

Cartographie de la vulnérabilité au choléra dans des quartiers défavorisés de la ville Abidjan

[Mapping of vulnerability to cholera in precarious neighborhoods in Abidjan]

Adonis Krou Damien KOUAME¹, Man-Koumba SOUMAHORO², Kouamé Félix N'DRI¹, Kouadio AFFIAN³, and Asseypo Célestin HAUHOUOT⁴

¹Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),
Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Département Épidémiologie - Recherche Clinique,
Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI), Abidjan, Côte d'Ivoire

³UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM),
Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

⁴Institut de Géographie Tropicale (IGT),
Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Epidemiological monitoring integrating spatial and temporal dimension, geographical information systems (GIS) appear as a management tool, planning tool, and Support Tool Decision of sanitary policies.

This study aims to map cholera sanitary risk in order to improve its monitoring due to better fight against the disease in Abidjan.

The combination, of multi-sources data (QUICKBIRD satellite image, socio-environmental survey results and epidemiological data) in a GIS was used to analyze the sanitary environment in precarious settlements and the spatial pattern of confirmed cases of cholera over the period 2011-2012. This analysis was done using environmental and socioeconomic characteristics that influence vulnerability to cholera and to categorize households according their vulnerability indexes.

Analysis of the results shows that all households are vulnerable to cholera with a high index ranging between 2.5 and 3.5 on a scale from 0 to 5. Boribana and Divo have respective indexes 3.07 and 3.05 followed by Mossikro and Zimbabwe each with 2.94 and 2.92. Bromakoté and Koweit indicate an index of 2.86 and 2.59. Epidemiological monitoring must be increased in these settlements.

KEYWORDS: Geographic Information System, Cholera, precarious settlements, epidemiological monitoring, sanitary environment, Abidjan, Côte d'Ivoire.

RESUME: Pour la surveillance épidémiologique intégrant la dimension spatiotemporelle, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) apparaissent comme un outil de gestion, de planification, d'aide à la décision et de suivi des politiques sanitaires.

La présente étude a pour objectif de cartographier le risque sanitaire du choléra en vue d'améliorer sa surveillance afin de mieux lutter contre la maladie dans la ville d'Abidjan.

Ainsi la combinaison, d'informations multi-sources (image QUICKBIRD, résultats d'enquêtes socio-environnementales et données épidémiologiques) dans un SIG a permis d'analyser l'environnement sanitaire dans des quartiers précaires et la

répartition spatiale des cas confirmés de choléra sur la période 2011-2012. Cette analyse s'est faite à partir des caractéristiques environnementales et socioéconomiques qui influent sur la vulnérabilité au choléra, permettant ainsi de catégoriser les ménages en fonction de leurs indices de vulnérabilité.

L'analyse des résultats montre que tous les ménages sont vulnérables au choléra avec un indice fort variant entre 2,5 et 3,5 sur une échelle de 0 à 5 calculé par ACF. Boribana et Divo sont les quartiers les plus vulnérables avec des indices respectifs de 3,07 et 3,05, suivis de Mossikro et Zimbabwe avec respectivement 2,94 et 2,92. Bromakoté et Koweït quant à eux sont les quartiers les moins vulnérables indiquant un indice de 2,86 et 2,59. La surveillance épidémiologique devrait donc être accentuée dans ces quartiers.

MOTS-CLEFS: Système d'Information Géographique, choléra, quartiers précaires, surveillance épidémiologique, environnement sanitaire, Abidjan, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE, PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIF

Selon l'OMS, la prolifération des maladies liées à l'eau (la bilharziose, le choléra, les diarrhées aiguës etc.) et d'autres problèmes de santé résultent du développement incontrôlé de l'urbanisation produit par l'éclosion et l'extension de bidonvilles qui sont, généralement privés de système d'assainissement [1].

Parmi ces maladies, le choléra semble être la plus dévastatrice. En effet, c'est une maladie diarrhéique transmise par l'eau ou la nourriture est la troisième cause de mortalité mondiale 120000 cas/an [2]. En 2012, 40 pays ont notifié des cas de choléra dont 27 en Afrique [3]. En Côte d'Ivoire, Abidjan enregistre 60% des cas de choléra [4]. La dernière épidémie en date est celle survenue à la faveur de la crise post-électorale de 2010-2011 et qui a été particulièrement dévastatrice pour la ville. C'est pourquoi une attention particulière doit être accordée à cette ville quant aux interventions pour la lutte contre le choléra en Côte d'Ivoire et dans la sous-région Ouest [5]. Cette lutte passe nécessairement par la surveillance épidémiologique

La surveillance épidémiologique (processus de collecte systématique de données de santé, de leur analyse et interprétation régulière et de la diffusion de l'information correspondante) permet de décrire un phénomène de santé dans une population en tenant compte de la répartition spatio-temporelle d'une maladie en vue d'une bonne perception de sa dynamique. Dans ce processus, l'environnement pris dans son entièreté joue un rôle très important et les outils de la géomatique tels que les systèmes d'information géographique se présentent comme des moyens pour mieux comprendre cet environnement.

Le système d'information géographique est un ensemble de méthodes permettant l'acquisition, la saisie, le stockage, l'analyse, le traitement et la diffusion de données correspondantes. Il paraît alors incontournable dans la surveillance épidémiologique. Ainsi, le SIG, est indispensable dans l'analyse et la présentation des informations complexes sur la vulnérabilité et les risques de manière à faciliter leur compréhension et proposer des solutions [6], [7], [8]. Dans ce contexte, la géomatique grâce à ses méthodes d'analyse spatiale et temporelle, joue de plus en plus un rôle clé entre l'environnement, la santé publique et l'épidémiologie.

