce pourcentage est passé en 2020 à 45,4% (Y. S. Ndongo Mombo, 2020, p. 49). Ce qui témoigne de la densification de la population.

Aussi, les principales activités économiques y sont représentées par la centrale thermique à gaz de production d'électricité, inaugurée le 15 Août 2013 (L. R. Essono Mbegha, 2016, p. 43), d'où part une ligne haute tension d'une part et, d'autre

part, d'où arrive le gazoduc de Perenco. Y sont aussi présentes les activités connexes de la pêche (salage, fumage de poisson), et la décharge municipale mise en service depuis 2008 et gérée par l'entreprise Sanivit. Comme pour toutes les décharges à ciel ouvert, de celle d'Alénakiri émanent en surface des biogaz tels que l'anhydride carbonique ou dioxyde de carbone (CO2), le méthane (CH4), l'hydrogène sulfuré ou sulfure d'hydrogène (H2S), le dioxygène (O2) et le diazote (N2) (P. Balland et H. Legrand, 2001, p. 26; O. A. Adjiri et al., 2014, p. 6).

La centrale thermique à gaz d'Alénakiri produit et rejette dans l'air différents gaz composés d'azote (N), du dioxyde de carbone (CO2), d'argon (Ar) et, dans des teneurs moindres, les particules fines (PM), les oxydes de soufre (SOx), le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatiles (COV) (G-Ingen Consulting, 2010, p. 37). Les centrales thermiques produisent aussi des métaux lourds, parmi lesquels le mercure, dont la bio-accumulation est responsable d'impacts sanitaires et environnementaux importants, au-delà des frontières nationales (IFC, 2008, p. 8). Celle d'Alénakiri dispose de plusieurs réservoirs de fuel et des turbines (G-Ingen Consulting, 2010, p. 13). Owendo dispose de la caserne des pompiers la mieux équipée de l'agglomération de Libreville (communes d'Akanda, Libreville, Owendo et Ntoum).

1.2. Méthodes et collecte des données

Cette étude est principalement basée sur l'observation. Ainsi, les informations relatives aux sources de pollution et à la santé des populations ont été recherchées et collectées dans les zones habitées aux abords des mangroves du cours moyen de l'Igoumié, essentiellement à Alénakiri. Également, ont été localisées toutes les sources potentielles de risques identifiées sur le terrain. Quelques échantillons d'eau ont été pris dans les eaux résiduaires et puits, afin de caractériser l'eau utilisée par les populations et identifier les risques. Quatre indicateurs essentiels de la

(Cl2) dans l'eau, sur la base des valeurs limites indiquées dans le tableau 1, ci-après.

pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine domestique ou industrielle ont été ciblés: l'ammonium (NH4), les nitrates (NO3), le fer (Fe) et le dichlore (Cl2). Trois échantillons d'eaux ont été prélevés à Alénakiri.

En conséquence, les principaux outils de collecte utilisés sont : une fiche d'enquête élaborée pour relever les informations recherchées, et un GPS pour localiser les différentes sources potentielles de risques. Le modèle de GPS utilisé est l'application Android Locus Map 3.50.1, utilisable sans connexion internet. Tous les points GPS ont été sauvegardés avec une précision cartographique de moins de 5 mètres.

Des bouteilles d'eau minérale ont servi pour prélever l'eau dans trois eaux résiduaires et puits ; situés principalement sur la rive droite d'Egoumié. La limite du nombre de sites à prélever a été surtout fonction, d'une part, du temps de traitement et d'analyse échantillons par rapport à la durée du projet et, d'autre part, de la disponibilité de la trousse des réactifs individuels et des bandelettes de Pro Aquatest Lab de JBL. Le critère principal de choix des sites à prélever a été l'utilisation des eaux résiduaires et des puits par plusieurs familles. Ainsi. chaque bouteille d'eau minérale était vidée, puis rincée plusieurs fois avec l'eau résiduaire ou du puits, avant d'y recueillir l'eau à tester.

En outre, vu qu'une partie de cette eau a été prélevée proche de la mangrove, le multiparamètre a servi pour identifier le niveau de salinité de celle-ci, afin de la considérer comme eau douce ou marine et adapter les réactifs au type d'eau. Les réactifs individuels et les bandelettes du Pro Aquatest Lab de JBL, essentiellement des tests colorimétriques, ont permis la recherche de l'ammonium (NH4), des nitrates (NO3), du fer (Fe) et du dichlore

Tableau 1 : Valeurs limites des éléments chimiques testés

Éléments chimiques	Valeurs limite des eaux		
	résiduaires (mg/l (ppm))		
	(*France; **Gabon)		
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,1 +		
Fer (Fe)	0,5 ++		
Dichlore (CI ₂)	0,05 ++		
Nitrates (NO ₃)	50 ++		

Sources: † V. Danel, 2017 (cette limite concerne l'eau de consommation); † Arrêté n°198 du 28 juin 1979 portant détermination des valeurs admissibles des éléments à considérer dans l'évaluation de la pollution des eaux résiduaires et pris en considération des articles 1, 4 et 5 du décret 039/PR/MRSEPN du 10/01/1979.

1.3. Traitement et analyses des données

Deux masques de saisie ont été élaborés dans Excel pour, d'une part, les données collectées à l'aide du guide d'enquête et, d'autre part, pour les résultats des analyses colorimétriques. La vérification de la saisie a permis de corriger les erreurs liées principalement à la syntaxe.

Les bouteilles d'eau prélevées ont été ramenées au LAGRAC, où un espace d'analyses physicochimiques de l'eau a été aménagé. Les exigences d'analyse de chacun de ces éléments, explicités dans le mode d'emploi du multi-paramètres, et de chaque réactif, ont été scrupuleusement respectées. Il en est de même de l'interprétation de chaque résultat.

Excel a permis d'analyser graphiquement les types de sources et les résultats des prélèvements d'eaux. ArcGis a servi pour la cartographie. Les zones tampons respectives autour de poubelles de 200 mètres (J. P. Silvestre et J. Vadon, 1985, p. 93; P. Ballan et H. Legrand, 2001, p. 7), de la décharge municipale à 500 mètres (O. A. Adjiri et al., 2019, p. 571), de 15 mètres autour des latrines, d'une zone agricole et/ou d'élevage (M. Gandji Mgbatou, 2015, p. 23), 750 mètres autour des centrales thermiques à gaz plus dangereuses que celle à fuel, au lieu de 1000 mètres

maximum, comme évaluée par Y. S. Ndongo Mombo (2020, p. 16) et 100 mètres autour des antennes de téléphonie mobile (Artel, 2010, p. 2; N. N. Ndonghan Iyangui, 2016, p. 38), servant de distance de sécurité ou d'exposition ont permis de générer des zones d'accumulation du risque potentiel. En fait, les périmètres de sécurité de la centrale utilisés pour classer les zones vulnérables autour de la centrale (< 300m, 300m - 500m, 500m - 1km, >= 1km) par Y. S. Ndongo Mombo (2020, p. 67) semblent assez intéressants, mais ils ne sont pas documentés, ni justifiés.

La limite du nombre de réactifs, et le contexte du couvre-feu exigé pour la gestion de la pandémie du Covid-19, n'ont pas été avantageux : ni pour le temps mis sur le terrain, ni pour multiplier les entrevues.

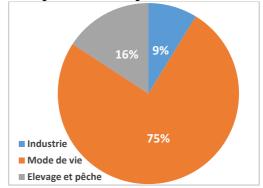
2. RESULTATS

Ainsi, 26 ménages ont accepté d'être interrogés

2.1. Source de pollution

Différentes sources de pollution ont été observées, dans les zones enquêtées à proximité des mangroves d'Igoumié à Alénakiri, liées en majorité au mode de vie (75%), aux activités d'élevage et de pêche (16%) et celles industrielles (9%) (Graphique 1, ci-après).

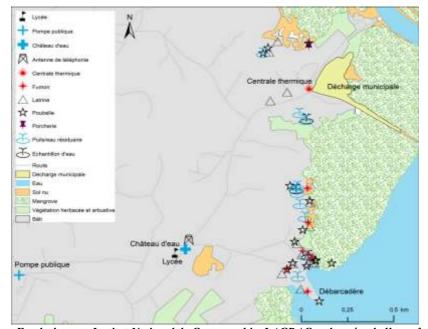
Graphique 1 : Répartition des types de sources potentielles de pollution à Alénakiri



Source : Données de l'enquête de 2021.

La répartition de ces sources dans l'espace est dense dans le sud-est de la zone d'enquête, en direction du débarcadère (Carte 2, ci-après).

Carte 1: Distribution spatiale des sources de pollution à Alénakiri



Source: Fonds de carte Institut National de Cartographie, LAGRAC et données de l'enquête de 2021

2.1.1. Sources de pollution liées au mode de vie Les sources de pollution liées au mode de vie, et présentant des risques potentiels pour la santé des populations au bord des mangroves d'Igoumié à Alénakiri, sont représentées sur le plan cartographique par les latrines (29.8%)généralement sur pilotis dans la mangrove, les poubelles (28,1%) et les eaux résiduaires et de puits (17,5%) (Carte 2). Ainsi, ces sources potentielles se concentrent dans la partie sud-est le long de la mangrove. Par contre, 69,2% des ménages identifient les poubelles comme source de pollution potentielle. Tandis que 61,5% des ménages reconnaissent autant les eaux usées (non cartographiées) que les latrines aussi comme telles.

Premièrement, au bord des mangroves l'Igoumié, dans la majorité des cas, populations utilisent des latrines. Certaines d'entre elles se situent parfois en amont d'un puits ou d'une source d'eau résiduaire, et constituent donc des potentiels points de contamination. Aussi, 7,7% des ménages font leurs selles directement dans la mangrove qui iouxte leurs maisons. Les latrines sont construites en tôle sur pilotis (47,1%) ou en planche (35,3%), de façon précaire, dans la mangrove (Photo 1a et 1b). Les excréments se retrouvent donc, au gré des marées, dans l'Igoumié; d'où parfois, à marée basse, l'existence d'une laisse de fèces à proximité des Toutefois, 17,6% des latrines rudimentaires sont en parpaing.

Photo 1 : Latrines en tôle sur pilotis (a) et en planches (b) et dépôt d'ordures (c) à Alénakiri au bord des mangroves



Source: prises de vue de Ndonghan Iyangui N. N., Février 2021

Deuxièmement, les populations créent des dépotoirs à côté ou derrière leurs habitations et, parfois, dans les mangroves. Les déchets se retrouvent donc, aussi, dans l'Igoumié, mobilisés au gré des marées. Ces dépôts renferment autant les déchets ménagers qu'autres, comme les épaves de pirogues, les matériaux de construction (planches, pailles et tôles), les filets,

bâches, flotteurs, bidons et autres divers objets en plastique, etc. (Photo 1c).

Troisièmement, enfin, les eaux résiduaires et de puits ne représentent pas toujours une source de pollution; mais, elles le deviennent selon leur lieu d'exploitation. En effet, leur proximité avec une source de contamination en fait un foyer de risques sanitaires, et expose ceux qui la manipulent et/ou la consomment. Aussi, le recours aux puits, ou aux eaux résiduaires, est

répandu à Alénakiri chez les populations proches des mangroves ; car elles sont éloignées de la pompe publique. En effet, parmi les ménages interrogés 73,1% utilisent l'eau de puits au quotidien, 11,5% puisent l'eau à la pompe publique, 7,7% ont l'eau de la SEEG, un a placé un suppresseur et se fait livrer l'eau ou recueille

l'eau de pluie. Un ménage n'a pas répondu à la question. De plus, parmi les eaux résiduaires et de puits identifiées, 71% sont non sécurisés (photo 2a), sans aménagement particulier; tandis que 29% sont très bien aménagés, et donc sécurisés (photo 2b).

Photo 2 : Types de sources d'eau à Alénakiri : eau résiduaire (a) et puits (b)



Source: prises de vue de Ndonghan Iyangui N. N., Février 2021.

Aussi, 29% sont-ils utilisés par plusieurs familles. De plus, 20% des puits/eaux résiduaires se trouvent dans le périmètre de sécurité de deux latrines, dont un dans la partie centrale de la zone d'étude et l'autre au sud-est, proche du débarcadère. Et, 90% d'entre eux sont localisés dans l'espace de sécurité des dépôts d'ordures. Par ailleurs, l'eau des puits ou résiduaire est utilisée pour les tâches domestiques et la douche pour tous les ménages qui y ont recours ; parmi lesquels 15,8% la consomment et 63,2% la traitent. La chloration est réalisée dans 58% des ménages utilisant l'eau des puits ou résiduaire.

Sauf que le dosage de l'eau de javel reste subjectif.

2.1.2. Sources de pollution liées aux activités d'élevage et de pêche

Dans la zone des pêcheurs, les activités d'élevage et de pêche sont représentées par une porcherie (1,8%) et les fumoirs (14,3%). Ces fumoirs se situent majoritairement du côté du débarcadère, à proximité de la mangrove et des habitations (Carte 2). Parmi eux 87,5% sont à ciel ouvert (Photo 3a, ci-après), et 12,5% dans des cuisines (Photo 3b, ci-après).

Photo 3 : Fumoirs à ciel ouvert (a) et dans une cuisine (b) à Alénakiri



Source: prise de vue de Ogandaga Rebellah L., Février 2021.

Les enfants y ont accès et, parfois, participent aux activités de fumage. Celui-ci concerne surtout le poisson et les crevettes, lesquels sont vendus dans la quasi-totalité des cas. Le fumage est effectué presque essentiellement par les femmes, avec le bois de la mangrove et les rebuts de menuiserie. Les femmes et les enfants sont donc les plus exposés à la fumée issue du fumage. Par ailleurs, 26,9% des ménages considèrent les fumoirs comme une source potentielle de pollution.

La porcherie identifiée, construite sur pilotis, est située au nord de la zone enquêtée. Ainsi, les excréments des porcs se déversent aisément dans l'Igoumié, avec pour conséquences sa pollution et les risques sanitaires. Aucune famille n'a identifié la porcherie comme source potentielle de pollution.

2.1.3. Sources de pollution liées aux activités industrielles

Les activités industrielles potentiellement polluantes sont représentées par une ligne à haute tension, une centrale thermique à gaz et son gazoduc, la décharge municipale de la commune d'Owendo et une antenne de téléphonie mobile, chacune représentant 1,8% des sources identifiées sur le terrain. Cependant, seules la

centrale thermique, la décharge et la ligne à haute tension ont été déclarées polluantes par les ménages; respectivement 30,8% pour la première et autant pour la seconde, mais 26,9% pour la dernière.

La ligne à haute tension et le gazoduc n'ont pas pu être cartographiés. La décharge municipale, la centrale thermique à gaz et les populations sont voisines (Carte 2). Dans son espace de sécurité se trouvent 80% des puits/eaux résiduaires. Même si aucune mesure n'a été prise, ces activités industrielles sont reconnues comme étant polluantes, tout comme la décharge d'ordures. Toutes les particules issues de cette décharge et de la centrale thermique se retrouvent donc dans l'air et sont inhalées par les populations. En plus, au-delà de l'inhalation, les particules et autres substances toxiques se déposent également sur les arbres fruitiers et donc sur les fruits, mais aussi sur l'eau des puits eaux résiduaires non protégées, contaminant facilement et exposant ceux qui les consomment diversement. A cet effet, 20% des puits/eaux résiduaires sont dans l'espace de sécurité de la décharge.

Aussi, en référence à l'orientation de la décharge vers l'Igoumié, ce cours d'eau reçoit les déchets de la décharge. Les infiltrations dans le sol des

polluants issus de la décharge sont à prendre en considération. Cette dernière, accessible en contre bas, du côté des mangroves, sert de lieux de collecte d'objets variés pour quelques enfants du quartier. Ils s'exposent donc directement aux nuisances diverses. En outre, 25% des familles ayant identifié la décharge comme source potentielle de pollution mettent l'accent sur le bruit des camions et autres engins provenant de celle-ci. Émanent de la décharge des odeurs d'hydrogène sulfuré, inflammable, gaz nauséabond et toxique et, aussi, toutes les autres substances toxiques émises sur ce genre de site. Elles sont inhalées par les riverains dont 7,7% des ménages disent être pollués par l'odeur de gaz.

L'antenne de téléphonie mobile est assez éloignée des populations riveraines de la mangrove. Cependant, elle reste située au milieu de leurs activités et en face d'un établissement d'enseignement secondaire.

Les ménages, qui se plaignent de la centrale thermique, n'ont pas conscience des potentiels effets à terme sur leur santé des dépôts de particules fines dans l'environnement. En outre, la proximité du gazoduc, des combustibles stockés à la centrale et du sulfure d'hydrogène très inflammable, potentiellement produit par la décharge, constituent des sources de dangers d'incendies et d'explosions, qui sont sources de nuisances olfactives, entre autres, par les fumées émises.

mode de vie, aux activités liées à la pêche et à l'élevage et à celles industrielles, et au respect ou non des distances de sécurité entre ces dernières et les populations, trois catégories de risques sanitaires potentiels en découlent : biologique, toxicologique et autres.

Sur la base des sources identifiées relatives au

2.2.1. Risque biologique

Le risque biologique se définit comme l'exposition aux agents biologiques dont les bactéries, les virus, les moisissures et les parasites. Ce risque est présent dans le sol, l'air, les déchets, les poussières ou l'eau contaminée (CSN, 2014, p.1). La pollution potentielle des eaux résiduaires, des puits et de l'Igoumié par les poubelles, les excréments humains et animaux et, également, la proximité de la décharge municipale et de la porcherie par rapport aux habitations présentent un risque biologique non négligeable pour les populations.

Ainsi, source de péril fécal, l'accumulation des déjections humaines et animales dans l'Igoumié demeure un risque à travers les coliformes et streptocoques fécaux. Les infiltrations, de cellesci, dans la nappe phréatique sont à considérer.

Pour chaque échantillon d'eau analysée, les valeurs des paramètres mesurés témoignent d'une contamination diversifiée, avec un dépassement des normes nationale et internationale (Tableau 2, ci-après). Ainsi, les trois échantillons prélevés démontrent que ces eaux ne doivent pas être consommées.

2.2 Identification des risques sanitaires potentiels

Tableau 1 : Caractéristiques des échantillons d'eau prélevée à Alénakiri

	Valeurs limite des eaux résiduaires (mg/l	Cours moyen d'Igoumié		
Eléments chimiques	(ppm)) (*France ; **Gabon)	IC1	IC2	IC3
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,1+	0,1	< 0,05	1,5
Fer (Fe)	0,5 ++	0,6	< 0,02	0,05
Dichlore (CI ₂)	0,05 ++	0,8	0	0,8
Nitrates (NO ₃)	50 ++	10	100	100

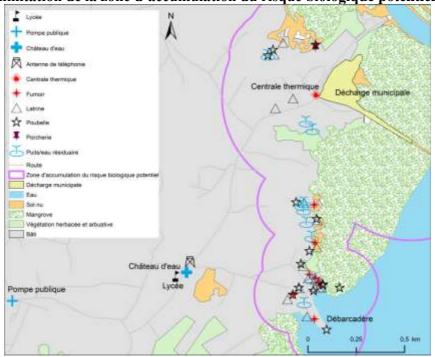
Sources: * V. Danel, 2017 (cette limite concerne l'eau de consommation); ** Arrêté n°198 du 28 juin 1979 portant détermination des valeurs admissibles des éléments à considérer dans l'évaluation de la pollution des eaux résiduaires et pris en considération des articles 1, 4 et 5 du décret 039/PR/MRSEPN du 10/01/1979.

respectives (Tableau 2). Ces valeurs au-dessus des normes en font des eaux non potables.

En outre, la délimitation de la zone d'accumulation du risque biologique potentiel inclut-elle toute la rive droite du cours moyen de l'Igoumié à Alénakiri (Carte 3, ci-après). Seul un bosquet de mangrove en est exclu. Tous les puits/eaux résiduaires identifiés font partie de cette zone d'accumulation du risque biologique potentiel.

En effet, dans le premier puits, les nitrates sont en-dessous de la norme, l'ammonium est à la limite; tandis que le fer et le dichlore dépassent les normes. Dans le deuxième puits, il n'y a que les nitrates qui sont au-dessus de la norme. Le troisième échantillon a été prélevé dans une eau résiduaire dans laquelle le fer est bien en-dessous de la valeur limite; tandis que l'ammonium, le dichlore et les nitrates dépassent leurs normes

Carte 2: Délimitation de la zone d'accumulation du risque biologique potentiel à Alénakiri



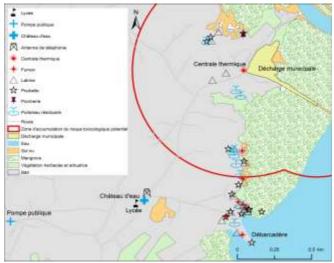
Source: Fonds de carte Institut National de Cartographie, LAGRAC et données de l'enquête de 2021.

2.2.2. Risque toxicologique

La pollution, dont la centrale thermique, la décharge d'ordures et les fumoirs sont à l'origine, a une caractéristique toxicologique. En effet, diverses substances toxiques émanent de ces sources et contaminent par conséquent le milieu (l'air extérieur et intérieur, l'eau, les sols et les aliments).

L'examen cartographique des distances de sécurité, principalement pour la centrale thermique et la décharge, en l'absence des valeurs pour les points de fumage de poisson, démontre que la zone d'accumulation du risque toxicologique potentiel concerne une plus grande partie de la zone habitée (côté Est), et même la majorité des mangroves de la zone enquêtée (Carte 4, ci-après). Le Sud de cette zone, au niveau du débarcadère est exclu, avec les deux puits/eaux résiduaires qui y sont.

Carte 3: Délimitation de la zone d'accumulation du risque toxicologique potentiel à Alénakiri

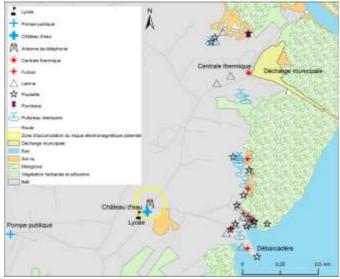


Source: Fonds de carte Institut National de Cartographie, LAGRAC et données de l'enquête de 2021.

2.2.3. Autres risques potentiels importants

La présence d'une ligne à haute tension et d'une antenne de téléphonie mobile caractérise la pollution électromagnétique potentielle. La zone d'accumulation de ce risque potentiel n'a été délimitée que pour l'antenne de téléphonie mobile, en l'absence de la cartographie de la ligne haute tension (Carte 5, ci-après). Cet espace d'accumulation est assez éloigné des populations riveraines des mangroves de l'Igoumié. Cependant, il intègre de nombreux domiciles et est à la limite d'un établissement secondaire.

Carte 4: Délimitation de la zone partielle d'accumulation du risque électromagnétique potentiel à Alénakiri



Source: Fonds de carte Institut National de Cartographie, LAGRAC et données de l'enquête de 2021.

La proximité de la centrale thermique, son gazoduc avec ses réservoirs de combustibles, et de la décharge municipale produisant du sulfure d'hydrogène, gaz inflammable, est un véritable risque permanent d'incendies et d'explosions. Or, aucun îlot de forêt n'existe entre ces deux infrastructures et les populations, qui s'exposent donc, entre autres, à un risque physique de brûlures et de mort (Carte 5).

2.2.4. Santé des populations

Sur la base des déclarations des ménages, les problèmes de santé varient quelque peu selon les tranches d'âges. En effet, le paludisme (46,2%), la grippe (19,2%), la fièvre (15,4%) et la diarrhée (11,5%) affectent principalement les moins de 5 ans. Cependant, il y a aussi 3,8% des ménages qui déclarent les infections pulmonaires, le prurit et les vers intestinaux. Dans la tranche d'âges de 5 ans à 15 ans, le paludisme (46,2%), la grippe (34,6%), les maux de tête (11,5%) et la fièvre (7,7%) sont récurrents. A ces affections, il faut ajouter les vers intestinaux, la toux et le prurit, chacun dans 3,8% des ménages. Chez les personnes de 16 ans à 60 ans le paludisme (50%), la fièvre (15,4%), la grippe (11,5%) et les maux de tête (7,7%) sont majoritaires. Il faut également compter 3,8% de ménages déclarant les étouffements, la conjonctivite et les maux oculaires, et les rhumatismes. Pour les personnes plus âgées ménages déclarent les les rhumatismes (11.5%),la grippe les chacun étouffements pour 7,7% ces problèmes de santé et le paludisme (3,8%).

3. DISCUSSION

Dans un monde en perpétuelles mutations, la prise de conscience des risques sanitaires liés aux activités humaines dans les pays en développement varie selon les pays. Pourtant, ces risques sanitaires sont de plus en plus variés et cumulés. Des normes sont mises en place, afin

de réduire ces expositions. Cependant, les enjeux financiers pour la plupart, mais également les faibles communication et diffusion des informations relatives à ces risques sanitaires aux populations se matérialisent, sur le terrain, par le non-respect de ces normes. Pourtant, l'examen des différentes expositions aux risques sanitaires est essentiel dans le processus de prise de décision pour informer les populations, mais aussi réduire les expositions et améliorer leur santé à long terme.

Le Code de l'environnement au Gabon reconnaît depuis 1993 les décharges d'ordures, les centrales thermiques, les gazoducs, les lignes haute tension et les antennes de téléphonie mobile comme des installations classées pour l'environnement (ancienne Loi 16/93 relative à Protection et l'Amélioration à l'environnement en République Gabonaise, p. 8; Décret 000543/PR/MEFEPEPN du 15 juillet 2005, fixant le régime juridique des installations classées). Mais, les décrets définissant les distances de sécurité respectives sont toujours attendus. Il en est de même pour les valeurs des éléments à considérer dans l'évaluation de la pollution de l'air, les nuisances auditives et olfactives. Pourtant la nouvelle loi 007/2014 relative à la Protection de l'environnement en République Gabonaise fait mention du principe de précaution : «l'absence de certitudes scientifiques ou techniques ne doit pas retarder l'adoption de mesures nécessaires à prévenir un risque de dommages graves ou irréversibles à l'environnement ou la santé.» (p. 7). Ce vide iuridique ne doit pas suffire pour justifier les contradictions spatiales remarquées l'implantation des installations classées, comme c'est le cas à Alénakiri, dans la commune d'Owendo.

Toutefois, l'étude d'impact environnemental de cette centrale thermique décrivait déjà la zone d'influence directe de la centrale sans la délimiter dans l'espace, et n'a pas fait mention de

la décharge pourtant déjà existante, mais plutôt d'une ancienne dynamiterie de l'armée gabonaise «abandonnée et désaffectée» à une centaine de mètres du site choisi (G-Ingen Consulting, 2010, p. 10). Or, la décharge a été inaugurée en 2008 et l'étude d'impact réalisée en 2010. En plus, l'image satellite utilisée pour identifier le site de la future centrale n'est pas datée.

Cela dit, la littérature abonde décrivant les centrales thermiques à gaz (IFC, 2008, p.8; Y. S. Ndongo Mombo, 2020, p. 47), les lignes haute tension (N. Cherry, 2001, p. 11; G. Draper et al., 2005, p. 1), les décharges d'ordures (O. A. Adjiri et al., 2014, p. 2; O. A. Adjiri et al., 2015, p. 980; Ghana Health Services et al., 2016, p. 37; S. V. J. Asseko, 2017, p. 36), les sites de fumage de poisson (U. Y. Monney et al., 2021, p. 2341-2), les latrines (Y. H. B. Nguendo et al., 2008, p. 6), les porcheries (M. Lafeffière et al., 1995, p. 1), les poubelles (C. V. Santsa Nguefak et R. Ndjouenkeu, 2018, p. 98), les puits/eaux résiduaires polluées (J. Zerhouni et al., 2015, p. 100; E. K. Tchouongsi et al., 2020, p. 115) et les antennes de téléphonie mobile (A. Drici, 2014, p. 22). comme des sources de pollutions diverses. Ces sources de contamination sont circonscrites dans des espaces d'accumulation du risque potentiel définis par la conjonction de risques sanitaires éventuels, qui peuvent être la cause de problèmes de santé tels que les infections des plaies, les affections respiratoires ou gastrointestinales (diarrhées, vomissements, nausées, etc.), les dermatoses, les allergies, la fièvre typhoïde, les dysenteries amibiennes ou encore les démangeaisons comme à Dschang au Cameroun (C. V. Santsa Nguefak et R. Ndjouenkeu, 2018, p.103).

Plusieurs des problèmes de santé déclarés par les populations, comme le paludisme, la grippe, les fièvres, les maux de tête, la toux, les étouffements, les diarrhées, le prurit, les infections pulmonaires, les conjonctivites et autres maux des yeux, trouvent bien leurs justifications dans le contexte d'Alénakiri. En

effet, la centrale produit les oxydes d'azote (NOx), qui ont déjà été mis en relation avec les problèmes respiratoires, asthmatiques, et une augmentation de la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez les enfants (Le Figaro s. d.; Y. L. Guo et al., 1999, p. 1003; N. Manisalidis et al., 2020., p. 6). Ces derniers, en plus des personnes âgées, des asthmatiques et celles présentant une insuffisance respiratoire, sont particulièrement sensibles à cette pollution (Le Figaro, s. d.). Les vers intestinaux et les diarrhées sont liés à la mauvaise qualité de l'eau (E. K. Tchouongsi et al., 2020, p. 121). Enfin, l'accumulation des déjections humaines et animales dans les cours d'eau devrait faire dépasser les limites des coliformes fécaux et totaux, eschérichia coli, et streptocoques fécaux, comme cela a été récemment démontré dans le bassin versant de Batavéa à Libreville (Nguema, 2021, p. 76). Ainsi, les baignades des enfants dans ces eaux souillées sont donc très dangereuses pour la santé. Dans une certaine mesure, elles pourraient expliquer les diarrhées et aussi la gale. Plus généralement, ces problèmes de santé peuvent autant être justifiés par l'insalubrité, qui dégrade le paysage et souille ou contamine les mangroves environnantes et, également, de façon indirecte les populations. En aval d'Igoumié à Alénakiri, le débarcadère, en amont duquel résident majoritairement les pécheurs, est un espace particulièrement insalubre par l'accumulation de différentes sources de risques potentiels pour la santé. Enfin, la présence quasi permanente de l'eau peut légitimer celle de l'anophèle, et, donc, la fréquence des crises de paludisme dans toutes les tranches d'âges.

Par ailleurs, l'odeur d'œufs pourris, qui signale la présence du sulfure d'hydrogène à la décharge, peut être responsable de la paralysie du nerf olfactif dès que la concentration atteint 50 à 150 ppm; l'œdème pulmonaire peut survenir à une concentration de 300 ppm, et une perte de conscience rapide peut être provoquée par une concentration de plus de 500 ppm (Nantel, 1997).

En outre, l'exposition au mercure, même à faibles doses, nuit à la santé et constitue donc une menace pour le développement de l'enfant in utero et à un âge précoce (OMS, 2017, p. 1). Il peut avoir des effets toxiques sur les systèmes nerveux, digestif et immunitaire, et sur les poumons, les reins, la peau et les yeux (OMS, 2017, p. 1). C'est à peu près le cas du dioxyde de soufre, un gaz toxique qui provoque de graves brûlures de la peau et de graves lésions aux yeux (INRS, 2006, p. 4). Il peut également affecter le système respiratoire par 1'irritation l'inflammation respiratoires des voies (Gouvernement du Canada, CCHST, 2017, p. 1).

Aussi, selon l'OMS, plus de 90% des décès dus à la pollution de l'air se produisent dans des pays à revenu faible ou intermédiaire d'Asie et d'Afrique principalement (WHO, 2018, p. 1). La majorité de ces décès est associée à des particules fines de moins de 2,5 µm de largeur (PM2,5), qui pénètrent plus profondément dans les poumons (WHO, 2018, p. 1). Or, des décharges d'ordures, des centrales thermiques ainsi que des fumoirs émanent ces particules, en plus des gaz à effet de serre pour les deux premières sources. Dans un contexte de lutte contre les changements climatiques, ces paramètres doivent être bien évalués pour ajuster les politiques concernées. De plus, plusieurs publications, dont celles de l'OMS et de l'Agence Américaine pour la Protection Environnementale, ont démontré que l'exposition à long terme à la pollution de l'air ambiant augmente la mortalité et la morbidité des maladies cardiovasculaires et respiratoires, du cancer des poumons et réduit l'espérance de vie (A. J. Cohen et al., 2017, p. 1908; L. Samek et al., 2017, p. 289). Aussi, les cancers sont-ils de plus en plus fréquents au Gabon (F. Nze-Nguema et al., 1996, p. 693; S. Zoa-Assoumou et al., 2016, p. 1; République Gabonaise et OMS, s. d., p. 11,).

En ce qui concerne la pollution électromagnétique, depuis le début des années

2000, certains effets sur la santé du champ électromagnétique des lignes à haute tension ont été identifiés, parmi lesquels l'augmentation possible de maladies neuro-dégénératives (maladie d'Alzheimer) chez les personnes habitant à proximité des lignes à haute tension ou exposées dans le cadre de leur profession et un très léger risque de leucémie chez l'enfant (G. Kulkarni et W. Z. Gandhare, 2012, p. 28; A. Drici, 2014, p. 50, 77). Il est aussi fait état de dépressions, de troubles cardiovasculaires, d'autres cancers infantiles ou encore de modifications immunologiques (A. Drici, 2014, p. 24, 50). Or, les maladies cardiovasculaires sont en nette progression au Gabon (E. B. Ngoungou et al., 2012, p. 81; République Gabonaise et OMS, n. d., p. 11,).

L'ammonium est le produit de la minéralisation par les bactéries de l'azote, dont les engrais, les eaux usées, les déjections humaines et animales, les déchets animaux, les engrais verts et les résidus de plantes font partie de ses sources anthropiques (M. Koné et al., 2009, p. 9; M. Lagnika et al., 2014, p. 6893; C. V. Santsa Nguefak et al., à paraître, p. 1). Il est également un indicateur de la pollution par les rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel (M. Koné et al., 2009, p. 9). Or, les eaux usées coulent en amont du puits échantillonné proche de la décharge municipale, et dont la valeur est à la limite. Par contre, le dernier échantillon a été collecté dans une eau résiduaire, en aval des latrines et d'une poubelle. Ces deux sources pourraient donc justifier en partie la valeur au-dessus de la norme de l'ammonium. En plus, comme la majorité de ces puits et eaux résiduaires, celui-ci subit la chloration par l'eau de javel. L'oxydation incomplète par le chlore peut aussi expliquer cette valeur élevée (S. Guergazi et S. Achour, 2004, p. 126).

Quant au dichlore, ce gaz, essentiellement d'origine industrielle, est extrêmement toxique

(L'Élémentarium, s. d.). Les valeurs élevées de dichlore pourraient être expliquées par le surdosage d'eau de javel, qui peut mener à long terme à des effets mutagènes et cancérigènes (S. Guergazi et S. Achour, 2004, p. 127).

Le fer n'est pas toxique en soi. Cependant, sa teneur élevée dans l'eau peut enlever les désinfectants comme le chlore et permettre aux bactéries nocives de se développer. Cela inclut des bactéries comme la légionnelle, responsable de la maladie du légionnaire (Luminultra Equipe, 2016).

Comme le fer, les nitrates ne sont pas toxiques en soient, mais ils indiquent l'apport d'engrais azotés et des rejets humains (P. Payment et P. Hartemann, 1998, p. 206). Néanmoins, lorsqu'ils sont consommés, ils peuvent évoluer en nitrites, nitrosamines toxiques puis cancérigènes (A. Lamribah et al., 2013, p. 88). Des valeurs de 100 mg/l pour les nitrates ont été observées dans l'eau de deux échantillons parfois consommée par plusieurs familles. Or, la norme OMS et Gabon de 50 mg/l est bien dépassée. Avec de telles valeurs, l'eau de ces puits ne doit aucunement être consommée. En amont du herbicides deuxième puits. des sont généralement utilisés et des latrines existent autour.

Afin de mieux documenter la pollution dans cette zone, des études d'évaluation des paramètres de pollution sont à effectuer. Néanmoins, pour réduire les risques, les décideurs devraient penser à délocaliser les populations situées dans les zones de sécurité les plus dangereuses pour la santé humaine. Par ailleurs, la proximité des zones de sécurité de la centrale thermique, du pipeline et de la décharge avec les populations rend nécessaire de combler le vide juridique sur les distances de sécurité de chacune de ces installations classées pour l'environnement.

