



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

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

<sup>1</sup> TRA BI Zamblé Armand, <sup>2</sup> NOUFE Djibril, <sup>3</sup> ANAS Emran

<sup>1</sup> Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire), [trabiarmand@uao.edu.ci](mailto:trabiarmand@uao.edu.ci)

<sup>2</sup> Maître de Conférences, Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), [dnoufe@hotmail.com](mailto:dnoufe@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professeur Titulaire, Centre Régional Africain des Sciences et Technologies de l'Espace, Université Mohammed V (Maroc), [emrananas@yahoo.fr](mailto:emrananas@yahoo.fr)

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 obtenus (<https://www.esri.com/fr-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 grâce 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

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 variables environnementales. L'expression cartographique des 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 à 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 et les facteurs environnementaux. Manguin et 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 la cartographie 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 possibilités de représentation 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 géographiquement, contribuant 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, les ressources ainsi que les événements 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 utilisés 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 la 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 sur le sujet « **variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-Nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidémiosurveillance basée sur les indicateurs** ». 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 dynamique spatiotemporelle 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, l'endémicité de la typhoïde est la 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 défailante. 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. En 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 une 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. Cet 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 de 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 quartier urbain ancien, Bacongo (Brazzaville, République du Congo)** ». Bacongo est 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 à comprendre les déterminants de cette distribution. Après géolocalisation des établissements 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 Systèmes d'Information 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 des 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 meilleure condition de vie et de santé aux populations. Deux travaux de recherche résument assez bien l'approche 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. La 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 sur la conservation de la faune dans la forêt sacrée kouvizoun-adakplamé-ewé (commune de Kétou au Bénin)** ». La méthode utilisée par ces auteurs a consisté en premier lieu à réaliser une base de données géographique des espèces 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 à la modélisation géographique de la vulnérabilité au paludisme dans la commune d'Ifangni** ». Leurs travaux visent à identifier les zones de 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 de proximité par rapport aux sites potentiels de présence du vecteur (marécages et vallons humides) leur a permis de cartographier trois niveaux de 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 sujet « **cartographie des facteurs de risque de la pneumonie dans le district sanitaire de Bouake Sud** ». Ce sujet 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 utilisé des données climatiques mensuelles, des données satellitaires de Landsat et de MODIS (aérosol), des statistiques sanitaires, démographiques et des enquêtes de terrain. Des techniques variées de cartographie ont été appliquées à chaque type de donnée. Ces techniques sont issues des méthodes de la 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 à 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. Ainsi, le traitement des images satellitaires leur ont 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 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 de 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), des données du milieu naturel (les eaux, le climat) et des données satellitaires multi sources de diverses résolution spatiales. Le traitement des données pour l'obtention de résultats exprimés sous la forme cartographique a fait appel à la géostatistique, aux techniques de représentation cartographique par plage et par point, aux techniques de traitement des images satellitaires et aux techniques de SIG. Concernant ces dernières,

diverses techniques 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 Sonwougnandé. 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., IDRISSE Sbai K., DEPARIS Xavier, PEYREFFITE Christophe, LIGHTBURN Edward, MALOSSE Dominique, MIGLIANI René, SPIEGEL André, & BOUTIN Jean-Paul. 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/documents/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