L'objectif de cette étude est de cartographier le risque sanitaire du choléra à travers la vulnérabilité des populations à cette maladie en vue d'améliorer sa surveillance afin de mieux lutter contre la maladie dans la ville d'Abidjan.

1.2 CADRE SPATIAL DE L'ÉTUDE

1.2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Cette étude porte sur sept quartiers précaires qui ont fortement été touchés par l'épidémie de choléra survenue après la crise postélectorale en 2011. Ils sont repartis dans cinq communes de la ville d'Abidjan. Il s'agit de :Vridi 3 (ou Zimbabwe) à Port-Bouët, Divo et Campement (ou Cité Houphouët Boigny) à Koumassi, Bromakoté à Adjamé, Boribana et Mossikro à Attécoubé et Koweït à Yopougon. La localisation de la zone d'étude est illustrée à la figure 1.

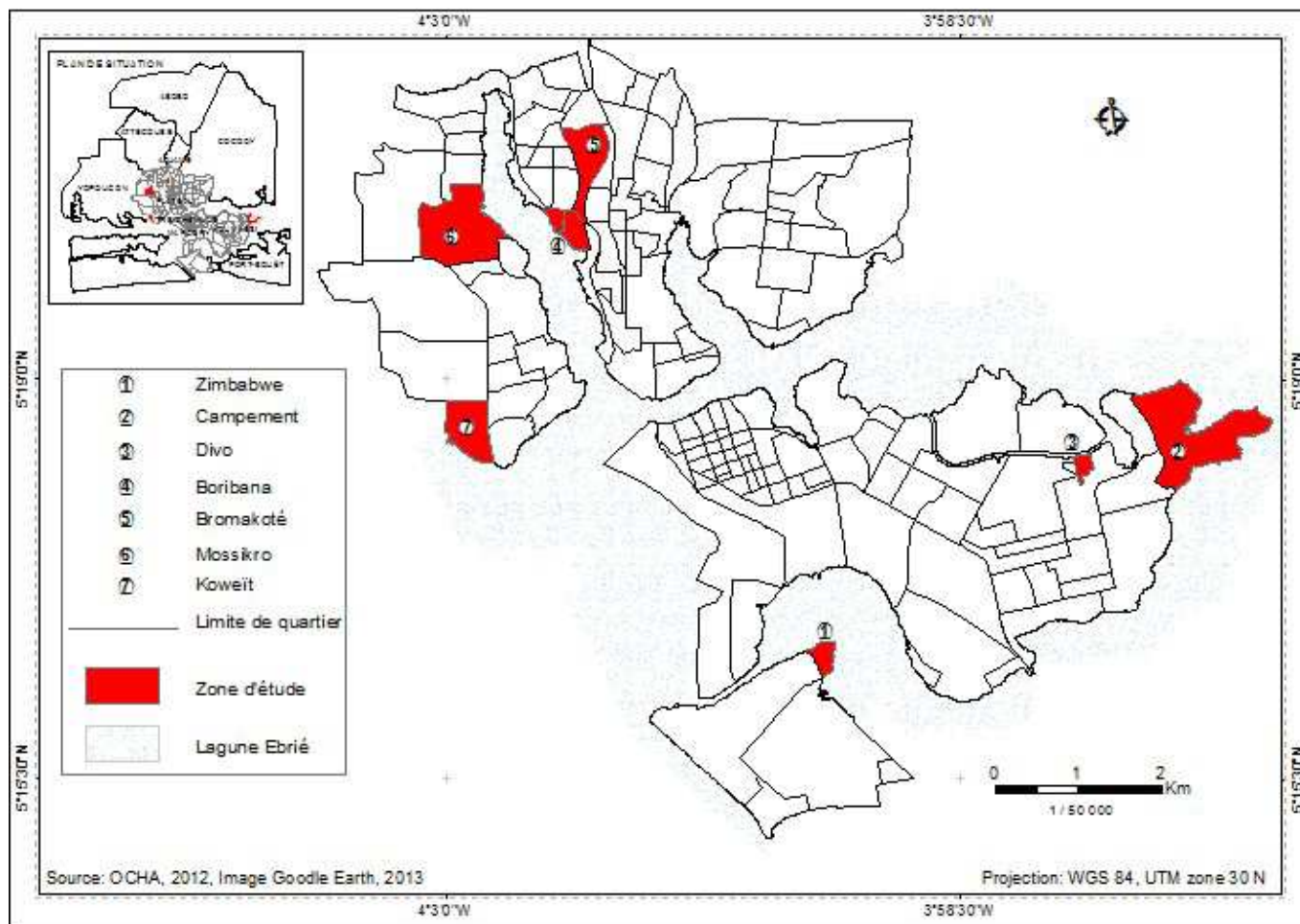


Fig. 1 : localisation de la zone étude dans la ville d'Abidjan

1.2.2 MILIEU HUMAIN

La ville d'Abidjan a enregistré une croissance démographique très importante sous l'influence de courants migratoires nationaux et internationaux. Les données sociodémographiques indiquent que la population abidjanaise est passée de 2 878 200 habitants en 1998 à 3 883 335 habitants en 2005, soit un taux de croissance de 4,37% [9]. Le recensement général de la population et de l'habitat de 2014 évalue cette population à 4 395 243 habitants [10].

Les activités économiques qui se déroulent sur le territoire du District d'Abidjan sont, dans l'ordre : le commerce, les services, l'industrie (surtout agroalimentaire) et l'artisanat. En 1988, Abidjan générait 90% de la valeur ajoutée du commerce du pays, sans compter le secteur informel, et assurait 80% de la production industrielle, avec 70% des unités et 60% des emplois de ce secteur. Les produits issus de l'agriculture sont essentiellement le palmiste (113 761 tonnes), le caoutchouc (47751 tonnes), le café (20302 tonnes), le cacao (87730 tonnes), les produits vivriers et maraîchers [11].