CONCLUSION

Il est bien évident que les populations au bord des mangroves de la rivière Igoumié sont exposées à différents types de risques pour leur santé. L'espace global d'accumulation du risque potentiel indique bien que des populations et/ou des activités sont mal positionnées les unes par rapport aux autres, par manque de rigueur dans l'application des textes réglementaires. Les décisions doivent donc être prises pour éviter les catastrophes et réduire les risques. paramètres des eaux résiduaires et des puits ici évalués devraient faire l'objet d'un suivi, en plus d'autres liés aux métaux lourds, aux particules fines et aux gaz, pour vérifier les hypothèses émises relatives aux émanations des sources identifiées. Des campagnes d'information ou sensibilisation, d'éducation et communication, par exemple sur la méthode de chloration de l'eau par l'eau de javel, sur la bonne gestion des ordures et des latrines devraient être organisées. Ces problèmes analysés, de santé publique et de protection du cadre environnemental de vie, trouveraient aussi des solutions adéquates avec le lotissement attendu de cette partie de la commune d'Owendo et, entre autres effets positifs, l'adduction en eau potable.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements sont adressés à la Direction Générale des Ecosystèmes Aquatiques (DGEA) du Ministère des Eaux, des Forêts, de la Mer, de l'Environnement, chargé du Plan Climat et du Plan d'Affectation des Terres, pour le financement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADJIRI Adjiri Oi, LACINÉ Goné Droh, NAGNIN Soro, KOUAMÉ KOUAMÉ Victor, et BIÉMI Jean, 2014, « Caractérisation du biogaz de la décharge d'Akouédo (Abidjan, Côte d'Ivoire): influence des saisons sur le potentiel d'émanation naturelle », Pollution atmosphérique, 223, p. 1-11.

studies of Libreville and Franceville, Eugene, Department of International Studies and the Graduate School of the University of Oregon.

BALLAND Pierre et LEGRAND Henri, 2001, Les risques engendrés par la Décharge de CrégylesMeaux (77) et les dispositions de précaution à envisager, Rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement, Paris.

CHERRY Neil, 2001, Evidence That Electromagnetic Fields from High Voltage Powerlines and in Buildings, Are Hazardous to Human Health, Especially to Young Children, Department of Human Sciences Lincoln University.

COHEN J. **BRAUER** Michael. Aaron BURNETT Richard, ANDERSON H Ross, FROSTAD Joseph, **ESTEP** Kara. BALAKRISHNAN Kalpana, et al., 2017, « Estimates and 25-Year Trends of the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Air Pollution: An Analysis of Data from the Global Burden of Diseases Study 2015 ». The Lancet, 389. 10082, 1907 18. p. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-

Confédération des Syndicats Nationaux (CSN), 2014, « Portail de formation en santé et sécurité au travail – Qu'est-ce qu'un risque biologique? », https://formationsst.csn.info/risques-biologiques/quest-ce-quun-risque-biologique/.

DANEL Vincent (sous la direction), 2017, « Ammonium », Université Grenoble Alpes.

Décret 000543/PR/MEFEPEPN du 15 juillet 2005, fixant le régime juridique des installations classées en République Gabonaise.

Direction Générale de la Statistique, 2015, Résultats globaux du Recensement Général de la Population et des Logements de 2013 du Gabon

https://doi.org/10.4267/pollution-atmospherique.5364.

ADJIRI Oi Adjiri, MAFOU Combo Kouassi, et KONAN Pascal Kouamé, 2015, « Impact de la décharge d'Akouédo (Abidjan - Côte d'Ivoire) sur les populations: étude socio-économique et environnementale », International Journal of Innovation and Applied Studies, 13, 4, p. 979-989.

ADJIRI Adjiri Oi, AKA ANY-GRAH Sandrine, KOUAMÉ KOUAMÉ Victor, KPOROU KOUASSI Elisée, et BIÉMI Jean, 2019, « Risques toxicologiques de la cohabitation avec une décharge : cas d'Akouédo en Côte d'Ivoire », Santé Publique, 31, 4, p. 567-579. https://doi.org/10.3917/spub.194.0567.

AKENDENGUE AKEN Igor, OKANGA-Marjolaine, ONDO ASSOUMOU Emmanuel, AJONINA Gordon Nwutih, et MOMBO Jean-Bernard. 2021. Local Allometric Equations for Estimating Above-Ground Biomass (AGB) of Mangroves (Rhizophora Spp. and Avicennia Germinans) from the Komo, Mondah and Rio Mouni Estuaries in Gabon », European Scientific ESJ. 17. 34. Journal 172-189. https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p172.

Arrêté n°198 du 28 juin 1979 portant détermination des valeurs admissibles des éléments à considérer dans l'évaluation de la pollution des eaux résiduaires et pris en considération des articles 1, 4 et 5 du décret 039/PR/MRSEPN du 10/01/1979

ARTEL, 2010, Arrêté n°025/MCPEN/CAB/2010 relatif à la réglementation de l'implantation des stations radioélectriques en République Gabonaise.

ASSEKO Sigride Vencesla Jenniska, 2017, Seasonal variations of air quality in Gabon: Case

(RGPL-2013), Direction Générale de la Statistique, Libreville.

DONATO Daniel C., KAUFFMAN J. Boone, MURDIYARSO Daniel, KURNIANTO Sofyan, STIDHAM Melanie et KANNINEN Markku, 2011, « Mangroves among the Most Carbon-Rich Forests in the Tropics ». Nature Geoscience, 4, 5, p. 293 297. https://doi.org/10.1038/ngeo1123.

DRAPER Gerald, VINCENT Tim, KROLL Mary E et SWANSON John, 2005, « Childhood Cancer in Relation to Distance from High Voltage Power Lines in England and Wales: A Case-Control Study », BMJ, 330, p. 1-5. https://doi.org/10.1136/bmj.330.7503.1290.

DRICI Amel, 2014, Symptômes, qualité de vie et perception du risque liés à l'exposition résidentielle aux lignes très haute tension : revue de la littérature, Nancy, Université de Lorraine.

ESSONO MBEGHA Lyn Randy, 2016, Etude géopédologique de la commune d'Owendo : cas du Premier arrondissement, Mémoire Master, Libreville, Université Omar Bongo.

GANDJI MGBATOU Melissa, 2015, Etude de l'état de la pollution des eaux des puits domestiques: Cas de la commune urbaine de Ouahigouya (Burkina Faso), Mémoire de Master, Ouagadougou, Institut International d'Ingénieurie.

Ghana Health Services, Ministry of Health, et WHO, 2016, Public health risk mapping and capacities assessment in Ghana, Republic of Ghana.

Gouvernement du Canada, Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail, s.d., « Dioxyde de soufre: Réponses SST », https://www.cchst.ca/oshanswers/chemicals/che m_profiles/sulfurdi.html.

GUERGAZI S. et ACHOUR S., 2004, « Qualité des eaux de consommation de la ville de Biskra conséquences sur la sante publique », Journal Algérien sur les Régions arides, Colloque International « TERRE et EAU », n° spécial, p. 124-127.

GUO Yueliang Leon, LIN Ying-Chu, SUNG Fung-Chang, HUANG Song-Lih, KO Ying-Chin, LAI Jim-Shoung, SU Huey-Jen, SHAW Cheng-Kuang, LIN Ruey-Shiung et DOCKERY Douglas W., 1999, « Climate, Traffic-Related Air Pollutants, and Asthma Prevalence in Middle-School Children in Taiwan », Environmental Health Perspectives, 107, 12, p. 1001 1006. https://doi.org/10.1289/ehp.991071001.

G-Ingen Consulting, 2010, Etude d'impact environnemental et social relative à la construction de la centrale thermique à Gaz à Alenakiri, EIE, Libreville.

Institut National de la Recherche Scientifique (INRS), 2006, « Dioxyde de soufre (FT 41). Généralités - Fiche toxicologique », https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_41.

KONÉ M., BOUNOU L., BOUVET Y., JOLY P., et KOULIDIARI J., 2009, « Etude de la pollution des eaux par les intrants agricoles : cas de cinq zones d'agriculture intensive du Burkina Faso », Sud Sciences & Technologies, 17, p. 6 15.

KULKARNI Girish, et GANDHARE W Z., 2012, « Proximity Effects of High Voltage Transmission Lines on Humans », ACEEE Int. J. on Electrical and Power Engineering, 03, 01, p. 28 32.

L'Élémentarium, s.d., « Dichlore », L'Élémentarium (blog), https://lelementarium.fr/product/dichlore/.

LAFERRIÉRE Michel, MINVILLE Jean-Jacques, LAVOIE Jacques, PAYMENT Pierre, 1995, L'industrie porcine les risques relies à la santé humaine, Unité de Santé Publique du Centre Hospitalier Régional du Grand-Portage.

LAGNIKA Moïssou, IBIKOUNLE Moudachirou, MONTCHO Jean-Pierre C., WOTTO Valentin D. et SAKITI Nestor G., 2014, « Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest) », Journal of Applied Biosciences, 79, p. 6887 97.

LAMRIBAH A., BENAJIBA M. H., SAOUD Y., AHRIKAT M. et BENZAKOUR M., 2013, « Impact de la pollution urbaine sur la contamination par les nitrates et les nitrites de la nappe phréatique de Martil (Maroc) », LARHYSS Journal, 14, p. 79 91.

Le Figaro, s. d., « Oxydes d'azote - Quels effets sanitaires ? » Figaro Santé, https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/oxydes-dazote/quels-effets-sanitaires.

LuminUltra Equipe, 2016, « Le fer dans l'eau potable est-il un risque pour la santé publique? » LuminUltra,

https://www.luminultra.com/fr/blog/fer-eau-potable-risque-pour-la-sant%C3%A9-publique/.

MANISALIDIS Ioannis, STAVROPOULOU Elisavet, STAVROPOULOS Agathangelos et BEZIRTZOGLOU Eugenia, 2020, « Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review », Frontiers in Public Health, 8, 14, p. 1-13. https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpub h.2020.00014.

MONNEY Urbain Yapo, DIABY Vandjiguiba, BLA Brice Kouakou, KONAN Ange N'Dri Kouakou Gbe et YAPO Adou Francis, 2021, «

Analyse socio-sanitaire du fumage de poisson dans la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) », International Journal of Biological and Chemical Sciences, 15, 6, p. 2337 2348. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v15i6.8.

NANTEL Albert J., 1997, « Un poison violent, l'hydrogène sulfuré (h2s) | Toxicologie clinique », Bulletin d'information toxicologique 13, 3. https://www.inspq.qc.ca/toxicologie-clinique/un-poison-violent-l-hydrogene-sulfure-h2s.

NDONGHAN IYANGUI Nadine Nicole, 2016, «Proximité des stations de base de téléphonie mobile et risques pour la santé à Libreville (Gabon)», Revue canadienne de géographie tropicale/Canadian journal of tropical geography [En ligne], 3, 1, URL: http://www3.laurentian.ca/rcgt-cjtg/volume-3-numero-1/proximite-des-stations-de-base-de-telephonie-mobile-et-risques-pour-la-sante-a-libreville-gabon/#sthash.IUll8nHV.dpuf

NDONGO MOMBO Yannick Steve, 2020, L'urbanisation non maîtrisée et le risque industriel: cas de la centrale thermique d'Alénakiri dans la commune d'Owendo, Mémoire Master, Libreville, Université Omar Bongo.

NGOUNGOU Edgar Brice, ABOYANS Victor, KOUNA Philomène, MAKANDJA Roger, ECKE NZENGUE Jean Emmanuel, NDONG ALLOGHO Carine, LASKAR Marc, PREUX Pierre-Marie et LACROIX Philippe, 2012, « Prevalence of Cardiovascular Disease in Gabon: A Population Study », Archives of Cardiovascular Diseases 105, 2, p. 77 83. https://doi.org/10.1016/j.acvd.2011.12.005.

NGUEMA Charles Ted Wadoud Florentin, 2020, Etude de la pollution physico-chimique et bactériologique des eaux résiduaires du bassin

versant de Batavéa (Libreville), Mémoire de Master, Libreville, Université Omar Bongo.

NGUENDO Yongsi H.B., SALEM Gérard, et THOUEZ Jean-Pierre, 2008, « Risques sanitaires liés aux modes d'assainissement des excreta à Yaoundé, Cameroun », Natures Sciences Sociétés, 16, 1, p. 3 12. https://doi.org/10.1051/nss:2008020.

NZE-NGUEMA F., SANKARANARAYANAN R., BARTHELEMY M., NGUIZI-OGOULA S., WHELAN S., et MINKO-MI-ETOUA D., 1996, « Cancer in Gabon, 1984-1993: a pathology registry based relative frequency study », Bulletin du cancer, 83, 9, p. 693 696.

OKANGA-GUAY Marjolaine, ONDO ASSOUMOU Emmanuel. **AKENDENGUE** AKEN Igor, MPIE SIMBA Cédric, MOMBO Jean-Bernard, OBIANG EBANEGA Médard, MBADINGA Michel, ROGOMBE Laetitia, MOUKETOU-TARAZEWICZ Dieudonné, 2019, « Suivi des changements spatiaux et environnementaux dans les mangroves de la province de l'Estuaire du Gabon », Conférence OSFACO: Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Cotonou, Bénin.

OMS, 2017, « Mercure et santé », https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health.

OMS, 2018, « Neuf personnes sur 10 respirent un air pollué dans le monde », https://www.who.int/fr/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action.

PAYMENT P. et P. HARTEMANN, 1998, «Les contaminants de l'eau et leurs effets sur la santé », Revue des sciences de l'eau, 11, n° Hors Série, p. 199 210. https://doi.org/10.7202/705338ar.

République Gabonaise, 1993, Loi 16/93 relative à la Protection et à l'Amélioration de l'environnement en République Gabonaise.

République Gabonaise, 2014, Loi n°007/2014 du 1er août 2014 relative à la protection de l'environnement en République Gabonaise.

République Gabonaise, et OMS, n. d., « Stratégie de coopération de l'OMS avec le Gabon 2016-2021 », Consulté le 13 avril 2022. https://www.afro.who.int/sites/default/files/202 1-12/CCS% 20gab% 202016-2021-fr% 20% 28002% 29.pdf.

RICHARD Alain et LÉONARD Guy, 1993, Le Gabon, géographie active, Vanves, Edicef.

SAMEK Lucyna, STEGOWSKI Z., FURMAN L., STYSZKO K., SZRAMOWIAT K., et FIEDOR J., 2017, « Quantitative Assessment of PM2.5 Sources and Their Seasonal Variation in Krakow », Water, Air, & Soil Pollution, 228, 290, p. 1-11. https://doi.org/10.1007/s11270-017-3483-5.

SANTSA NGUEFACK Charles Vital et NDJOUENKEU Robert, 2018, « Qualité de l'eau de la localité de Dschang et impact sur la santé des consommateurs », Afrique Science, 14, 3, p. 96 107.

SANTSA NGUEFACK Charles Vital, NDJOUENKEU Robert, et NGASSOUM Martin Benoît, à paraître, « Water from the Menoua watershed (Cameroon) and agricultural pollution: the chemical risks inherent in its consumption », Environnement, Risques & Santé 1, 1. https://doi.org/10.1684/ers.2022.1631.

SILVESTRE J P. et VADON J, 1985, Exploitation de la décharge publique d'ordures ménagères de Combaret Commune de Bedoin (Vaucluse), Marseille, Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Société Financière Internationale (IFC), 2008, Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour les centrales thermiques, Banque Mondiale.

TCHOUONGSI Emmanuel Kengmoe, MOUGOUE Benoît, TAGNE Claude Tatuebu, TOUOYEM Fabrice Mopi et BONGANJUM Ngoran Simplice, 2020, « Approvisionnement en eau et risques sanitaires dans le bassin versant amont de l'Abiergué à Yaoundé (Cameroun) », European Scientific Journal ESJ, 16, 8, p. 102 - 123.

https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n8p102.

WHO, 2018, « Qualité de l'air ambiant et santé », World Health Organization, http://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health.

ZERHOUNI J., RHAZI FILALI F., ABOULKACEM A., 2015, « Qualité et facteurs de risque de pollution des eaux souterraines périurbaines de la ville de Sebaa Ayoune (Meknes, Maroc) », Larhyss Journal, 22, p. 91-107.

ZOA-ASSOUMOU Samira, NDJOYI-MBIGUINO Angelique, MABIKA MABIKA Barthelemy, BELEMBAOGO Ernest, KHATTABIA bdelkim et ENNAJI My Mustapha, 2016, « Human Papillomavirus Genotypes Distribution in Cervical Cancer Cases in Gabon », Infectious Agents and Cancer 11, 42, p. 1-5. https://doi.org/10.1186/s13027-016-0091-8



Deuxième Partie:

MÉTHODES ET OUTILS GÉOSPATIAUX ET ANALYSE DES DISPARITÉS DE SOINS DE SANTÉ

92



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp. 93-108

www.retssa-ci.com

STRUCTURATION DE L'ESPACE ET OFFRE DE SOINS DE PREMIER RECOURS DANS UN QUARTIER URBAIN ANCIEN, BACONGO (BRAZZAVILLE, REPUBLIQUE DU CONGO)

SPACE STRUCTURING AND PROVISION OF PRIMARY HEALTH CARE IN AN OLD URBAN NEIGHBOURHOOD, BACONGO (BRAZZAVILLE, REPUBLIQUE OF CONGO)

¹ PAKA Etienne

¹ Maître Assistant, Université Marien Ngouabi, Département de géographie, Institut Géographique National (IGN), pakaetienne65@gmail.com

PAKA Etienne, Structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, republique du Congo), Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 93-108, [En ligne] 2022, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:44:34, URL: https://retssa-ci.com/index.php?page=detail&k=256

Résumé

Le discours courant postulant que les zones urbaines concentrent l'essentiel des ressources sanitaires masquent les disparités intra-urbaines de l'offre de soins, notamment dans les quartiers anciens. Cette étude a été réalisée de 2019 à 2020 à Bacongo, l'arrondissement le plus ancien de la ville de Brazzaville. L'objectif est d'analyser la distribution spatiale de l'offre de soins de recours et d'en identifier premier déterminants en lien avec la structuration de cet espace urbain ancien. Les données exploitées proviennent de la revue documentaire et d'une enquête de terrain qui a aussi permis de géolocaliser tous les équipements. Les données spatiales sont intégrées à un Système d'Information Géographique pour l'élaboration

cartes. La structuration de l'espace communal autour du marché Total, « poumon économique » qui polarise les flux quotidiens, est le facteur déterminant la géographie de l'offre de soins. Les fortes densités des équipements de soins sont observées dans les deux quartiers les moins peuplés abritant ce marché. Autour de cet espace central se dessine un espace périphérique constitué des quartiers les plus peuplés accueillant peu de structures de soins. Les disparités spatiales de l'offre de soins résultent d'une logique d'implantation fondée sur la rentabilité financière plus que sur la satisfaction des besoins des populations. L'implantation des structures publiques de soins devrait privilégier cet espace périphérique, afin de corriger la concentration des acteurs privés de soins dans les espaces les plus attractifs.

Mots-clés : Brazzaville, offre de soins, disparités spatiales, logique d'implantation.

Abstract

The current narrative that urban areas concentrate most of the health resources hides intra-urban disparities in the provision of care, especially in older neighbourhoods. This study was carried out from 2019 to 2020 in Bacongo,

Structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, republique du Congo)

the oldest district of Brazzaville. The objective is to analyse the spatial distribution of primary care provision and to identify determinants related to the structuring of this ancient urban space. Data used derive from the literature review and from field investigation. Spatial data are integrated into a Geographical Information System for mapping purposes. The structuring of the communal area around "Total market", the «economic lung» that polarizes the daily flows, is the determining factor in the geography of care provision. The high densities of healthcare facilities are observed in the two least popu-lated neighborhoods housing this market. Around this central space, a peripheral space emerges, consisting of the most populated neighborhoods hosting few health care structures. The spatial disparities in the supply of care are the result of a location logic based on financial profitability rather than on the satisfaction of the needs of The establishment of public populations. healthcare facilities should give priority to this peripheral area, in order to grind the concentration of private healthcare providers in the most attractive areas.

Keywords: Brazzaville, health care provision, spatial disparities, location logics.

INTRODUCTION

Dans son essai sur l'habitation humaine de la Terre, M. Lussault (2013, p.43) écrit que le monde actuel est du « genre urbain ». Cette expression traduit le fait que l'urbanisation est devenue la caractéristique maieure du monde contemporain. Aujourd'hui, et pour les années qui viennent, les problèmes auxquels les gouvernements devront faire face sont liés à l'urbanisation. Parmi ces problèmes figurent ceux relatifs à la santé. La crise sanitaire de la Covid-19 montre à quel point les villes sont à la fois des lieux de vulnérabilité et de diffusion des phénomènes épidémiques. Cette vulnérabilité des villes aux crises sanitaires pose un autre problème, celui de la capacité des systèmes de soins à répondre aux besoins des populations urbaines. Des études ont pourtant montré que les villes concentrent l'essentiel des ressources sanitaires (M. Harang, 2007, p.81-82; Bnetd, 2013, p.51). Au Congo, les trois quarts des médecins exercent à Brazzaville, capitale politique et administrative (E. Paka, 2018, p.128). Toutefois, cette inégale répartition des ressources sanitaires au profit des villes masque des disparités intra-urbaines dans la répartition des ressources sanitaires, au point que des secteurs urbains anciens demeurent en situation marginale.

Cette étude a été réalisée à Bacongo, l'un des neufs arrondissements de la ville de Brazzaville. Bacongo et Poto-Poto, les « Brazzavilles noires » de G. Balandier (1957, p.248), sont les modèles souvent cités de « districts africains de grandes villes » coloniales (C. Coquery-Vidrovitch, 2006, p.1091). Ces deux anciens « villages urbains » ont été créés, respectivement, en 1909 et en 1911 (C. Goma-Foutou,1980, p.23). Situé au sud-ouest de Brazzaville, Bacongo s'étire le long de la rive droite du Fleuve Congo, « le Fleuve-Large » comme l'écrit T. Matondo-Kubu (2021, p.34). Si Bacongo est un « vieux quartier », il est aussi très hétérogène sur le plan de la structuration spatiale.

Du point de vue sanitaire, Gérard Salem définit la ville comme un espace hétérogène, dense et ouvert (1998, p.72-73). A l'échelle de Bacongo, l'hypothèse retenue est que la géographie de l'offre de soins de premier recours est un indicateur de la structuration de ce « petit espace » urbain ancien. Deux questions constituent le fil de cette étude : quels sont les facteurs qui participent à la structuration spatiale de Bacongo ? Quels sont les liens entre cette structuration de l'espace et la distribution géographique de l'offre de soins? Partant d'une approche différenciée de l'espace, l'étude a donc pour objectif d'analyser la distribution spatiale de l'offre de soins de recours et d'en identifier déterminants en lien avec la structuration de l'espace urbain.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. La collecte des données

La figure n°1 présente le cadre méthodologique de l'étude, de la collecte des données jusqu'à la réalisation des cartes. Les données exploitées proviennent principalement de deux sources : la revue documentaire et l'enquête de terrain. La revue documentaire a permis d'obtenir des informations sur l'histoire de Bacongo, sa population, la mise en place et la répartition des équipements. Les enquêtes de terrain ont eu lieu

d'octobre 2019 à juin 2020. Après cette période, plusieurs autres visites de terrain ont été réalisées pour la mise à jour des informations. Les enquêtes de terrains ont permis d'actualiser les informations obtenues auprès des sources administratives. Tous les équipements ont été géolocalisés. Plusieurs couches d'informations spatiales (voirie, cours d'eau, limites des quartiers) ont été digitalisées à partir de l'orthophoto de Brazzaville de 2016. Toutes les données spatiales collectées ont été intégrées à une base de données en vue de la réalisation des cartes.

Figure 1 : Cadre méthodologique



1.2. Les traitements cartographiques

La carte des densités de population a été réalisée grâce aux différents outils de géotraitement de ArcGIS 10.7. Trois champs ont été créés dans la table d'attributs. Le premier champ était consacré au calcul de la superficie de chaque quartier. Cela a été rendu possible grâce à l'outil « Calculate Geometry ». Le nombre d'habitants par quartier a été reporté dans le deuxième champ. Les données de population utilisées sont issues du dernier recensement général de la population et de l'habitat de 2007. Ces données, plus fiables malgré leur ancienneté, ont été retenues plutôt que des estimations qui, à cette échelle, comporteraient d'incontestables biais. Grâce à ces deux premiers champs, un troisième

champ a été créé pour le calcul de la densité, grâce à l'outil « Field Calculator ».

Les cartes des densités des équipements ont été réalisées grâce à l'outil de géotraitement « Kernel Density ». Dans le cas des entités ponctuelles, le principe de calcul de la densité est le suivant : l'outil calcule la densité des entités ponctuelles dans un voisinage ou dans un rayon autour de ces entités. Le voisinage décrit la forme de l'étalement des points. Ainsi, la densité des points représentant la localisation des équipements a été calculée en considérant un rayon de 500 m. Les cartes de densité des équipements permettent d'affiner l'analyse spatiale en mettant mieux en exergue les zones de concentration des équipements.

Reprenant l'approche utilisée par A. Nikiema (2018, p.8) à Ouagadougou, la distribution

Structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, republique du Congo)

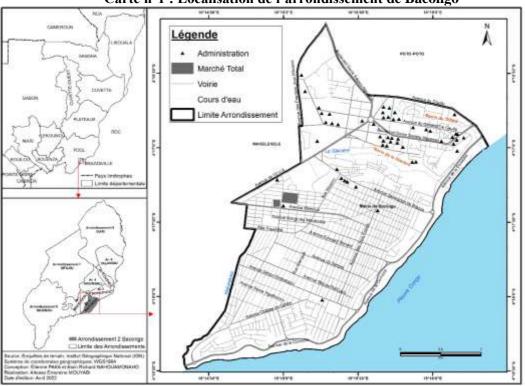
spatiale de l'offre de soins de premier recours a été comparée à celle de l'offre éducative des établissements du premier et du second degré. Cette approche comparative permet de savoir si la distribution spatiale des centres de santé obéit à une logique particulière, comparativement à la distribution spatiale des établissements scolaires.

2. RÉSULTATS

Bacongo comptait 98 734 habitants en 2007 (RGPH 2007). Cette population serait passée à 146 100 habitants en 2020, selon les dernières estimations de l'Institut National de la Statistique. Bacongo s'étend sur un plateau, entre le ravin du Tchad et l'embouchure de la rivière Makélékélé sur le Fleuve Congo (Carte n°1). Dès sa création, Bacongo se caractérise globalement par deux types d'espaces.

2.1. Bacongo : un vieux « quartier » hétérogène

Carte n°1: Localisation de l'arrondissement de Bacongo

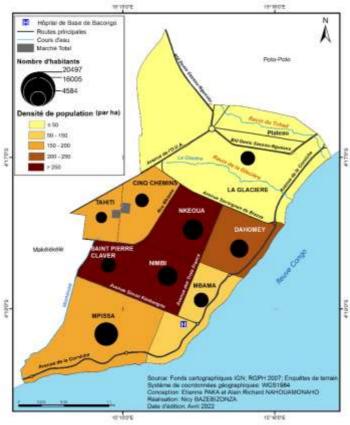


Sources: Fonds cartographiques IGN, enquêtes de terrain

Le premier se situe au Nord-Est, entre le ravin de la glacière et celui du Tchad. Cet espace est le prolongement du quartier du Plateau, quartier administratif, principal espace de pouvoir de l'ancienne ville européenne (S. Dianzinga, 2010, p.9). Le quartier du Plateau a gardé sa fonction administrative. Il accueille encore les sièges de plusieurs ministères et administrations centrales,

des ambassades et le Palais présidentiel. Sa fonction d'espace de « pouvoir » s'est renforcée avec l'installation du nouveau Palais du Parlement. La fonction résidentielle est aussi marquée, avec une population dominée par les expatriés, diplomates et des nationaux appartenant à l'élite politique et administrative. En raison de sa fonction administrative, le

quartier du Plateau reste le moins densément habité de Bacongo (Carte n°2).



Carte n°2: Populations et densités par quartier

Sources: Fonds cartographiques IGN, RGPH 2007, enquêtes de terrain

Le second espace est compris entre le ravin de la glacière et la pointe sud-ouest de Bacongo. Cet espace se distingue globalement du premier par son plan en damier caractéristique des villes coloniales. Il comprend deux sous espaces. Le premier correspond au quartier de la Glacière, entre le ravin du même nom et l'avenue Savorgnan de Brazza. Prolongeant le quartier du Glacière Plateau. la est relativement résidentielle, notamment au voisinage immédiat du ravin de la Glacière. Il est aussi faiblement dense (Carte n°2). Il abrite quelques lieux historiques, tels que la paroisse catholique Notre Dame de Bacongo (Notre Dame du Rosaire) créée en 1949 (J.F. Vincent, 1966, p.73) et le premier commissariat de police de Bacongo (S. Dianzinga, 2010, p.13). Le quartier de la

Glacière est un espace de transition entre le quartier administratif du Plateau et le second sous espace que l'on peut qualifier de « Bacongo populaire ». Celui-ci se situe au sud de l'avenue Savorgnan de Brazza jusqu'à la pointe de Mpissa, entre l'avenue de la corniche à l'Est, l'avenue de l'OUA et la rivière Makélékélé à l'Ouest. A l'observation, ce territoire « populaire » est aussi différencié.

Du point de vue des densités de population, deux espaces apparaissent (Carte n° 2, Tableau n°1).

Structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, republique du Congo)

Tableau n°1 : Les densités de population par quartier

37 3 41 0 01 1 373 175 174					
Nom des quartiers	Superfici	Nb.	Densité en		
	e en ha	Habitants	ha		
Q 21 La	272,02	7842	28,83		
Glacière/Plateau					
Q 22 Dahomey	51,29	12288	239,56		
Q 23 Mbama	57,89	8065	139,31		
Q 24 Nimbi	52,50	14378	273,85		
Q 25 Nkéoua	51,55	16005	310,48		
Q 26 Cinq chemins	44,23	6865	155,21		
Q 27 Tahiti	25,71	4584	178,28		
Q 28 Saint Pierre	28,84	8210	284,65		
Claver					
Q 29 Mpissa	122,45	20497	167,39		

Source : Recensement Général de la Population et de l'habitat (RGPH 2007)

En périphérie du marché Total, un noyau central dense comprend les quartiers Nimbi, Nkéoua et Saint-Pierre Claver. Il s'y trouve plusieurs lieux historiques, comme la paroisse catholique Saint-Pierre Claver, créée en 1951 (J.F. Vincent, 1966, p.73) et l'église évangélique ouverte en 1951 (ibid, p.76).

Ce noyau central est entouré de quartiers de densités moyennes. A l'Est, se situe un espace correspondant aux deux quartiers les plus anciens de Bacongo, Dahomey et Mbama. C'est le noyau à partir duquel Bacongo s'est développé (M. Soret, 1954, p.22). D.A. Nganga a dressé une excellente fresque historique de la vie sociale de ces quartiers, vie sociale animée autour de personnages et de lieux célèbres (2017, p.25). Ce secteur comporte aussi ses monuments historiques, tels que la Case de Gaulle (Résidence de l'ambassadeur de France) achevée en 1942 (S. Dianzinga, 2010, p.16), le marché Ta-Goma, premier marché de Bacongo ouvert en 1936 (J-J. Youlou, S. Dianzinga, 2006, p.30). Cet espace se prolonge en arc jusqu'au quartier Mpissa, le plus peuplé de Bacongo.

Au Nord-Ouest du noyau central, deux quartiers (Cinq chemins et Tahiti) constituent un espace peu dense. Ils sont les moins peuplés de Bacongo et abritent le marché Total et son importante gare

routière datant de 1956 (P. Vennetier, 1957, p.148). Créé dans les années 1950 pour prendre le relai du marché Ta Ngoma devenu trop petit (P. Yengo, 2006, p.334), le marché Total est le « poumon économique » de Bacongo. Il est le plus grand marché domanial de Brazzaville qui polarise les flux de marchands et d'usagers venant de tout Brazzaville. La faible densité de cet espace est liée au fait que de nombreuses habitations sont progressivement transformées en locaux commerciaux par leurs propriétaires, afin d'en tirer une meilleure rente locative. Dans son étude sur le quartier Cinq chemins, P. Moundza fait observer que les propriétaires y sont d'ailleurs très peu nombreux (12%), la majorité d'entre eux ayant choisi de s'installer hors du quartier (2019, p.152).

2.2. Évolution mensuelle du paludisme par rapport aux paramètres climatiques

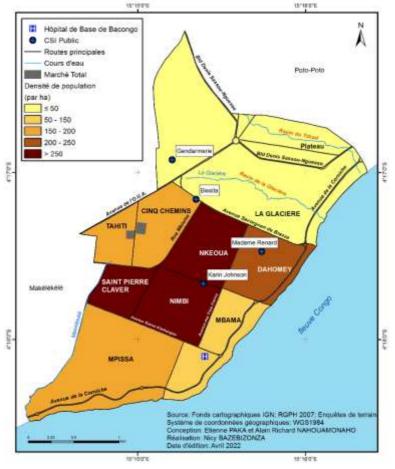
L'offre de soins de Bacongo est répartie en trois groupes : les structures publiques de soins, les structures privées et confessionnelles. Depuis le décret n° 88/430 du 6 juin 1988 fixant les conditions d'exercice libéral de la médecine et des professions paramédicales et pharmaceutiques, le secteur privé a vu son poids s'accroitre dans l'offre de soins au Congo. A Bacongo, sur 25 structures de soins de premier recours dénombrées, 21 appartiennent au secteur privé, soit 84%

2.2.1. Un faible encadrement par les structures de soins publiques

En plus d'un hôpital de référence (Hôpital de Base) ouvert en 1996, Bacongo ne dispose que de quatre structures de soins publiques de premier recours (Carte n°3). Il s'agit des centres de santé intégrés (CSI) de Bissita, Gendarmerie, Madame et Karin Johanson. Si l'on rapporte le nombre de CSI à la population estimée en 2020, on obtient une desserte de 36500 habitants pour un centre de santé public. Ce niveau de desserte est loin de la norme officielle de 10 000 habitants

pour un centre de santé. L'analyse historique montre que trois des quatre centres de santé existaient déjà avant l'indépendance, en 1960 : Bissita, Madame et Gendarmerie. L'actuel centre de santé de Bissita occupe en fait les locaux du premier dispensaire adulte de Bacongo créé en 1913 (S. Dianzinga, 2009, p.99), marquant ainsi le début de l'aménagement des quartiers indigènes (J-J. Youlou, S. Dianzinga, 2006, p.21).

Carte n°3: Distribution spatiale des structures publiques de soins



Sources: Fonds cartographiques IGN, RGPH 2007, enquêtes de terrain

Le centre de puériculture Edouard Renard fut créé en 1935 (C. Goma-Foutou, 1980, p.27; J-J. Youlou et S. Dianzinga, 2006, p.29), afin de compléter l'offre de soins adultes par un centre de soins destinés aux mères et aux enfants. Ce centre a fermé en 2003 sur son site originel et réouvert, en 2012, sur son site actuel, sous le nom de dispensaire Madame, en mémoire à la femme du Gouverneur Edouard Renard. dispensaire de 1a L'actuel gendarmerie correspond à l'infirmerie du camp militaire de la milice transférée par l'armée française aux forces armées congolaises en 1961 (S. E. Labi, 2009, p.263). Ces trois centres de santé, les plus anciennement implantés, se situent dans la moitié Nord-Est de l'arrondissement, qui est historiquement la plus proche de l'ancienne ville européenne. Toute la moitié Sud-Ouest n'est desservie que par une seule structure publique de premier recours : le CSI Karin Johanson. Ce centre a été inauguré en juin 1993 sur son premier site, dans un bâtiment mis à disposition

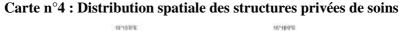
Structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, republique du Congo)

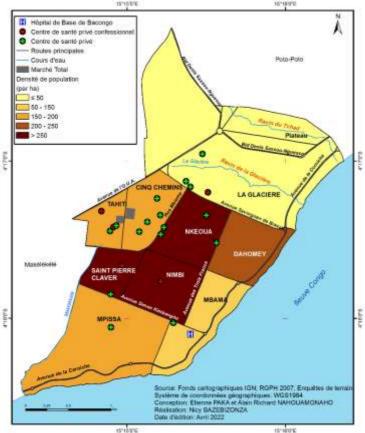
dans la concession de l'église évangélique. Il a déménagé en 2015 sur son site actuel de l'avenue Cinq chemins. Le fait le plus notable est l'absence de structure publique de soins à Mpissa, le quartier le plus peuplé de Bacongo.

2.2.2. Des structures privées privilégiant les espaces attractifs

Du point de vue quantitatif, Bacongo est mieux desservi par les structures privées de premier

recours que par les structures publiques. Avec 21 structures de soins, la desserte est de 6952 habitants pour une structure privée de soins, soit une desserte cinq fois meilleure à celle des structures publiques. Parmi ces structures privées, 16 (76%) appartiennent au secteur privé laïc et cinq (24%) aux confessions religieuses. Les structures privées présentent une localisation particulière (Carte n°4).





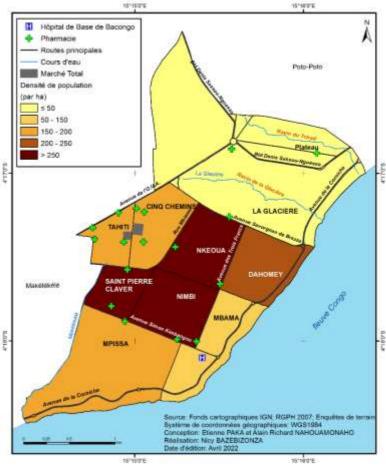
Sources : Fonds cartographiques IGN, enquêtes de terrain

Les structures privées de soins sont concentrées autour du marché Total (65.5%), dans les quartiers Tahiti et Cinq chemins, ainsi que leur proximité immédiate. Ces deux quartiers bénéficient de la forte attractivité du marché Total. Les trois quartiers les plus densément

habités (Nkéoua, Nimbi, Saint-Pierre Claver) accueillent beaucoup moins de structures privées de soins, encore moins les trois autres quartiers formant un arc périphérique depuis Dahomey jusqu'à Mpissa. Il faut encore noter la situation particulière du Quartier Mpissa, le plus peuplé,

qui n'abrite qu'une structure privée implantée en 2012 par un médecin à la retraite. Il apparaît que la distribution spatiale de l'offre de soins ne correspond pas à la distribution de la population, et par ricochet à la demande de soins.

