

## Contribution des données géospatiales a l'étude du risque de paludisme en milieu péri-urbain: cas de la localité d'Anonkoua kouté (Abidjan, Côte d'Ivoire).

KOUAME Adonis Krou Damien<sup>1</sup>, ADINGRA Yao Guy Pacôme<sup>1</sup>, KASSI Ahon Jean-Baptiste<sup>1</sup>, TOURE Offianan André<sup>2</sup>, HAUHOUOT Asseypo Célestin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT)/ Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire)

<sup>2</sup>(Unité de Paludologie/ Institut Pasteur, Côte d'Ivoire, Côte d'Ivoire)

<sup>3</sup>(Institut de Géographie Tropicale)

Corresponding Author: KOUAME Adonis Krou Damien

**ABSTRACT:** The aim of this study is to determine the risk of malaria in Anonkoua Kouté, in Abidjan Region. Thus, environmental parameters related to the development of the vector were mapped using remote sensing data to identify potential areas of breeding sites. Ground data collected using a GPS helped completing this information. The main larvae sites identified are water points, vegetation and shallows. Exposure due to these different sites informations was also mapped and classified. A Multicriteria analysis was conducted to assess environmental risk, which helped mapping sensitivity areas to malaria. The results showed that water points were the most important criterion for environmental risk, followed by vegetation and lowlands. Areas of high sensitivity to Malaria were mainly around valleys with the highest number of incident cases.

**KEYWORDS:** Remote Sensing, GIS, Environmental Factors, Malaria, Abidjan.

Date of Submission: 21-01-2018

Date of acceptance: 05-02-2018

**RESUME :** Dans le but de déterminer les zones à risque de paludisme à Anonkoua Kouté, dans la périphérie abidjanaise, les paramètres environnementaux liés au développement du vecteur ont été cartographiés à partir des données de télédétection ce qui a permis d'identifier des zones potentielles de gîtes larvaires. Les données de terrain recueillies à l'aide d'un GPS ont permis de compléter ces informations. Les principaux gîtes larvaires identifiés sont les points d'eau, la végétation et les bas-fonds. La cartographie de l'exposition due à ces différents gîtes a aussi été élaborée. Ceux-ci ont été classifiés et une analyse multicritère a été réalisée en vue d'évaluer le risque environnemental. Ce qui a permis de cartographier la sensibilité au paludisme. Il ressort de cette étude que les points d'eau constituent le critère le plus important au niveau du risque environnemental, suivis de la végétation et des bas-fonds. Les zones de sensibilité élevée se retrouvent aux alentours des vallées et regroupent le plus grand nombre de cas incidents

**MOTS-CLÉS** - Télédétection, SIG, Facteurs environnementaux, Paludisme, Abidjan

### I. Introduction

La menace des maladies vectorielles et leur impact poussent les acteurs de santé publique à développer et utiliser des nouveaux moyens de lutte. La transmission du paludisme dépend des conditions climatiques et environnementales qui peuvent influencer sur l'abondance et la survie des moustiques, telles que le régime des précipitations, la température et l'humidité [1,2]. Dans le cadre de la lutte contre le paludisme les chercheurs et les professionnels de la santé ont opté pour des méthodes qui leur permettront de mieux comprendre et d'anticiper l'apparition d'épidémie. L'environnement est un déterminant majeur de la biodiversité du paludisme à cause du caractère vectoriel de la transmission et des préférences bioécologiques des vecteurs. Aussi, les satellites en orbite peuvent-ils fournir des données environnementales, climatiques et météorologiques exhaustives et répétitives [3]. Ils permettent en définitive d'analyser des relations Environnement-Climat-Santé pour mettre en évidence les liens entre l'émergence et la propagation des maladies infectieuses (liées aux vecteurs à l'eau et à l'air) et les changements climatiques et environnementaux en s'appuyant sur la technologie spatiale. La Côte d'Ivoire en général et Abidjan en particulier réunit toutes les conditions favorables à la prolifération de cette maladie. La prévalence au sein de la population a été exprimée à 43% en 2013 [4]. L'on

note par ailleurs une hétérogénéité entre le centre-ville et la périphérie concernant la vulnérabilité sanitaire et environnementale à Abidjan comme dans la plupart des grandes villes africaines [5,6]. Anonkoua-kouté, village situé en milieu péri-urbain et faisant partie des 5 sites sentinelles de l'IPCI dans le cadre du PNLN a été choisi du fait de sa localisation en milieu périurbain. L'objectif de ce travail est de déterminer les zones à risque de paludisme dans la localité d'Anonkoua Kouté, dans la périphérie abidjanaise, à partir des facteurs environnementaux intervenant dans la prolifération des gîtes larvaires.