L'urbanisation rapide et incontrôlée est marquée par une forte immigration et une croissance démographique élevée de la ville et a aussi favorisé la création de plusieurs types d'habitats.

Le schéma Directeur d'Abidjan définit huit types d'habitats qui sont regroupés en quatre grands groupes que sont : l'habitat résidentiel, l'habitat économique (habitat collectif ou moyen standing, habitat collectif bon standing, habitat individuel économique, habitat individuel moyen standing), l'habitat évolutif (habitat collectif économique, Habitat sur cour commune), et l'habitat spontané ou précaire [9], [12].

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIELS

2.1.1 DONNÉES

Les données utilisées sont de (04) quatre ordres

- Les données « métiers » regroupées en un fond de carte à une échelle de 1/150 000 de la ville d'Abidjan (découpage administratif par communes et par quartiers) acquise auprès d'OCHA en mars 2012. Il est géoréférencé dans le référentiel géodésique WGS 84 et est dans la projection UTM zone 30 N.
- Une image Quickbird de Google Earth datant du 06/04/2014 couvrant la ville d'Abidjan.
- Les données environnementales et socioéconomiques : ce sont des données issues des résultats d'une enquête transversale à visée descriptive pour comprendre les critères ou caractéristiques influant sur la vulnérabilité au choléra des ménages dans les quartiers précaires d'Abidjan.
- Les données épidémiologiques : Ces données sont issues de résultats de laboratoire après analyse de l'Institut Pasteur Côte d'Ivoire (IPCI) sur la période 2011-2012. Elles sont regroupées par commune puis par quartier

2.1.2 LOGICIELS

Les logiciels utilisés dans cette étude sont STATA version 11 qui a servi pour le traitement des données et l'analyse statistique ainsi que ArcGIS version 10.2.1 qui a servi à la conception de la base de données, à faire les différents traitements et analyses et la réalisation des différentes cartes.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Les données ont été obtenues à l'issue d'une enquête transversale à visée descriptive pour comprendre les critères ou caractéristiques influant sur la vulnérabilité au choléra des ménages dans les quartiers précaires d'Abidjan. Cette enquête a été réalisée par ACF en collaboration avec le ministère en charge de la santé.

La collecte des données a été réalisée à l'aide d'un questionnaire. Le questionnaire relatif à l'enquête sur les ménages comportait les rubriques suivantes : l'accès à l'eau potable, la gestion de excréta, l'hygiène corporelle et alimentaire, l'hygiène environnementale du ménage, la connaissance du choléra et les caractéristiques socioéconomiques

Sur le terrain, les enquêtes se sont déroulées par interview des personnes représentant le ménage et observation de l'environnement immédiat du ménage par les enquêteurs.

Les données épidémiologiques ont été recueillies auprès du Centre National de Référence (CNR) à l'Institut Pasteur de Cote d'Ivoire(IPCI).

2.2.2 CALCUL DE L'INDICE DE VULNÉRABILITÉ

Ce calcul a été fait par ACF selon une méthode qui lui est propre. Ainsi, pour chacune des caractéristiques identifiées sur le questionnaire (accès à l'eau potable, gestion de excréta, hygiène corporelle et alimentaire, hygiène environnementale du ménage, connaissance du choléra, caractéristiques socioéconomiques), un indice pondéré allant de 1 à 5 a été calculé pour évaluer et quantifier la vulnérabilité des ménages dans les quartiers enquêtés.

Les indices ont d'abord été calculés pour chaque caractéristique reliée à la vulnérabilité des ménages en fonction des réponses des enquêtes.

L'indice global de vulnérabilité des ménages est obtenu à partir de la somme des d'indices de chacune des caractéristiques /paramètres multiplié par leur poids respectifs en pourcentage. L'intervalle de valeurs correspondant à la définition des niveaux de vulnérabilité au choléra est le suivant :] 0 - 0,5] Vulnérabilité très faible,] 0,5 - 1,5] Vulnérabilité faible,] 1,5 - 2,5] Vulnérabilité moyenne,] 2,5 - 3,5] Vulnérabilité forte,] 3,5 - 5] Vulnérabilité Extrême [5].

2.2.3 MISE EN PLACE DU SIG ENVIRONNEMENT-SANTE ET ANALYSE SPATIALE PAR REQUETE

Le fond cartographique acquis à OCHA, ne présentait que 5 quartiers précaires sur les 7 retenus dans le cadre de cette étude. Ainsi, l'image Quickbird de Google Earth 2014, de très bonne résolution spatiale, a été utilisée pour extraire les zones manquantes.

Concernant la constitution de la base de données, il s'est agi de mettre en relation les données environnementales et socioéconomiques, les données épidémiologiques et les données spatiales aux travers des champs créés.

L'analyse spatiale a permis de produire des cartes de risque sanitaire relatives aux facteurs environnementaux et socioéconomiques influant sur la vulnérabilité au choléra des ménages dans les quartiers précaires retenus. Elle a aussi permis de produire une carte de répartition des cas confirmés en vue d'établir un lien entre ces facteurs cités ci-dessus et les cas confirmés. Les différentes cartes font référence à : l'accès à l'eau potable, la gestion des excréta, l'hygiène corporelle et alimentaire, l'hygiène environnementale des ménages, la connaissance du choléra, les caractéristiques socio-économiques, la répartition des cas confirmés de choléra sur la période 2011-2012.