La même structure spatiale ressort dans la distribution des pharmacies (Carte n°5). Un peu plus de la moitié des pharmacies (neuf sur dixsept, soit 53%) se situe autour ou à proximité du marché Total, toujours dans les quartiers Tahiti et Cinq chemins.



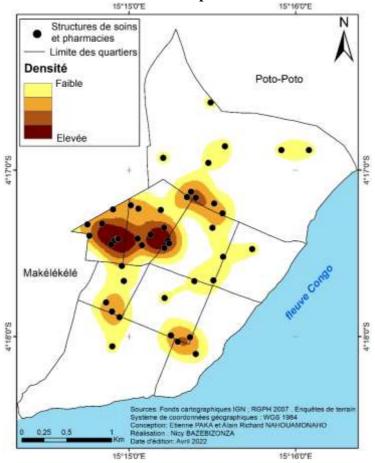
Carte n°5: Distribution spatiale des pharmacies

Sources: Fonds cartographiques IGN, enquêtes de terrain

L'effet de polarisation exercé par l'espace autour du marché Total s'observe encore mieux sur la carte indiquant les densités des équipements (Carte n°6). Il y apparaît un espace central et des espaces périphériques. L'espace central autour du marché total bénéficie d'une forte densité des centres de santé et des pharmacies. L'espace qui se trouve au nord du ravin de la Glacière étant un

espace plutôt administratif et résidentiel, la faiblesse de l'encadrement sanitaire de premier recours pose, dans une moindre mesure, moins de problèmes d'accès aux soins. Les populations qui y habitent sont plutôt aisées et ont les moyens de s'adresser à une offre de soins intermédiaire (Cliniques, cabinets médicaux spécialisés...).

Carte n°6 : Densité des structures de soins et des pharmacies



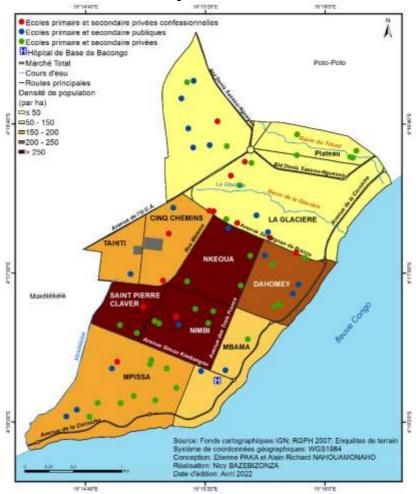
Sources: Fonds cartographiques IGN, enquêtes de terrain

Au sud, dans les quartiers populaires, la faiblesse de l'encadrement sanitaire par l'offre de soins de premier recours (publique ou privée) pourrait poser des problèmes d'accès aux soins, pour les familles où les dépenses de santé sont en concurrence avec d'autres besoins familiaux.

2.2.3. Offre de soins et offre éducative : une géographie différentielle

Du point de vue structurel, l'offre éducative est aussi marquée par une prédominance du secteur privé (confessionnelle et non confessionnelle). 56 établissements inventoriés sur 82 relèvent du secteur privé, soit 68%. Du point de vue spatial,

il y a une plus grande couverture spatiale de l'offre éducative, quel que soit le secteur considéré (publique ou privé). Des quartiers qui sont peu desservis par l'offre privée de soins sont au contraire attractifs pour les établissements scolaires du primaire et du secondaire (Carte n°7). Ces quartiers sont d'ailleurs les plus peuplés de Bacongo. Tout se passe comme si les promoteurs des écoles privées privilégient les implantations dans les secteurs à fort potentiel démographique (en termes de population résidentielle), alors que les acteurs privés des soins recherchent plutôt les espaces les plus attractifs en raison de leur fonction commerciale.



Carte n°7: Distribution spatiales des établissements scolaires

Sources: Fonds cartographiques IGN, enquêtes de terrain

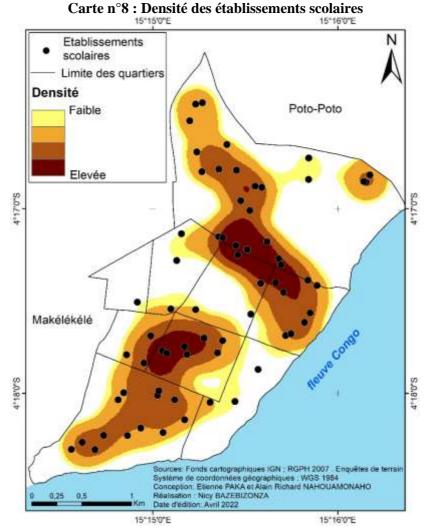
C'est le cas du quartier Dahomey et surtout du quartier Mpissa. Ce vaste quartier qui n'abrite qu'un seul centre privé de santé accueille neuf écoles privées, trois écoles publiques et une école confessionnelle.

La situation des quartiers Tahiti et Cinq chemins est la plus illustrative de l'implantation différentielle de l'offre de soins et l'offre éducative. Cet espace central, polarisant par rapport à l'offre privée de soins, n'est pas attractif pour l'offre éducative privée. Il faut y voir l'effet du « contexte quartier ». C'est un espace commerçant, bruyant, avec de nombreux étals installés à même le sol, au point où certaines rues sont inaccessibles aux véhicules. Ce

contexte n'est pas favorable à l'installation d'un établissement scolaire qui nécessite un minimum de « tranquillité ». En plus du « contexte quartier », il y a un facteur urbanistique : la taille des parcelles et leur densification. Ces vieux secteurs de Bacongo ont été lotis après 1945, avec des parcelles de taille modeste, 325 m², en moyenne (J-F. Vincent, 1966, p. 19). Dans les années 1950 des opérations immobilières ont permis la construction de maisons modernes dans les nouveaux quartiers comme « Bacongoaviation » et « Bacongo-Tahiti », dénommés « Quartier chic », sur des parcelles de 270 à 360 m² (S. Dianzinga, 2010, p.16, J-F. Vincent, 1966, p. 19). La densification de l'occupation de ces

Structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, republique du Congo)

parcelles pour des usages commerciaux est telle qu'il y a de moins en moins d'espaces disponibles pour d'autres usages, notamment les usages scolaires qui ont besoin de grands espaces d'accueil. La carte 8 montre particulièrement la « marginalité » de cet espace, du point de vue de l'offre éducative.



Sources: Fonds cartographiques IGN, enquêtes de terrain

Si l'offre éducative paraît géographiquement plus large que l'offre de soins, elle est aussi marquée par une forme de concentration. Il y a un glissement des noyaux de concentration spatiale de l'offre éducative plutôt à l'Est, autour de l'avenue De Brazza, et au Sud, entre les quartiers Saint-Pierre Claver, Nimbi et Mpissa.

3. DISCUSSION

3.1. Des espaces urbains anciens en marge de l'offre de soins

En 2004, F. Fournet et G. Salem ont publié un texte sous le titre « La santé dans les villes

africaines, d'idées reçues à la définition d'une urgence de santé publique » (p. 567). Parmi les idées reçues figure celle selon laquelle, « Les villes sont favorisées par rapport à la campagne, elles absorbent l'essentiel des ressources sanitaires du pays ». Pourtant, poursuivent-ils « l'offre de soins V est cependant géographiquement mal répartie et socialement peu accessible » (p. 567). Si l'on admet le fait qu'il existe des disparités intra urbaines de l'offre de soins (E. Cadot M. Harang, 2006, p.330), une autre idée reçue postule que ce sont les quartiers centraux qui sont les mieux desservis que leurs franges périphériques. Certes, cette idée n'est pas tout à fait fausse, comme l'ont bien montré E. Makita-Ikouya à Libreville (2016, p. 329), F. Fournet, A. Meunier-Nikiema et G. Salem à Ouagadougou (2008, p.99-100). Des disparités apparaissent pourtant à l'intérieur même de ces zones centrales. Les observations faites à Bacongo illustrent bien ce fait. Dans cet espace ancien et central, la concentration des structures de soins dans quelques secteurs crée des « déserts médicaux » dans d'autres. C'est hien manifestement le cas du quartier Mpissa qui ne dispose pas de structure publique et qui n'est desservi que par une seule structure de soins privée.

3.2. Logique d'implantation des structures de soins privées et structuration de l'espace urbain

L'inégale répartition des structures de soins tient à la structuration de cet espace. La polarisation exercée par l'espace autour du marché total est sans conteste liée à sa fonction commerciale. L'implantation préférentielle des structures privées dans cet espace obéit à la volonté des promoteurs de ces structures de bénéficier de l'attractivité de cet espace. La patientèle peut ainsi être constituée des résidents de ces quartiers, des commerçants et de nombreux usagers du marché venus de Bacongo et de Brazzaville. Dans l'arrondissement de Talangaï (au nord de Brazzaville), S.C. Mouata (2018, p.22) note également un effet polarisant du marché de Mikalou dans la distribution des centres de santé du quartier Champ de tir. La majorité des centres de santé et des pharmacies se situe en effet au Nord du quartier, autour du marché de Mikalou, dans un espace beaucoup plus attractif.

Les quartiers en périphérie de ces espaces n'ont polarisants essentiellement qu'une fonction « dortoir », et n'abritent que des commerces et des marchés de proximité. La concentration des structures privées de soins dans les deux quartiers autour de ces espaces polarisants est donc l'expression implantation bien plus fondée sur une logique de rentabilité financière que sur une logique de satisfaction des besoins des populations. Même si elle intègre nécessairement la rentabilité financière, la logique d'implantation des établissements scolaires correspond mieux à la distribution de la population. A. Nikiema et al (2018, p.10) ont fait la même observation en analysant la distribution spatiale de l'offre de soins et de l'offre éducative à Ouagadougou.

Contrairement à une idée répandue, les « petits espaces urbains centraux » sont loin d'être homogènes. Ils peuvent être marqués par une forte hétérogénéité dont les disparités spatiales de l'offre de soins sont l'expression. Ces disparités sont par conséquent révélatrices d'une fonctionnalité différentielle des espaces à l'intérieur des quartiers anciens. A Bobo-Dioulasso, D. Kassié (2018. p.27) a même montré que des secteurs périphériques de la ville

Structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, republique du Congo)

dotés de fonctions polarisantes étaient mieux pourvus en structures de soins que des espaces centraux. Cela est l'expression géographique ou spatiale de ce que H. Picheral (1998, p. 39) appelle « la valeur d'usage de l'espace ». Selon ses fonctions, ou sa valeur d'usage, « Tel espace peut attirer, tel autre repoussé ».

CONCLUSION

L'analyse spatiale de l'offre de soins à Bacongo montre tout l'intérêt d'une approche différenciée de l'espace, y compris à l'échelle d'un « vieux quartier » urbain. La structuration marquée de cet espace autour du marché Total qui polarise les flux quotidiens est le facteur déterminant la distribution de l'offre de soins, notamment pour le secteur privé très largement majoritaire. De ce fait, la concentration des structures de soins privées autour du plus grand marché de Brazzaville laisse apparaître des espaces en marge de l'encadrement sanitaire, à l'intérieur même d'un espace central et anciennement urbanisé. Plus encore, ces disparités spatiales de l'offre de soins traduisent une implantation fondée sur une logique de rentabilité financière plutôt que sur une logique de satisfaction des besoins de la population.

Du point de vue de l'offre et de la demande de soins, le problème de Bacongo est moins l'inégale répartition spatiale des structures de soins privé, que le faible encadrement spatial de l'offre publique de soins. La desserte de Bacongo en structures publiques de soins reste en deçà des préconisations nationales. Il faudrait reconsidérer les préconisations visant à atteindre l'équité d'accès aux soins par les seules structures publiques. Viser l'équité d'accès uniquement par l'offre publique de soins

conduirait à l'implantation des structures publiques dans les espaces urbains bénéficiant déjà d'un bon encadrement sanitaire par l'offre privée. Compte tenu de l'implantation différentielle des structures de soins privées au profit des espaces commercialement les plus attractifs, l'implantation des structures publiques de soins devrait privilégier les quartiers les moins bien desservis, à condition de s'assurer que le secteur privé de soins remplit les critères d'un niveau de service acceptable.

Le contexte de chaque quartier, la valeur d'usage de l'espace qui en résulte et la perception que les promoteurs privés ont de chaque espace varient en fonction des équipements. Un même espace peut être attractif pour un type d'équipement et répulsif pour un autre. C'est ce qui apparaît de l'analyse de la distribution spatiale de l'offre de soins et de l'offre éducative à Bacongo. Il en résulte une géographie différentielle révélatrice des logiques spatiales particulières.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Antoine-Nganga Dieudonné, 2017, Si Bacongo m'était conté. La joie de vivre métamorphosée en violence, Paris, L'Harmattan, 195 p.

Balandier George, 1957, Afrique ambiguë, Paris, éd. Plon.

Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement, 2013, Projet d'appui à la carte sanitaire primaire. Rapport final, Abidjan, 286 p.

Cadot Emmanuel et Harang Maud, 2006, « Offre de soins et expansion urbaine, conséquences pour l'accès aux soins. L'exemple de Ouagadougou (Burkina Faso) », Espace populations sociétés [En ligne], mis en ligne le 17 novembre 2016, consulté le 25 novembre

2020. URL: http://eps.revues.org/1739; DOI: 10.4000/eps.1739

Coquery-Vidrovitch Catherine, 2006, « De la ville en Afrique noire », Annale Histoire, Sciences Sociales, p. 1087-1119.

Dianzinga Scholastique, 2009, « Santé et maladies en situation coloniale : l'exemple du Moyen-Congo (1908-1958) », Annales de l'Université Marien NGOUABI, Lettres et Sciences Humaines, 10 (1), p. 92-107

Dianzinga Scholastique, 2010, « Histoire d'un quartier de Brazzaville : Bacongo de 1909 à 1959 », Annales de l'Université de Lomé, Série Lettres, Tome XXX-I, p. 9-21

Fournet Florence et Salem Gérard, 2004, « La santé dans les villes tropicales. D'idées reçues à la définition d'une urgence de santé publique », Médecine Tropicale, vol. 64, p. 567-568

Fournet Florence, Meunier-Nikiema Aude et Salem Gérard, 2008, Ouagadougou (1850-2004), Une urbanisation différenciée, Marseille, Edition IRD, 143 p.

Goma-Foutou Célestin, 1980, « Avant-propos », Centenaire de Brazzaville, p.20-40

Harang Maud, 2007, Système de soins et croissance urbaine dans une ville en mutation. Le cas de Ouagadougou (Burkina Faso), Thèse de géographie, Université Paris X-Nanterre, 497 p.

Kassié Daouda, Karama Fatou, Sanou Seydou et Fournet Florence, 2018, « Dynamique de l'offre de soins modernes et attractivité des espaces urbains à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) », in Paka Etienne (dir.), Dynamiques sociales, dynamiques sanitaires et territoires en Afrique, Revue Territoires d'Afrique, p. 19-30

Lebi Simplice Euloge, 2009, Pour une histoire militaire du Congo-Brazzaville 1882-1992.

Problèmes et perspectives de l'administration militaire, Paris, L'Harmattan, 424 p.

Lussault Michel, 2013, L'avènement du monde. Essai sur l'habitation humaine de la terre, Paris, éd. du Seuil, 297 p.

Makita-Ikouya Euloge, 2016, « Offre de soins et typologie des quartiers à Libreville », Médecine et Santé Tropicales, p. 326-331

Matondo-Kubu Turé, 2021, Marché Total. Palabre à la criée, Brazzaville, MédiAfrique Editions, Collection Nouvel'Art, 84 p.

Mouata Syntiche Chelsaite, 2018, Etude géographique du centre de santé intégré Marien Ngouabi dans l'arrondissement 6 Talangaï (République du Congo), Mémoire de Master, Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines, Université Marien Ngouabi, 87 p.

Moundza Patrice, 2019, « Le quartier 26 « Cinq chemins », arrondissement 2 Bacongo Brazzaville », Revue Espace Géographique et Société Marocaine, n° 30, p.147-163

Nikiema Aude, Oudraogo Issiaka et Kyelem Claude, 2018, « Distribution spatiale de l'offre de soins en milieu urbain : quel impact de l'urbanisation ? in Paka Etienne (dir.), Dynamiques sociales, dynamiques sanitaires et territoires en Afrique, Revue Territoires d'Afrique p. 7-17

Paka Etienne, 2018, « La ville et les médecins au Congo : géographie d'un espace polarisé », in Blaise Henock Nguendo Yongsi, Santé et territoires en Afrique, inégalité de besoins de santé et d'accès aux soins, L'Harmattan Cameroun, p.125-144

Picheral Henri, 1998, « Territoires et valeur d'usage de l'espace : éléments d'une géopolitique de la santé », Actes du 5ème colloque géographie et socio-économie de la santé sur « Allocation des ressources et

Structuration de l'espace et offre de soins de premier recours dans un quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, republique du Congo) géographie des soins », 22-24 avril 1998, Université Paul Valery, Montpellier 3, p. 39-45

SALEM Gérard, 1998, La santé dans la ville. Géographie d'un petit espace dense : Pikine (Sénégal), Paris, Karthala, Paris, 360 p.

Soret Marcel, 1954, « Démographie et problèmes urbains en AEF : Poto-Poto, Bacongo, Dolisie », Mémoires de l'institut d'études centrafricaines, n°7, Brazzaville.131 p.

Vennetier Pierre, 1957, « Banlieue noire de Brazzaville. La vie rurale et les rapports entre la ville et la campagne à Bacongo ». Cahiers d'outre-mer, n° 38, p. 131-157

Vincent Jeanne Françoise, 1966, Femmes africaines en milieu urbain (Bacongo-Brazzaville), Brazzaville, éd.ORSTOM. Brazzaville, 287 p.

Yengo Patrice, 2006, « Brazzaville's Marché Total. Women's Alliances during the Civil War in Congo », Cahiers d'études africaines [En ligne], 182 |, mis en ligne le 01 janvier 2008, consulté le 21 février 2022. URL: http://journals.openedition.org/etudesafricaines/15235; DOI: https://doi.org/10.4000/etudesafricaines.15235

Youlou Jean Jaques et Dianzinga Scholastique, 2006, « Une capitale dans l'histoire », in Ziavoula Robert Edmond (dir.), Brazzaville, une ville à reconstruire, Paris, Karthala, p. 17-56



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp. 109-121

www.retssa-ci.com

ANALYSE A PARTIR DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUES DE LA SPATIALITE ET DE L'ACCESSIBILITE DES INFRASTRUCTURES SANITAIRES DANS LA COMMUNE URBAINE FRONTALIERE DE NIANGOLOKO AU BURKINA FASO

ANALYSIS USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS OF THE SPATIALITY AND ACCESSIBILITY OF HEALTH INFRASTRUCTURES IN THE BORDER URBAN COMMUNE OF NIANGOLOKO IN BURKINA FASO

¹ SOMA Assonsi

¹ Enseignant-Chercheur/Maître-Assistant, Département de Géographie de l'Université Joseph KI-ZERBO de Ouagadougou, Laboratoire d'Etudes sur les Milieux et Territoires (LERMIT), Email: somaas78@yahoo.fr

SOMA Assonsi, Analyse a partir des systemes d'information geographiques de la spatialite et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko au Burkina Faso, Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 109-121, [En ligne] 2022, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:44:57, URL: https://retssa-ci.com/index.php?page=detail&k=255

RÉSUMÉ

Cet article aborde l'applicabilité et l'importance des outils géospatiaux dans l'analyse de l'offre de services de santé à travers une étude de cas dans la commune urbaine de Niangoloko au Burkina Faso. L'objectif principal est de montrer l'utilité des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) pour l'analyse de la spatialité et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune concernée. La démarche méthodologique est axée sur deux volets. Le

premier concerne la revue de littérature pour l'exploitation des données secondaires. Le second porte sur l'utilisation des fonctionnalités applicatives des SIG s'appuyant sur des données primaires géoréférencées des infrastructures sanitaires et sur des normes internationales et nationales d'implantation. La cartographie a permis de constater une meilleure répartition spatiale des infrastructures sanitaires sur l'ensemble du territoire communal, avec cependant quelques disparités. L'analyse à partir des zones tampons révèle que le rayon moyen d'action théorique des formations sanitaires est de 5,61 km, ce qui est appréciable, comparé aux normes nationales (7,1 km) et internationale (5 km). Par contre, l'application des polygones de Thiessen laisse entrevoir une disparité des aires de couverture des localités par les formations sanitaires. Par ailleurs, la technique des oursins a permis de montrer que les populations de certaines localités ont un ou plusieurs choix pour se rendre à une formation

Analyse à partir des systemes d'information geographiques de la spatialite et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko au Burkina Faso sanitaire, du fait de leur situation géographique.

Mots-clés : SIG, infrastructures sanitaires, accessibilité, spatialité, Burkina Faso, Niangoloko

ABSTRACT

This paper discusses the applicability of geospatial tools in the analysis of health service provision through a case study in the urban commune of Niangoloko. The main objective is to show the usefulness of Geographic Information Systems (GIS) for the analysis of the accessibility of health infrastructures in the commune concerned. The methodological approach is based on two parts. The first concerns the literature review for the exploitation of secondary data. The second concerns the use of GIS application functionalities based on geo-referenced primary data of health infrastructures and on international and national standards of implementation. The mapping has shown a better spatial distribution of health facilities throughout the commune, although with some disparities. The analysis based on the buffer zones reveals that the average theoretical radius of action of the health facilities in the commune is 5.61 km, which is appreciable, compared to the national (7.1 km) and international (5 km) standards. On the other hand, the application of Thiessen's polygons suggests a disparity in the areas covered by the health facilities. In addition, the urchin technique showed that the populations of certain localities have one or more choices for going to a health facility.

Keywords: GIS, health infrastructure, accessibility, spatiality, Burkina Faso, Niangoloko

INTRODUCTION

A l'échelle locale, nationale ou internationale, l'implantation optimale des infrastructures de santé constitue une préoccupation majeure aussi bien pour les décideurs que pour les populations. Cette optimisation passe par la prise en compte de nombreux critères notamment la distribution spatiale, la distance parcourir, le rayon moyen d'action théorique, la zone de couverture, le ratio centre de santé/population (I. Khaliloulah, 2016, p.15). Dans ce sens, l'intérêt des différents acteurs pour l'usage des outils géospatiaux pour l'aide à la prise de décision en matière d'analyse et de planification de l'implantation des infrastructures sanitaires est aujourd'hui avéré. En effet, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2011, p.3), l'utilisation des technologies des SIG et de la cartographie dans le domaine de la santé publique est en pleine expansion. Selon M.-J. Proulx et al. (2007, p.12), visualiser les dynamiques liées à santé sur une carte aide à leur compréhension ainsi qu'à la prise de décision. Les caractéristiques spatiales intrinsèques concernées sont entre autres. positionnement ou les relations spatiales (connectivité, proximité, inclusion/exclusion, etc.) et la distribution spatiale (concentrée, dispersée). La géographie de la santé qui est « l'analyse spatiale des disparités de santé des populations. de leurs comportements sanitaires et des facteurs de l'environnement (physique, biologique, social, économique) qui concourent à expliquer ces inégalités », s'intéresse au caractère spatial de trois dimensions de la santé : les besoins, l'offre et la consommation des soins (Picheral, 1984 cité par A. Hyenne, 2006, p.23).

Cependant, bien que l'usage des outils géospatiaux dans le domaine de la santé soit

connu depuis longtemps, leur utilisation reste limitée par les décideurs et les professionnels de la santé notamment dans les pays en développement. L'OMS (2012, p.2), note qu'à l'échelle nationale et infranationale, les gestionnaires de la santé devraient plutôt avoir accès à une infrastructure de l'information sanitaire spatialisée ou géoréférencée pour les aider à offrir de meilleurs services de soins aux populations. Par ailleurs, il est aujourd'hui reconnu que les choix de planification et d'aménagement du territoire influencent la santé, la qualité de vie et le bien-être des populations (G Salem, 1993, A. Roué-Le Gall et F. Auffray, 2014, p.2). De plus, la planification des infrastructures sanitaires est un enjeu multi-dimensionnel qui recouvre les aspects politiques, sociaux, géographiques et techniques. Les modèles les plus souvent utilisés pour l'analyse ne se fondent que sur un seul aspect (C. Pelletier, 1999, p.2). Or, les outils géospatiaux offrent la possibilité de faire une analyse multi-critères pour des prises de décisions optimales en matière d'offre de services de santé.

Au Burkina Faso, les autorités se sont engagées depuis les années 1960 dans un processus de planification sectorielle dans le souci de répondre efficacement aux problèmes de santé qui entravent le développement du pays. Il ressort que la couverture du pays en infrastructures sanitaires reste globalement insuffisante, doublée d'une répartition inégale des formations sanitaires sur le territoire national. En effet, le rayon moyen d'action théorique des formations sanitaires est de 7,1 km comparé à celui de l'OMS qui est de 5 km. Aussi, le ratio habitant par centre de santé est passé de 14 177 habitants en 2001 à 9 835 habitants en 2009, ce qui reste faible pour une cible de 7 500 habitants pour un centre de santé en 2020. Les défis majeurs à relever sont entre autres, le renforcement des mesures visant l'amélioration des prestations des services de

santé et le renforcement des performances du système de santé (Ministère de la santé, 2011, p.6). Parmi les insuffisances relevées, il est noté que la carte sanitaire est peu utilisée comme outil de planification et de régulation de l'offre de soins aux populations dans les communes. Cela a pour conséquences entre la construction d'infrastructures sanitaires hors normes, la concentration de l'offre de soins dans certaines localités au détriment d'autres, des disparités en matière de couverture sanitaire aussi bien entre les districts sanitaires qu'à l'intérieur des régions et des communes (Ministère de la santé, 2011, p.12). Pourtant, l'accès aux soins est considéré comme une condition de l'équité sociale (A. F. Young et al., 2000 cités par H. A. A. I. Lawson, 2019, p.10)

L'objectif principal de la recherche est de montrer l'utilité ou l'apport de la cartographie et des SIG pour l'analyse de la spatialité et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko. De façon spécifique, il s'agit (i) d'utiliser les techniques de la cartographie pour la description et l'appréhension de la distribution spatiale des infrastructures sanitaires sur le territoire communal, (ii) de montrer les fonctionnalités applicatives des SIG pouvant aider à une analyse normative de l'accessibilité aux infrastructures sanitaires par les populations.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

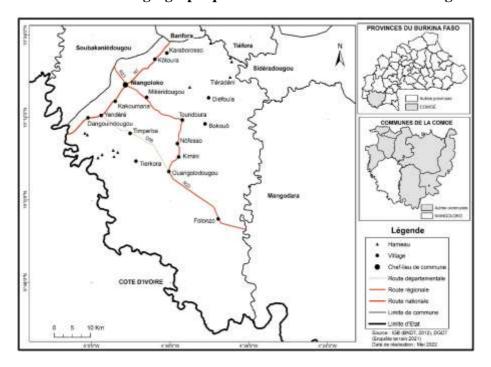
1.1. Présentation de la commune urbaine de Niangoloko

Niangoloko est une commune urbaine située à l'extrême Sud-Ouest du Burkina Faso. Le noyau central (ville de Niangoloko) est situé à 15 km de la frontière avec la Côte d'Ivoire et à 500 km de Ouagadougou, capitale politique du

Analyse à partir des systemes d'information geographiques de la spatialite et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko au Burkina Faso

pays. De par sa position, la commune exerce une influence sur l'ensemble des localités de la sous-région. En effet, Niangoloko est à la fois une ville carrefour, frontalière et commerciale séculaire qui contribue à faciliter l'écoulement d'importantes productions agrosylvo-pastorales et la mobilité transfrontalière des populations (A. Soma, 2021, p.3). La carte 1 présente la situation géographique de cette localité.

Carte n°1: Situation géographique de la commune urbaine de Niangoloko



Auteur : Soma A., mai 2022

La commune de Niangoloko compte un noyau urbain subdivisé en neuf (09) secteurs, 15 administratifs et de nombreux villages hameaux. Ces localités situées plus au nord et au centre de la commune, sont inter-reliées par des routes nationales. régionales, départementales et des pistes. Les villages difficiles d'accès par des voies bien dégagées sont Bokouo, Diéfoula et Tierkora. Le territoire communal couvre une superficie de 2 880 km2 soit 18,47% du territoire de la province de la Comoé (15 597 km2). Le noyau urbain actuel couvre une superficie de 75 km2,

soit 3,75% du territoire communal (Commune de Niangoloko, 2018, p.12).

Au dernier Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) en 2019, la population de la commune était de 76 840 habitants contre 54 138 habitants en 2006. Cette population est composée de 37 752 hommes et de 39 088 femmes répartis dans 4 116 ménages (pour la ville de Niangoloko) et 4 876 ménages (pour les 15 villages rattachés). Cependant, du fait de la fermeture des frontières suite à la pandémie de COVID-19, de nombreux migrants ou passagers se sont installés temporairement voire définitivement

dans la ville et dans des hameaux créés de façon spontanée. Ainsi, la population de la commune a connu une forte augmentation. Elle est estimée en 2021 à 85 000 habitants avec une proportion de femmes légèrement élevée, soit 50,41% de la population totale.

1.2. Méthodologie de l'analyse

La méthodologie a porté essentiellement sur deux approches : la recherche documentaire assortie d'une revue de littérature pour l'exploitation des données secondaires sur la thématique ; l'utilisation des fonctionnalités applicatives des SIG s'appuyant sur des données primaires géoréférencées notamment les Centres de Santé et de Promotion Sociale (CSPS) de la commune urbaine de Niangoloko et sur des normes et critères internationaux et nationaux d'implantation. Il existe plusieurs critères permettant l'analyse en fonction des besoins. M. F. Guagliardo (2004) cité par A. Hyenne, (2006, p.35) a effectué une classification en quatre catégories à savoir le ratio offre de soin et population, la distance du domicile à l'offre de soin la plus proche, la distance moyenne du domicile à un certain nombre de lieux préférentiels dispensant l'offre de soins, les modèles gravitaires ou les zones de couverture. La collecte des données primaires géoréférencées sur les Centres de Santé et de Promotion Sociale (CSPS) s'est basée d'une part, sur la capitalisation et la désagrégation des données de l'étude sur la répartition spatiale des infrastructures et des services sociaux dans la région des Cascades menée par le Ministère de l'économie et des finances en 2015, et d'autre part, sur la mise à jour des données sur les infrastructures sanitaires de la commune, réalisée par le District sanitaire de Niangoloko en 2021.

Pour l'analyse de la spatialité et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko en application des critères cidessus mentionnés, le choix est porté sur les six fonctionnalités à travers les applicatives qu'ils offrent à savoir l'abstraction. l'acquisition, l'archivage, l'affichage, l'analyse et l'anticipation. Ces fonctionnalités permettent également de répondre aux questions où ? quoi ? comment ? pourquoi ? quand ? et si ? et leur intérêt dans le domaine de l'offre de soins. De façon pratique, l'analyse s'appuie sur trois critères nationaux et internationaux suivants, liés aux Centres de Santé et de Promotion Sociale (CSPS) de la commune de Niangoloko : le Rayon Moyen d'Action Théorique (RMAT), les choix possibles offerts aux populations pour accéder à une formation sanitaire, la zone de couverture ou l'aire d'influence des centres de santé. Au niveau mondial, l'OMS fixe la norme du RMAT des infrastructures sanitaires à 5 km. Au Burkina Faso, bien que l'objectif visé d'ici à 2020 ait été cette norme, la moyenne depuis 2015 est de 7,10 km (Ministère de la santé, PNDS 2011-2020).

Trois fonctions de SIG ont été utilisées pour mieux apprécier ces critères. Il s'agit des zones tampons ou buffers pour l'analyse du RMAT, du polygone de Thiessein ou de Voronoï pour la détermination des aires d'influence ou de couverture de chaque centre santé et les oursins pour déterminer la proximité et les choix préférentiels offerts par un centre de santé aux populations en fonction de son emplacement.

2. RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

2.1. L'inégale répartition des infrastructures sanitaires

En 2021, la commune urbaine de Niangoloko comptait au total 12 formations sanitaires dont 11 centres publics et 01 centre privé. Le tableau suivant présente la répartition de ces formations sanitaires par localité.

Analyse à partir des systemes d'information geographiques de la spatialite et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko au Burkina Faso

Tableau n°1 : Répartition des formations sanitaires dans la commune de Niangoloko en 2021

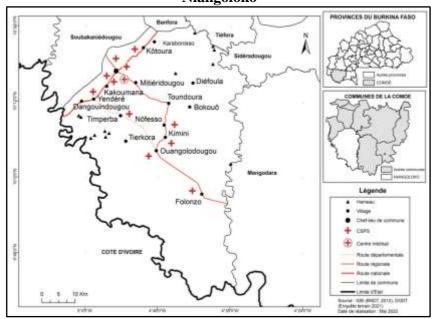
Nom de la structure	Localisation		
Formations sanitaires publiques			
Centre Médical	Secteur 6		
CORPO	Secteur 5		
	Secteur 3		
	Koutoura		
	Yendéré		
	Timperba		
CSPS	Folonzo		
	Ouangolodougou		
	Kimini		
	Nofesso		
	Boko		
Sous-Total	11		
Structures sanitaires privées			
CSPS Shalom	Secteur 4		
Sous-Total	01		
Total	12		

Source : Service départemental en charge de la santé, décembre 2021

Au titre des formations sanitaires publiques, la commune compte 01 Centre Médical (CM) et 10 Centres de Santé et de Promotion Sociale (CSPS), soit un CSPS pour 7 084 habitants. Comparé à la norme nationale qui est d'un CSPS pour 7 500 habitants, la commune présente donc un déficit en termes de couverture de la population, soit un besoin d'au moins un CSPS. Pour ce qui concerne les structures sanitaires privées, la commune compte un CSPS.

Certes, ce tableau permet d'avoir la situation des infrastructures sanitaires de la commune, mais l'aspect spatialisation/visualisation manque pour mieux apprécier leur distribution dans l'espace. En cela, la cartographie se présente comme l'outil indispensable. La carte 2 montre la répartition spatiale de ces centres de santé.

Carte n°2 : Répartition des infrastructures sanitaires de la commune urbaine de Niangoloko



Auteur : Soma A., mai 2022

Cette représentation spatiale permet de noter que les formations sanitaires sont inégalement réparties sur l'ensemble du territoire communal. En effet, le constat qui se dégage est que les formations sanitaires sont plus concentrées dans la ville de Niangoloko, Cheflieu de la commune. Il ressort également que infrastructures sanitaires sont plus implantées dans les localités situées le long des grandes voies (route nationale et routes régionales et départementales). Par contre, on constate l'absence de formations sanitaires dans les localités difficiles d'accès situées au Nord-Est et à l'Ouest de la commune.

Cette inégale répartition spatiale des infrastructures de santé entre les localités s'explique d'une part, par la différence de densité de populations, et d'autre part, par la création de hameaux spontanés par les migrants contraints de s'installer dans la commune suite aux crises sécuritaires et sanitaires qu'ont connu le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire.

En somme, la cartographie offre plus de visibilité sur la répartition spatiale des infrastructures sanitaires du territoire.

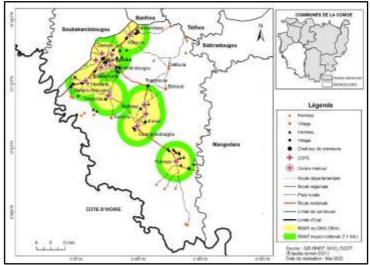
2.2. Application des fonctionnalités du SIG pour l'analyse de l'accessibilité des infrastructures sanitaires

L'accessibilité des infrastructures sanitaires est appréciée à travers plusieurs critères notamment le Rayon moyen d'action théorique (RMAT), la distance parcourue pour atteindre le centre de santé le plus proche, la zone de couverture d'un centre de santé.

2.2.1. Rayon moyen d'action théorique des formations sanitaires

Selon le Ministère de la santé du Burkina Faso (2012, p.12), le Rayon moyen d'action théorique des établissements de santé est la distance moyenne à parcourir pour atteindre une formation sanitaire publique de base (centre médical, CSPS, dispensaire isolé, maternité isolée). La carte 3 présente l'aire d'influence théorique des centres de santé de la commune urbaine de Niangoloko.