## II. Présentation de la zone d'étude

La localité d'Anonkoua Kouté est située au Nord-Ouest de la ville d'Abidjan précisément dans la commune d'Abobo entre 5° 26 et 5° 24 latitude Nord et 4° 3 et 4° 1 de longitude Ouest. Elle se subdivise en deux quartiers ou secteurs (Anonkoua Kouté et Anonkoua III) (Fig 1).

Anonkoua-Kouté bénéficie d'un climat subéquatorial humide caractérisé par deux saisons de pluie une petite entre le mois de mai et juin et une grande entre octobre et décembre. Elles sont entrecoupées de deux saisons sèches de Janvier à avril et d'août à septembre. La pluviométrie dans cette zone est abondante et atteint annuellement 1500 mm de pluie par an pour des températures variant entre 25 et 30° avec un taux d'humidité d'environ 80%.

La localité d'Anonkoua Kouté est située sur un plateau. Cette zone accidentée avec une élévation moyenne de 104 m. Elle est disséquée par plusieurs vallées qui la sillonnent dans les directions Sud – Nord-Est et Sud – Nord-Ouest avec des profondeurs variant entre 20m et 50m. Ces vallées servent de drain naturel aux eaux de ruissellement durant la saison des pluies. Il faut aussi noter la présence de végétation constituée de formation hydromorphe qui occupe les fonds des vallées et les bas-fonds.

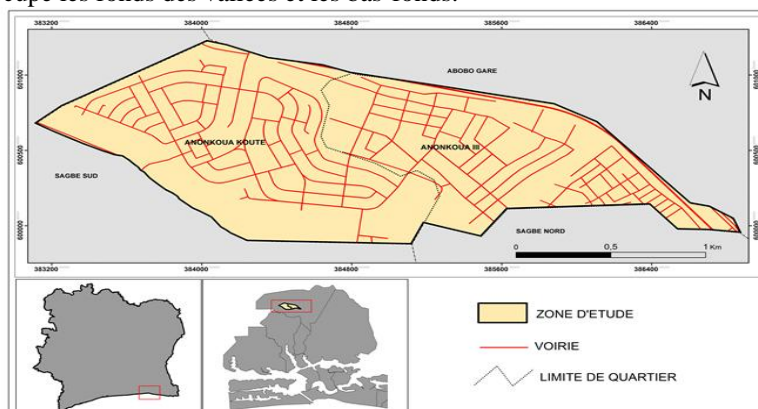


Figure 1: Localisation de la zone d'étude.

## III. Matériel et Méthodes

### 3.1. Données

#### 3.1.1. Données satellitaires

- image SPOT 5 de janvier 2013. De cette image seront extraits certains paramètres environnementaux. Elle couvre toute la zone d'Abidjan et vu qu'elle a été prise juste après la petite saison des pluies (Octobre-Décembre), elle est parfaite pour l'analyse des collectes d'eau qui sont très importantes dans la détermination des gîtes larvaires.

- image Landsat Oli qui servira pour faire ressortir les informations sur l'humidité et acquise à la même date (mois et année) que l'image SPOT 5.

#### 3.1.2. Données cartographiques et statistiques

- Un fond de carte sur la voirie et le parcellaire téléchargé en format shapefile sur le site Openstreetmap pour la délimitation de la zone d'étude

- Une carte topographique avec les courbes de la ville d'Abidjan, a été utilisée pour le Modèle numérique de terrain (MNT).

#### 3.1.3. Données épidémiologiques

Ces données ont été fournies par l'Institut Pasteur ; il s'agit des cas de paludisme dans la zone ainsi que des informations renseignant sur l'âge, le sexe et le lieu de résidence du malade.

#### 3.1.4. Données écologiques

Les variables que sont la végétation, le type d'occupation du sol, l'humidité et l'altitude qui caractérisent la distribution du vecteur et influencent sa prolifération sont obtenus grâce aux images par le calcul de certains indices. Par ailleurs des données de terrain complémentaires seront collectées avec un GPS.

### 3.2. Méthodologie

#### 3.2.1. Cartographie des paramètres environnementaux et exposition due aux gîtes larvaires

Plusieurs études ont été orientées vers des modèles intégrant l'utilisation d'outils spatiaux pour la mise en évidence les facteurs de risque de prolifération des anophèles [7,8,9,10,11]. Les facteurs couramment utilisés sont : le couvert végétal, l'humidité relative du sol, les points d'eau et le relief. La majorité de ces paramètres s'obtient à partir des calculs d'indices, qui sont acquis par la combinaison des différentes bandes spectrales.

- Cartographie du couvert végétal (NDVI).