3 RÉSULTATS

3.1 CARTOGRAPHIE DE LA VULNERABILITE LIEE AUX CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIOECONOMIQUES+

3.1.1 ACCÈS À L'EAU POTABLE

L'analyse des indices « accès à l'eau » est illustrée. Elle indique que sur les sept quartiers retenus, 6 ont un indice fort c'est-à-dire un niveau de vulnérabilité élevé et 1 quartier a un niveau de vulnérabilité moyen (indice moyen).

L'indice fort révèle un accès insuffisant à l'eau potable en terme de qualité et quantité, un peu plus marqué au niveau des quartiers Divo dans la Commune de Koumassi et Koweït dans celle de Yopougon avec un niveau de vulnérabilité de 3,02 par rapport aux quartiers Mossikro et Boribana dans la Commune d'Attécoubé avec pour indices respectifs 2,85 et 2,60. Vridi 3 dans la Commune de Port-Bouët et Bromakoté celle d'Adjamé ont respectivement 2,80 et 2,75 comme indices. Campement dans la Commune de Koumassi a un indice moyen de 2,43.

3.1.2 GESTION DES EXCRÉTAS

La gestion des excréta est un critère essentiel qui, influe fortement sur la vulnérabilité au choléra des ménages des quartiers précaires. En effet, l'analyse des résultats indique que dans tous les quartiers, l'indice de vulnérabilité des ménages est fort et varie entre 2,5 et 3,5.

Divo dans la Commune de Koumassi et Boribana dans celle d'Attécoubé ont les indices de vulnérabilité les plus élevés avec une valeur de 3,30. Ils sont suivis de Mossikro à Attécoubé avec une valeur de 3,17. Zimbabwe, Campement et Bromakoté dans les Communes de Port-Bouët, Koumassi et Adjamé indiquent respectivement 3,07 ; 3,05 et 3,01 comme indice de vulnérabilité. Koweït dans la Commune de Yopougon indique un niveau de vulnérabilité de 2,64.

3.1.3 HYGIÈNE CORPORELLE ET ALIMENTAIRE

L'analyse des résultats de la vulnérabilité liée à l'hygiène corporelle et alimentaire indique que dans tous les quartiers, l'indice de la vulnérabilité est fort et varie entre 2,5 et 3,5.

Divo dans la Commune de Koumassi a le niveau de vulnérabilité le plus élevé avec un indice de 3,34. Il est suivi de Boribana et Mossikro dans la commune d'Attécoubé avec pour indice de vulnérabilité 3,24 tous les deux. Bromakoté dans la commune d'Adjamé a un indice de 3,23. Campement à Koumassi se retrouve avec une valeur de 3,20. Zimbabwe, dans la commune de Port-Bouët et Koweït dans la Commune de Yopougon indiquent respectivement des niveaux de vulnérabilité de 3,11 et 2,92.

3.1.4 HYGIÈNE ENVIRONNEMENTALE DES MÉNAGES

L'analyse de l'indice de la vulnérabilité liée à l'hygiène environnementale indique que les ménages de 2 quartiers ont un indice de vulnérabilité extrême. Il s'agit de Boribana à Attécoubé et Divo à Koumassi avec respectivement 4,13 et 3,82 comme indices. Les cinq autres quartiers ont un indice fort. Zimbabwe dans la Commune de Port-Bouët avec un indice de

3,42, Campement à Koumassi avec 3,28, Bromakoté à Adjamé avec 3,23, Koweït à Yopougon avec 2,92 et enfin Mossikro à Attécoubé avec un indice de vulnérabilité de 2,53.

3.1.5 CONNAISSANCE DU CHOLÉRA

L'analyse des résultats révèle que l'indice de vulnérabilité relatif à la connaissance du choléra est moyen dans tous les ménages des quartiers et varie entre 1,5 et 2. Le niveau de vulnérabilité est sensiblement égal dans tous les ménages et se présente comme suit:

- Zimbabwe dans la Commune de Port-Bouët 1,71 ;
- Campement et Divo à Koumassi avec respectivement 1,64 et 1,51;
- Boribana et Mossikro à Attécoubé avec 1,66 et 1,60 ;
- Bromakoté dans la Commune d'Adjamé avec un indice de 1,63 ;
- Koweït à Yopougon avec un indice de 1,52.

3.1.6 CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES

L'analyse des résultats de la vulnérabilité liée aux caractéristiques socioéconomiques révèle des indices allant d'une forte vulnérabilité à l'extrême dans les ménages. En effet, Boribana et Zimbabwe indiquent des indices de vulnérabilité extrêmes variant entre 3,5 et 5 avec 3,69 pour Boribana et 3,63 pour Zimbabwe. Les ménages des 5 autres quartiers ont des indices forts variant entre 2,5 et 3,5. Divo et Campement indiquent respectivement 3,45 et 3,36, Bromakoté indique 3,49, Mossikro avec 3,42 et Koweït 3,07.

3.2 INDICE GLOBAL DE LA VULNERABILITE DU MENAGE

La carte la vulnérabilité des ménages (figure 2) montre que tous les ménages des quartiers sont vulnérables au choléra avec un indice fort variant entre 2,5 et 3,5. Toutefois une classification a pu être faite entre tous ces quartiers précaires concernés par l'étude. Ainsi, Boribana et Divo ont respectivement 3,07 et 3,05, suivis de Mossikro et Zimbabwe avec respectivement 2,94 et 2,92. Bromakoté et Koweït quant à eux indiquent des indices respectifs de 2,86 et 2,59.