Carte n°3 : Rayon moyen d'action théorique des formations sanitaires de la commune



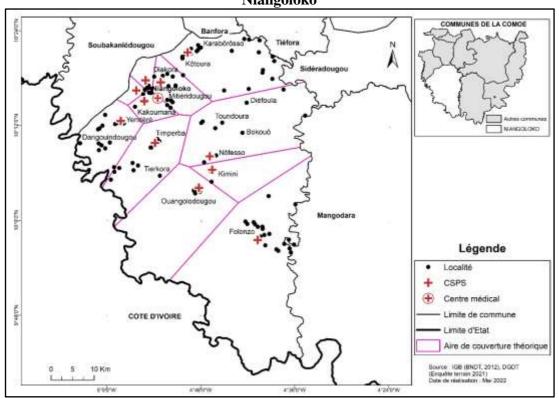
Auteur: Soma A., mai 2022

L'analyse spatiale du RMAT des formations sanitaires de la commune donne une moyenne de 5,61 km en 2021, ce qui est une distance relativement faible comparativement au niveau régional qui est de 6,2 km. Cela permet de noter une amélioration par rapport aux normes nationales (7,1 km) et internationale de l'OMS (5 km). Toutefois, la carte présente des disparités. Il ressort que près de 40 localités (notamment des hameaux) ne sont pas couverts par ce RMAT. Par exemple, les populations de Diéfoula et ses environs parcourent la plus grande distance pour accéder au centre de santé le plus proche, soit environ 11 km.

2.2.2. Zones de couverture des formations sanitaires

L'outil Thiessen est l'une des fonctionnalités des SIG qui permet de diviser et de distribuer proportionnellement une couverture de points dans des zones connues sous le nom de polygones de Thiessen ou de Voronoi. Appliqué au domaine de la santé, cet outil permet de visualiser l'aire de couverture ou d'influence d'une formation sanitaire. La carte ci-après présente le cas pratique des aires d'influence des formations sanitaires de la commune urbaine de Niangoloko.

Carte n°4 : Aires d'influence des formations sanitaires de la commune urbaine de Niangoloko



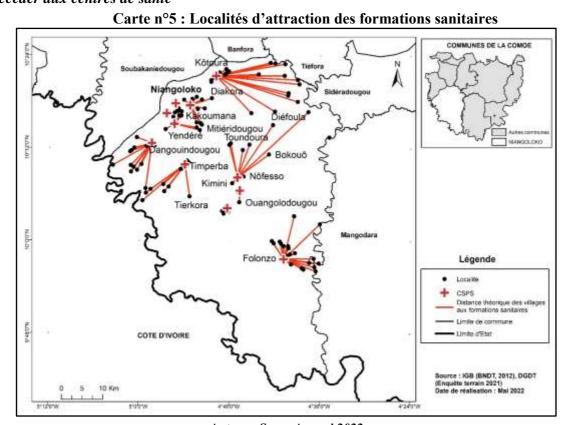
Sources: Fonds cartographiques IGN, RGPH 2007, enquêtes de terrain

La carte laisse entrevoir une disparité d'aires de couverture des formations sanitaires. Le CSPS de Folonzo a la plus grande aire d'influence soit plus de 20 localités couvertes. Elle est suivie par le CSPS de Koutoura qui couvre 16 localités. La plus petite zone de couverture est portée par le CSPS du secteur 5 de Niangoloko,

En somme, l'analyse par le polygone de Thiessen permet à priori de mesurer la charge théorique de chaque formation sanitaire en termes de couverture et d'offre de services aux populations.

2.2.3. Choix possibles des populations pour accéder aux centres de santé

L'analyse des choix possibles des populations pour accéder aux centres de santé se fait à travers la méthode dite des oursins. Cette méthode permet de représenter et de visualiser sur une carte les relations entre des objets géographiques qui sont localisés sur un territoire et, surtout, de mettre en évidence l'étendue géographique de ces relations. Les relations sont symbolisées par des traits qui relient chaque lieu à un ou plusieurs pôles centraux ou de centres de santé. La carte 5 présente l'application de cette méthode aux formations sanitaires de la commune de Niangoloko.



Auteur : Soma A., mai 2022

Analyse à partir des systemes d'information geographiques de la spatialite et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko au Burkina Faso

L'analyse par la méthode des oursins permet de visualiser plusieurs choix possibles offerts aux populations des différentes localités pour accéder à un centre de santé. Autrement dit, du fait de leur situation géographique, les populations ont en principe un ou plusieurs choix pour se rendre à une formation sanitaire. C'est le cas par exemple des populations des hameaux situés à l'Ouest de la commune qui peuvent opter de se rendre soit au CSPS de Timperba, soit au **CSPS** de Dangouingoudougou pour des services de santé.

3. DISCUSSION

L'importance de l'utilisation des outils géospatiaux dans le domaine de la santé a été prouvée par plusieurs auteurs. En effet, de la cartographie aux SIG mobiles en passant par la télédétection, plusieurs auteurs ont utilisé les fonctions offertes par ces outils pour la description de la répartition spatiale et l'accessibilité des infrastructures sanitaires. Les résultats obtenus épousent ceux de J. Eyles (1990, p.1) et de l'OMS (2011, p.12) qui démontrent l'importance de l'examen des configurations spatiales des systèmes de soins de santé en s'appuyant sur les outils géospatiaux.

En ce qui concerne la répartition spatiale, l'étude a montré que la cartographie se positionne comme l'outil idéal pour mieux apprécier la distribution des formations sanitaires sur un territoire donné à travers l'exemple dans la commune urbaine de Niangoloko. Cet outil a effectivement permis d'observer les disparités de l'offre de services de santé aux populations en associant certains facteurs explicatifs tels que la densité de populations, la création de hameaux spontanés due à des aléas, etc. Ce résultat corrobore celui

de nombreux auteurs. Ainsi, les inégalités de santé observées peuvent s'expliquer à la fois par des caractéristiques individuelles et par des effets de spatialité. S. Curtis et I. R. Jones, 1998) cités par A. Hyenne (2006, p.26) interprètent dans ce sens les variations spatiales de santé de deux manières à l'aide des outils cartographiques : par un effet compositionnel (dû aux caractéristiques individuelles) et un effet contextuel (dû à l'environnement social et physique). L'auteur souligne d'ailleurs que dans ce contexte, la géographie dans son sens général spécifiquement appliquée, a sa place dans la compréhension des inégalités de santé. Elle permet l'étude de la répartition des services de soins, la caractérisation des inégalités spatiales d'accès aux soins et de consommation médicale. Ainsi, W. Gesler (1986, p.66) et A. Hyenne (2006, p.26) rappelle que la géographie de la santé étudie les points forts et les point faibles de l'organisation sanitaire et met en exergue le lien étroit entre santé et agencement du territoire. Plusieurs études ont également démontré qu'une mauvaise répartition spatiale peut être une barrière dans l'accès aux soins.

Par ailleurs, l'étude démontre que les SIG permettent de mieux analyser l'accessibilité des infrastructures sanitaires, en lien avec les critères ou normes de santé définies aux plans national et international. Trois critères ont été choisis pour l'application dans la commune urbaine de Niangoloko à savoir : le Rayon moyen d'action théorique, les choix possibles offerts aux populations pour accéder à un centre de santé et l'aire d'influence de chaque formation sanitaire. Le choix de ces critères s'arrime plus ou moins à ceux déterminés par S. Kientga (2008) qui résume les potentialités et les usages des SIG en santé publique en cinq axes qui sont : la gestion de la santé publique,

la surveillance des épidémies, l'analyse de la distribution spatiale des maladies, la contribution à l'étude des liens entre la santé et l'environnement, l'analyse de la disparité spatiale et de l'accès aux soins de santé sur un territoire donné.

L'application des méthodes ou techniques de zones tampons (buffers), d'oursins et de polygone de Thiessen, a permis de mettre en évidence l'utilité des outils SIG pour l'analyse spatiale de l'accessibilité des infrastructures sanitaires sur un territoire donné. Le SIG se présente ainsi comme un outil d'aide à l'analyse et à la prise de décision relatives à l'implantation des infrastructures sanitaires. Ce même constat est fait par A. K. D. Kouamé et al. (2011, p.47) qui mentionnent que les cartes élaborées dans le cadre de leur étude permettent de dire, à l'image de M. Tiwari (2002), de M. Tchikou (2004) et de A. K. Sidibé (2010) qu'ils citent, que « les SIG sont un outil puissant qui aide les planificateurs à voir différents scénarios et leurs résultats, de sorte qu'une stratégie optimale puisse être pour planification choisie la développement des services de santé ». Les résultats de l'étude rejoignent également ceux de H. M. Cissé (2007, p.4) dans son étude sur l'accès aux soins de santé dans la ville de Ouagadougou au Burkina Faso. L'auteur a utilisé la méthode « hypergraph based data structure » (HBDS) du SIG pour effectuer une analyse croisée de la distribution spatiale des centres de santé et du réseau routier ainsi que la modélisation des espaces à risques sanitaires liés à l'accessibilité aux soins de santé.

En somme, comme toute technique, les résultats des analyses fournies par les outils géospatiaux sont tributaires de la qualité des données disponibles en entrée comme le souligne A. K. D. Kouamé et al. (2011, p.47). Pour ce faire, il est indispensable que les décideurs et les professionnels de la santé

s'investissent davantage dans la gestion des données à travers l'utilisation des outils géomatiques dont l'accès est aujourd'hui très facilité.

CONCLUSION

L'importance de l'usage des outils géomatiques dans le domaine de la santé n'est plus à démontrer au regard des possibilités d'analyse spatiale qu'ils offrent. A travers l'application des fonctionnalités des SIG en lien avec les critères de l'offre de services de santé, cette recherche a permis de montrer son intérêt pour l'analyse de la spatialité et de l'accessibilité des infrastructures de santé dans commune urbaine frontalière Niangoloko. L'analyse spatiale faite à partir de la cartographie et des SIG a permis d'observer une bonne répartition spatiale des formations sanitaires. Elle a aussi permis de noter des disparités et des choix multiples d'accès à l'offre de soins dans la commune.

En somme, au regard de leur utilité, l'usage des outils géospatiaux doivent désormais intéresser les décideurs de la planification des investissements et les professionnels de la santé car plusieurs de leurs décisions restent conditionnées par une bonne maîtrise de la spatialisation et de l'information géographique.

En perspective, d'autres domaines d'application des technologies de géomatique tels que les SIG mobiles, les SIG collaboratifs, les systèmes de géosimulation, le webmapping ou SIG-Web sont à explorer et à implémenter pour aider les collectivités territoriales à mieux suivre et planifier la réalisation des projets dans le domaine de la santé à travers la spatialisation des normes ou des critères établis.

Analyse à partir des systemes d'information geographiques de la spatialite et de l'accessibilité des infrastructures sanitaires dans la commune urbaine frontalière de Niangoloko au Burkina Faso

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CISSE Maud Harang, 2007, « La carte sanitaire à l'épreuve des *pratiques* sanitaires des citadins : analyse des aires d'attraction des structures de soins à Ouagadougou (Burkina Faso) », Territoire en mouvement, Revue de géographie et aménagement [En ligne], 4, mis en ligne le 15 décembre 2012, consulté le 13 février 2022, URL : http://journals.openedition.org/tem/874; DOI: https://doi.org/10.4000/tem.874.

COMMUNE DE NIANGOLOKO, 2018, Plan Communal de Développement 2019-2023, rapport définitif, Bureau d'Etudes en aménagement et développement territorial, Sojo, 123 p.

GESLER, Wil, 1986, « The uses of spatial analysis in medical geography: a review », Social Science Medecine Journal, 23(10), pp.63-73

HYENNE Anaïs, 2006, Apport de l'information géographique à la planification sanitaire : La prise en charge des accidents vasculaires cérébraux en Bourgogne, Doctorat en Sciences de l'information géographique, Université de Marne-La-Vallée, France, 195 p.

KHALILOULAH Ibrahima, 2016, « Accessibilité géographique des structures sanitaires au Sénégal », Annales des Sciences de la Santé, n° 10, volume 1, pp. 10-25

KIENTGA Sonwouignandé, 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, Lausanne, Thèse de doctorat de l'Ecole Polytechnique Fédérale. p. 241 KOUAME Adonis Krou Damien, DJAGOUA Eric M'Moi Valère, MOBIO Abaka Brice Kouadio, AFFIAN 2011, Contribution du SIG à la gestion optimisée des équipements socio-économiques (santé et éducation) du département de Bongouanou (Côte d'Ivoire) Bioterre, », Internationale Sciences de la Terre, volume 11, CURAT, UFR des sciences de la terre et des ressources minières, Université de Cocody, pp.35-50

LAWSON Hyppolyte Armand Anani Izarne, 2019, Analyse spatiale de l'accessibilité géographique aux infrastructures de santé dans la commune d'Ifangni au Benin, Université d'Abomey-Calavi, Mémoire de fin de formation en ingénierie de conception Géomètrie-Topographie, Option Géomatique, 73 p.

MINISTERE DE L'ECONOMIE ET DES FINANCES, 2015, Répartition spatiale des infrastructures et des services sociaux de base dans la région des Cascades du Burkina Faso, rapport définitif, 106 p.

MINISTERE DE LA SANTE, 2011, Plan national de développement sanitaire, PNDS 2011-2020 du Burkina Faso, rapport final, 56 p.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, 2011, Cartographie et SIG en santé publique, exemples d'applications, URL : https://ge.ch/sitg/media/sitg/files/documents/0 3-preaud.pdf, consulté le 28 novembre 2021

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, 2012, Cadre et normes applicables aux systèmes nationaux d'information sanitaire, Réseau de métrologie sanitaire, 2e édition, 100 p.

PELLETIER Christine, 1999, Application des techniques d'aide à la décision à la planification sanitaire régionale, Modélisation et simulation, Thèse de doctorat en mathématiques appliquées, Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 161 p.

PROULX Marie-Josée et al. 2007, Revue systématique en santé environnementale, Projet « Mieux comprendre les vulnérabilités de santé liées au climat », Réseau canadien de centres d'excellence en géomatique, GEOIDE, 103 p.

ROUE-LE GALL Anne, AUFFRAY Frédéric, 2014, Agir pour un urbanisme favorable à la santé, outils et concepts, guide pratique, Ecole des Hautes Etudes en Santé, France, 192 p.

SALEM Gerard, 1993, « Géographie de la santé, santé de la géographie », in La géographie de la santé en question (sous la direction d'E. VIGNERON), Revue Espace, Population et Société, n°1, Université des Sciences et Technologies de Lille, Lille, pp. 26-29.

SOMA Assonsi, 2021, « COVID-19 à la frontière ivoiro-burkinabè : entre gestion et développement d'un business multi-acteurs dans la commune frontalière de Niangoloko », Mosaïque, Revue internationale de Philosophie et de Sciences Humaines, n°26, pp.183-204



<u>Troisième Partie:</u>

MÉTHODES ET OUTILS GÉOSPATIAUX ET PROSPECTIVE EN SANTÉ HUMAINE ET ANIMALE



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp. 123-138

www.retssa-ci.com

CARTOGRAPHIE DES MENACES ANTHROPIQUES SUR LA CONSERVATION DE LA FAUNE DANS LA FORÊT SACRÉE KOUVIZOUN-ADAKPLAMÉ-EWÉ (COMMUNE DE KÉTOU AU BÉNIN)

MAPPING OF ANTHROPOGENIC THREATS TO WILDLIFE CONSERVATION IN THE KOUVIZOUN-ADAKPLAMÉ-EWÉ SACRED FOREST (KÉTOU COMMUNE, BENIN)

¹ AGBON Apollinaire Cyriaque, ² KAKPO Audrey et ³CHAFFRA Abiola Sylvestre.

- ¹ Maître-Assistant, Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Laboratoire des Applications Géomatiques et Gestion de l'Environnement, CU-Adjarra/FASHS de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin), cyrtou_74@yahoo.fr
- ² Assistante de Laboratoire, Laboratoire des Applications Géomatiques et Gestion de l'Environnement /CU-Adjarra/FASHS de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- ³ Assistant de recherche, Laboratoire des Applications Géomatiques et Gestion de l'Environnement, CU-Adjarra/FASHS de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin), chaffra@yahoo.fr

AGBON Apollinaire Cyriaque, KAKPO Audrey et

CHAFFRA Abiola Sylvestre, Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-Adakplamé-Ewé (commune de Kétou au Bénin), Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 123-138, [En ligne] 2022, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:40:57, URL: https://retssa-

ci.com/index.php?page=detail&k=252

Résumé

La forêt sacrée Kouvizoun Adakplamè-Ewè possède de petites et moyennes faunes qui subissent des pressions anthropiques. Cette recherche cartographie la densité de la faune en lien avec les pressions et menaces des activités humaines dans la forêt classée.

La méthode utilisée a consisté à interroger 20 chasseurs, pris aléatoirement, sur la diversité des

animaux, leur abondance ou rareté dans la forêt. Des prospections pédestres ont été faites suivant un échantillonnage stratifié dans 79 grilles, afin de quantifier les espèces animales. Un plan du zonage s'inspirant du zonage de la forêt existant et de la densité de la faune a été proposé.

Au total 520 points d'occurrences des animaux catégorisés en 53 espèces animales dont 17 mammifères, 8 reptiles et 28 oiseaux ont été recensés. 460 points d'observations des menaces ont également été identifiées. La principale pression est la chasse au piégeage (88 %) et aux fusils (12 %). La cartographie a montré que le Nord-Est et le Sud-Ouest de la forêt ont une forte concentration avec une distribution agrégative et sympatrique de la faune. Par contre le Nord-Ouest est considéré comme une lacune écologique (vide). L'ancien plan de zonage a été corrigé et mis à jour pour réduire la pression et les menaces, afin de gérer efficacement et durablement la faune de la forêt.

Mots clés : Cartographie, Interpolation, pression, espèce animale, Kétou.

Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-Adakplamé-Ewé (commune de Kétou au Bénin)

Abstract

The Kouvizoun Adakplamè-Ewè sacred forest has small and medium-sized faunas that are subject to anthropogenic pressures. This research maps the density of fauna in relation to pressures and threats from human activities in the classified forest.

The method used consisted of interviewing 20 hunters, taken at random, on the diversity of animals, their abundance or rarity in the forest. Walking surveys were carried out following a stratified sampling in 79 grids, in order to quantify the animal species. A zoning based on the UNESCO-MAB model, existing forest zoning and fauna density was proposed.

A total of 520 animal occurrence points categorised into 53 animal species, including 17 mammals, 8 reptiles and 28 birds, were surveyed. 460 points of observation of threats were also identified. The main pressure is hunting by trapping (88%) and guns (12%). The mapping showed that the North-East and South-West of the forest have a high concentration with an aggregative and sympatric distribution of fauna. In contrast, the northwest is considered an ecological gap (void). The old zoning plan has been corrected and updated to reduce pressure and threats, in order to manage the forest's wildlife effectively and sustainably.

Keywords: Mapping, Interpolation, pressure, animal species, Kétou.

INTRODUCTION

La forêt reste un bien commun universel et un écosystème complexe qui sert d'habitat à un grand nombre d'espèces animales (D. J. Kabulu et al., 2008, p.1). Cet écosystème subit de fortes dégradations liées aux activités humaines. L'importance de conserver la diversité biologique pour l'avenir de l'humanité est désormais reconnue au niveau mondial et largement médiatisée (O. I. Amahowé et al., 2012, p.1). Pendant longtemps, les structures

chargées de la protection et de la gestion de la faune au Bénin se sont toujours intéressées aux parcs nationaux. Peu d'attention a été accordée aux espèces animales vivantes dans les zones libres (G. K. Amoussou et al., 2006, p.2) et dans des forêts sacrées. Il est temps que le regard soit tourné vers les écosystèmes libres qui sont gérés par les peuples autochtones.

En Afrique, en Asie et en Amérique latine, les forêts sacrées constituent une forme endogène de conservation de la diversité biologique. Elles jouent un rôle important dans la gestion des ressources naturelles et la conservation de la biodiversité dans les pays en développement. PIFSAP (2013, p.9), estime que les sociétés traditionnelles de par leur rapport avec la nature ont contribué de manière significative à la protection des ressources naturelles.

Le Bénin a élaboré en 2002 une grille nationale d'indicateur de diversité biologique. Ainsi, il dispose des indicateurs d'état, des indicateurs de pressions et ceux de réponses en ce qui concerne le suivi de la biodiversité biologique. Mais le constat est qu'en dépit des efforts louables que font les ONG, les chercheurs et les autorités à divers niveaux, il n'existe, sur le plan national, aucun mécanisme rigoureux d'évaluation de ces indicateurs de diversité biologique qui sont fixé. Parmi les nombreuses menaces auxquelles la faune sauvage est confrontée, ce sont la dégradation de l'habitat et la chasse non réglementée et souvent illégale (surtout le piégeage d'espèces destinées aux besoins commerciaux) qui ont eu plus d'impacts (F. Kidjo, 2001, p.11).

Le choix de notre zone d'étude s'est porté sur la forêt sacrée Kouvizoun Adakplamè-Ewè pour 2 raisons spécifiques : elle est la plus grande superficie de forêt sacrée dans la commune de Kétou au Bénin. En outre, il n'existe pas encore de carte de densité de la faune de cette forêt, bien qu'elle soit dotée d'un plan d'aménagement. Cette forêt est grignotée chaque année, dans ses périphéries, par des activités agricoles, l'extension urbaine, l'exploitation forestière et les feux de végétation de la saison sèche. Il est

alors très important voire urgent de disposer des zones de protection dans ladite forêt pour soustraire les espèces animales des différentes menaces auxquelles elles sont confrontées. Comme l'a souligné I. O. Amahowé (2009, p.2), une meilleure connaissance des populations fauniques s'avère indispensable pour continuer à jouer le double rôle de conservation de la biodiversité et de génération de revenus aux communautés locales. C'est dans ce sens que pour L. Mathot et J. L. Doucet (2006, p.9), la cartographie des zones de concentration de la faune est une approche importante pour orienter les activités d'exploitation forestière. T. Rabeil (2004, p.14) conforte cette thèse que le Système d'Informations Géographiques et la télédétection utiles pour la compréhension sont l'occupation de l'espace par les mammifères. Ces outils d'analyse spatiaux sont également nécessaires à la gestion et l'aménagement des aires protégées. Ils sont utilisés dans cette étude pour analyser les menaces sur la faune de la forêt. Pour ce faire, deux questions de recherche sont posées : quels sont les menaces anthropiques que subit la faune de la forêt ? et quelles sont les zones de conservation de la forêt ? De ces deux questions de recherche découlent deux hypothèses qui structurent ce travail de recherche. La première est que la faune de la forêt sacrée subit de forte pression liée aux activités anthropiques. La deuxième est qu'il existe des zones de forte densité de la faune qu'il faut conserver. Ainsi, les objectifs fixés à partir de ces hypothèses sont d'une part de faire l'analyse cartographique des menaces anthropiques que subit la faune de la forêt sacrée, et d'autre part, de dégager les zones de conservation de cette forêt.

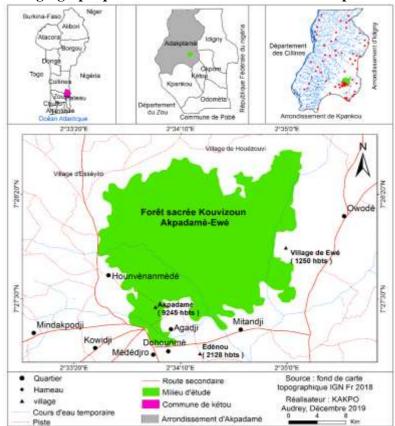
1. Matériels et Méthodes

1.1. Description du milieu d'étude

La forêt sacrée Kouvizoun Adakplamè-Ewè a un climat de type tropical à régime pluviométrique bimodal marqué par deux saisons de pluies et deux saisons sèches. Elle est une relique de forêt dense humide semi décidue de la zone tropicale. D'une superficie de 558 ha, cette forêt sacrée est localisée dans le village Adakplamè entre 7°27'00'' et 7°28'30'' de latitude Nord et entre 2°33'30'' et 2°35'30''de longitude Est. Elle est limitée au Nord par le village Houezounvi, au Sud par les villages Médédjro, Dohounmè, Mitandji, à l'Est par le village Ewè, au Nord-Ouest par le village Essèyito et au Sud-Ouest par le village Houvènanmèdé (Carte n°1).

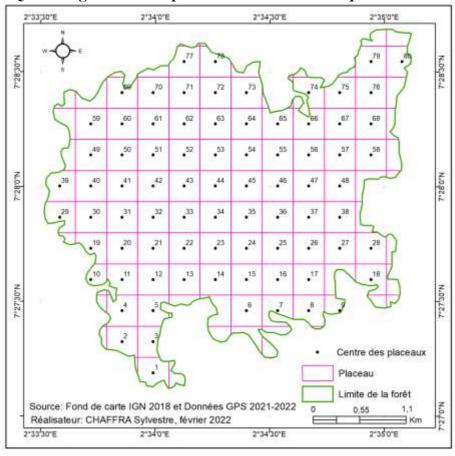
Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-Adakplamé-Ewé (commune de Kétou au Bénin)

Carte n°1: Situation géographique de la forêt sacrée Kouvizoun Adakplamè-Ewè



1.2. Matériels et techniques de collecte des données

La collecte des données a débuté par une enquête auprès de 20 chasseurs, afin d'avoir la liste des animaux observés dans la forêt. Cette enquête a été soutenue par la recherche documentaire. L'inventaire systématique de la faune sauvage a été faite à l'aide d'une méthode de quadrillage de la forêt mise en place à cet effet (Carte n°2).



Carte n°2 : Quadrillage de la forêt pour les inventaires fauniques

Soixante-dix-neuf 79 grilles de dimension 250 m x 250 m ont été mises en place. Les coordonnées géographiques du centroïde de chaque grille ont été insérées dans le GPS avec pour repérer chaque point. Les données sont collectées à l'intérieur de chaque grille. Sur une fiche appropriée, les contacts directs (présence physique de l'espèce) et indirects (crottes, cris, restes des aliments, terriers etc.) d'animaux ont été notés. Toutes les grilles (62) régulières ont été systématiquement parcourues. Les irrégulières situant aux abords de la forêt n'ont pas été prises en compte, compte tenu de leur proximité aux agglomérations et aux champs. Afin de bien identifier les indices et la présence des espèces rencontrées, le service de deux chasseurs ayant connaissance des espèces a été sollicité.

1.3 Techniques de traitement des données

L'approche cartographique est utilisée pour analyser les points chauds (hotspot) de la faune et les menaces anthropiques. Elle consiste à enregistrer les points d'occurrence abondances des espèces animales. Ces points ont été utilisés pour analyser la répartition de la densité de la faune. Les résultats obtenus ont permis de faire une classification des zones de pressions et de menaces en deux catégories. Les zones à faible concentration et les zones de forte concentration des animaux. Les zones de faible densité sont considérées comme les lacunes de la forêt à abriter les animaux. En tenant compte de la carte de la densité de la faune et de l'ancien plan de zonage, un plan de zonage (zones de protection, zones tampon et zones de transition) Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-Adakplamé-Ewé (commune de Kétou au Bénin)

a été fait en s'inspirant du modèle MAB-UNESCO (UNESCO, 2015, pp 17-18). Les différentes superficies de chaque zone ont été déterminées.

2. RESULTATS

Au total 520 points d'occurrences catégorisés en 53 espèces animales, dont 17 mammifères, 8 reptiles et 28 oiseaux, sont identifiés dans la forêt. Le tableau 1 présente la liste des mammifères et des reptiles identifiés dans la forêt et leur statut de conservation.

2.1. Biodiversité de la faune sauvage de la forêt

Tableau 1 : Liste des mammifères et reptiles recensés dans la forêt sacrée

Nom français	Nom scientifique	Abondant/Rare	Statut UICN
Porc-épic à crête	Hystris cristata	-	LC
Guib harnaché	Tragelaphus scriptus	-	NT
Chat sauvage d'Afrique	Felis sylvestris lybica	-	VU
Phacochère	Phacochoerus africanus	-	NT
Singe rouge (Patas)	Eurythrocebus patas	+	NT
Singe tantale	Chlorocebus aethiops tantalus	+	NT
Singe mona	Cercopithecus mona	+	NT
Civette d'Afrique	Civettictis civetta	+	VU
Pangolin a écailles tricuspides	Pataginus tricuspis	+	LC
Céphalophe de Maxwell	Philantomba maxwellii	++	LC
Céphalophe de Walter	Philantomba Walteri	+	DD
Ecureuil à corde de Kintampo	Funisciurus substriatus	++	LC
Aulacode	Thryonoys swinderianus	++	LC
Hérisson à ventre blanc	Atelerix albiventris	+	LC
Lièvre de savane africaine	Lepus crawshayi	++	LC
Rat palmiste d'Afrique	Xerus erythropus	++	LC
Rat de Gambie	Cricetomys gambianus	++	LC
Micromammifères	Apodemus spp	++	LC
Cobra cracheur à cou noir	Naja nigricaulis	++	LC
Python royal	Python regius	++	LC
Mamba vert de l'Ouest	Dendroaspis viridis	-	LC
Vipère heurtante	Bitis arietans	++	LC
Varan du Nil	Varanus niloticus	++	LC
Varan des savanes	Varanus exanthemathicus	+	LC
Python de seba	Python sebae	+	NT
Couleuvre	Psammophis elegans	++	LC

Légende : ++ = Présence très abondante ; espèces moyennement abondance et - = espèce rare Source : Enquêtes de terrain, novembre 2021 à février 2022

L'analyse du tableau 1 révèle 14 mammifères identifiés par l'inventaire et la confirmation par les chasseurs. Parmi eux, 7 sont encore présents et abondants dans la forêt, 6 sont devenus rares. Il y'a 6 espèces animales qui ont été signalés disparus à cause de la chasse. Ce sont : la mangouste ichneumon *Herpestes ichneumon* (LC), l'hyène tachetée *Crocuta crocuta* (NT), le babouin olive *Papio anubis* (LC), le buffle

d'Afrique Syncerus caffer (LC) et l'antilope cheval Hippotragus equinus (VU). Sélon le statut de UICN, 3 espèces présentes sont Vulnérables (VU), 4 sont quasi-menacés (NT) et 7 ont une préoccupation mineure (LC). Ceci montre que les mammifères de cette forêt ont besoin d'une protection soutenue des autorités et des ONG. Les mammifères caractéristiques de la forêt sont: Thryonoys swinderianus, Genetta genatta,

Pataginus tricuspis, cricetomys gambianus et Xerus erythropus.

Au niveau des reptiles, seulement *python sebae* est quasi menacé (NT). Les autres ont une préoccupation Mineure. Le cobra cracheur à cou noir, le python royal, la vipère heurtante, la

couleuvre et le varan du Nil sont les reptiles très abondants. Le varan des savanes et le python de seba sont moyennement abondants tandis que le mamba vert de l'Ouest est rare. Le tableau 2 présente la liste des oiseaux recensés dans la forêt.

Tableau 2 : Liste des espèces aviaire recensées dans la forêt

Nom français	Nom scientifique	Abondant/Rare	Statut UICN
Calao à bec noir	Tockus nasutus	++	LC
Calao siffleur	Bycanistes fistulator	++	LC
Calao longibande	Tockus fasciatus	++	LC
Coucou didric	Chrysococcyx caprius	+	LC
Chouette d'effraie	Tybo alba	++	LC
Chevêchette perlée	Glaucidium perlatum	++	LC
Coucal de Sénégal	Centropus senegalensis	++	LC
Coucal noir	Centropus grillii	++	LC
Guêpier à gorge blanche	Merops albiscollis	-	LC
Martin chasseur Sénégal	Halcyon senegalensis	-	LC
Pintade de numidie	Numida meleargis	+	LC
Francolin commun	Francolinus bicalcaratus	+	LC
Autour noir	Accipiter melanoleucus	+	LC
Autour unibande	Kaupifalco monogrammicus	+	LC
Bulbul des jardins	Pycnonotus barbatus	++	LC
Capucin nonnette	Spermestes cucullata	++	LC
Corvinelle à bec jaune	Corvinella corvina	++	LC
Pic goertan	Mesopicos goertae	+	LC
Petit-duc à face blanche	Otus leucotis	++	LC
Tisserin gendarme	Ploceus cucullatus	-	LC
Tisserin noir	Ploceus nigerrimus	-	LC
Tisserin orangé	Ploceus aurantius	-	LC
Touraco gris	Crinifer piscator	++	LC
Tourtelette améthystine	Turtur afer	++	LC
Tourterelle à collier	Streptopelia semitorquata	++	LC
Tourterelle maillée	Streptopelia senegalensis	-	LC
Merle africain	Turdus pelios	-	LC
Milan à bec jaune	Milvus migrans	+	LC

Légende : ++ = espèce très abondante ; + espèce moyennement abondante et - = espèce rare Source : Enquêtes de terrain, novembre 2021 à février 2022

Il montre que parmi les 28 oiseaux recensés, 14 sont présents et très abondants dans la forêt, 7 sont présents et moyennement abondants et 7 ne sont pas communs à la forêt. Les espèces d'oiseaux caractéristiques de cette forêt sont : Tockus nasutus, Tockus erythrorhynchus, Tockus fasciatus, Tybo alba, Strix woodfordii, Francolinus bicalcaratus, Mesopicos goertae,

Crinifer piscator, Turtur afer et Streptopelia semitorquata. Il ressort de l'analyse de ces deux tableaux que la forêt Kouvizoun est riche en espèce de faune surtout en avifaune.

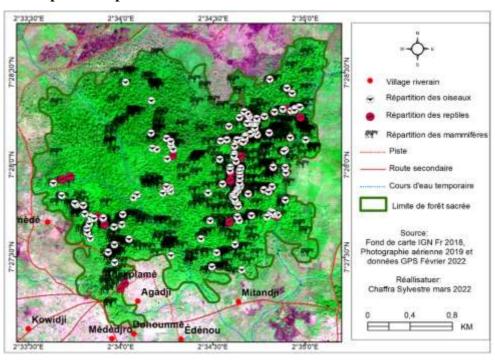
Selon PIFSAP (2013, p.29), la forêt sacrée Kouvizoun Adakplamè-Ewè est caractérisée par des espèces végétales telles que *Ceiba*

Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-Adakplamé-Ewé (commune de Kétou au Bénin)

pentandra, Milicia excelsa, Antiaris toxicaria, Trichilia prieuriana, Rothmania longiflora, Diospyros abyssinica, Gardenia imperialis, Hippocratea africana, Zanthoxylum leprieuri, Mansonia altissima, qui font d'elle un lieu de pitance, de reproduction, de cachette et de repos pour la faune. Ces espèces sont menacées. C'est le cas particulier de Mansonia atissima, une espèce endémique de cette forêt, qui est en Danger Critique d'Extinction (CR) (P. Neuenschwander et al., 2011, p.132). Elle est l'une des forêts qui gardent encore une riche biodiversité de la faune.

2.2. Cartographie de la faune de la forêt sacrée

L'analyse de la répartition spatiale des animaux dans un écosystème est un outil indispensable pour définir les densités d'espèce animal et les menaces auxquelles elles sont confrontées. Cela permet d'affiner les stratégies de conservation. Dans cette forêt sacrée, 520 contacts et indices de présence des espèces ont été enregistrés (Carte n° 3).



Carte n°3: Répartition spatiale de la faune de la forêt

La carte 3 montre la répartition spatiale des différentes espèces sur un fond de photographie aérienne multispectrale de 50 cm de résolution en RVB et PIR. Les espèces animales sont beaucoup plus observées au Nord-Est, au centre et au Sud de la forêt. Cette carte permet aussi de remarquer d'une part que les zones de cultures jouxtent la forêt, et d'autre part les agglomérations sont concentrées au Sud-Ouest ; la limite de la forêt

constitue pour le moment une barrière pour l'avancée des zones agricoles et d'habitation. Les zones de conservation de la forêt sont le Nord-Est et le Sud-Ouest où les espèces animales sont concentrées. La concentration de ces animaux à ces endroits est due aux différentes actions anthropiques comme l'agriculture, la chasse, les feux de végétation et la densité. La planche 1

présente quelques indices de présence de quelques espèces animales.

Planche n°1: Indices de présence de quelques animaux dans la forêt

La photo a est le reste d'aliments de *Thryonoys* swinderianus (aulacode); la **photo b** est la trace de *Cricetomys gambianus* (Rat de Gambie); la

photo c est le terrier de *Pataginus tricuspis* (Pangolins) et la **photo d** est la crotte de *Philantomba Walteri* (Céphalophe de Walter).

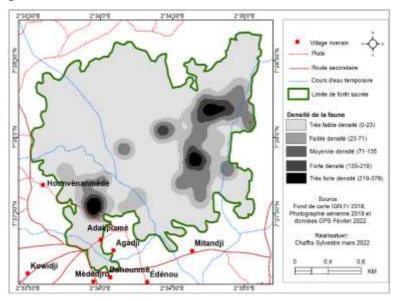


Source : prise de vues Chaffra, février 2022

A partir de ces zones de concentration, les hotspot de la biodiversité sont identifiés (Carte n° 4).

Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-Adakplamé-Ewé (commune de Kétou au Bénin)

Carte n° 4 : Répartition spatiale des densités fauniques de la forêt sacrée de Kouvizoun Adakplamè-Ewè



hotspots (219-378) Deux grands biodiversité animale sont observés dans la forêt : le Nord-Est et le Sud-Ouest (carte 4). Une concentration intermédiaire (135-219)observée au Sud-Est et au Centre de la forêt. Ce sont des espaces à prioriser dans les stratégies pour la conservation de la faune. Ces zones n'ont pas subi beaucoup de dégradation à cause de la présence des divinités (Sud-Ouest) et leur difficiles accès (Nord-Est). Les animaux de cette forêt se concentrent dans les zones de quiétudes. Le Nord-Ouest est quasiment vide (0-23). Cette partie est considérée comme la zone de lacune écologique, car elle n'abrite pratiquement pas d'animaux en permanence, ceux-ci l'utilisant comme zone de nourrissage. Le statut de cette forêt (sacrée) permet de la conserver dans son entièreté. Aucune activité agricole n'est

pratiquée à l'intérieur et personne ne peut y construire. De même, les exploitations forestières y sont proscrites. Malgré cela, les individus mal intentionnés continuent d'exploiter illégalement cette forêt.

Cependant, les activités de chasse, alimentées par la demande soutenue de consommation de gibier, sont à la base de la disparition progressive d'un grand nombre de ces espèces.

2.3. Cartographie des zones de menaces de la faune sauvage de la forêt

Quatre cent soixante (460) menaces ont été recensées dans la forêt et superposées à la distribution de la faune et de l'occupation du sol en périphérie de la forêt (Carte n°5).

Figure 2022

Kowidji Medetji o Behoumine Ettendu

Village riversm

Héparition de la faune
Coupe de bois
Feu de vegétason
Plege
Finte
Route accondans

Cours d'eau temporaire
Limite de la forêt saccée
Culture of jachelen
Agalomiston.

Source
Fond de carte IGN Fr 2018,
Photographia adrisone 2010 et données GPS Février 2022
Résilibateur.
Chattra Sylvestre mors 2022
D 0,4 0,8
KM

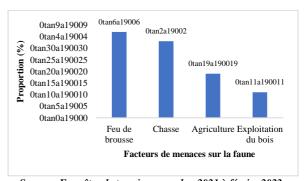
Carte n° 5: Répartition spatiale des menaces et de la faune dans la forêt sacrée

L'analyse de la carte 5 montre que les pièges et les autres indices de chasse sont beaucoup plus observés au Nord-Est et au Sud-Ouest où la densité de la faune est très élevée. Les feux de forêt et les exploitations forestières sont bien observés au Nord-Ouest et au Sud à la lisière de la forêt et des agglomérations. A ces endroits, la densité de la faune est très faible. En conclusion, la densité de la faune est guidée par l'exploitation forestière et les feux de brousse. La population connait bien les lieux de forte concentration de la faune où elle pose les pièges.

2.4. Facteurs de pressions et de menaces de la faune dans la forêt

Les pressions et menaces que subit la faune sont d'ordre anthropique. Elles sont liées aux activités d'exploitation des ressources de la forêt, à savoir : la chasse, l'agriculture, et l'exploitation des ligneux (graphique n°1).

Graphique $N^{\circ}1$: Facteurs de pressions et de menaces sur la faune



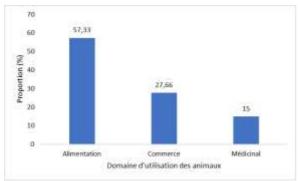
Source: Enquêtes de terrain, novembre 2021 à février 2022 Il ressort de l'observation du graphique 1 que les feux de forêt sont le facteur dominant de menaces sur les espèces animales, avec une proportion de 37 %. Les autres facteurs ont des proportions de 33 % pour la chasse, 19 % pour l'agriculture et 11 % pour l'exploitation forestière. Ces impacts négatifs ont pour conséquences le recul et la dégradation du couvert végétal, la réduction et la disparition des ressources floristiques (support et aliments pour les animaux), et par conséquence, la réduction et la disparition des espèces fauniques. Les feux de forêts sont souvent d'origine criminelle, alimentés par les conflits entre villages voisins.

Les graphiques n° 2 et 3 présentent respectivement les domaines d'utilisation des

Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-Adakplamé-Ewé (commune de Kétou au Bénin)

espèces par catégorie de besoin et les facteurs de dépendance des populations.

Graphique n°2: Domaines d'utilisation des espèces



Source : Enquêtes de terrain, novembre 2021 à février 2022

De l'analyse du graphique 2, la chasse des animaux se fait dans le milieu à cause de la demande alimentaire. C'est le principal facteur de la chasse des animaux dans la forêt (57,33 %). Dans le milieu d'étude, en dehors de la consommation de la viande de brousse, 27,66 % de la population commercialisent cette viande et 15 % l'utilisent dans les pratiques médicomagiques et médicinales. Le graphique 2 complète l'information que la pauvreté (60%) est le principal facteur de la dépendance de la population à la viande de brousse. Pour elle, le

manque d'argent les contraint à chasser les animaux de la forêt, car leur capture est facile et gratuite. Les autres facteurs sont la recherche de la viande de brousse (25 %) et les habitudes alimentaires (15 %). De ces deux figures, il faut retenir que, pour sauvegarder les espèces animales de cette forêt, il faut que les ONG et les autorités locales et nationales ainsi que le comité de gestion de la forêt mènent des actions en faveur de la réduction de la pauvreté, en encadrant les populations dans les activités génératrices de revenus. La planche 2 présente quelques menaces photographiées dans la forêt.

Planche n°2 : Quelques menaces de la forêt liées aux feux de végétation



Photo a : passage du feu dans la forêt



Photo b: feu vif dans la forêt

Graphique n°3: Catégories des facteurs de dépendance des populations

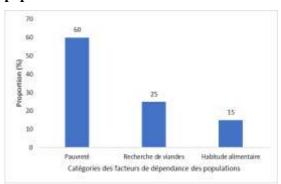




Photo c : *Psammophis elegans* grillé par le feu



Photo d : *Philantomba Walteri* brulé par le feu

Source : Prise de vues Chaffra, février 2022

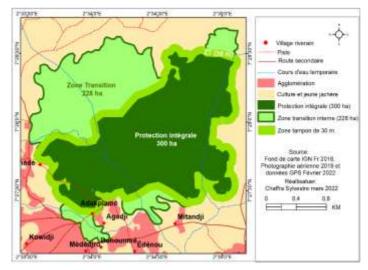
Les photos a et b présentent le passage du feu dans les savanes arbustives et des forêts claires. Le feu a tout brulé sur son passage à cet endroit. Certains animaux coincés dans les arbres ou dans les terriers peu profonds ont été brulés par le feu. C'est le cas du serpent et du céphalophe de la photo c (Psammophis elegans) et d (Philantomba Walteri, Céphalophe de Walter).

2.5 Perspectives de durabilité de la faune sauvage de la forêt

Le zonage existant propose trois séries pour la gestion de la forêt. Ce sont la série de protection (590 hectares), la série de production (13

hectares) et celle d'agroforesterie (08 hectares). Des solutions durables ont été identifiées. Il faut sensibiliser la population du milieu à mieux lutter contre ces fléaux qui menacent énormément cette forêt sacrée. Pour ce faire, un nouveau plan de zonage a été proposé pour faciliter la lutte antibraconnage, les feux de brousse et conserver la faune de cette forêt. Ce plan de zonage est en harmonie avec celui proposé par MAB-UNESCO en zone centrale ou de protection intégrale, zone tampon et zone de transition (zone de culture, agglomération etc) compte tenu du statut (sacré) de la forêt. La carte n°6 présente ce plan de zonage dans la perspective de la durabilité de la forêt.

Carte n°6 : Plan de zonage de la forêt pour la conservation de la faune



Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-Adakplamé-Ewé (commune de Kétou au Bénin)

L'analyse de la carte montre 6 que la zone centrale ou de protection intégrale définie, fait environ 300 ha. Elle est localisée du nord vers le centre et tend vers le sud-est et sud-ouest. Dans cette zone, aucune activité ne doit être menée. La zone de transition également doit être un espace où toute activité anthropique doit être proscrite à cause du statut sacré de la forêt. Mais l'on peut autoriser le ramassage des bois morts, la collecte des Produit Forestier Non Ligneux. Cette zone fait environ 228 ha. Dans les deux zones, les rituels et les activités culturelles sont autorisés. Il faut qu'il y ait une sensibilisation des agriculteurs dont les champs ceinturent la forêt, pour limiter l'expansion des zones de culture.

Cette recherche a montré que la forêt sacrée de

3. DISCUSSION

Kouvizoun Adakplamè-Ewè compte 28 espèces d'oiseaux, 17 mammifères et 8 reptiles. Cette diversité faunique est un potentiel pour la forêt et ses environs. Elle mérite donc d'être protégée. L'étude a montré que les facteurs anthropiques ont conditionné la distribution spatiale et la densité de la faune dans cette forêt. En effet, la densité est plus élevée là où les pressions humaines telles que les feux de forêt et l'exploitation forestière sont moins importantes. Les résultats de L. J. Waya Mongo et al., (2012, p.8), abondent dans le même sens. Pour eux, les richesses, les abondances, les densités et les moyennes des espèces varient, de manière générale, en fonction des habitats, ce qui témoigne d'un effet des changements d'occupation du sol. L. Mathot et J. L. Doucet (2006, p.9), ont également dit que les différents paramètres à considérer en vue de déterminer les zones les plus intéressantes d'un point de vue faunistique, dans la perspective de leur mise en réserve, sont : l'abondance de la faune dans sa globalité; l'abondance des espèces menacées et sensibles l'importance des activités anthropiques et en particulier de la chasse. Ces paramètres ont été également pris en compte dans cette étude. Les autres pressions observées sont les indices de chasse. Ce sont les pièges en câbles et à dents. Les études de O. T. Dibloni (2011, p.60) et T. O. Dibloni et al., (p.7) dans la réserve de biosphère de la mare aux hippopotames en zone sud soudanienne du Burkina Faso, ont révélé les mêmes indices. Ce qui signifie que la chasse au Bénin et ailleurs se ressemble et constitue une réelle préoccupation du monde scientifique. Pour l'auteur, cette activité a des impacts sur la distribution spatiale de la faune dans cette réserve. Il faut aussi signaler l'effet de la saison climatique sur les résultats obtenus.

L'étude a été effectuée en saison sèche ou les feux de brousse ont pratiquement brulé la partie Nord-Ouest de la forêt. Cela fait que la faune a été concentrée dans la partie Nord-Est non brulée. Cette observation a également été faite par K. C Adjin et al., (2011, p.15). Pour les auteurs, la distribution des phacochères dans les forêts de Kétou est peut-être également due à la saisonnalité. Dans l'un ou l'autre cas, à partir de la cartographie, cette étude a montré les zones de conservation de la faune dans la forêt quel que soit la saison.

La distribution spatiale de la densité de la faune a été réalisée sur l'ensemble des espèces observées dans la forêt, car cette seule analyse met facilement en évidence les variations affectant l'ensemble des espèces, leur abondance leur réaction vis-à-vis des pressions anthropiques. Elle a montré que la distribution de ces espèces est agrégative. Aujourd'hui, les cartes obtenues dans cette recherche constituent la base pour les prochaines études sur la distribution spatiale des animaux. remarque a été également faite par Amahowé O. I. et al., (2012, p.15). Pour les auteurs, ces études permettent d'orienter les projets de conservation et de luttes contre le braconnage. Il est également important de conserver ces zones et ces espèces en initiant les projets de conservation et de valorisation des forêts sacrées au sud du Bénin. L'étude de la distribution de la faune dans un écosystème protégé ou non est un outil prospectif pour connaître les zones à exploiter, les zones de conservation et l'élaboration d'un plan de gestion. L'ancien plan de zonage a été mis à jour en tenant compte des résultats des inventaires de la faune et de la réduction de la superficie de la forêt. L'ancien plan de zonage a été proposé sans faire un inventaire exhaustif de la faune. Aucune mention de la méthodologie des inventaires de la faune n'a été faite dans le plan d'aménagement de la forêt. Ce plan a également proposé le reboisement plein des zones de cultures hors de la forêt (13 ha). Ceci peut engendrer des conflits fonciers dans les villages.

CONCLUSION

Toute exploitation rationnelle et durable de la faune de la forêt de Kouvizoun passe nécessairement par une meilleure connaissance des animaux dans leur habitat. Cette étude a montré que cet écosystème constitue un réservoir pour la conservation de la biodiversité. A cet effet, 17 mammifères, 8 reptiles et 28 oiseaux ont été recensés. 460 points d'observations de pressions ont été identifiés. La principale pression est la chasse aux piégeages (88 %) et aux fusils. Cette chasse s'opère toute l'année, plus intense en saison sèche. La cartographie a montré que les zones de forte concentration de la faune avec une distribution agrégative et sympatrique sont le Nord-Est et le Sud-Ouest de la zone d'étude et les lacunes écologiques en sont au Nord-Ouest. Ce qui a permis de mettre à jour l'ancien plan de zonage qui doit être strictement appliqué. Par ailleurs, l'implication de la population est souhaitée dans les prises de décision. La cartographie prospective est un outil indispensable pour le suivi et la conservation de la biodiversité de la forêt. Elle doit être mise en œuvre pour analyser la dynamique des écosystèmes de la forêt en lien aux défaillances des modes de gouvernances. Ce qui permettra de disposer des données nécessaires à la prise de décision conservation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADJIN Christophe, LOUGBÉGNON Olou Toussaint, CODJIA Jean Timothée Claude et MENSAH Guv Apollinaire. Distribution. caractérisation écologique l'habitat et notes sur le régime alimentaire du phacochère commun, Phacochoerus africanus (Gmelin, 1788) au Sud du Bénin », Int. J. Biol. Chem. Sci. 5 (5)1907-1921. http://ajol.info/index.php/ijbcs.

AMAHOWÉ Isidore Ogoudjè, OUÉDRAOGO Moumouni et LOUGBÉGNON Olou Toussaint, 2012, « Analyse spatio-temporelle de la faune et des pressions anthropiques dans le ranch de Gibier de Nazinga au Burkina Faso », Int. J. Biol. Chem. Sci. 6 (2) : 613-627. http://ajol.info/index.php/ijbcs.

AMAHOWÉ Isidore Ogoudjè, 2009, Création de base de données et Analyses spatio-temporelle de la grande faune au Ranch de gibier de Nazinga/Burkina-Faso. Mémoire de fin d'Etude pour l'Obtention du Diplôme de Master Spécialisé Gestion des Aires Protégées de l'Institut International d'Ingénierie de l'Environnement et de l'Eau (2IE) de Ouagadougou/Burkina Faso, 96 p.

AMOUSSOU Gautier Koffi, Mensah Guy Apollinaire et Sinsin Brice, 2006, « Données biologiques, éco-éthologiques et socio-économiques sur les groupes d'hippopotames (Hippopotamus amphibius) isolés dans les terroirs villageois en zones humides des départements du Mono et du Couffo au Sud-Bénin », Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, 53 : 22-35.

DIBLONI ollo Théophile, 2011, Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la faune sauvage dans la réserve de biosphère de la mare aux hippopotames en zone sud soudanienne du Burkina Faso: cas de l'hippopotame commun (Hippopotamus amphibius l.). Doctorat unique de l'université de Ouagadougou de l'université de Ouagadougou, l'unité de formation et de recherche en sciences de la vie et de la terre, laboratoire de biologie et Ecologie animales, 178

p.

Cartographie des menaces anthropiques sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée Kouvizoun-Adakplamé-Ewé (commune de Kétou au Bénin)

DIBLONI Ollo Théophile, Millogo Alfred Nicolas, Ouédraogo Amadé Junior, Guenda Wendengoudi et Vermeulen Cédric, 2011, « Diversité faunique et distribution des activités de braconnage dans la Réserve de Biosphère de la Mare aux Hippopotames au Burkina Faso » Int. J. Biol. Chem. Sci. 5(5): 1813-1827. http://ajol.info/index.php/ijbcs.

KABULU Djibu Jean, Bamba Issouf, Munyemba Kankumbi François, Ngongo Luhembwe Michel et Bogaert Jan, 2008, « Analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga », Ann. Fac. Sc. Agro. I, (2): 12-18.

KIDJO Ferdinand, Lougbégnon Olou Toussaint et Codjia Jean Timothée Claude, 2012, « Analyse des facteurs de distribution actuelle et passée du sitatunga (Tragelaphus spekii Sclater, 1864) au Bénin », Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi-ISSN0851-2515, 10, 200-212. www.univi.net/rgll.

KIDJO Ferdinand, 2001, Etudes des potentialités en faune mammalienne et plan de la gestion des quelques sites retenus pour abriter le réseau de réserves biologiques. Rapport provisoire, Agence Béninoise de l'Environnement-Plan d'Aménagement des Zones Humides. Bénin, 61 p.

MATHOT Luc et DOUCET Jean-Louis, 2009, « Méthode d'inventaire faunique pour le zonage des concessions en forêt tropicale », Bois et Forêts des tropiques, 287 (1) : 60-70.

NEUENSCHWANDER Peter, SINSIN Brice et Goergen Georg, 2011, Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest: Une Liste Rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 365 p.

Projet d'Intégration des Forêts Sacrées dans système des Aires Protégées, 2013, Répertoire des Forêts sacrées dans les Départements de l'Ouémé et du Plateau, Rapport du Projet d'Intégration des Forêts Sacrées dans le Système des Aires Protégées du Bénin, 68 p.

Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture, 2015. Guide de gestion des réserves de biosphère de

l'UNESCO en Afrique. Un guide pratique pour les gestionnaires, Allemagne, 195 p.

Union Internationale de la Conservation de la Nature (2002). Liens entre la conservation de la diversité biologique, les moyens d'existence et la sécurité alimentaire. L'utilisation durable des animaux sauvages pour l'alimentation. Document occasionnel de la commission de sauvegarde des espèces de l'UICN n° 24. (Eds) Mainka, Sue et Trivedi, Mandar, 145 p.

RABEIL Thomas, 2004, Distribution potentielle des grands mammifères dans le Parc du W au Niger. Thèse Pour l'obtention du Diplôme de Docteur en Environnement : Milieux, Techniques, Sociétés, Université Paris VII-Denis Diderot UFR GHSS, 464 p.

WAYA Mongo Léon Ivongo, VISSER Marjolein, DE CANNIÈRE Charles, VERHEYEN Erik, DUDU Akaibe, BENJAMIN. Ali-Patho Joseph Ulyel et BOGAERT Jan, 2012, « Anthropisation et effets de lisière : impacts sur la diversité des rongeurs dans la Réserve Forestière de Masako (Kisangani, R.D. Congo) », Mongabay.com Open Access Journal-Tropical Conservation Science. 5 (3): 270-283.



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp. 139-157

www.retssa-ci.com

APPORT DU SIG ET DE L'ANALYSE MULTI-CRITERE A LA MODELISATION GEOGRAPHIQUE DE LA VULNERABILITE AU PALUDISME DANS LA COMMUNE D'IFANGNI

CONTRIBUTION OF GIS AND MULTI-CRITERIA ANALYSIS TO GEOGRAPHIC MODELING OF MALARIA VULNERABILITY IN THE MUNICIPALITY OF IFANGNI

¹ BONI Gratien, ² AHOHOUNDO Parfait Cossi Alexis, ³ AYIMADE Virgile Narcisse Sènan.

- ¹ Maître de Conférences des Universités CAMES, Enseignant Chercheur au Centre Inter Facultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED) Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou - BENIN. Contact : bonigras@yahoo.fr
- ² Doctorant en Géographie à l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou BENIN. Contact : parfaiter2010@gmail.com
- ³ Doctorant en Géographie à l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), Brest FRANCE. Contact : viayimade@gmail.com

BONI Gratien, AHOHOUNDO Parfait Cossi Alexis et AYIMADE Virgile Narcisse Sènan, Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni, Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 139-157, [En ligne] 2022, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:41:48, URL: https://retssaci.com/index.php?page=detail&k=251

Résumé

La gestion des questions de santé publique par les collectivités locales au Bénin implique la mise en place d'outils spatiaux de coordination des actions de lutte contre les maladies vectorielles courantes ou émergentes. A cet effet, la présente étude est menée pour identifier les zones de

vulnérabilité géographique au paludisme dans la commune d'Ifangni au sud du pays. L'analyse procède d'une identification de paramètres climato-environnementaux et sociodémographiques télédétectés ou cartographiés. Ces divers facteurs sont ensuite standardisés, pondérés et combinés dans un SIG multicritère aboutissant à la cartographie de la vulnérabilité géographique.

Les résultats révèlent trois différents secteurs de sensibilité au paludisme. La vulnérabilité est élevée à proximité des sites potentiels de présence du vecteur (marécages et vallons humides). Ce premier niveau de vulnérabilité est étendu et assez perceptible au sud de la commune. Il couvre 7186 ha soit 36,11% du territoire où sont enregistrés les plus forts taux de prévalence palustre. La vulnérabilité est modérée dans les secteurs juxtaposés aux précédents sur une superficie de 7417 ha correspondant à 37,27% de l'étendue communale. Dans ces secteurs, les taux de prévalence relevés sont moyens; contrairement à la partie centrale et nord où la vulnérabilité et la prévalence sont faibles.

La carte finale produite est un outil indispensable utile aux acteurs locaux pour identifier les cibles d'intérêts primordiaux dans la mise en œuvre locale des stratégies de la lutte anti-larvaire. Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni

Mots clés: Bénin, vulnérabilité, paludisme, SIG, analyse multicritère.

Abstract

The management of public health issues by local authorities in Benin implies the implementation of spatial tools for the coordination of actions against common or emerging vector-borne diseases. To this end, the present study is conducted to identify areas of geographic vulnerability to malaria in the local government of Ifangni in the south of the country. The analysis is based on the identification of remotely sensed or mapped climatic, environmental and socio-demographic parameters. These various factors are then standardized, weighted and combined in a multi-criteria GIS resulting in the mapping of geographic vulnerability.

The results reveal three different areas of varying susceptibility to malaria. Vulnerability is high in the vicinity of potential vector sites (swamps and wet valleys). This first level of vulnerability is extensive and noticeable in the south of the commune. It covers 7186 ha or 36.11 percent of the territory where the highest malaria prevalence rates are recorded. Vulnerability is moderate in the sectors adjacent to the previous ones, covering an area of 7,417 ha or 37.27 percent of the commune. In these areas, the prevalence rates recorded are average; in contrast to the central and northern part where vulnerability and prevalence are low.

The final map produced is an indispensable tool useful for local actors to identify the targets of primary interest in the local implementation of the strategies of the anti-larval control.

Key words: Benin, Vulnerability, malaria, GIS, multicriteria analysis

INTRODUCTION

L'impact des maladies à transmission vectorielle reste important dans la chaîne globale de gestion

de la santé publique dans l'ensemble des pays du sud. Elles représentent 17 % des maladies infectieuses et sont responsables de plus d'un million de victimes chaque année (T. Catry et al, 2018, p. 1). Parmi celles-ci, le paludisme occupe la première place en termes de mortalité et de morbidité et son incidence demeure croissante (O. Doumbo, 2017, p. 1).

Alors que près de la moitié de la population mondiale (41%, soit environ 2,3 milliards de personnes) vit dans les zones à risque de paludisme (D. J. Gubler, 1998, p. 443; N. G. Gratz, 1999, p. 51), l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) estime à 241 millions, le nombre de cas palustres enregistrés en 2020 et à 627 000, l'effectif des décès. De plus, la région africaine et particulièrement celle au sud du Sahara est la plus touchée par la charge morbide car elle enregistre 95 % des cas et 96 % des décès dus à cette maladie (OMS, 2021). Face à une telle saignée, la lutte contre le paludisme repose à la fois sur la connaissance de l'environnement de vie du vecteur, et du contrôle du taux de contact vecteur-hôte (A. M. El-Hefni et al, 2020, p. 1). regard des études menées sur la problématique ces dernières décennies, J. Franke et al. (2015, p. 117) estiment que la lutte antivectorielle est la stratégie de prévention de la transmission la plus efficace, les facteurs environnementaux étant les principaux affectant transmission. La paramètres la compréhension de ces facteurs et leurs effets devient donc capitale.

Le développement des techniques d'analyse spatiale permet aujourd'hui d'évaluer les variables environnementales générées par les capteurs de télédétection et représentées à travers les Systèmes d'Information Géographiques (M. T. Gebreslasie, 2015, p. 239). En effet, selon M. C. Wimberly et al. (2021, p. 525), l'avènement de nouvelles sources d'imagerie satellitaire haute résolution augmente la précision et la fréquence des observations, tout en fournissant des données sur les variables environnementales nécessaires à la mise en place d'outils appropriés pour aider le système de décision et de prévention du

BONI Gratien, AHOHOUNDO Parfait Cossi Alexis AYIMADE Virgile Narcisse Sènan. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 139-157

paludisme. Par conséquent, les SIG, la télédétection et la modélisation spatiale sont devenus des outils précieux d'analyse pour une lutte efficace contre les maladies à transmission vectorielle comme le paludisme.

La République du Bénin fait partie des quinze pays endémiques du paludisme et localisés en Afrique au Sud du Sahara. Après une légère baisse de 2012 à 2015, l'incidence palustre au Bénin connait une hausse entre 2016 et 2019, ce qui suggère une augmentation de la transmission de la maladie (Fonds mondial/PNLP, 2020, p. 3). Cette situation est plus perceptible dans la partie méridionale du pays où la transmission est intense et fortement ressentie chez les enfants âgés de moins de cinq ans et les femmes enceintes. Elle est dictée par les conditions climatiques particulières de la région et l'état du cadre de vie qui fournit souvent aux vecteurs, les conditions optimales de survie développement (P. C. A. Ahohoundo et al, 2019, p. 169).

La commune d'Ifangni est une importante zone frontalière entre le Bénin et le Nigéria. D'après T. H. Azonhè (2019, p. 236), les mauvaises conditions d'hygiène et d'assainissement, l'insalubrité du cadre de vie surtout dans les milieux ruraux favorisent l'émergence liées à l'environnement, pathologies l'occurrence le paludisme. De plus, la présence humides étendues constituées zones majoritairement de marécages, de vallons humides, associée à l'existence d'une végétation abondante et luxuriante constituent de potentiels habitats spécifiques du vecteur du paludisme. A s'ajoutent les. flux d'intérêts ceux-ci commerciaux, de biens et personnes entre les pays notamment au niveau embarcadères souvent informels et l'attroupement quotidien de populations riveraines ainsi que celles en transit pour l'exercice d'activités socio-économiques. Cette cohabitation vecteur-population favorise la transmission de la maladie par le biais des pigûres quotidiennes des moustiques et donc, la persistance de la maladie au sein de la population. C'est dans l'optique de fournir aux décideurs locaux, les outils de base pouvant leur permettre de mener convenablement la réflexion sur les questions prioritaires en matière de prévention de sensibilisation des communautés les plus vulnérables que la présente étude est menée. Son objectif est d'identifier les secteurs hautement vulnérables au paludisme dans la commune d'Ifangni à partir des techniques géo-spatiales de surveillance des populations humaines et de leur environnement. Ce travail est axé sur la cartographie des facteurs environnementaux et anthropiques de l'étude puis l'analyse de la vulnérabilité géographique au paludisme.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Description du milieu de recherche

La Commune d'Ifangni est une importante zone frontalière au sud-est du Bénin dans le département du Plateau (carte n°1). Situé entre 6°35' et 6°42' de latitude Nord et entre 2°40' et 2°46' de longitude Est, le territoire communal s'étend sur une superficie de 199 km2. Il est limité au Sud par la Commune d'Adjarra, à l'Ouest par les Communes d'Avrankou et de Sakété, au Nord par la Commune de Sakété et à l'Est par le Nigeria avec lequel, elle partage une frontière nationale d'environ 32 km. Le découpage administratif en fait un territoire de soixante-neuf (69) villages, répartis dans six (06) arrondissements à savoir : Ifangni, Banigbé, Laagbè, Daagbé, Tchaada et Ko- Koumolou. Traversée par les Routes Nationales Inter-États

Traversée par les Routes Nationales Inter-Etats n°1 et n°1 bis, c'est une commune de transit et d'écoulement des produits vers le Nigéria. Édifié sur le rebord sud-est du plateau de Pobè-Sakété, le relief peu accidenté de la commune (altitude moyenne de 100 m) est entaillé par de petites et moyennes dépressions aux pentes très peu marquées. Ces vallons souvent humides servent de supports à un couvert végétal composé de reliques de forêt sacrées, de plantations de palmier à huile, d'arbustes et hautes herbes. L'existence d'une telle écologie locale favorise

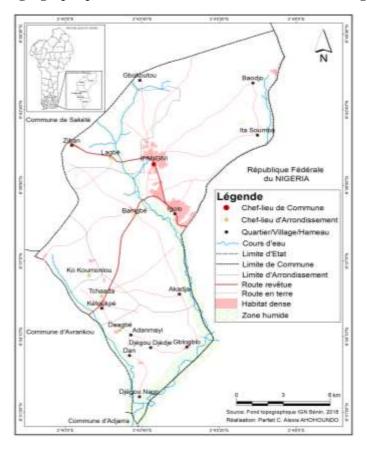
Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni

la mise en place des gîtes larvaires et la multiplication des anophèles.

La commune d'Ifangni connait une dynamique démographique importante. Avec une population de 44 216 habitants en 1979, cet effectif est passé à 67 021 en 1992 et à 71 606 personnes en 2002. Le dernier recensement de la population réalisé en février 2013 révèle le chiffre de 110 973 habitants (INSTaD, 2016, p. 79). Les projections démographiques pour

l'année 2021 estiment la population à 153 990 résidents, soit une densité de 773 habitants/km2. Cette présence humaine en augmentation sans cesse dans la plupart des hameaux constitue un important réservoir d'hôtes pour les vecteurs qui peuvent assurer aisément leur repas sanguin et contribuer à la propagation de la maladie au sein de la population des hameaux et villages de la commune.

Carte n°1: Situation géographique et administrative de la Commune d'Ifangni



1.2. Données et outils de collecte

Plusieurs catégories de données ont été utilisées dans le cadre de cette étude. Il s'agit de:

Données climatiques : elles sont constituées de hauteurs de pluie et de température obtenues à partir de cinq stations de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) sur une période de

trente ans (1987-2017). Il s'agit des stations de Bohicon, Cotonou-Aéroport et Kétou au Bénin et de Lagos au Nigéria. Les valeurs archivées et utilisées des paramètres concernés sont annuelles;

Données épidémiologiques: c'est le nombre de cas de malades du paludisme compilés dans les centres de santé de la commune au cours des six

BONI Gratien, AHOHOUNDO Parfait Cossi Alexis AYIMADE Virgile Narcisse Sènan. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 139-157

dernières années (2016 - 2021) et archivés depuis la plateforme du Système National d'Information et de Gestion Sanitaire (SNIGS); Données géospatiales: Des images satellites Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) - Thermal Infrared Sensor (TIRS) (P 191 R 056) datant du 21/01/2021 et Modèle Numérique de Terrain Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de 2014, obtenus à partir du site https://earthexplorer.usgs.gov/ de l'United States Geological Survey (USGS) avec une résolution spatiale de 30 m ont été utilisées. Les fichiers cartographiques, quant à eux, proviennent de la base de données de l'Institut

Données démographiques : Les projections en 2021 des effectifs de populations par arrondissement, à partir des statistiques du dernier recensement de 2013 réalisé par l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INStaD) ont été exploitées.

Géographique du Bénin (IGN-Bénin);

La collecte des données auprès des ménages a été effectuée par un trio d'enquêteurs de niveau licence en géographie. L'opération s'est déroulée du 29 janvier au 15 février 2022 à l'aide d'un questionnaire numérique simplifié. Celui-ci a été conçu dans le but de disposer d'éléments d'appréciation surtout sur le cadre de vie, la fréquence des épisodes palustres, la prévention et l'accès aux soins.

1.3. Méthodes de traitement des données

1.3.1. Identification des secteurs d'enquête et échantillonnage

L'identification des localités d'enquête s'est faite sur la base d'un choix raisonné. Le premier critère de choix est relatif au milieu physique. Il s'agit notamment de l'existence de cours d'eau et de la végétation. Pour identifier ceux-ci, les images Google Earth de résolution spatiale cinq mètres ont été utilisées. Le deuxième critère concerne la disponibilité d'au moins un embarcadère formel ou non et fonctionnel dans la localité. Le dernier critère se rapporte à

l'effectif de la population de la localité choisie. Cet effectif doit être supérieur à 200 habitants. Ces différents critères ont finalement permis de retenir les arrondissements de Ifangni, Banigbé et Daagbé pour les enquêtes de terrain.

Les principales cibles enquêtées sont les chefs de ménages et les commerçants en transit vers le Nigeria. A ce niveau, le choix des personnes enquêtées repose sur au moins un des critères suivants:

- (i) être un chef de ménage ou son représentant et résidant dans l'un des arrondissements énumérés ci-dessus ;
- (ii) être un commerçant en transit vers le Nigeria par le biais des embarcadères formels ou informels :
- (iii) avoir vécu régulièrement dans la localité au cours des dix (10) dernières années (ce critère a été retenu parce que pour parler des réalités d'un milieu, il faut y avoir vécu pendant un certain nombre d'années);

A cet effet, la taille de l'échantillon est déterminée par la formule de Schwartz (1995). Ainsi, si **n** désigne la taille de l'échantillon, on a:

$$n = \frac{Z\alpha^2 xpq}{i^2} \tag{1}$$

Avec:

 $Z\alpha = 1,96$, écart réduit correspondant à un risque α de 5%;

p = proportion des ménages des différents villages ciblés par rapport au nombre de ménages de la commune d'étude (effectif de ménages des villages enquêtés = 8979; effectif total des ménages de la commune = 21 362) soit p = 42,03 %; i = précision désirée égale à 8 % et

q = 1- p (ici, q = 57,97). Ainsi, l'effectif déterminé à la suite des calculs successifs est le suivant :

Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni

 $n = (1,96)^2 \times 0,42032 (1-0,42032) / (0,08)^2 = 140,34 \approx 140 \text{ ménages}.$

Ainsi, le nombre total de personnes enquêtées par village est obtenu en affectant un coefficient k = n/P; avec n = taille de l'échantillon obtenue par la méthode de Schwartz et, P = effectif total des ménages des quartiers enquêtés selon le quatrième Recensement Général de la Population

et de l'Habitation (RGPH₄) de l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique (actuel INStaD). En effet, k = n/P entraine, k = 140/8979, donc k = 0.0155, soit k = 01.55 % affectés à chaque effectif de ménage par quartier enquêté. La taille de l'échantillon enquêté par quartier est présentée dans le Tableau n°1.

Tableau n°1: Répartition des ménages enquêtés par quartier

Arrondissements	Villages	Effectif total des	Ménages	Fréquence (%)
		ménages	enquêtés	
	Igolo	1 914	30	21,42
	Baodjo	327	05	03,57
Ifangni	Ita Soumba	255	04	02,86
C	Ganmi	809	13	09,29
	Ifangni	1 868	29	20,71
	Akadja	816	13	09,28
Banigbé	Doké	835	13	09,29
	Banigbé Nago	505	08	05,72
	Gblogblo	469	07	05
Daagbé	Djègou Nago	284	4	02,86
	Daagbé Nago	673	11	07,86
	Daagbé Djèdjè	224	03	02,14
Total	12	8979	140	100

Source: Travaux de terrain, février-mars 2022

1.3.2. Traitement des données

Les traitements effectués dans le cadre de l'étude sont spécifiques à la nature des données collectées. Les effectifs de cas palustres ont permis de calculer la prévalence de la maladie. Ces taux ont ensuite été spatialisés par arrondissement, sous forme de diagrammes en bâtons. L'accessibilité au réseau routier et aux centres de santé est appréciée à travers la distance euclidienne séparant ces infrastructures de base des différentes localités. En ce qui

concerne les données d'enquêtes, le calcul arithmétique des moyennes des réponses données par les enquêtés a permis une meilleure appréciation de l'opinion des ménages et l'importance de la maladie au sein de la population. Alors que le facteur topographique est généré à partir du SRTM, la méthode d'indices spectraux et ses applications pour la détection des zones végétalisées (NDVI) et l'humidité du sol (NDMI) est rendue possible à partir de l'opération de combinaison des bandes de l'image Landsat 8 (Tableau n° 2).

Tableau 2: Indices spectraux de végétation et d'humidité

Indices	Noms	Formules	Sources			
NDVI	Indice de végétation par	NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)	Tucker C., 1979			
	différence normalisée					
NDWI	Indice d'humidité des sols par	NDWI = (PIR - MIR) / (PIR + MIR)	Mc Feeters S., 1996			
	différence normalisée					

Au terme des travaux de collecte auprès des ménages, les fiches remplies et finalisées ont été compilées. Cette base de données a servi par la suite aux analyses statistiques descriptives afin

BONI Gratien, AHOHOUNDO Parfait Cossi Alexis AYIMADE Virgile Narcisse Sènan. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 139-157

de déterminer les fréquences selon les réponses données par les enquêtés. Les résultats finaux sont traduits sous forme de tableaux ou de graphiques.