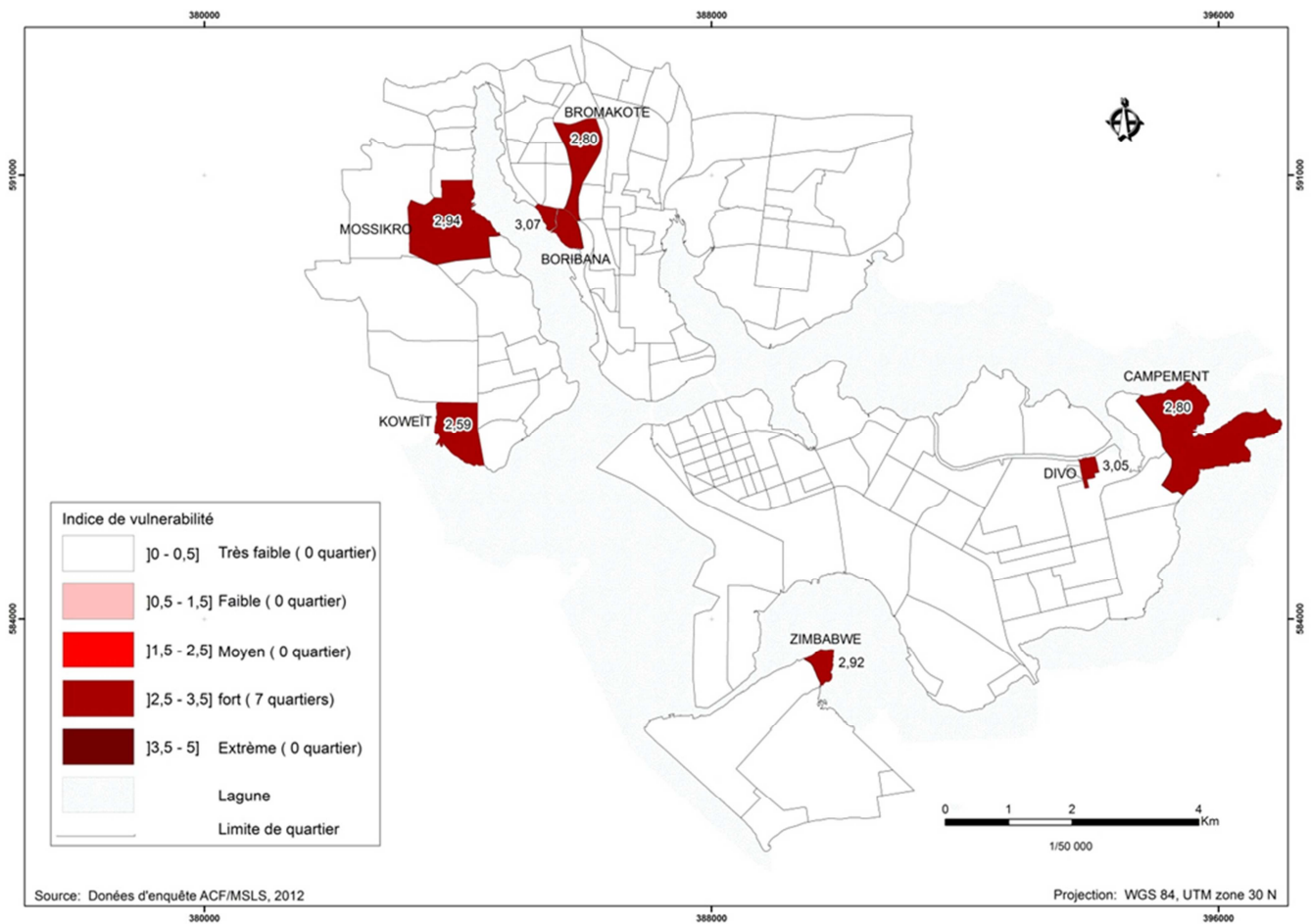


Fig. 2 : Carte de la vulnérabilité globale des ménages

3.3 REPARTITION SPATIALE DES CAS CONFIRMES DE CHOLERA

L'analyse des résultats relatifs à la distribution des cas confirmés de choléra révèle un nombre important de quartiers touchés à Attécoubé et à Yopougon (10 quartiers) suivi de Port-Bouët et Abobo avec 6 quartiers, Treichville 5, Adjamé et Cocody 4, Koumassi et Marcory avec respectivement 2 et 1 quartier (figure 3).

Les chiffres les plus élevés sont ceux des quartiers Zimbabwe et Vridi canal dans la commune de Port-Bouët avec respectivement 15 et 14 cas. Ils sont suivis par Boribana, Bromakoté Agban village et Campement avec respectivement 11, 8, 7 et 6 cas.

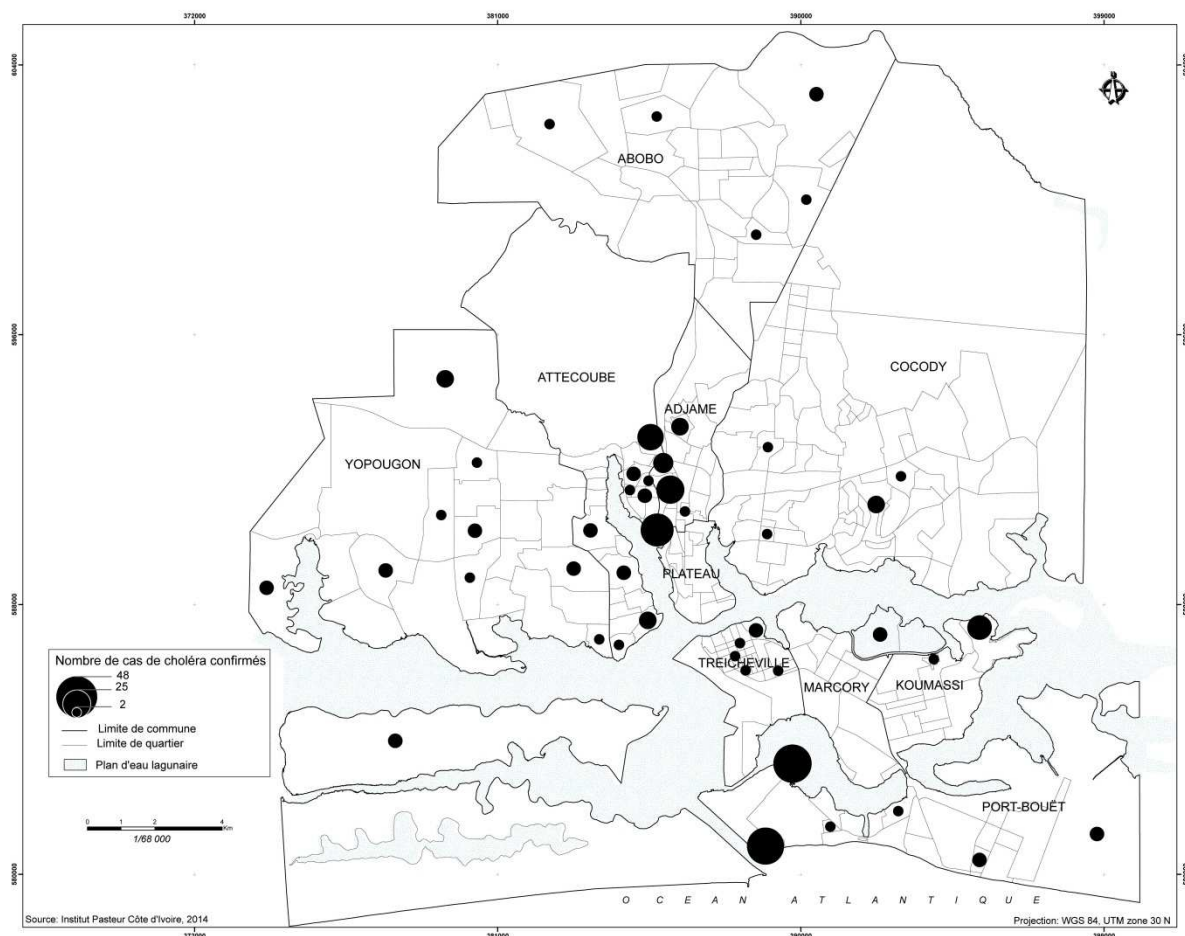


Fig. 3 : Carte des cas confirmés

3.4 VALIDATION DES RESULTATS DES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIOECONOMIQUES

L'analyse de la situation met en évidence la corrélation entre l'indice de vulnérabilité global des ménages enquêtés dans les sept quartiers précaires retenus et les cas notifiés dans ces quartiers. Pour chaque quartier, nous enregistrons une forte vulnérabilité des ménages au choléra variant entre 2,5 et 3,5. Ces indices sont en adéquation avec les cas notifiés par quartiers comme le montre le tableau I.

Quartiers cas confirmés	Résultats indice global ménage	Résultats
Vridi3 ou Zimbabwe	2,94	15
Boribana	3,07	11
Bromakoté	2,86	8
Campement	2,80	6
Mossikro	2,94	2
Divo	3,01	1
Koweït	2,59	1

Ce tableau indique qu'il y a eu au moins 1 cas dans les quartiers où les ménages sont déclarés vulnérables selon les résultats de l'enquête. Excepté Mossikro, Divo et Koweït où il y a eu moins de cas, tous les autres quartiers ont enregistré des nombres importants avec un pic de 15 à Zimbabwe.

Les caractéristiques environnementales et socioéconomiques paraissent à cet effet comme un indicateur non négligeable dans la surveillance épidémiologique du choléra.

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus mettent en évidence la vulnérabilité au choléra de la population vivant dans les quartiers précaires. Cette vulnérabilité varie du niveau fort à l'extrême.

Dans l'approche développée à travers ce travail, plusieurs variables ont été prises en compte pour évaluer et quantifier le niveau de vulnérabilité des ménages dans les quartiers enquêtés. La combinaison d'une part des données environnementales, socioéconomiques et les données épidémiologiques d'autre part a permis d'établir une relation entre ces deux entités et de valider les résultats des données environnementales et socioéconomiques. La pertinence des résultats de cette étude réside dans le fait de confronter les résultats des paramètres environnementaux et socioéconomiques aux données d'analyse microbiologique (cas confirmés), ce qui a permis de valider cette méthodologie.

En effet, certains travaux sur le choléra et utilisant les mêmes outils ont obtenu à travers d'autres méthodes des résultats non moins satisfaisants.

Ainsi, par la superposition de la carte de densité de certains villages et les cas confirmés de choléra dans ces villages au Sénégal, a conclu dans une étude que les cas positifs importants provenaient des villages à forte densité de population [13].

Quant à NKOTO, il a fait une étude sur la dynamique du choléra dans les provinces du grands lacs sur la période 2000-2008 pour comprendre la récurrence épidémique. Les résultats ont montré que les districts sanitaires autour des grands lacs sont les plus touchés pendant les épidémies. Cette étude a également mis en évidence la saisonnalité (l'on note plus de cas en saison pluvieuse qu'en saison sèche) [14].

En Haïti, les facteurs environnementaux associés ont été utilisés pour décrire la dynamique spatio-temporelle de l'épidémie du choléra pendant la période 2010-2011, période marquée par deux phases. Il ressort de cette étude une variabilité spatiale et temporelle de l'épidémie. Elle a aussi permis d'évaluer des clusters et les tendances épidémiologiques. Dans le cas de notre recherche, seule la variabilité spatiale a été prouvée. Cela se justifie par le fait que l'épidémie qu'a connue Abidjan a été considérée comme continue sur la période de l'étude. Les résultats obtenus en Haïti comme ceux que nous avons obtenus montrent aussi que les facteurs environnementaux jouent un rôle dans la dynamique de la maladie [15].