1.3.3. Analyse multicritère de la vulnérabilité palustre

La production de cartes de vulnérabilité géographique pour la prise de décision à l'échelon local est une nécessité impérieuse pour une efficacité des actions de lutte en santé publique. L'Analyse Multicritère Hiérarchique (AMC) élaborée par T. L. Saaty (2008, p. 94) se veut une approche d'analyse utilisée dans la quantification des caractéristiques qualitatives, par le biais de la pondération (A. Ramos et al., 2014, p. 35). La méthode d'Analyse Multicritère Hiérarchique est basée sur la comparaison deux deux des facteurs standardisés par conformément aux objectifs à atteindre et suivant une échelle de mesure. Dans cette étude, la standardisation continue est appliquée pour générer des cartes critères, de classes d'aptitude

variées. La finalité du processus d'analyse aboutit à la détermination de l'importance relative de chaque critère par rapport à une autre et sa contribution à la vulnérabilité palustre en utilisant l'échelle proposée par Saaty. Une fois la matrice de comparaison remplie, on calcule la valeur propre de chacun des critères et le vecteur propre lui correspondant. La valeur propre est la mesure qui permettra d'évaluer la cohérence ou la qualité de la solution obtenue. A ce titre, T. L. Saaty (2008, p. 97) propose le procédé suivant:

$$RC = \frac{IC}{IA}$$
 (2)

$$IC = \lambda max = \sum (\sum Ci.wi)$$

C = colonne,

N = au nombre de facteur,

λmax, une valeur calculée sur la base de la matrice de Saaty, des vecteurs propres et de N,

IC = Indice de Cohérence,

IA = Indice Aléatoire fixé par Saaty en fonction du nombre de critère (Tableau n° 2).

Tableau n° 2: Indice aléatoire de Saaty en fonction du nombre de critères retenus

Nombre de critère	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IA	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,15

Source: Saaty, 2008

Si IC > 10 %, il n'y a pas de cohérence dans la comparaison des critères par paire. Par conséquent, la matrice doit être réévaluée. Pour le compte de l'étude, la matrice de comparaison

par paires des facteurs et la pondération de chaque critère sont traduites dans le Tableau n° 3

Tableau n° 3: Matrice de comparaison des facteurs et pondération

Facteurs	NDWI	NDVI	DCE	DENS	TEMPER	DTH	ALT	ZH	DTR	PLUIE	Poids (%)
NDWI	1	1	1/3	1/4	1/4	1	2	2	2	1/4	6,2969
NDVI	1	1	1/2	1/3	1/3	1	2	2	2	1/3	6,8951
DCE	3	2	1	1/2	1	2	3	3	1	1/3	11,4641
DENS	4	3	2	1	1	1	2	3	3	1/3	13,9471
TEMPER	4	3	1	1	1	2	4	4	4	1/2	15,9365
DTH	1	1	1/2	1	1/2	1	2	3	3	1/3	8,8856
ALT	1/2	1/2	1/2	1/2	1/4	1/2	1	1/2	1/2	1/3	4,0158
ZH	1/2	1/2	1/3	1/3	1/4	1/3	2	1	1	1/4	4,3504
DTR	1/2	1/2	1	1/3	1/4	1/3	2	1	1	1/3	5,2292
PLUIE	4	3	3	3	2	3	3	4	3	1	22,9793
TOTAL	19.5	15.5	10.16	8.24	6.83	12.16	23	23.5	20.5	3.98	100

Source: Résultats de l'analyse multicritère, mars 2022

<u>Légende</u>: DCE = Distance par rapport aux cours d'eau ; DENS= Densité de population ; DTH = Distance aux centres de santé ; ZH= Zone habitée ; TEMPER = Température; ALT= Altitude ou Élévation ; DTR = Distance aux routes.

Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni

La lecture du Tableau n° 3 révèle qu'au-delà de l'importance de chaque facteur retenu dans le cadre de l'étude, les variables climatiques et socio-démographiques affichent globalement des poids plus élevés (8 - 23 %). Les facteurs environnementaux viennent ensuite avec des valeurs de poids variant entre 4 et 7 %. Par ailleurs, les calculs relatifs aux paramètres ont donné les résultats suivants : indice de cohérence IC = 0,070 ; indice aléatoire IA = 1,49 ; ratio de cohérence RC = 0,0470 < 0,1. Alors les jugements d'appréciation des critères retenus pour l'étude sont donc cohérents.

La carte de vulnérabilité géographique au paludisme de la Commune d'Ifangni a été validée par la carte de spatialisation de la prévalence palustre, réalisée à partir des données du Système National d'Information et de Gestion Sanitaire (SNIGS). Elle est complétée par l'analyse des statistiques descriptives issues du traitement des données d'enquêtes pour confirmer ou infirmer l'intensité de la charge palustre.

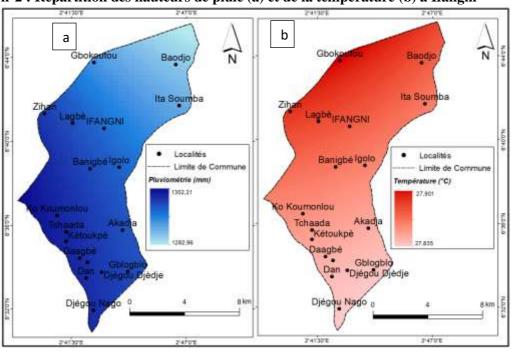
2. RÉSULTATS DE L'ETUDE

2.1. Cartographie des facteurs de l'étude

La détermination des secteurs hautement vulnérables au paludisme dans la commune d'Ifangni a nécessité l'étude et la cartographie de huit facteurs retenus pour les analyses. Ces facteurs sont : la pluviométrie, la température, l'hypsométrie, la distance par rapport aux cours d'eau (DCE), aux routes (DTR) et aux centres de santé (DTH), les zones habitées, la densité de population, l'indice de végétation (NDVI) et l'humidité à la surface du sol (NDWI).

2.1.1. Conditions climatiques locales idoines au développement du vecteur

Le climat joue un rôle déterminant dans le développement du paludisme à travers la répartition des précipitations et de la température dans la commune d'Ifangni (Carte n°2).



Carte n°2: Répartition des hauteurs de pluie (a) et de la température (b) à Ifangni

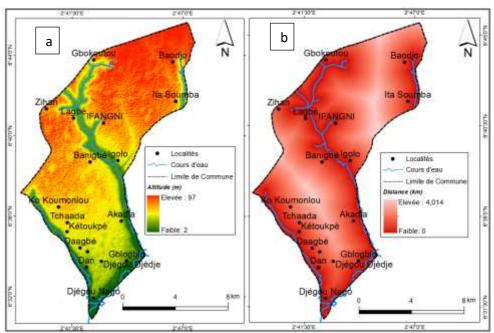
L'analyse de la Carte n°2 (a) révèle une augmentation des totaux pluviométriques d'est en ouest avec une hauteur d'eau comprise entre 1282 et 1302 mm. Cette distribution est adéquate pour la mise en place des gîtes larvaires et la formation des aires d'éclosion d'anophèles. La pluviométrie répartition de la l'abondance des gîtes de production de moustiques et par conséquent, la densité larvaire. Quant à la température, elle augmente du sud vers le nord et totalise une moyenne de 27 °C sur l'ensemble du territoire communal (Carte n°2b). Avec une amplitude thermique faible $(1^{\circ}C)$, ces

conditions thermométriques sont bonnes pour assurer la survie et l'abondance des anophèles. La température est un facteur propice à la transmission et la propagation de la maladie. Ces deux paramètres contribuent à la vulnérabilité géographique de la commune au paludisme.

2.1.2. D'importants espaces humides favorisés par le relief

Le relief est un facteur important pour le développement du paludisme dans une région car il influence fortement la température, qui à son tour affecte la reproduction des moustiques (Carte n°3).

Carte n°3: Hypsométrie (a) et distance par rapport aux cours d'eau (b)



L'examen de la Carte n°3a montre l'inclinaison nord-sud du relief de la commune, ce qui favorise l'écoulement des eaux précipitées le long des exutoires naturels et leur concentration dans les vallons. De plus, cette topographie conditionne le choix et l'emplacement des localités à forte concentration humaine. En effet, la plupart des villages et hameaux sont dans des secteurs proches des vallons et des ruisseaux (Carte n°3b). Selon les résultats de terrain, en moyenne 47 % des chefs de ménages enquêtés dans les arrondissements de Ifangni, Daagbé et

reconnaissent que la proximité géographique entre les villages et les zones humides contribue au développement maladies à transmission vectorielle dont le paludisme. Selon eux, de tels écosystèmes sont souvent préjudiciables à la santé des populations résidentes car ils favorisent la multiplication des vecteurs et la diffusion des maladies. C'est majoritairement l'opinion exprimée à Gblogblo (44%), Akadja (38%) et Igolo (37%) où les enquêtés estiment que l'inondation des vallons pendant l'hivernage contribue à augmenter les

Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni

épisodes palustres au sein des ménages. A l'opposé, 28 % des enquêtés estiment que la présence et la proximité avec le milieu naturel environnant facilite la pratique d'activités diverses dont le transport par voie d'eau de biens

et personnes aux différents embarcadères (Planche n°1). La nature du site en fait un important réservoir de gîtes larvaires, des niches de multiplication et de survie des moustiques, ce qui facilite aisément le contact hôte-vecteur.

Planche nº1: Embarcadères de Baodjo (a) et de Gblogblo (b) dans la Commune d'Ifangni



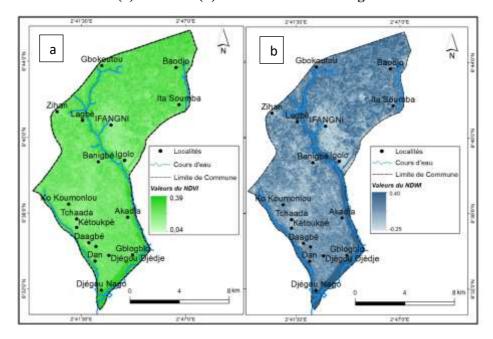
Prise de vues : Ahohoundo, février 2022

La planche n^ol révèle un cadre naturel caractérisé par une végétation assez touffue et la présence permanente de la rivière qui façonnent une écologie favorable à la suivie du vecteur. De plus, la présence humaine en continu par le biais du transport de personnes et de marchandises contribue à faciliter le contact entre l'hôte humain et les moustiques, assurant du coup la transmission de la maladie au sein de la population.

2.1.3. L'indice de végétation NDVI et l'humidité NDWI

La présence d'une végétation étendue et d'une certaine humidité générale dans l'environnement de vie de la Commune d'Ifangni concourt à une meilleure connaissance des sources ou lieux de ponte des vecteurs ainsi que l'exposition de la population résidente (Carte n°4).

Carte n°4: Indices NDVI (a) et NDWI (b) de la commune d'Ifangni



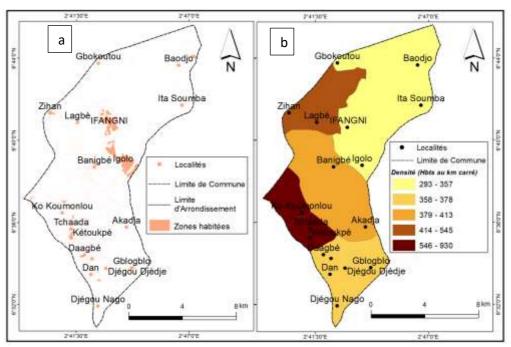
L'analyse de la Carte n°4a montre que les valeurs élevées de l'activité chlorophyllienne correspondent aux secteurs où l'humidité à la surface du sol (Carte n°4b) est forte (NDVI et NDWI > 0,35). C'est le cas des vallons humides, constitués majoritairement de plans d'eau et d'étendues marécageuses. Couverts la plupart de l'année par une végétation verdoyante, une pluviométrie et une température bien réparties, ils offrent de bonnes prédispositions pour la mise en place des gîtes larvaires potentiels et le développement optimal du vecteur. Par contre,

les plus faibles valeurs sont remarquées au cœur des agglomérations et des gros villages qui sont pour la plupart assez proches (moins de 2 km) des sites de prolifération du vecteur.

2.1.4. Rurbanisation et la densité de population

La croissance de la population et l'extension sans cesse continue des espaces artificialisés aux fins agricoles et d'habitation sont des facteurs déterminants d'évènements sanitaires comme les épidémies de paludisme (Carte n°5).

Carte n°5 : Zones d'habitation (a) et densité de population (b)



La lecture de la Carte n°5a révèle une prédominance d'habitations dispersées surtout dans les secteurs ruraux de la commune. Par contre, une concentration du bâti est observée au niveau de quelques localités comme Ifangni, Igolo, Banigbé, Kétoukpè et Zihan. Dans cet espace majoritairement rural, cette configuration de l'habitat couplée à la densité de population relativement forte (Carte n°5b) induisent une pression sur les ressources avec des effets certains sur l'écologie du vecteur. Or, l'augmentation continue de la population

suggère une augmentation des besoins à satisfaire aux dépends du couvert végétal environnant. Cette empreinte humaine ouvre de nouveaux espaces de présence aux vecteurs du paludisme. A cet effet, la densité de population suppose donc une transmission potentielle plus efficace et une propagation certaine de l'infection.

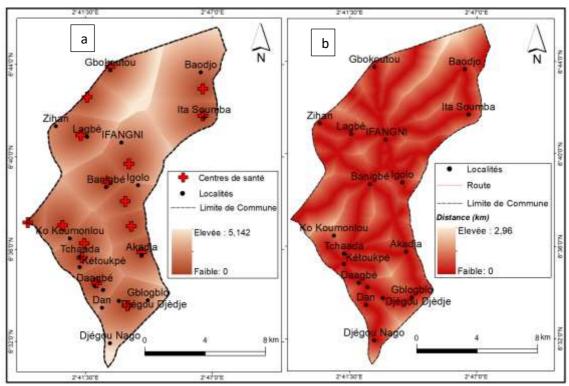
2.1.5. L'accessibilité aux centres de santé et au réseau routier

La disponibilité d'un réseau routier permettant une desserte aisée d'un lieu ou d'une Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni

infrastructure structurante et l'accessibilité aux centres de santé selon leur emplacement

géographique sont importantes pour garantir l'offre de soins aux populations (Carte n°6).

Carte n°6: Accessibilité aux infrastructures sanitaires et routières



L'analyse de la Carte n°6 (a et b) révèle qu'en général les localités importantes de la Commune sont situées aux carrefours des principaux axes routiers. De plus, l'ensemble des villages et hameaux de la commune se retrouve dans le rayon de 3 km (normes OMS) autour des centres de santé existants. Cela suppose que la couverture des localités y est relativement

bonne, même si le maintien en bon état des voies pour un accès aisé à de telles infrastructures est un défi à relever. Cependant, les raisons motivant la fréquentation des centres de santé et les contraintes relevées par les populations selon les localités sont toutefois variables (Tableau n° 4).

Tableau n° 4: Raisons de la fréquentation des centres de santé et difficultés associées

Motifs de fréquentation des centres de santé	Ifang	gni	Bani	gbé	Daagbé	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Paludisme	43	53,09	21	61,76	14	56
Autres affections	05	6,17	4	11,76	3	12
Consultations pré et post natales	33	40,74	9	26,48	8	32
Difficultés signalées						
Impraticabilité des routes	57	70,38	17	50	12	48
Absence de moyens financiers	21	25,92	15	44,12	11	44
Distance	3	3,70	2	5,88	2	8

Source: Résultats d'enquêtes de terrain, février 2022

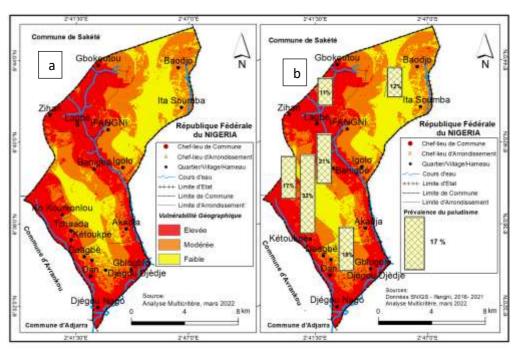
La lecture du tableau n° 4 révèle que le paludisme est la principale cause (57%) de fréquentation des centres de santé. Les consultations pré et post natales sont déclarées par 33% des enquêtés comme motifs de recours de santé compris centres y accouchements. D'autres affections comme les diarrhées, les infections respiratoires, dermatoses et les cas de blessures sont évoquées mais en faible proportion (10%) dans l'ensemble des localités. La disponibilité, la proximité et surtout la satisfaction des populations (82 %) par rapport aux services de soins qui leur sont offerts induisent une meilleure accessibilité aux soins de santé en fonction des coûts équitables de traitements. Cela contribue à la réduction des cas de maladie tout en permettant l'éducation et l'information des patients aux moyens de prévention à travers la sensibilisation. Cependant, les personnes interviewées ont signalé des contraintes aui freinent l'accessibilité aux infrastructures. Elles sont relatives à l'impraticabilité des routes surtout en hivernage (56 %), l'absence de moyens

financiers (38%) et la distance à parcourir (6%). En dehors de la Route Nationale Inter-Etat (RNIE 1), l'ensemble des voies existantes sont de praticabilité particulièrement pendant les saisons pluvieuses. Elles rendent les déplacements des populations pénibles alors que la plupart des centres de santé ne sont desservies que par des routes non bitumées. Dans un tel contexte, l'état de la route et sa praticabilité sont des facteurs déterminants pour l'accessibilité des populations aux centres de santé. En un mot, la proximité des centres de santé des localités et la facilité de desserte offrent une certaine assurance et une sécurisation géographique en cas de survenance du paludisme comparativement aux résidents des localités beaucoup plus éloignées.

2.2. Analyse de la vulnérabilité géographique au paludisme

La combinaison pondérée des facteurs retenus a permis de produire la carte de la vulnérabilité géographique au paludisme (Carte n°7).

Carte n°7 : Vulnérabilité géographique de la Commune d'Ifangni au paludisme



Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni

La lecture de la Carte n°7a révèle une vulnérabilité géographique au paludisme relativement forte dans la commune d'Ifangni. En fonction des particularités géographiques spécifiques à chaque arrondissement, trois niveaux d'exposition au paludisme sont générés à l'échelle du territoire communal. Le niveau de vulnérabilité élevé est concentré sur les marges des exutoires naturels de la commune ainsi que les vallons humides. Il couvre une superficie de 7186 ha soit 36,11% du territoire. C'est généralement dans ces secteurs où l'élévation est faible que les valeurs du NDVI et du NDWI sont assez élevées. La majorité des hameaux de forte concentration humaine de la commune s'y retrouvent. Les régions à vulnérabilité modérée sont plus étendues avec des valeurs moyennes. Juxtaposées aux secteurs à forte vulnérabilité, elles sont perceptibles au nord et au sud de la commune sur 7417 ha (37,27% de la superficie communale). Elles regroupent en grande partie, les espaces ouverts aux influences anthropiques. L'extension progressive des activités socioéconomiques dont celles du secteur primaire, assez développées dans la commune et la rurbanisation constante justifient ce constat. Quant aux zones de faible vulnérabilité, elles sont plus en altitude et relativement centralisées sur une superficie de 5497 ha et représentent 27.62% du territoire communal. C'est des secteurs à fort potentiel rural où le paysage naturel conserve quelque peu son emprise et où l'empreinte humaine demeure relativement faible. Par ailleurs, la Carte n°7b montre une forte prévalence du paludisme au sud du territoire communal avec un taux de 33 % à Tchaada. Ce chiffre est révélateur de l'intensité la transmission vectorielle chez populations vivant dans cette région. Bien que le paludisme soit une maladie qui occupe le

premier rang des motifs de consultation dans les structures sanitaires, plus des 3/4 (76,42 %) des enquêtés se reconnaissent potentiellement exposés à la maladie, avec des moyens de prévention ou de protection assez dérisoires (serpentin anti moustique, grillage plastique aux fenêtres des concessions). C'est particulièrement le cas à Igolo, et Ganmi (Ifangni) ainsi qu'à Akadja (Banigbé) et Gblogblo (Daagbé). Que ce soit au sein des ménages ou aux embarcadères, la majorité des personnes interviewées (environ 78 %) ont confirmé une forte présence de la maladie car favorisée par les conditions naturelles du milieu ambiant. Cependant, en périphérie de Daagbé, environ 52,12 % des interlocuteurs ont reconnu qu'au-delà de l'effet du milieu naturel, le cadre de vie non assaini (21%), la disponibilité et l'utilisation fréquente des moustiquaires (48 %) sont cruciaux dans la survenue de la maladie. De plus, certains ménages à Djègou Nago (25%) et à Doké (38,46 %) ont signalé la difficulté financière pour assurer l'accès aux soins et l'achat des médicaments prescrits pour le traitement.

3. DISCUSSION

L'étude sur la vulnérabilité géographique de la Commune d'Ifangni au paludisme montre la nécessité impérieuse pour les collectivités locales de disposer d'outils de prise de décisions en matière de santé publique.

L'utilisation de la télédétection et des SIG en épidémiologie à travers l'analyse multicritère est la démarche méthodologique adoptée pour mener à bien l'étude. Elle procède d'une combinaison de facteurs d'ordre climatique, environnemental et anthropique qui sont des prédicteurs potentiels de la survenue de la maladie. La finalité est la production d'une carte

BONI Gratien, AHOHOUNDO Parfait Cossi Alexis AYIMADE Virgile Narcisse Sènan. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 139-157

à trois niveaux de vulnérabilité géographique au observées par C. Pierrat (2010, p. 107) dans une paludisme dans la commune d'Ifangni. Ce localité au sud du Bénin. Selon l'auteur, une résultat est identique à ceux obtenus pluviosité de 1200 mm/an s'accompagne selon la respectivement par S. Sarkar et al. (2019; p. 323) pédologie d'une présence d'eau à la surface du en Inde et M. Zewga (2021, p.5) en Éthiopie. Ces sol, ce qui favorise la formation des gîtes auteurs ont adopté la même approche en larvaires des anophèles. Par contre, une variation de température entre 24 et 29°C en moyenne va s'inspirant de la littérature disponible et du contexte géographique pour choisir les facteurs des allongements iouer sur de l'étude et ainsi révéler soit le risque ou la raccourcissements de la durée du cycle de sensibilité à l'infection des populations. Une développement des anophèles et non sur leur analyse similaire faite par A. D. Banti (2021, p. nombre. Dans une commune voisine (Pobè) du 24) a donné des résultats identiques à ceux même département (Plateau), B. S. Dansou et L. obtenus dans la Commune d'Ifangni. Cependant, Odoulami (2016; p. 130) ont remarqué que la il faut signaler que l'auteur a retenu 12 variables saison des pluies coïncide avec la période où les d'entrées après identification et cartographies centres de santé enregistrent une augmentation (neuf (09) environnementaux, deux (02) sociodes cas de malades du paludisme, ce qui justifie économiques et deux (02) épidémiologiques). la forte corrélation notée entre les deux variables. Toutefois, ils ont relevé qu'outre le facteur L'agrégation réalisée après reclassification et pondération a permis de produire une carte finale climatique, la couverture végétale, les conditions zones géographiques de logement, l'hygiène et l'assainissement du avec quatre vulnérabilité. Selon l'intensité de l'indice cadre de vie impactent inéluctablement la d'humidité, de la proximité des zones humides et survenue de l'affection. des infrastructures sanitaires, de l'altitude et de l'utilisation des terres, chaque niveau de permis disposer de de vulnérabilité expliqué est argumenté. Toutefois. sont 1es variables

ont révélé les biotopes du vecteur. Globalement, les auteurs ont souvent intégré dans leurs analyses soit des facteurs climatiques, soit des facteurs environnementaux et socioéconomiques. En rapport avec les paramètres climatiques, les résultats de cette étude montrent qu'avec des hauteurs de précipitation comprises entre 1282 et 1302 mm et une température moyenne de 27°C, les variables climatiques sont assez bien réparties sur l'étendue du territoire communal. Ces valeurs pluviométrique et similaires thermométrique sont à celles

environnementales télédétectées couplées aux

données pluviométriques et de température qui

Dans cette étude, le traitement d'images satellites paramètres environnementaux en l'occurrence, l'élévation, le NDVI et le NDWI qui offrent un repérage des du vecteur. biotopes potentiels Leur caractérisation est déterminante dans l'appréciation de l'exposition de la population. Les valeurs élevées du NDVI et du NDWI sont détectées dans les vallons humides et secteurs marécageux de la commune d'Ifangni où les altitudes sont faibles. Ces secteurs propices au développement et à la prolifération du vecteur représentent des zones de forte exposition pour les populations. Ce résultat corrobore le constat fait par D. K. A. Kouamé et al. (2018; p. 83) dans la localité d'Anonkoua kouté (Abidjan, Côte d'Ivoire). Ces auteurs ont utilisé le NDVI, le NDPI, l'Indice d'humidité et l'altitude pour Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni

identifier l'écologie du vecteur et produire des cartes d'exposition au paludisme pour chacun des critères. Les résultats de notre étude sont proches de ceux issus d'un travail similaire effectué sur la province du Chakardharpur en Inde. F. Ahmad et al. (2017, p. 35) ont pour leur part considéré la couverture forestière, la distance au cours d'eau, l'élévation, la pente, l'intensité pluviométrique et l'indice d'humidité à la surface du sol comme des paramètres environnementaux auxquels la transmission du paludisme est fortement associée. Ces critères leur ont permis de pouvoir mettre en évidence les zones d'exposition des populations agressions de moustiques.

La validation de la carte finale est confirmée par une concentration de la prévalence palustre sur les arrondissements situés au sud du territoire communal et où le niveau de vulnérabilité est élevé. Ce résultat corrobore celui de C. Birane et al. (2016, p. 35) dans la banlieue de Dakar (Guédiawaye-Pikine) οù les prévalences enregistrées au niveau des communes ont montré une concentration des cas de paludisme confirmés au niveau des localités en proie aux inondations et jouxtant les zones humides. Il importe de signaler ici que ces auteurs ont pu confirmer leur résultat en ayant recours aux données de parasitémie, de densités larvaires et de capture de moustiques compilées au cours d'une étude rétrospective. Dans le contexte de la Commune d'Ifangni, les vallons humides et leurs espaces périphériques s'y prêtent aisément et contribuent aisément aux effectifs élevés de cas de paludisme enregistrés dans les centres de santé. Cela suggère aussi que de nouvelles stratégies réfléchies et basées sur la lutte antilarvaire, l'utilisation fréquente des moustiquaires maintien d'un niveau minimum d'assainissement du cadre de vie constituent des défis urgents à relever, certainement par des campagnes d'Information, d'Éducation et de Communication (IEC) orientées vers les populations des localités les plus vulnérables.

CONCLUSION

La télédétection et les Systèmes d'Information Géographique constituent une véritable révolution dans l'étude des maladies vectorielles. Ils offrent aux collectivités locales, la possibilité de disposer d'outils de prises de décisions et de coordination efficiente des actions de santé publique mises en œuvre localement. Couplés à l'analyse multicritère, ces outils ont été d'une importance capitale pour caractériser les paramètres de l'étude et produire une carte de vulnérabilité géographique au paludisme dans la Commune d'Ifangni. La réflexion menée pour la pondération des critères a révélé que les paramètres climatiques et ceux sociodémographiques expliquent davantage vulnérabilité géographique des populations au paludisme. Aussi, le choix des variables d'entrée est déterminant selon le contexte géographie pour la cartographie des critères.

Le produit final met en évidence trois secteurs de vulnérabilité correspondant aux différentes zones de présence et d'intensité de l'action vectorielle.

L'avènement des techniques géospatiales dans un contexte de changement climatique et d'émergence de maladies à transmission vectorielle comme le paludisme impose aux collectivités locales de disposer d'outils de prise de décisions pouvant leur permettre de mieux statuer sur des questions de prévention et d'amélioration de la santé des populations.

Au regard de la cherté des études approfondies et surtout de la mise en place des stratégies

BONI Gratien, AHOHOUNDO Parfait Cossi Alexis AYIMADE Virgile Narcisse Sènan. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 139-157

BANTI Abel Daniel, 2020, « Modelling Malaria Vulnerability Hotspot by Using Geospatial Techniques: The case of Kindo Koysha Woreda, Wolaita Zone, Ethiopia ». Master of Science Degree in Geoinformatics Engineering thesis. Office of Graduate Studies Adama Science and Technology University. Adama, 81 p.

BIRANE Cissé, NIANG Diène Aminata, NDIAYE Jean Louis, DIONE Jaques André, BRYANT Christopher, QUENSIERE Jacques, ALIOUNE Kane, FAYE Ousmane, 2016, « Facteurs de risque environnementaux de la persistance du paludisme dans la banlieue de Dakar (Guédiawaye - Pikine) ». International Journal of Innovation and Applied Studies. ISSN 2028-9324 Vol. 15 No. 2 Apr. 2016, pp. 275-290, http://www.ijias.issr-journals.org/

CATRY Thibault, LI Zhichao, ROUX Emmanuel, HERBRETEAU Vincent, GURGEL Helen, MANGEAS Morgan, SEYLER Franck, DESSAY Nadine, 2018, « Wetlands and Malaria in the Amazon: Guidelines for the Use of Synthetic Aperture Radar Remote-Sensing». International Journal of Environmental Research and Public Health, MDPI, 2018, 15 (3), p. 1 - 28.

CATRY Thibault, POTTIER Auréa, MAERTI Renaud, LI Zhichao, ROUX Emmanuel, HERBRETEAU Vincent, MANGEAS Morgan, DEMAGISTRI Laurent, GURGEL Helen, DESSAY Nadine, 2018, « Apports de la combinaison d'images satellites optique et RADAR dans l'étude des maladies à transmission vectorielle : cas du paludisme à la frontière Guyane française - Brésil », Confins [Online], 37 | 2018, URL: http://journals.openedition.org/confins/15027.

efficaces de lutte anti-larvaire, la mise en place d'approches entomologiques pour détecter les sites de collections de gîtes et d'abondance des vecteurs en vue d'aboutir à une typologie des vecteurs, l'identification des movens résistances éventuelles, l'élaboration des cartes de vulnérabilité au paludisme comme celle réalisée sur la Commune d'Ifangni apparaissent comme des avancées et un recours importants. Cette cartographie offre la possibilité de disposer d'indicateurs utiles en épidémiologie à partir de données satellites sans forcément dépendre des données épidémiologiques affinées surtout dans les régions pauvres où la collecte et la mobilisation des données sanitaires de qualité pose défauts. Elle permet de mettre en œuvre des actions de veille et de sensibilisation orientées vers les populations pour une meilleure appropriation du risque et son intensité dans les régions ciblées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AHOHOUNDO Parfait Cossi Alexis, TOHOZIN Bernardin Aimé, 2019, « Cartographie des zones vulnérables au paludisme dans la Commune de Zè au sud du Bénin ». Saint-Louis, Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi, ISSN 0851-2515, N°21, p. 168-185

AHMAD Firoz, GOPARAJU Laxmi, QAYUM Abdul, 2017, « Studying Malaria Epidemic for Vulnerability Zones: Multi-Criteria Approach of Geospatial Tools ». Journal of Geoscience and Environment Protection, 5, p. 30-53.

AZONHE Thierry Nicéphore, 2019, « Gestion de l'environnement et risques sanitaires dans la commune d'Ifangni au sud-Benin ». Revue de Géographie de l'Université de Daloa (Côte d'Ivoire), N°001, p. 236-248

Apport du sig et de l'analyse multi-critere a la modelisation geographique de la vulnerabilite au paludisme dans la commune d'Ifangni

CHABI ADIMI Salomon, TOHOZIN Bernadin Côovi Aimé, OLOUKOI Joseph, 2018, « Modélisation spatiale et évaluation multicritère dans la détermination des sites propices à la production du maïs à Ouèssè, Bénin », in : International Journal of Biological and Chemical Sciences 12, p. 253-265, mis en ligne en Février 2018, consulté le 15 mars 2019. URL: https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/vie w/172441/161847

CHAKRABORTY Anusheema, JOSHI Pradeep, 2016, « Mapping disaster vulnerability in India using analytical hierarchy process », Geomatics, Natural Hazards and Risk, Vol. 7, No.1, p. 308-325, URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1 9475705.2014.897656, consulté le 15 juin 2019.

DANSOU Brice Saturnin, ODOULAMI Léocadie, 2016, « Paramètres climatiques et occurrence du paludisme dans la commune de Pobè, au sud-est du Bénin », XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège 2015, Belgique, p. 129 -132.

DOUMBO Obiara, 2017, « Répartition géographique du paludisme dans le monde ». Cours MOOC archivé. https://lms.funmooc.fr/c4x/amu/38004/asset/Re _partition_ge_ographique_du_paludisme.pdf

El-Hefni Asmaa, El-Zeiny Ahmed, Effat Hala, 2020, « Environmental sensitivity to mosquito transmitted diseases in El-Fayoum using spatial analyses ». E3S Web of Conferences 167, 03002, p. 1-8. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016703002

Fonds mondial/PNLP, 2020, Formulaire de demande de financement pour le paludisme 2020-2022, Cotonou, 29 p.

FRANKE Jonas, GEBRESLASIE Michael, BAUWENS Ides, DELEU Julie, SIEGERT Florian, 2015, « Earth observation in support of malaria control and epidemiology: MALAREO monitoring approaches». Geospatial Health 2015; vol.10:335, p. 117–131.

GAO Bo-Cai, 1996, « NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space » in: Remote Sens Environ, 58, p. 257-266.

GEBRESLASIE Michael, 2015, « A review of spatial technologies with applications for malaria transmission modelling and control in Africa». In Geospatial Health, Nov 26; vol.10 (2):328. Doi:10.4881/gh.2015.328, p. 239 - 247, consulté le 01 février 2022, URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26618308/,

GRATZ Norman, 1999, « Emerging and resurging vector-borne diseases». Annu. Rev. Entomol. 1999, 44, p. 51 - 75.

GUBLER Duane, 1998, « Resurgent vector-borne diseases as a global health problem». Emerg. Infect. Dis. N°4, p. 442-450.

GUBLER Duane, REITER Paul, EBI Kristie, YAP Wenshu, NASCI Roger, PATZ Jonathan, 2001, « Climate variability and change in the United-States: Potential impacts on vector- and rodent-borne diseases ». In: Environmental Health Perspectives, vol. 109, Chicago, p. 223-233.

https://doi.org/10.4236/gep.2017.550032017)

INSTaD, 2016, Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH-4, 2013), Cotonou, 85 p.

Mc FEETERS Stuart, 1996, « The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features». In: International Journal of Remote Sensing, 17:7, p. 1425-1432.

OMS, 2021, Principaux repères et détails sur le paludisme. In https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/malaria (consulté le 5 février 2022 à 17h 55).

PIERRAT Charlotte, 2010, Des moustiques et des hommes. Les territoires du paludisme à Tori-Bossito (sud du Bénin). Thèse de Doctorat en Géographie, Université Paris 1, Paris, 185 p.

RAMOS Anabela, CUNHA Lùcio, CUNHA Proença Pedro, 2014, « Application de la méthode de l'analyse multicritère hiérarchique à l'étude des glissements de terrain dans la région littorale du centre du Portugal : Figuiera da Foz - Nazaré ». In revue Geo-Eco-Trop., 38,1, n. s., p. 3344.

ROGERS David, RANDOLPH Sarah, 2006, « Climate change and vector-borne diseases ». In: Advances in Parasitology, Volume 62, 2006, p. 345-381, consulté le 18 octobre 2019. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065308X05620106#!

SAATY Thomas, 2008, « Decision making with the analytic hierarchy process », in: Int. J. Services Sciences, 1 (1), p. 83-98.

SARKAR Soma, SINGH Poonam, LINGALA Mercy Aparna, VERMA Preeti, DHIMAN BONI Gratien, AHOHOUNDO Parfait Cossi Alexis AYIMADE Virgile Narcisse Sènan. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 139-157 Ramesh, 2019, « Malaria risk map for India based on climate, ecology and geographical modelling », Geospatial Health 2019; volume 14:767, p. 281-292.

SCHWARTZ Laurent, 1995, Méthodes statistiques. Paris, 4ème Ed. Flammarion, 318 p.

TUCKER Compton, 1979, « Remote sensing of Leaf Water Content in the Near Infrared ». US National Aeronautics and Space Administration », Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md, NASA-TM-80291., mis en ligne le 30 novembre 1995, consulté le 20 juillet 2019. URL: https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=1982004936 2

WIMBERLY Michael, de BEURS Kirsten, LOBODA Tatiana, PAN William, 2021, « Satellite Observations and Malaria: New Opportunities for Research and Applications ». Trends in Parasitology, June 2021, Vol. 37, No.6, p. 525 -537.

ZEWGA Mame, 2021, « GIS based malaria risk assessment ». Health Sci J Vol.15, No.8., p. 1-7.



Quatrième Partie:

MÉTHODES ET OUTILS GÉOSPATIAUX ET CARTOGRAPHIE DES FAITS DE SANTÉ



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp. 159-176

www.retssa-ci.com

CARTOGRAPHIE DES FACTEURS DE RISQUE DE LA PNEUMONIE DANS LE DISTRICT SANITAIRE DE BOUAKÉ SUD (CÔTE D'IVOIRE)

MAPPING OF PNEUMONIA RISK FACTORS IN THE SOUTH BOUAKÉ HEALTH DISTRICT (CÔTE D'IVOIRE)

¹ TRA BI Armand Zamblé, ² NOUFE Dabissi, ³ ANAS Emran, ⁴ SEDEHI Akissi Epiphanie.