Au cours de Mars-Avril 2010, une grande épidémie de choléra a frappé la partie orientale de Kolkata, en Inde. L'utilisation d'un modèle a permis de détecter les zones à risque, et d'évaluer l'importance des caractéristiques socio-environnementales entre les zones à haut risque et à faible risque. Les zones à risque élevé dans ont été caractérisées par les pauvres, l'utilisation de l'eau insalubre, et la proximité des canaux utilisés comme le drainage principal pour la pluie et des eaux. Les facteurs environnementaux diffèrent quelque peu de ceux que nous avons retenus mais les conclusions obtenues semblent converger. En effet, ceci est utile pour indiquer où les interventions seraient efficaces dans le contrôle du risque de maladie. En définitive, la cartographie des risques est utile pour les décideurs, en particulier ceux des pays comme la Côte d'Ivoire où le choléra reste endémique avec des flambées périodiques [16].

Comme les ressources sont limitées pour répondre aux épidémies de choléra, les connaissances sur l'endroit où orienter les interventions sont cruciales. C'est pourquoi l'épidémie de choléra qui a affecté la Guinée-Bissau en 2008 a été décrite en mettant l'accent sur la répartition géographique, afin de guider les activités de prévention et de contrôle. Cette analyse a permis d'identifier des régions les plus touchées en Guinée-Bissau au cours de l'épidémie de choléra 2008, et les zones les plus touchées au sein de la capitale. L'analyse en cluster a identifié deux domaines au sein de Bairro Bandim au risque le plus élevé: un marché et une intersection où le ruissellement accumule les déchets. Cette information est essentielle pour prendre des décisions sur l'endroit où pour renforcer le traitement et pour guider les activités de contrôle et de prévention [17]. Nous n'avons pas pu dans le cas de notre étude faire d'analyse en cluster, ce qui a pour avantage de voir les regroupements de cas. Toutefois, cette méthode a été utilisée avec succès au Ghana dans la région Ashanti où une analyse spatiale des SIG et de l'analyse statistique a été réalisée pour déterminer le regroupement du choléra. Les résultats ont montré que les taux de choléra élevés sont regroupés autour de Kumasi Metropolis (la, Partie centrale de la région). En outre, l'analyse des tendances reflète une relation spatiale directe entre le choléra et l'urbanisation et le surpeuplement, et une relation inverse entre le choléra et l'ordre de quartier. Une modélisation statistique spatiale effectuée pour déterminer la dépendance spatiale de la prévalence du choléra sur les décharges montrent qu'il y a une relation spatiale directe entre la prévalence du choléra et la densité des dépôts d'ordures, et une relation spatiale inverse entre la prévalence du choléra et la distance aux décharges. Des statistiques d'analyse spatiale ont également identifié des clusters ou agrégats ? [18], [19].

Une étude menée au Kenya donne des résultats qui semblent divergents de ceux obtenus par les auteurs précédents ayant travaillé sur la même thématique. En effet, cette étude écologique enquête sur l'impact des différentes variables climatiques, environnementales et démographiques sur la répartition spatiale des cas de choléra au Kenya. Les analyses multivariées ont montré que qu'il n'y avait pas d'association détectable entre le choléra et la densité de population, la pauvreté, la disponibilité de l'eau courante, les méthodes d'élimination des déchets, les précipitations de Janvier à Mars, ou des pluies de Juillet à Septembre [20].

Les méthodes utilisées dans cette étude pourraient comporter des insuffisances. En effet, au niveau des caractéristiques environnementales et socioéconomiques, les réservoirs environnementaux n'ont pas été pris en compte dans l'enquête ménage. Il faut noter que des difficultés ont été rencontrées quant à l'exploitation des données épidémiologiques. Le lieu de provenance de certains patients était des noms de sous quartier qui n'existe pas sur plan administratif ce qui a occasionné des visites de terrain en vue d'une correction. A cela, il faut ajouter que 30 cas confirmés rattachés à des communes dont les quartiers de provenance n'ont pas été enregistrés.

5 CONCLUSION

Le SIG avec son approche systémique et ses puissantes méthodes d'analyse spatiale joue de plus en plus un rôle clé d'interface entre l'environnement, la santé publique et l'épidémiologie. Les résultats des données environnementales, socioéconomiques et épidémiologiques encouragent la poursuite de l'investigation quant aux facteurs influant la vulnérabilité au choléra et d'autres maladies environnementale dans tous les quartiers précaires de la ville d'Abidjan. L'objectif consistant à avoir une base de données en santé spatialisé pouvant servir d'outil d'aide quant à la surveillance épidémiologique.

L'analyse des résultats de l'indice global de la vulnérabilité montre que tous les ménages sont vulnérables au choléra avec un indice fort variant entre 2,5 et 3,5 sur une échelle de 0 à 5. Boribana et Divo ont des indices respectifs de 3,07 et 3,05, suivis de Mossikro et Zimbabwe avec respectivement 2,94 et 2,92. Bromakoté et Koweït quant à eux indiquent un indice de 2,86 et 2,59. La surveillance épidémiologique devrait donc être accentuée dans ces quartiers.

Ces résultats encouragent l'expansion de l'investigation dans tous les quartiers précaires pour une meilleure prise de décision et la mise en œuvre d'une politique quant à la surveillance épidémiologique du choléra.