TRA BI Armand Zamblé, NOUFE Dabissi, ANAS Emran et SEDEHI Akissi Epiphanie Cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le District sanitaire de Bouaké sud (Côte d'Ivoire), Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 159-176, [En ligne] 2022, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:46:04, URL: https://retssaci.com/index.php?page=detail&k=260

Résumé

Le district sanitaire de Bouaké Sud est localisé au centre de la Côte d'Ivoire dans la zone de contact forêt-savane. Par sa position géographique, ce district se trouve également dans une zone de transition où le régime pluviométrique est instable. En outre, au plan démographique, cet espace abrite la localité de Bouaké qui est la deuxième plus grande ville de la Côte d'Ivoire. L'ensemble des caractéristiques physiques et

humaines du district le rend vulnérable à certaines pathologies infectieuses, notamment la pneumonie. La cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le district sanitaire de Bouaké Sud vise la compréhension facteurs de l'incidence géographique des saisonnière de cette pathologie. Pour atteindre cet objectif, des données climatiques mensuelles, des données satellitaires de Landsat et de MODIS (aérosol), des statistiques sanitaires, démographiques et des enquêtes de terrain ont été utilisés. La méthode d'exploitation des données a fait appel à la statistique descriptive, à la cartographie des facteurs de risque et à leur combinaison à travers un Système d'Information Géographique (SIG). Les principaux résultats de indiquent, premièrement, l'étude dégradation de la pluviométrie inter et intra annuelle entre 1990 et 2020, avec un rallongement des saisons sèches. Deuxièmement, l'étude établit une forte corrélation entre le caractère sec de l'année, la quantité d'aérosol de la saison sèche et l'incidence de la pneumonie. Troisièmement, le SIG indiquent que le Sud du district sanitaire de Bouaké Sud est soumis à un risque plus élevé de pneumonie que sa partie Nord.

Mots clés: Pneumonie, SIG, télédétection, aérosol, saison sèche, Bouaké.

¹ Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Bouaké, Côte d'Ivoire), trabiarmand@uao.edu.ci

² Maître de Conférences, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), dnoufe@hotmail.com

³ Professeur Titulaire, Institut Scientifique (Rabat, Maroc), emran@israbat ac ma

⁴ Doctorante, Université Alassane Ouattara, sedehiakissi@gmail.com

Abstract

The south Bouaké health district is located in the center of Côte d'Ivoire in the forest-savannah contact zone. By its geographical position, this district is also in a transition zone where the rainfall regime is unstable. In addition, demographically, this space is home to the locality of Bouaké, which is the second largest city in Côte d'Ivoire. All the physical and human characteristics of the district make it vulnerable to certain infectious pathologies, in particular pneumonia. The mapping of pneumonia risk factors in the health district of South Bouaké aims to understand geographically the factors of the seasonal incidence of this pathology. To achieve this objective, monthly climate data, satellite data from Landsat and MODIS (aerosol), health and demographic statistics and field surveys were used. The data processing method used descriptive statistics, the mapping of risk factors and their combination through a Geographic Information System. The main results of the study indicate, first, a deterioration in inter- and seasonal rainfall between 1990 and 2020, with an extension of the dry seasons. Second, the study finds a strong correlation between the dryness of the year, the amount of dry season aerosol, and the incidence of pneumonia. Third, the GIS indicates that the south of the south health district of Bouaké is subject to a higher risk of pneumonia than its northern part.

Keywords: Pneumonia, GIS, remote sensing, aerosol, dry season, Bouaké

INTRODUCTION

Tous âges confondus, les Infections Respiratoires Aigües (IRA) constituent la première cause de morbidité et de mortalité dans le monde. Quatre millions de personnes meurent annuellement d'IRA. Parmi celles-ci, 98 % des décès sont dus aux infections des voies respiratoires inférieures (M. Jeannoël, 2019, p.31 ; Organisation Mondiale de la Santé, 2020, p 1). La pneumonie est une forme grave d'infection respiratoires aiguë des voies basses spécifiquement au niveau des poumons. Les enfants de moins de cinq ans constituent la tranche d'âge la plus vulnérable aux IRA en général et à la pneumonie en particulier. Ainsi, les IRA sont responsables de 25% à 33% des décès frappant les nourrissons de bas âge (A. Sogoba, 2020, p.13). Parmi ces IRA, la pneumonie cause 15% du nombre total de décès des enfants de moins de cinq ans (P. Aubry et B. A. Gauzère, 2022, p 2). L'incidence des IRA est plus importante dans les pays en développement (90% en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud). En Afrique subsaharienne, on estime à environ 75 millions d'enfants touchés par les IRA. En Côte d'Ivoire, l'incidence des IRA en 2015, chez les enfants de 0 à 4 ans était de 202,35 pour mille (Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique, 2015, p.17).

Les principaux facteurs de la pneumonie sont liés à l'environnement (surpeuplement, pollution de l'air ambiant à savoir le tabagisme, les fumées domestiques, les feux de forêts etc.), au sexe et à l'âge (le sexe masculin présente une incidence plus importante par rapport au sexe féminin) et aux conditions météorologiques et climatiques (C. Lafaix et P. Reinert, 1997, p.508; P. Aubry et B. A. Gauzère, 2022, p.2). La forte proportion de la pneumonie dans les pays pauvres est en partie liée aux conditions de vie des populations. Les faibles conditions financières, le logement collectif et la densité de l'habitat marquée par la promiscuité rendent ces populations vulnérables à la pneumonie. Au niveau climatique, les variations des saisons et leur caractéristique impactent fortement l'incidence pneumonie. Ainsi, H. Djibo et al. (2013, p.31) constate qu'à Niamey au Niger, les périodes de température minimale et de faible humidité

1. Données et méthodes de l'étude

1.1. Présentation du District sanitaire de Bouaké Sud

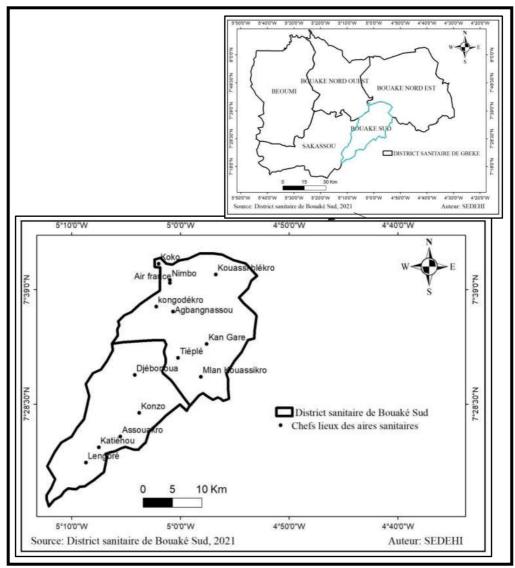
Le district sanitaire de Bouaké Sud fait partie de la région administrative de Gbêkê au Centre de la Côte d'Ivoire (Carte n°1). Ce district est composé de deux sous-préfectures : la sous-préfecture de Djébonoua (Djebonoua, Assouakro, Katiénou, Konzo et Lengbré) et la sous-préfecture de Bouaké (Koko, Nimbo, Air France, Kongodekro, Tieple, Abgangnassou, Kouassiblékro, Mlankouassikro et Gare kan). Il s'étend sur une superficie de 850 Km² avec une population d'environ 209 798 habitants.

Sur le plan physique, particulièrement au niveau climatique, le district sanitaire est sous l'influence de deux types de climats tropicaux : le climat subéquatorial à régime pluviométrique bimodal localisé au Sud et le climat tropical humide à régime pluviométrique unimodal localisé au Nord. C'est une zone de transition climatique où, de ce fait, les variations interannuelles des régimes sont importantes. Les précipitations annuelles sont abondantes avec une moyenne d'environ 1100 mm par an. La température moyenne est de 29°C avec une amplitude thermique annuelle de 4°C (Z. A. Tra Bi et al., 2020, p.90).

coïncident avec une incidence de pneumonie grave très élevée. En milieu tempéré, les IRA sont particulièrement actives pendant l'hiver à cause du froid et des longues périodes de confinement (M. Jeannoël, 2019, p 30). En outre, la saison sèche, par des conditions favorisant la pollution de l'air par les aérosols désertiques et les feux de végétation, ajoute aux conditions de développement des IRA (OMS et OMM, 2012, p 5; Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, 2016, p 5).

Face à l'ampleur des IRA comme problème mondial de santé publique, l'assemblée mondiale de la santé de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a créé en 1982 le programme IRA. Ce programme comporte donc deux éléments principaux : une composante « service de santé » qui concerne l'application des stratégies existantes et une composante « recherche » visant à découvrir des méthodes nouvelles et améliorées de lutte (OMS, 1988, p.2). En dépit des énormes efforts accomplis depuis lors, les IRA et particulièrement la pneumonie demeurent aujourd'hui un problème majeur de santé publique. La cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le district sanitaire de Bouaké Sud vise la compréhension géographique des facteurs de l'incidence saisonnière de cette pathologie. Ainsi, l'étude présente d'une part une cartographie, à l'échelle du district, l'incidence saisonnière de la pneumonie. D'autre part, elle combine à travers un Système d'Information géographique, les facteurs de la maladie pour mettre en relief une classification des espaces par niveau de risque.

Carte n°1: District sanitaire de Bouaké Sud



1.2. Données de l'étude

Deux catégories de données ont été utilisées dans cette étude. Il s'agit d'une part des données anthropiques (données démographiques, enquête de terrain et de santé), et d'autre part des données climatiques.

Le district sanitaire de Bouaké Sud comporte 14 aires sanitaires avec 35 centres de santé. Les

statistiques de santé sur la pneumonie ont ainsi été obtenues à la direction du district sanitaire de Bouaké Sud. Il s'agit des cas mensuels de pneumonie compilés sur la période de 2009 à 2020. Cependant, compte tenu des modifications administratives des limites des aires sanitaires survenues au cours de cette période, la série a été subdivisée en deux intervalles homogènes (2009-2014 et 2017-2020). Les statistiques démographiques sont issues du Recensement

Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2014. Pour les enquêtes et observations directes de terrain, les 14 aires sanitaires ont été

Revue Espace, Territoires, Societés et Santé, 5 (9), 159-176 visitées. Un échantillon de 300 individus a été retenu à travers la méthode de quota. Le tableau n°1 résume cet échantillonnage.

Tableau n°1: Répartition de l'échantillon des personnes enquêtées

Localité (aire sanitaire)	Population totale	Population enquêtée
Kôkô	61846	88
Nimbo	26342	38
Air France	65640	94
Kongodekro	6200	9
Agbangnassou	1433	2
Kangare	7584	11
Tieple	5067	7
Kouassiblekro	1873	3
Mlankouassikro	1700	2
Djebonoua	17810	25
Konzo	3672	5
Assouakro	3286	5
Lengre	5225	8
Katienou	2120	3
Total	209798	300

Source: Direction de Coordination du Programme Elargi de Vaccination, 2020

Les données climatiques de l'étude sont issues de deux sources. Ce sont, d'une part, les données des paramètres climatiques in situ de la station météorologique synoptique de Bouaké aéroport. Les paramètres climatiques retenus sont à l'échelle mensuelle et concernent pluviométrie et la température de l'air. La série s'étend de 1990 à 2020. Elle a pour source la SODEXAM (Société de Développement et d'Exploitation Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique). D'autre part, les données satellitaires d'épaisseur d'aérosol de MODIS (Moderate Resolution **Imaging** Spectroradiometer) de la période de 2010 à 2020 ont été utilisées. Ce sont des données mensuelles de novembre à avril (saison sèche) de chaque année. Ces images ont une résolution spatiale d'un kilomètre. En outre, pour évaluer les conditions d'humidité au sol, des images satellites d'indice de végétation EVI (Enhance Vegetation Index) et de température de surface de Landsat (décembre 2020) ont été utilisées.

1.3. Méthode de traitement et d'analyse des données

La méthodologie de l'étude combine trois approches qui sont : la statistique ; la télédétection ; et les Systèmes d'Information Géographiques. L'ensemble de ces trois méthodes est validé par des enquêtes de terrain par questionnaire et par observation directe.

Ainsi, au niveau statistique, la saisonnalité de la pneumonie dans le district de Bouaké Sud est analysée. Pour cela, les saisons climatiques et leurs variations au cours de la période de 1990 à 2020 sont déterminées. La méthode de Birot (J-Trochain. 1975) qui compare précipitations à quatre fois la température de l'air a servi de base à l'identification des saisons climatiques. Cette formule indique que lorsque les précipitations sont supérieures à quatre fois la température de l'air, alors la saison est qualifiée d'humide. Par contre lorsque c'est le contraire, alors la saison est dite sèche. Les fréquences des mois secs et humides sont ainsi déterminées. Cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le District sanitaire de Bouaké sud (Côte d'Ivoire)

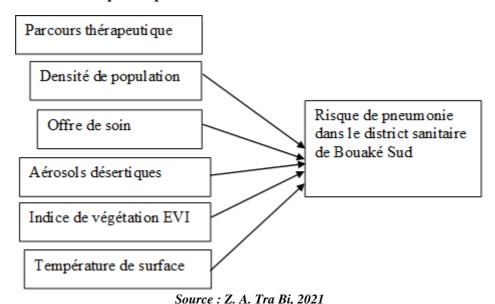
Une analyse de corrélation est alors faite entre ces mois et l'incidence de la pneumonie.

L'analyse par télédétection se base d'une part sur des statistiques spatiales à partir des valeurs des pixels (analyse de variation spatiale et analyse temporelle de dispersion) pour les données de MODIS (Z.A. Tra Bi et al. 2013, p.406) et sur la classification par segmentation des valeurs végétation d'indices de EVI (Enhance Vegetation Index) et de température de surface pour les données de Landsat. L'utilisation des images d'indice EVI et de température de surface se justifie par la recherche de caractérisation des conditions environnementales, notamment les nuances d'humidité de surface au cours de la saison sèche. La conversion des valeurs des pixels des images d'épaisseurs d'aérosol sous la forme de tableau permet ainsi de dessiner des courbes d'évolution de cette variable. Des analyses de

corrélation sont aussi faites avec l'évolution des cas de pneumonie observés.

La dernière analyse, à travers le Système d'Information Géographique, vise à croiser l'ensemble des couches cartographiques de l'étude, afin de classifier le district sanitaire de Bouaké Sud en différents niveaux de risques de la pneumonie. Il s'agit d'un SIG raster (image). A cette fin, les données anthropiques, notamment ponctuelles comme les statistiques démographiques, enquête de terrain et santé, ont été spatialisées par la méthode du plus proche voisin. La figure n°1 présente les couches du SIG. La carte des parcours thérapeutiques est issue des enquêtes de terrain. Les résolutions spatiales de l'ensemble des images ont été harmonisées. Chaque facteur a été classifié en attribuant des poids aux classes en fonction de leur potentiel de contribution à la survenue de la pneumonie.

Figure n°1 : SIG des risques de pneumonie dans le district sanitaire de Bouaké Sud



2. RÉSULTATS DE L'ETUDE

2.1. Une confirmation des sécheresses observées depuis les années 1970

L'analyse de la pluviométrie interannuelle de 1990 à 2020 n'indique pas de tendance significative à la hausse, selon le test de Mann-Kandall. Toutefois, la droite de régression linéaire indique une hausse moyenne de 4.5 mm par an (Figure n°2).

Dans le détail, deux séquences très contrastées apparaissent. Il s'agit des périodes de 1990 à

2002 et de 2003 à 2020. La première séquence (1990-2002) présente une hausse très nette des précipitations, avec un gain moyen annuel de 34 mm. Par contre, la deuxième séquence (2003-2020) est plus sèche avec une baisse moyenne annuelle des précipitations de 21 mm.

L'analyse saisonnière confirme cette tendance de la baisse pluviométrique à travers des fréquences plus élevées des sécheresses, pendant la saison humide après 2002 (Tableau n°2). Cette observation est surtout visible pour les mois de début (avril) et de fin (octobre) de saison humide. Ainsi, la probabilité pour que le mois d'avril soit sec est de presqu'un sur deux (44%) après 2002, alors que cette probabilité n'était que d'un quart (25%) de 1990 à 2002. Au mois d'octobre, la probabilité de mois sec après 2002 (17%) est la double de celle d'avant cette date.

Figure n°2: Evolution interannuelle de la pluviométrie à la station de Bouaké

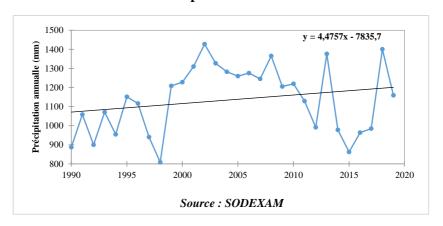


Tableau n°2 : Caractérisation statistique des saisons climatiques à Bouaké de 1990 à 2020

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Mois humides	0	1	8	19	26	28	29	27	27	26	0	0
Mois secs	30	29	22	11	4	2	1	3	3	4	30	30
Probabilité de	100	97	73	37	13	7	3	10	10	14	100	100
mois sec (%)												
Probabilité de	100	100	75	25	8	0	0	0	0	8	100	100
sécheresse avant												
2003 (%)												
Probabilité de	100	94	72	44	17	11	6	17	17	17	100	100
sécheresse après												
2002 (%)												

Source: SODEXAM, 2021

2.2. Des quantités d'aérosol désertique corrélées à l'évolution de la sécheresse et à la pneumonie

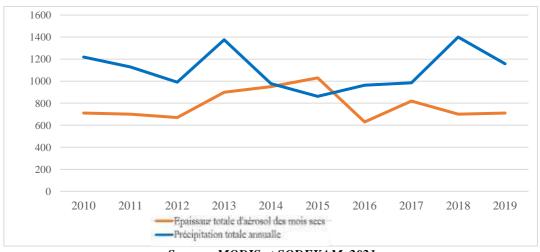
L'analyse comparée de l'évolution des quantités pluviométriques annuelles et des totaux des épaisseurs d'aérosol, exprimée en valeurs comprises entre 0 et 255 (les valeurs mensuelles inférieures 25 correspondent un ciel cristallin avec une très faible quantité d'aérosol. Par contre, les valeurs de 255 correspondent à une densité d'aérosol empêchant le rayonnement solaire d'atteindre la surface terrestre.), indique une corrélation entre les deux variables. Selon toute logique, lorsque la pluviométrie

Cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le District sanitaire de Bouaké sud (Côte d'Ivoire)

interannuelle évolue à la baisse, (2010 à 2014), les quantités d'aérosol annuelles pendant la saison sèche connaissent une augmentation. Dans le cas contraire, la hausse des précipitations annuelles conduit à une baisse des quantités d'aérosol en saison sèche (Figure n°3). Au niveau statistique, le coefficient de détermination

entre les deux variables est très expressif entre 2010 et 2013. 80% des quantités d'aérosol sont déterminées par la pluviométrie annuelle. Ce coefficient est de 30% entre 2015 et 2020 (certaines années comme 2014 n'obéissent pas à cette loi).

Figure n°3: Evolution comparée de la pluviométrie annuelle et des épaisseurs d'aérosol



Source: MODIS et SODEXAM, 2021

Au niveau spatial, le district sanitaire de Bouaké Sud présente deux principaux espaces quant à la répartition des aérosols désertiques en saison sèche (Carte n°2). La moitié Sud du district concentre les plus fortes quantités d'aérosol comparativement à la moitié Nord.

La figure n4 indique que la pneumonie est une maladie qui sévit toute l'année quel que soit la saison climatique. Cependant, l'observation des cas saisonniers de la pneumonie dans le district sanitaire met en relief deux principales saisons favorables à une incidence élevée. Il s'agit de la grande saison pluvieuse (avril à juillet) et de la grande saison sèche (novembre à mars). Toutefois, la grande saison sèche demeure de loin la période la plus favorable à la pneumonie. Sur la période de 2009 à 2014, il est enregistré environ 16 000 cas de pneumonie dans le district au cours de la grande saison sèche. Ce volume est de 28 000 cas entre 2017 et 2020 (l'énorme

écart des valeurs est lié aux modifications des limites administratives des aires sanitaires et à la création de nouvelles aires). La petite saison sèche en août présente les cas les moins importants.

La répartition spatiale de l'incidence de la pneumonie dans le district de Bouaké Sud au cours de la grande saison sèche montre un schéma assez similaire à celui de la distribution des quantités d'aérosol en saison sèche (Carte n°3). Les incidences les plus élevées sont notées dans les aires sanitaires du Sud et du Centre du district. Cette observation est plus nette pour la grande saison sèche. Dans les deux cas, l'aire sanitaire de Djébonoua au centre du district enregistre la plus grande incidence (plus de 8%). Toutefois, une nuance existe dans le Nord-Ouest où la zone urbaine de Bouaké enregistre également des taux d'incidence élevé

Carte n°2: Epaisseur d'aérosol au mois de Décembre, 2021

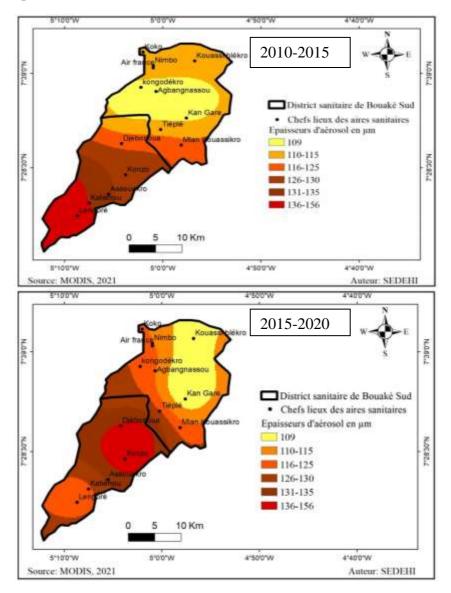
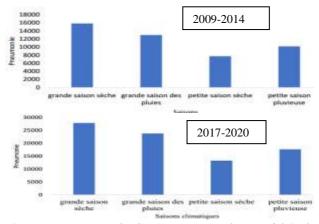
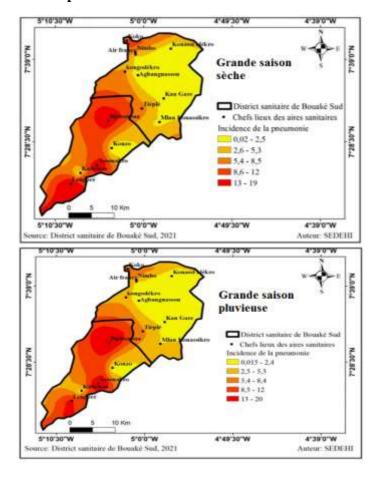


Figure n°4 : Cas de pneumonie dans le district sanitaire de Bouaké Sud



Source : Direction du district sanitaire de Bouaké Sud

Carte n°3: Incidence de la pneumonie dans le district sanitaire de Bouaké Sud, 2021



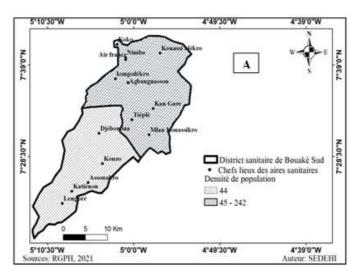
2.3. Des facteurs de risque de pneumonie plus favorables au Sud qu'au Nord du district

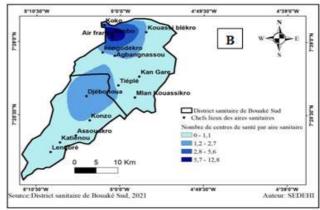
De nombreux facteurs anthropiques et naturels expliquent l'incidence plus élevée de la pneumonie au Sud par rapport au Nord dans le district sanitaire de Bouaké Sud. Cependant, dans le cas de la présente étude, six facteurs ont été retenus. Au niveau anthropique, il s'agit de la densité de la population, du ratio centre de santé par aire sanitaire, des modes de soins adoptés par les populations locales (moderne ou traditionnel). Au niveau naturel, les facteurs

retenus sont la quantité d'aérosol en saison sèche, le niveau de recouvrement du sol par le couvert végétal en saison sèche et la température de surface qui est un indicateur d'humidité de la surface de l'espace d'étude au cours de la saison sèche. En somme, le Système d'Information Géographique classifie ici le district de Bouaké Sud en niveau de risque de la pneumonie au cours de la saison sèche.

La carte n°4 présente la situation démographique (A) et l'offre de soin de santé (B) dans le district sanitaire de Bouaké Sud. La carte de la densité de la population indique que les densités les plus fortes sont localisées au Nord du district.

Carte n°4 : Densité de population (A) et disponibilité de centre de santé (B) dans le district sanitaire de Bouaké Sud, 2021





Cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le District sanitaire de Bouaké sud (Côte d'Ivoire)

Ces densités sont comprises entre 45 et 242 habitants au kilomètre carré. Les plus fortes densités sont notées dans la ville de Bouaké au Nord-Ouest. Cette répartition de la population justifie le nombre de centre de santé plus important au Nord (neuf centres de santé) qu'au Sud (cinq centre de santé). La carte B indique que la densité des centres de santé par aire sanitaire est plus élevée au niveau des pôles urbains du district que sont Bouaké (Nord-Ouest) et Djébonoua (Centre). Ces aires sanitaires regroupent 1 à 12 centres de santé. Au contraire de ces pôles, espaces

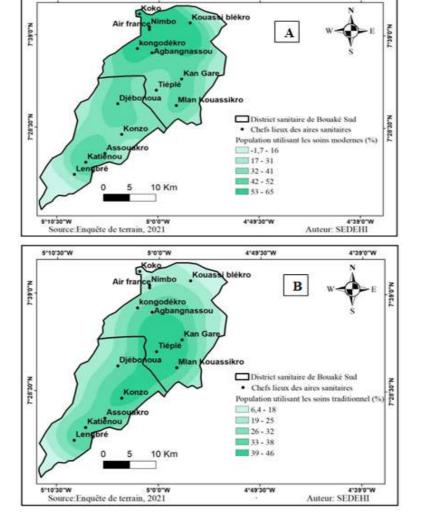
5°10'30"W

majoritairement ruraux ont entre zéro et un centre de santé. Les parties Ouest et Sud-Ouest sont les plus dépourvues en centre de santé.

La carte n5 issue d'enquête de terrain conforte le fait que plus les centres de santé existent dans les localités, plus ils sont fréquentés par les populations. Les espaces de plus forte fréquentation des hôpitaux sont par conséquent localisés au Nord du District (Carte n°5 A). L'offre de soin traditionnel présente presque le même schéma de répartition que les soins modernes. De façon générale, les populations utilisent les deux types de soin.

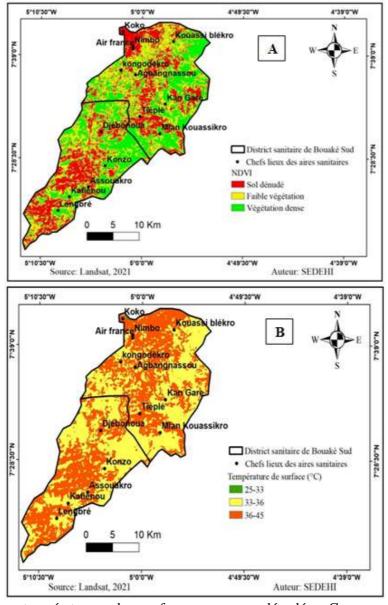
Carte $n^{\circ}5$: Type de soins adoptés par les populations : (A) soins moderne et (B) soins traditionnels), 2021

4149'30"W



En conclusion, les facteurs humains permettent une meilleure offre de soin dans les parties Nord et Sud-Est du district sanitaire de Bouaké Sud. L'analyse des facteurs physiques, à travers la carte du recouvrement végétal du sol (Carte n°6 A) et celle de la température de surface (6 B), permet de comprendre que le Sud et le Nord présentent des conditions favorables au développement des aérosols en saison sèche.

Carte $n^\circ 6$: Etat de surface du district sanitaire de Bouaké Sud : (A) recouvrement végétal et (B) température de surface, 2021



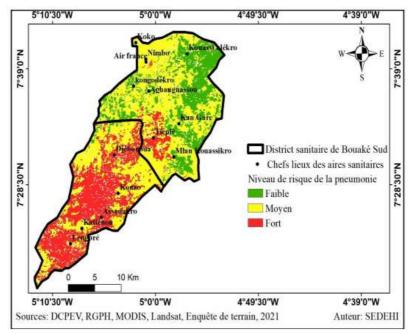
Les plus fortes températures de surface correspondent aux espaces urbanisés, aux espaces à faible recouvrement végétal et aux espaces dénudés. Ces espaces sont alors favorables au développement des aérosols désertiques en saison sèche. Seul le Centre du Cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le District sanitaire de Bouaké sud (Côte d'Ivoire)

district présente en théorie des conditions moins propices aux aérosols. Cependant, la carte des aérosols (carte 2) permet de comprendre que, dans les faits, les aérosols désertiques s'installent beaucoup plus dans la moitié Sud du district (y compris le centre) que dans la partie Nord.

Le croisement de l'ensemble des couches d'informations humaines et physiques à travers

le SIG raster (Carte n°7) aboutit à la conclusion que le risque de pneumonie en saison sèche est plus important dans la partie Sud du district sanitaire, notamment la sous-préfecture de Djébonoua, que dans la partie Nord (sous-préfecture de Bouaké). Les plus faibles risques sont d'ailleurs observés dans l'Est et le Nord-Est du district sanitaire de Bouaké Sud.

Carte $n^{\circ}7$: Risque de pneumonie dans le district sanitaire de Bouaké Sud pendant la grande saison sèche, 2021



3. DISCUSSION

L'évolution des conditions climatiques dans le district sanitaire de Bouaké Sud met en relief une dégradation continue de la pluviométrie interannuelle et de la pluviométrie saisonnière. En effet, la Côte d'Ivoire connaît une baisse pluviométrique importante caractérisée par une rupture à partir des années 1970 (Brou et al., 2005, p.534; Dékoula et al., 2018, p. 13209)., Les auteurs évaluent le déficit pluviométrique annuel entre 13 % et 30 %, partir de la décennie 1970. Les séries pluviométriques utilisées dans

les études antérieures s'étendent généralement de 1950 au début des années 2000. Dans le cas présent, la série des données climatiques couvre la période de 1990 à 2020. Elle se situe donc dans la séquence sèche observée depuis 1970. La norme des analyses en climatologie étant de 30 ans, notre étude permet d'actualiser les précédents constats. L'étude confirme, en outre, la dégradation continue de la pluviométrie amorcée depuis la décennie 1970. Le constat de la dégradation se caractérise entre autre par la réduction des saisons humides. Ces résultats ont déjà été obtenus par différents chercheurs. C'est la cas, par exemple, de A. M. Kouassi et al.,

TRA BI Armand Zamblé, NOUFE Dabissi, ANAS Emran, SEDEHI Akissi Epiphanie. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 159-176

(2010, p.18) qui fait le constat d'une réduction de la saison humide d'une décade à un mois dans le Centre et le Nord de la Côte d'Ivoire.

Le renforcement des conditions de sécheresse au Centre et au Nord de la Côte d'Ivoire est une situation climatique favorable à priori au développement des aérosols terrigènes, même si au niveau interannuelle, la tendance reste confuse. Ce constat a déjà été fait par Z. A. Tra Bi et I. Doumbia (2020, p.34) dans la région sanitaire de Gbêkê au centre de la Côte d'Ivoire. L'origine de ces aérosols est liée à la fois aux conditions climatiques de circulation des masses d'air, aux activités humaines qui exposent et rendent vulnérables les sols et aux feux de végétation. En effet, au cours de la saison sèche, la majeure partie de la Côte d' Ivoire (y compris le Centre) est dominée par l'harmattan qui est une masse d'air chaude et sèche. Cette période se caractérise par des quantités importantes de particules terrigènes transportées par les vents (D. Noufé, 2011, p.73). J-L. Rajot et al., (2011, p.8) argumente l'action humaine dans la production d'aérosols désertiques par le fait que les activités anthropiques comme l'agriculture et l'élevage augmentent l'érodibilité des sols. Au Centre de la Côte d'Ivoire, où la végétation est essentiellement constituée de forêt semi décidue et de savane, les sols sont peu couverts au cours de la saison sèche. Cela les expose à l'érosion éolienne. Cette situation est accentuée par les feux de végétation qui sont intenses et fréquents à cette période de l'année. Ces feux constituent d'ailleurs une source importante d'aérosol. Dans le district sanitaire de Bouaké Sud, bien que la savane soit située dans la partie Nord et la forêt au Sud, les aérosols sont plus abondants au Sud. Cela peut s'expliquer par l'importante masse végétale forestière brulée chaque année (K. S. Dahan et al., 2021, p.102). L'analyse comparée des quantités d'aérosol et des caractères d'humidité des années permet de faire aussi le constat selon lequel : plus les années sont sèches, plus les aérosols sont importants au cours de la grande saison sèche de novembre à avril au Centre de la Côte d'Ivoire.

L'étude établit une corrélation entre l'évolution des aérosols et l'incidence de la pneumonie. De nombreuses études mettent en relief le même constat (C. Lafaix et P. Reinert, 1997, p.508; P. Aubry et B. A. Gauzère, 2020, p.2). Pour la détermination des facteurs de risque de la pneumonie, seulement six facteurs ont été retenus dont trois facteurs humains (la densité démographique, le nombre de centre de santé et les types de soin) et trois facteurs physiques (la végétation, la température de surface et la quantité d'aérosol). L'analyse des facteurs humains indique que les localités situées à l'Est, au Centre et au Nord présentent une meilleure offre de soin de santé. Cependant, la vulnérabilité à la pneumonie de ces espaces du district peut s'expliquer par la densité de la population à travers la promiscuité dans certaines localités comme la ville de Bouaké. La promiscuité est en effet un facteur de diffusion des maladies infectieuses (C. Lafaix et P. Reinert, 1997, p.508). Ce SIG des facteurs anthropiques peut être amélioré considérablement en ajoutant certaines variables importantes comme l'âge, le sexe, la densité de l'habitat, l'architecture des maisons, la taille des ménages et le niveau de pauvreté. Concernant les facteurs naturels, les résultats de l'étude indiquent des conditions plus favorables à la pneumonie au Sud et au Nord du district sanitaire. Cette situation particulièrement liée à l'état de la végétation en saison sèche et aux caractéristiques physiques des villes où les sols sont, dans leur majorité, dénudés. Ces facteurs physiques peuvent aussi

Cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le District sanitaire de Bouaké sud (Côte d'Ivoire)

être renforcés en y intégrant les conditions météorologiques (les types de temps, la température de l'air, les précipitations, les vents). Ces conditions ont été prises en compte dans un modèle de simulation des aérosols développé par C. Pierre (2010, p.177) pour analyser la dynamique des aérosols dans le sahel. Un accent particulier est mis par cet auteur sur les caractéristiques de la végétation dans la production des aérosols terrigènes.

Une limite importante de la présente étude est qu'elle évalue les risques uniquement en grande saison sèche, alors qu'une observation des résultats indique que la pneumonie est très importante pendant la saison pluvieuse. Le nombre de cas au cours de la saison des pluies est tout aussi important lorsqu'on additionne les deux saisons de pluie de l'année. Par exemple, de 2009 à 2014, le nombre total de cas de pneumonie des deux saisons de pluie est sensiblement égale à celui des deux saisons sèches (24 000 cas).

CONCLUSION

La cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le district sanitaire de Bouaké Sud est basée, d'une part, sur une analyse préalable de la corrélation entre la maladie et les conditions climatiques d'humidité du district. L'analyse de la série pluvio-thermique de 1990 et 2020 met en relief une dégradation continue de la pluviométrie inter et intra annuelle. En plus des baisses des quantités annuelles, il est constaté une réduction de la longueur des saisons humides après 2003. Les mois les plus impactés sont ceux du début de la saison humide (avril avec 44% de mois sec) et de fin de la saison humide (octobre avec 17 % de mois sec). L'accentuation des conditions de sécheresse a conduit à faire une comparaison entre les statistiques

pneumonie et les caractéristiques d'humidité de l'année. Il apparaît à ce sujet que plus l'année est sèche marquée par une importante quantité d'aérosol en saison sèche, plus l'incidence de la pneumonie est élevée. A contrario, la baisse de l'incidence de la pneumonie est caractérisée par une baisse des quantités d'aérosol de la saison sèche. La cartographie par SIG de certains facteurs physiques (aérosol, niveau du couvert végétal et la température de surface) et humains (la densité de la population, le nombre de centre de santé et leur répartition, le parcours thérapeutique) de risque de la pneumonie aboutit à 1 conclusion que ces risques sont plus importants en saison sèche dans le Sud du district de Bouaké Sud que dans le Nord. Cependant, l'étude fait aussi remarquer que la pneumonie est une pathologie dont la morbidité demeure également importante en saison humide. Ce constat amène à se demander si les facteurs de risque de la pneumonie sont les mêmes quel que soit la saison.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUBRY Pierre et GAUZERE Bernard-Alex, 2022, « Infections respiratoires aiguës Actualités 2022 », Médecine Tropicale, (en ligne) URL : http://medecinetropicale.free.fr/cours/infrespi.p df

BROU Yao Télesphore, AKINDES Francis et BIGOT Sylvain, 2005, « La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles », Cahiers Agricultures, Les Ulis, edp sciences, Vol. 14, N°6, p. 533-540.

DAHAN Kueshi Sémanou, DIBI N'DA Hyppolite, ASSI-KAUDJHIS Chimène, 2021, « Dynamique spatio-temporelle des feux de 2001 à

TRA BI Armand Zamblé, NOUFE Dabissi, ANAS Emran, SEDEHI Akissi Epiphanie. (2022). Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 159-176

2019 et dégradation du couvert végétal en zone de contact foret-savane, Département de Toumodi, Centre de la Côte d'Ivoire », Afrique SCIENCE 19(2), p. 94 – 113.

DEKOULA Charles Sékpa, KOUAME Brou, N'GORAN Kouadio Emmanuel, EHOUNOU Jean-Noël, YAO Guy Fernand, KASSIN Koffi Emmanuel, **KOUAKOU** Brou N'GUESSAN Badou Angelo Evariste et 2018, SORO Nagnin, « Variabilité des descripteurs pluviométriques intrasaisonniers à impact agricole dans le bassin cotonnier de Côte d'Ivoire : cas des zones de Boundiali, Korhogo et Ouangolodougou », Journal of Applied Biosciences, 130, p. 13199-13212.

DJIBO H., ALKASSOUM I., MAMADOU D., AMADOU M., MOCTAR R. S., 2013, Effets du changement climatique sur la pathologie infantile en milieu pédiatrie de l'hôpital national de Niamey», Cahier Santé Publique, Vol. 12, n°1, p. 27-36.

Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, 2016, Exposition à la fumée des feux de forêt :

Lignes directrices provisoires pour la protection de la santé et du bien-être publics, Canada, (en ligne) URL : https://www.hss.gov.nt.ca/sites/hss/files/resourc es/smoke-exposure-wildfire-guidelines-fr.pdf

JEANNOËL Marion, 2019, Pneumopathies bactériennes secondaires aux infections respiratoires virales : de l'étude expérimentale in vitro à l'analyse descriptive des données hospitalières en passant par l'étude prospective d'une cohorte de patients, Lyon (France), Thèse de doctorat de l'Université de Lyon 1

KOUASSI Amani Michel, KOUAME Koffi Fernand, KOFFI Yao Blaise, DJE Kouakou Bernard, PATUREL Jean Emmanuel et OULARE Sekouba, 2010, « Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire », Cybergeo : European Journal of Geography, p. 1-30.

LAFAIX Christian et REINERT Paul, 1997, « Morbidité et mortalité de l'Infection Respiratoire aigue chez l'enfant de moins de 5 ans dans le monde », Médecine et Maladies infectieuses, 27, N ° Spécial, p. 507-12.

Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique, 2015, Plan national de développement sanitaire 2016-2020, Abidjan, Côte d'Ivoire.

NOUFE Djibril, 2011, « Changements hydroclimatiques et transformations de l'agriculture : l'exemple des paysanneries de l'Est de la Côte d'Ivoire », Carnets de Géographes, 3, p. 1-5.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 1988, Rapport du programme 1988, Éditions de l'OMS, Genève (Suisse).

Organisation mondiale de la Santé (OMS) et Organisation météorologique mondiale (OMM), 2012, Atlas de la santé et du climat, Éditions de l'OMS, Genève (Suisse).

Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2020, Manuel pratique pour la mise en place et la gestion d'un centre de traitement des IRAS et d'une unité de dépistage des IRAS dans les établissements de soins, Éditions de l'OMS, Genève (Suisse) Cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le District sanitaire de Bouaké sud (Côte d'Ivoire)

PIERRE Caroline, 2010, Variabilité interannuelle des émissions d'aérosols minéraux en zone semi-aride sahélienne, Paris (France), Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie

RAJOT Jean Louis. **ABDOURHAMANE** TOURE Amadou, GUILLON Rodrigue, GARBA Zibo, PETIT Christophe, BICHET Vincent, DURAND Alain, SEBAG David, MARTICORENA Béatrice, 2011, poussières terrigènes au Sahel – un marqueur climatique ou anthropique ? , in Colloque international : sciences de l'eau, du climat et de l'environnement pour un développement durable de l'Afrique, édition IRD, Ngouandéré (Caméroun).

SOGOBA Aboubacar, 2020, Aspect épidémiologique clinique et thérapeutique des Infections Respiratoires Aigües dans le service de pédiatrie du CSREF CII du district de Bamako (A propos de 121 cas), Bamako (Mali), thèse de doctorat d'état de la faculté de médecine et d'odontostomatologie.

TRA BI Zamblé Armand et DOUMBIA Isoumaïla, 2020, « Etude géographique de l'impact des aérosols sur les infections respiratoires aigües de la saison sèche dans les districts sanitaires de Gbêkê », La revue des Sciences Sociales « Kafoudal » N° Spécial Janvier 2020, p. 27 - 40

TROCHAIN Jean-Louis, 1975, « Le modelé des régions chaudes et humides : J. Tricart, Le modelé des régions chaudes. Forêts et Savanes. » In: Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tome 46, fascicule 4, p. 459-462.



Vol. 5, No. 9, Juin. 2022, pp. 177-189

www.retssa-ci.com

CONTRIBUTION DE LA GÉOMATIQUE A LA CARTOGRAPHIE DES ZONES A RISQUE DE TRANSMISSION DU PALUDISME DANS LA VILLE DE YAMOUSSOUKRO (CENTRE DE LA COTE D'IVOIRE)

THE CONTRIBUTION OF GEOMATICS TO THE MAPPING OF MALARIA TRANSMISSION RISK AREAS IN YAMOUSSOUKRO (CENTRAL COTE D'IVOIRE)

¹ KOUAME Adonis Krou Damien, ² TAMEGNON Kouadio Jean Carlos, ³ GUEDE Cataud Marius.

- ¹ Maître de Conférences, Docteur en Télédétection et Système d'Information Géographique, Centre Universitaire de Recherche et d'application en Télédétection (CURAT), adonis.kouame@curatedu.org
- ² Géomaticien, Doctorant, Centre Universitaire de Recherche et d'application en Télédétection (CURAT), tamegnoncarlos@yahoo.com
- ³ Attaché de Recherche, Docteur en Télédétection et Système d'Information Géographique, Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI), mariuscataud@pasteur.ci

KOUAME Adonis Krou Damien, TAMEGNON Kouadio Jean Carlos et GUEDE Cataud Marius, Contribution de la géomatique a la cartographie des zones à risque de transmission du paludisme dans la ville de Yamoussoukro (centre de la côte d'Ivoire), Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé 5 (9), 177-188, [En ligne] 2022, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:42:30, URL: https://retssaci.com/index.php?page=detail&k=248

Résumé

La propagation des maladies à transmission vectorielle dépend des facteurs climatiques et environnementaux qui favorisent la reproduction des vecteurs. Le paludisme est l'une des maladies à transmission vectorielle les plus dangereuses et son impact reste considérable en Côte d'Ivoire. Toutefois sa répartition spatiale et la prévision des risques sont mal perçues par les autorités sanitaires.

L'objectif de cette recherche est de cartographier les zones potentiellement sensibles au développement des gîtes larvaires et de nuisance des anophèles à Yamoussoukro.

L'utilisation combinée d'images satellitaires et de données multisources a permis de déterminer les zones d'intervention prioritaires, à partir de l'analyse des facteurs environnementaux conduisant à la transmission du paludisme. Le traitement des images satellitaires a permis d'extraire, l'occupation du sol, la température de surface, et l'humidité de surface.

L'intégration de ces facteurs environnementaux dans un SIG et l'analyse multicritère par la méthode AHP ont permis de générer la carte de risque paludique distinguant trois niveaux de risque qui sont le risque faible, moyen et élevé. Il ressort de cette étude que 29,28 % de la superficie de la ville de Yamoussoukro est classée comme espace à risque élevé de prolifération des moustiques, 26,41% pour le risque moyen et 44,31% pour le risque faible. Ces résultats s'expliquent par la variation de l'humidité de surface. L'occupation du sol et la

Température de surface affectent peu la sensibilité au développement des gîtes larvaires de moustiques. Cette carte du risque de paludisme pourrait être utilisée pour établir les priorités des mesures de lutte contre le paludisme.

Mots clés: Télédétection, SIG, facteurs environnementaux, paludisme, Yamoussoukro.

Abstract

The spread of vector-borne diseases depends on climatic and environmental factors that enhance the reproduction of vectors. Malaria is one of the most dangerous vector-borne diseases and its impact remains considerable in Côte d'Ivoire. However, its spatial distribution and risk prediction are not well perceived by the health authorities.

The objective of this research is to map the areas potentially susceptible to the development of Anopheles breeding sites and nuisance sites in Yamoussoukro.

The combined use of satellite imagery and multisource data determined the priority intervention zones, based on the analysis of environmental factors leading to malaria transmission. The processing of satellite images extracted land cover, surface temperature and surface humidity.

The integration of these environmental factors in a GIS and the multicriteria analysis by the AHP generated a malaria method risk distinguishing three levels of risk, namely low, medium and high risk. The study revealed that 29.28% of the area of the city of Yamoussoukro is classified as high risk for mosquito proliferation, 26.41% for medium risk and 44.31% for low risk. These results are explained by the variation in surface moisture. Land use and surface temperature have little effect on susceptibility to mosquito breeding. This malaria risk map could be used to prioritise malaria control measures.

Keywords: Remote sensing, GIS, environmental factors, malaria, Yamoussoukro.

INTRODUCTION

Le paludisme est l'une des maladies les plus importantes au monde. Elle comptabilise près de 124 à 283 millions de malades, des millions de décès chaque année et menace un tiers de l'humanité (OMS. 2015. p.19). l'organisation mondiale de la santé, l'Afrique subsaharienne concentre 90% des cas enregistrés en 2016. C'est un véritable problème de santé publique qui préoccupe la communauté internationale. À cette fin, « l'objectif 3.3 » des objectifs de développement durable des Nations Unies (ONU) vise à mettre fin à cette épidémie de paludisme d'ici 2030 (A. G. Brou, 2018, p.1). Plusieurs milliards de dollars sont ainsi investis pour le contrôle de la maladie.

La transmission du paludisme dépend des conditions climatiques qui peuvent influer sur l'abondance et la survie des moustiques, tels que le régime des précipitations, la température et l'humidité. À beaucoup d'endroits, la transmission est saisonnière avec un pic pendant ou juste après la saison des pluies (E. K. Grover-Kopec, et al., 2006, p.9).

La Côte d'Ivoire située en région tropicale, réunit toutes les conditions pouvant entraîner la propagation de cette maladie. Elle est la principale cause de consultations dans les établissements sanitaires du pays : environ 43% des consultations dans les établissements de santé sont imputables au paludisme (MSHP, 2017). L'évolution du paludisme dans la ville de Yamoussoukro, le substrat géographique de cette étude, s'aligne sur celle de la Côte d'Ivoire prise dans son ensemble. Selon les données du district sanitaire de Yamoussoukro, la prévalence du paludisme dans la ville est de 18,43% pour l'année 2019.

Face à cette situation, de nombreux chercheurs et partenaires au développement sont mobilisés pour une solution pérenne et économique intégrant des outils de collecte tels que la

Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 177-188

télédétection, le positionnement géographique (GPS), le traitement d'images et la gestion de bases de données toujours plus efficaces. Ces technologies peuvent aider dans la mesure où elles offrent de nouvelles possibilités d'analyse spatio-temporelle des événements.

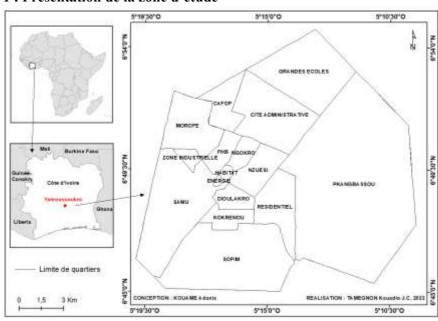
L'objectif de cette étude, est de cartographier les zones potentiellement sensibles au développement des gîtes larvaires et de nuisance des anophèles dans la ville de Yamoussoukro, en prenant en compte les facteurs liés aux conditions environnementales tels que l'occupation du sol, la température et l'humidité de surface.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Présentation de la zone d'étude

Yamoussoukro est située au centre de la Côte d'Ivoire, entre 5°19 et 5°10 de longitude Ouest et

entre 6°45 et 6 ° 54 de latitude Nord (Carte n°1). Elle couvre une superficie de 240,83 km². Son climat est de type subéquatorial de transition, caractérisé par deux saisons de pluies et deux saisons sèches. La petite saison de pluie s'entend de septembre à novembre. Quant à la grande saison de pluie elle occupe les mois de mars à juillet. En ce qui concerne les deux saisons sèches, la plus longue part de novembre à mars, tandis que la petite saison correspond à la période de juillet à septembre. La pluviométrie annuelle varie entre 900 mm à 1100 mm par an. Sa distribution spatiale varie considérablement d'une année à l'autre. La température moyenne annuelle est d'environ 26°C. C'est donc un climat chaud en permanence au cours de l'année. Pour ce qui est de l'humidité relative, le mois le plus humides est juin avec 86,16 %, tandis que janvier est le mois le moins humide avec taux d'humidité de l'air de 50,71%.



Carte n°1: Présentation de la zone d'étude

Source: Institut Nationale de la Statistique (INS)

1.2. Matériels de l'étude

Le matériel utilisé pour l'élaboration de cette étude est constitué d'images satellitaires et de donnée cartographiques Deux types d'images satellitaires ont été exploités. Ce sont les images OLI (Operational Land Imager) de résolution 30 m de Landsat 8, datant du 28/04/2020 qui ont permis d'extraire la

température et l'humidité de surface et les images MSI (MultiSpectral Instrument) de Sentinel 2A de résolution 10 m, acquises le 02/05/2020, utilisées pour analyser l'occupation du sol dans la zone d'étude.

En ce qui concerne la donnée cartographique, il s'agit du fond de carte matérialisant les limites des quartiers de la ville de Yamoussoukro disponible à l'Institut Nationale de la Statistique (INS).

1.3. Méthodes de l'étude

1.3.1. Cartographie de l'exposition due à chaque paramètre environnemental

La cartographie de l'exposition présente le risque d'exposition au développement des gîtes larvaires de moustiques en rapport avec chaque paramètre environnemental Les différents paramètres environnementaux pris en compte dans le cadre de ce travail sont l'occupation du sol, la température et l'humidité de surface.

L'occupation du sol s'avère être un des facteurs déterminants de la transmission du paludisme (A. Stefani et al., 2013, pp. 3-4). Il permet non seulement de déterminer l'habitat des vecteurs, mais aussi d'identifier et de caractériser les modes de gestion environnementale et de développement des habitats considérés comme « à risque ». Dans le cadre de cette étude, la méthode pour cartographier l'occupation du sol s'est basée sur une classification supervisée par maximum de vraisemblance à partir des bandes bleue (B2), verte (B3) et rouge (B4) d'images

Sentinel 2A. Cette méthode a permis d'identifier neuf (9) classes d'occupation du sol, à savoir : les eaux de surface, les zones humides, le bâti, les sols nus, les pelouses, la savane herbeuse, la savane arborée, la forêt et les cultures. Ces neuf (9) classes ont par la suite été réduites en sept (7) classes par la combinaison des classes savane arborée et savane herbeuse en « savane » et sol nu et pelouse en « sol nu ».

Suite à cette classification, la carte d'exposition due à l'occupation du sol a été réalisée sur la base de recherches bibliographique de P. Dambach et al. (2012, p. 3) et A.G. Brou (2018, p. 54) qui ont établi une grille des niveaux de risque paludique associés à chaque classe d'occupation du sol. Cette grille a quatre niveaux de risque allant de faible à très fort consignés dans le tableau n°1. Pour ce qui est de la température et l'humidité de elles influencent le cycle développement des moustiques qui sont les vecteurs du paludisme. Ces deux paramètres ont été extraits par le biais de calculs d'indices à partir des bandes 4 (Rouge), 5 (Proche Infra Rouge) et thermiques 10 et 11 des images satellites de Landsat 8. Dans un premier temps, les comptes numériques ont été convertis en réflectance puis en température de brillance (TB) par l'équation TB=) (1)

avec *Ly* qui est la radiance planimétrique, *k*1 et *k*2 étant les coefficients de conversion spécifique provenant de la métadonnée des bandes 10 et 11.

Tableau n°1: niveaux de risque paludique associés à chaque classe d'occupation du sol

Classes d'occupation du sol	Niveau de risque
Milieu humide	Très élevé
Rizière ensablée	Très élevé
Rizière humide	Très élevé
Savane herbeuse	Très élevé
Sol herbeux	Très élevé
Eau de surface	Élevé
Savane arborée	Élevé
Agroforesterie/forêt	Élevé

KOUAME Adonis Krou Damien, TAMEGNON Kouadio Jean Carlos, GUEDE Cataud Marius ou. (2022).

	Revue Espace, Territoires, Societes et Sante, 5 (9), 177-188			
Eau trouble	Élevé			
Forêt	Élevé			
Bâti	Moyen			
Broussaille	Moyen			
Sol nu	Faible			
Sol sableux	Faible			
Végétation sèche	Faible			

Sources: A.G. Brou (2018, p. 54) et P. Dambach et al. (2012, p. 3)

Le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a été calculé avec les bandes rouges (bande 4) et proche-infrarouge (Bande 5). Le NDVI est important, car il intervient dans le calcul de l'émissivité de surface (ES). Enfin, la combinaison de l'émissivité de surface terrestre, la longueur d'onde de la radiance émise et la température de luminosité supérieure de l'atmosphère a permis d'extraire la température de surface (A. Rajeshwari. et N.D Mani, 2014 pp. 122-128; F. Wang et al., 2015, pp. 4268-4289; D. Anandababu et al., 2018, pp. 177-187, B. Essalek et al., 2019, pp. 463-467). Cette dernière a permis de déterminer l'indice TVDI (Température Vegetation Dryness Index) qui

exploite la relation entre la température de surface et le couvert végétale (NDVI) pour définir l'humidité de surface du sol (A.G. Brou, 2018, p. 34).

Afin de réaliser les cartes d'expositions en lien avec la température et l'humidité de surface, les bornes des différentes classes de températures et d'humidité ont été fixée à partir des travaux antérieurs réalisés par plusieurs auteurs dont L. Beck. et al. (1997, pp. 99-106), P. Ceccato et al. (2005; pp. 81-96) et A. Kouamé (2010, p. 44). Les différentes valeurs d'humidité et de température en fonction du niveau de risque sont consignées dans le tableau n°2.

Tableau n°2 : valeurs d'humidité et de température en fonction du niveau de risque

Paramètre	Indicateurs	Valeur	Niveau de risque
	Valeur de la	25 < <30	Elevé
Température	température	20 < < 25	Moyen
	de surface	>20 et 30 <	Faible
		$0 < \text{TVDI} \le 0.3$	Elevé
Humidité	TVDI	$0,3 < \text{TVDI} \le 0,6$	Moyenne
		$0.6 < \text{TVDI} \le 1$	Faible

Sources: Beck et al. (1997, pp. 99-106), P. Ceccato et al. (2005; pp. 81-96) et A. Kouame (2010, p. 44)

1.3.2. Evaluation multicritère des facteurs environnementaux

Pour les critères retenus que sont l'occupation du sol (OS), la température de surface (TS) et l'humidité de surface (HS), la comparaison par paires des différentes variables par le processus d'analyse hiérarchique (Analytical Hierarchy Process, AHP), a été utilisée pour effectuer la pondération des critères de décision. Celle-ci passe par le croisement des critères retenus et

l'attribution de poids à ceux-ci. La cohérence du raisonnement sera vérifiée par le calcul de l'indice de cohérence (IC) selon la formule :

l'indice de cohérence (IC) selon la formule :
$$IC = \frac{\lambda max - nombre de colonne}{nombre de colonne-1}$$
 (2)

avec λmax qui est la moyenne des résultats. Selon T. Saaty et L.G. Vargas (1980, pp. 180-191) si IC < 10% le raisonnement peut être qualifié de judicieux. Une seconde étape est la validation finale du résultat par le calcul du Ratio de Cohérence (RC) qui lui aussi doit être Contribution de la géomatique a la cartographie des zones à risque de transmission du paludisme dans la ville de Yamoussoukro (centre de la côte d'Ivoire) inférieur à 10 %. Le ratio de cohérence est calculé selon l'équation :

$$RC = IC/IA$$
 (3)

avec *IA* est l'indice aléatoire (égal à 0,58 pour 3 critères).

1.3.3. Cartographie de la sensibilité au développement des gîtes larvaires

La cartographie des zones potentiellement sensibles au développement des gîtes larvaires de moustique dans la ville de Yamoussoukro s'est faite par combinaison des différentes cartes d'exposition due à chaque paramètre environnemental retenu en les multipliant par leurs poids respectifs obtenus suite à l'analyse multicritère. Cette cartographie permet de classifier la zone d'étude en forte, moyenne et faible sensibilité

1.3.4. Cartographie des zones à risque de nuisance des anophèles

Le risque de prolifération des anophèles a été évalué sur la base que le moustique adulte peut parcourir 200 à 700 mètres pour se nourrir (G.R. Louga et al., 2015, p 16). Ainsi, une distance d'influence de 200 à 700 mètres a été définie autour des zones sensibles au développement des gîtes larvaires dans la ville de Yamoussoukro. Cela a permis d'obtenir la carte des zones à risque de nuisance des anophèles dans la ville étudiée.

2. RÉSULTATS DE L'ETUDE

2.1. Carte de l'exposition au paludisme due à l'occupation du sol

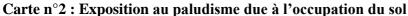
La carte n°2 met en évidence le risque d'exposition au développement des gîtes

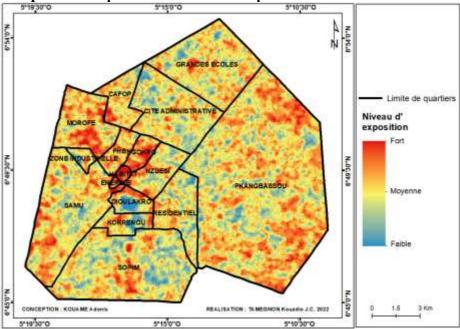
larvaires de moustique en rapport avec l'occupation dans la ville de Yamoussoukro. Les quartiers centraux Habitat, Energie et N'Gokro, en raison de leur proximité avec les lacs et les zones humides sont les quartiers les plus exposés. Ensuite viennent les quartiers Morofé et FHB également très exposés à la reproduction des vecteurs du paludisme.

2.2. Carte de l'exposition au paludisme due à la température de surface

À l'instar de l'occupation du sol, la température est un facteur important dans la transmission du paludisme. La carte n°3 présente l'exposition au paludisme liée à la température de surface dans la ville de Yamoussoukro. L'analyse de cette carte fait ressortir trois niveaux de sensibilité à savoir faible, moyen et fort. Les quartiers Nord-Ouest de la ville présente un niveau de sensibilité fort tandis que les quartiers Sud et Est sont respectivement des zones de sensibilité moyenne et faible. La comparaison entre quartier montre que les quartiers Grande écoles, Cafop et Cité administrative situés au nord de la ville ont une forte sensibilité. Cela s'explique par les variations de la température de surface situées dans les tranches favorables au développement des larves de moustiques, c'est-à-dire entre 26,7°C et 29°C. Cette situation est différente dans les quartiers de Dioulakro, Habitat, FHB situé au Centre présentant des niveaux de sensibilité moyen et les quartiers Sud-Ouest et Est qui enregistrent les sensibilités les plus faibles. En effet dans ces zones les températures enregistrées sont moins favorables développement des vecteurs. Elles varient entre 20 °C et 25 °C ou supérieure à 30 °C.

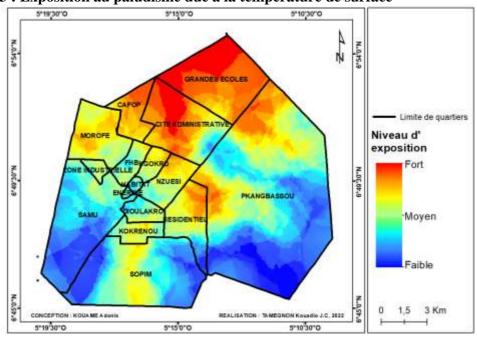
Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 177-188





Sources: Image Sentinel 2A, INS

Carte n°3: Exposition au paludisme due à la température de surface

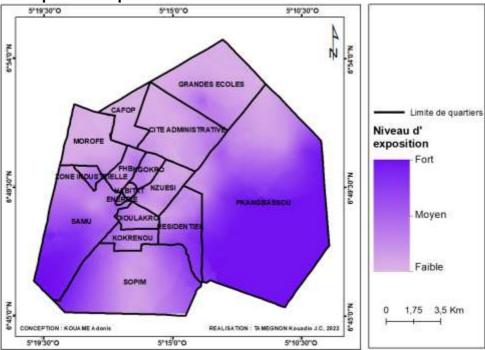


Sources: Image Landsat 8, INS

2.3. Carte de l'exposition au paludisme due à l'humidité de surface

La carte n°4 montre trois niveaux correspondant à la sensibilité due à l'humidité dans la zone d'étude. En effet les vecteurs de paludisme étant aquatiques, ils prolifèrent dans les zones avec une humidité importante. Ainsi la sensibilité est faible dans les quartiers centraux et ceux situées au nord de la ville. Les zones de forte sensibilité couvrent les quartiers SAMU et Pkangbassou situés respectivement à l'Ouest et à l'Est de la ville. L'éparpillement de différents points d'eau dans ces quartiers explique cette forte sensibilité.

Carte n°4 : Exposition au paludisme due à l'humidité de surface



Sources: Image Landsat 8, INS

2.4. Carte du risque environnemental

L'analyse multicritère a permis d'attribuer des coefficients de pondération aux différents

critères retenus pour mieux étudier les risques de développement des sites de reproduction du moustique. Ces différentes valeurs figurent dans le tableau n°3.

Tableau n°3: Matrice de comparaison par paire et coefficient de pondération des critères

Critères	Н	OCS	TS	Vp	Ср
Н	1	3	5	2,46621207	0,6017683
OCS	1/3	1	7	1,3263524	0,32363674
TS	1/5	1/7	1	0,30571071	0,07459497

Source : Analyse multicritère

Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 177-188

Il ressort de ce tableau que le critère le plus important est l'humidité, suivi de l'occupation du sol et la température.

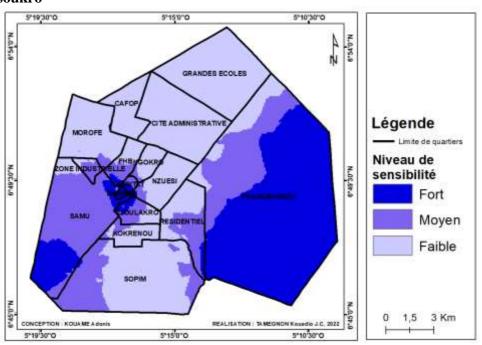
L'évaluation de la cohérence de l'analyse a permis d'obtenir comme moyenne λmax des résultats 3,07. En se référant à l'Indice Aléatoire (IA) qui est égale à 0,58 dans le cas présent, IC = 3,7% et RC = 6,4%. IC et RC étant inférieur à 10%, le raisonnement utilisé est donc jugé cohérent.

IA: Indice Aléatoire est dans notre cas égal à 0,58 qui correspond à celui assigné par Thomas SAATY aux matrices à 3 variables.

2.5. Carte de sensibilité au développement des gîtes larvaires de moustiques à Yamoussoukro

La synergie des différentes cartes d'exposition constitue un biotope idéal pour l'éclosion des œufs et la prolifération des larves de moustiques. La carte (carte n°5) de sensibilité montre que les parties Ouest et Sud-est de la ville, précisément SAMU. Energie. Kpangbassou industrielle ont des niveaux de sensibilité fort et moyen. Quant aux zones à sensibilité faible qui occupent le Nord et une partie du Sud, elles reflètent des risques d'exposition mineurs, voire inexistants dus à l'assèchement rapide des flaques d'eau à ces endroits. En fait, après la pluie, le niveau de l'eau monte, les moustiques pondent des œufs dans l'eau et les larves se développent sous l'eau. Par contre, si l'intervalle de temps entre deux pluies est long et le sol perméable, ou si les conditions thermiques sont défavorables, l'incubation est insuffisante et le cycle biologique est interrompu.

Carte n°5 : Sensibilité au développement des gîtes larvaires de moustiques à Yamoussoukro



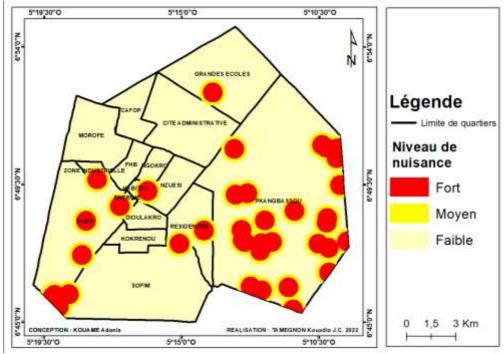
Sources: Image Sentinel 2A, Image Landsat 8, INS

2.6. Carte des zones à risque de nuisance au paludisme

La carte des zones à risque de nuisance des vecteurs de paludisme présentée à la Carte n°6 a

été élaborée en définissant une zone tampon autour des points les plus sensibles au développement de gîtes larvaires en tenant compte de la distance de vol des moustiques. Les zones à risque de prolifération des vecteurs sont perçues dans la plupart des quartiers de la ville. Le risque est localisé dans les quartiers Sud-ouest et à l'Est de la ville. Le Nord présente également une zone de nuisance. Certaines zones dangereuses sont observées de façon dispersées au centre de la ville. Les zones à haut risque de nuisance correspondent à des secteurs très proches des zones de sensibilités élevées au développement des gîtes larvaires. Ces zones particulièrement vulnérables nécessitent des programmes de pulvérisation d'insecticides par voie aérienne pour le contrôle des moustiques.

Carte n°6 : Zones à risque de nuisance des anophèles



Sources: Sentinel 2A, Landsat 8, INS

3. DISCUSSION

La cartographie des zones sensibles à Yamoussoukro a été possible grâce à la combinaison des SIG et les méthodes d'analyse multicritère. Le principe de réalisation des différentes cartes est basé sur l'analyse spatiale à partir de l'évaluation des différents paramètres environnementaux (Louga G.R., 2015, pp 14-15). La carte des zones à risque obtenue montre les communautés à risque de transmission du paludisme dans les différentes zones étudiées. Cette cartographie du risque est un outil

important qui pourrait être utilisée comme base d'approche à l'avenir, car il peut s'avérer utile pour accompagner les décideurs. L'application de la télédétection se fait de plus en plus dans le cadre du SIG, de sorte qu'il est possible de combiner les données pertinentes avec toute la gamme des informations diverses. Dans la plupart des cas, seule une partie des données directement des images provient télédétection, mais cette dernière est cruciale pour déterminer les zones d'interventions prioritaires des décideurs. C'est le cas pour une étude menée dans la région de Manandriana à Madagascar (Ramanantsizehena P. et al., 2005).

Contrairement aux travaux de Ramanantsizehena P. et al. (2005), la méthode utilisée dans ce travail utilise davantage de données de télédétection. De même contrairement à Yang G.Y. et al. (2006) qui ont utilisé uniquement le NDVI et l'indice d'humidité pour prédire l'habitat des mollusques hôtes intermédiaires (Yang G.Y. et al. 2006, pp.88-90), ce travail utilise la température, et l'occupation du sol en plus de ces deux données. Il est également possible de hiérarchiser le risque de paludisme, afin de pouvoir prioriser les opérations dans la ville de Yamoussoukro. La carte de sensibilité obtenue fournit des informations sur les zones à intégrer dans les programmes de traitement. Ces développées dans le cadre de la recherche peuvent également être utilisées pour planifier l'évaluation des risques et contrôler le paludisme. La méthode utilisée offre un moyen rapide pour cartographier la distribution des maladies dans d'autres parties du pays.

CONCLUSION

Cette étude a montré que la télédétection et la technologie SIG sont des outils très importants en épidémiologie. En utilisant les images de télédétection et d'autres sources de données, les liés paramètres environnementaux transmission du paludisme dans la région de Yamoussoukro ont été cartographiés. Il s'agit de la température, l'occupation du sol, et l'humidité de surface. Ces données ont été intégrées dans le SIG afin de pouvoir générer des cartes d'exposition associées à chaque facteur environnemental. En corrélant ces informations spatiales, les zones sensibles et les zones vulnérables ont été définies. Les zones les plus sensibles et vulnérables de la zone d'étude sont les quartiers du Centre, du Sud-ouest et de l'Est de la ville. Ces travaux ont permis de démontrer que les outils de la géomatique peuvent être utilisés pour lutter contre le paludisme et pour développer des modèles prédictifs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANANDABABU Devendiran, PURUSHOTHAMAN Balamuralidhar, BABU Suresh., 2018, «Estimation of Land Surface Temperature using LANDSAT 8 Data», International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, 4 (2), pp. 177-187.

BECK Louisa, RODRIGUEZ Mario, DISTER Sheri, RODRIGUEZ Americo, WASHINO Robert, ROBERTS Donald et SPANNER Michael, 1997, «Assessment of a remote sensing-based model for predicting malaria transmission risk in villages of Chiapas (Mexico) », American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, vol. 56, n°1, pp. 99-106.

BROU Ahui Gabriel, 2018, « Caractérisation des espaces à risque de paludisme à M'Bahiakro, Côte d'Ivoire », Mémoire de master, Université de Laval, 120 p.

CECCATO Pietro, CONNOR Stephen, JEANNE Isabelle, THOMSON Madeleine, 2005, «Application of Geographical Information Systems and Remote Sensing technologies for assessing and monitoring Malaria risk», Parassitologia, Vol. 47, pp. 81-96.

DAMBACH Peter, SIÉ Ali, LACAUX Jean-Pierre, VIGNOLLES Cécile, MACHAULT Vanessa, SAUERBORN Rainer, 2009, «Using high spatial resolution remote sensing for risk mapping of malaria occurrence in the Nouna district, Burkina Faso», Glob Health Action 2, 7p.

ESSALEK B., BAHOU A., NAHLI Abdeljalil, SALOUI A., 2019, « Estimation de la température de surface des terres : cas de la ville de Casablanca (Maroc) », le Changement Climatique, la variabilité et les risques climatiques, XXXII Colloque International de l'AIC, pp. 463-468.

GROVER-KOPEC Emily, BLUMENTHAL Martin Benno., CECCATO Pietro, DINKU Tufa, OMUMBO Judith Atieno AND CONNOR Stephen, 2006, «Web-based climate information resources for malaria control in Africa», Malaria Journal [En ligne], 5:38, URL: https://doi.org/10.1186/1475-2875-5-38

KOUAME Adonis Krou Damien, 2010, « Facteurs de répartition et essai de modélisation des bilharzioses et des géohelminthiases par des techniques de télédétection et système d'information géographique pour un développement durable dans la région de l'Agneby », Thèse de doctorat, Université de CocodyFelix Houphouët Boigny d'Abidjan, 144 p.

LOUGA Gnahoua Rodrigue, KOUAME Adonis Krou Damien, TOURE Offianan André, KOUAME Koffi Fernand., 2015, « Cartographie des zones potentielles à risque de prolifération et de nuisance des vecteurs du paludisme à partir des facteurs environnementaux dans la ville de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) », Revue Scientifique Internationale de Géomatique, Vol. 2 (1), pp. 13-20.

Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique, 2017, « Rapport Annuel de la Situation Sanitaire », 2016, 378 p., [En ligne], URL: http://www.caidp.ci/uploads/afbecb2626721696 6367847db65a1288.pdf

OMS, 2015, « Rapport sur le paludisme dans le monde 2014 », Résumé, 28 p., [En ligne], URL : https://apps.who.int/iris/handle/10665/160460

RAJESHWARI A., MANI N. D., 2014, « Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. International Journal of Research », Engineering and Technology, 3 (5), pp. 122-126.

RAMANANTSIZEHENA Pascal, RAMIRANIRINA Brune., 2005, « Système d'information Géographique et épidémiologie de la bilharziose dans la région de Manandriana, Madagascar», Télédétection, vol. 5, n° (1-2-3), pp. 139-152.

SAATY Thomas., VARGAS Luis, 1980, «Hierarchical analysis of behavior in competition: prediction in chess», Behavioral science, vol 25, n°3 pp. 180-191.

STEFANI Aurélia, DUSFOUR Isabelle, SA CORREA Ana Paula, CRUZ Manoel CB, DESSAY Nadine, GALARDO Allan Allan Kardec Ribeiro., GALARDO Clícia D., GIROD Romain, GOMES Margarete, GURGEL Helen, LIMA Ana Cristina, MORENO Eduardo, MUSSET Lise, NACHER Mathieu, SOARES Alana, CARME Bernard, ROUX Emmanuel, 2013, «Land cover, land use and malaria in the Amazon: a systematic literature review of studies using remotely sensed data», Malaria Journal, pp. 12-192.

WANG Fei, QIN Zhihao, SONG Caiying, TU Lili, KARNIELI Arnon, ZHAO Shuhe., 2015, «An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data», Remote Sensing, 7(4), pp. 4268-4289.

YANG Guo-Jing, VOUNATSOU Penelope, TANNER Marcel, ZHOU Xiao-Nong, UTZINGER Jürg, 2006, «Remote sensing for predicting potential habitats of Oncomeiania hupensis, in Hongze, Baima and Gaoyou lakes in Jiangsu province (China) », Geospatial Health 1, pp. 85-92.



ISSN-L: 2617-3085 ISSN-Impr.: 2664-2344

www.retssa-ci.com/gretssa/