REFERENCES

- [1] OMS, "Réduire les risques et promouvoir une vie saine". *Rapport sur la santé dans le monde. 1211 Genève, Suisse. 12p, 2002*
- [2] UNICEF/OMS, "Lutte contre le choléra et les maladies diarrhéiques en Afrique de l'Ouest et du Centre : Vers une stratégie intégrée de réduction des risques", *Actes des Ateliers, Dakar du 14 au 16 mai 2008. 27p., 2008,*
- [3] OMS, "Choléra 2011" ; *Relevé épidémiologique hebdomadaire*, Vol. 87, No. 31-32, . pp 289–304, 2012
- [4] FAO/OMS, *Conférence régionale FAO/OMS sur la sécurité sanitaire des aliments pour l'Afrique, Harare, Zimbabwe, 3-6 octobre 2005*, 43 pages, 2005. ftp://ftp.fao.org/es/esn/foodsafetyforum/cafdraftreport_fr.pdf (12 février 2015)
- [5] ACF/MSLS, *Rapport de l'enquête sur la vulnérabilité au choléra des ménages et quartiers précaires d'Abidjan (Côte d'Ivoire)* 120p, 2012
- [6] SALEM G., C. MARROIS, L. ARREGHINI, P. WANIEZ, *Lieux de vie, densité et zones à risque: l'analyse spatiale au service de la santé à Pikine (Sénégal)*. Statistique Impliquée, Séminifère V, Paris, ORSTOM, Coll. Colloque et séminaire. pp. 419-430, 1992.
- [7] YILMA J. M., MALONE J. B., "A geographic information system forecast model for strategic control of fasciolosis in Ethiopia". *Veterinary Parasitology*, Vol 78, N°2, . 103-127, 1998
- [8] BENIE G. B., C. MÜLER-POITEVIEN, H. H. NGO, 2000, *La géomatique de la santé : tendances actuelles, communication au 11^e Festival International de Géographie, Saint-Die-Des-Voges*.
http://archives-fig-st-die.cndp.fr/actes_2000/goze/article.htm (10 juin 2014)
- [9] SORO N., L. OUATTARA, K. DONGO, K. E. KOUADIO, K. E.AHOUSSE, G. SORO, M. S. OGA, I SAVANE., J. BIEMI, "Déchets municipaux dans le District d'Abidjan en Côte d'Ivoire: sources potentielles de pollution des eaux souterraines". *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(6): 2203-2219, December 2010. ISSN 1991-8631. Pp. 2203-2219, 2010,
- [10] Institut National de la Statistique (INS), 2015, Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH 2014). Données socio-démographiques et économiques des localités, résultats globaux, 22 p.
<http://www.ins.ci/n/templates/docss/RGPH2014D.pdf> (07 mars 2016)

- [11] N'GUETTIA K. I., "Gestion des ordures ménagères d'Abidjan : Diagnostic". *Mémoire de Master Spécialisé Génie Sanitaire et Environnement, 2iE du Burkina Faso*. 63p, 2010
- [12] MINISTERE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'URBANISME, 1996, *Actualisation du Schéma Directeur d'Abidjan. Bilan diagnostic urbain*, 153p.
- [13] ROQUET D., A. DIALLO, B. KODIO, M. B. DAFF, C. FENECH, J-F. ETARD, "L'épidémie de choléra de 1995-1996 au Sénégal : Un exemple de démarche de géographie de la santé". *Cahier Santé Vol 8 ; 421-8*. Pp 420-428, 1998,
- [14] NKOTO B. D., *Dynamique des épidémies de choléra dans la région des grands lacs africains : Cas de la République Démocratique du Congo*. Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté. Ecole doctorale Homme-Environnement-Santé. 261p, 2009
- [15] Gaudart J, Rebaudet S, Barraï R, Boncy J, Faucher B, Piarroux M., Magloire R., Thimothe G., Piarroux R., "Spatio-Temporal Dynamics of Cholera during the First Year of the Epidemic in Haiti". *PLoS Negl Trop Dis* 7(4): e2145. doi: 10.1371/journal.pntd.0002145, 2013.
<http://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0002145> (07 janvier 2015)
- [16] You YA, Ali M, Kanungo S, Sah B, Manna B, Puri M., Balakrish G. N., Bhattacharya K. S., Convertino M., Deen J. L., Lopez A. L., Wierzba T. F., Clemens J., Sur D. "Risk Map of Cholera Infection for Vaccine Deployment: The Eastern Kolkata Case". *PLoS ONE* 8(8): e71173. doi: 10.1371/journal.pone.0071173, 2013.
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0071173>
- [17] Luquero F. J. , Banga C. N., Remartínez D., Palma P. P., Baron E., Grais R F., "Cholera Epidemic in Guinea-Bissau (2008): The Importance of "Place"". *PLoS ONE* 6(5): e19005. doi: 10.1371/journal.pone.0019005, 2011.
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0019005> (07 janvier 2015)
- [18] Frank B Osei and Alfred A Duker, "Spatial and demographic patterns of Cholera in Ashanti region – Ghana", *International Journal of Health Geographics*, 2008. 7:44. <http://www.ij-healthgeographics.com/content/7/1/44> (07 janvier 2016)
- [19] Frank B Osei and Alfred A Duker, "Spatial dependency of V. cholera prevalence on open space refuse dumps in Kumasi, Ghana: a spatial statistical modelling", *International Journal of Health Geographics*, 2008. 7:62. <http://www.ij-healthgeographics.com/content/7/1/62> (06 février 2016)
- [20] James D Stoltzfus , Jane Y Carter , Muge Akpinar-Elci , Martin Matu , Victoria Kimotho , Mark J Giganti , Daniel Langat and Omur Cinar Elci, "Interaction between climatic, environmental, and demographic factors on cholera outbreaks in Kenya", *Infectious Diseases of Poverty*, 2014. 3:37 <http://www.idpjournals.com/content/3/1/37> (07 janvier 2015).