La présence de végétation reste très associée à la prolifération des gîtes de repos des anophèles. La détection d'une activité chlorophyllienne intense est une variable qui est étroitement associée à la présence d'eau, ce qui favorisera l'implantation des gîtes larvaires [12,13,14].

- Cartographie de l'indice de différence normalisée des marres (NDPI)

Cet indice permet de faire ressortir les surfaces en eau et de différencier la végétation submergée de celle qui ne l'est pas. Après l'application d'un seuillage nous avons obtenu la disposition des points d'eau surtout celle qui stagnait au fond des vallées. Les points de collecte d'eau restent déterminants dans l'écologie du vecteur et c'est une condition nécessaire à la ponte des œufs des femelles [10,15,16].

- Cartographie de l'humidité de surface

L'humidité au sol a été déterminée avec l'image Landsat Oli par calcul de l'indice d'humidité par la technique du tasseled-cap [17]. L'humidité du sol est un paramètre important dans la répartition des gîtes larvaires. Car une forte humidité peut être la conséquence d'une présence d'eau.

- Modèle numérique Altitude

Nous avons d'abord extrait d'une image SRTM les courbes de niveau de la zone d'étude que nous avons ensuite transformé en points. Une interpolation des points obtenus a permis de faire ressortir le MNT. L'altitude constitue un facteur déterminant dans la distribution des points d'eau permanent qui conditionne la vie du vecteur. Aussi la quantité de moustique et leurs zones d'influence se réduisent avec l'altitude [12,18].

- Exposition due aux gîtes larvaires

Les différents paramètres (NDVI, NDPI, Indice d'humidité, altitude) ont permis de définir des gîtes larvaires. En tenant compte des informations concernant l'écologie du vecteur, et les différentes observations sur le terrain, nous avons procédé à une réorganisation des paramètres de départ, en trois grands critères de présence de gîtes larvaires ce sont : les points d'eau stagnante, la végétation et les bas-fonds.

Les différents critères recensés ont fait l'objet d'une interpolation. Cela nous a permis d'obtenir des cartes d'exposition au paludisme pour chacun des critères.

### 3.2.2. *Collecte des données sur le terrain*

Cette collecte de données de terrain à l'aide d'un GPS a permis de compléter les informations obtenues à partir des images satellitaires. Cela à cause de la résolution des images satellitaires qui ne permettait pas la discrimination de certains éléments.

- Collecte des données concernant les points d'eau

L'écologie du vecteur nous a amené à intégrer d'autres informations concernant les points d'eau car certaines activités en milieu urbain tendent à favoriser la prolifération des gîtes larvaires. Aussi des levés GPS ont été effectués sur des points d'eau permanents qui étaient trop petits pour être distingués sur l'image à cause de sa résolution spatiale.

- Collecte des données sur les cas de paludisme

La localisation des cas incidents de paludisme a été réalisée grâce à l'adresse de résidence de chaque patient mentionnée dans les registres de consultation. Le lieu d'habitation des malades a été dans notre cas considéré comme le lieu de contamination, vu que les heures de contact homme vecteur les plus importants se trouve être à l'aube et au crépuscule

### 3.2.3. *Evaluation du risque environnemental et cartographie de la sensibilité au paludisme*

- Evaluation du risque associé

Pour les critères retenus que sont les points d'eau stagnante, la végétation et les bas-fonds nous avons évalué le niveau de risque en procédant à des calculs de ratio (le ratio étant le rapport du nombre de gîte larvaires d'une classe par le nombre de l'ensemble des gîtes larvaires de toutes les classes). Les critères ont été classés selon leur degré d'influence dans le processus de développement des gîtes. Cela a consisté à définir des classes par niveau de pertinence sur la base de l'ensemble des données obtenues pour les différents critères retenus.

L'analyse multicritère par la méthode d'agrégation complète par pondération développée par Thomas SAATY a été utilisée en vue d'affecter des coefficients de pondération aux différents critères pour mieux étudier le risque de prolifération des moustiques.

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 [19,20,21]. Celle – ci passe par le croisement des critères et l'attribution de poids à ceux-ci.

La cohérence du raisonnement sera vérifiée par le calcul de l'indice de cohérence (IC) selon SAATY si notre 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 inférieur à 10 %.

- **Cartographie de la sensibilité au paludisme**

L'aléa désigne la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux [22]. Dans le cas de notre étude l'aléa est désigné par la présence des anophèles qui se caractérise par la prolifération des gîtes larvaires. La cartographie de cet aléa s'est faite par la délimitation des zones à forte, moyenne et faible sensibilité, selon la quantité des gîtes larvaires qui sont particulièrement nombreux et actifs. Nous avons additionné les cartes d'exposition des différents facteurs en les multipliant par leurs poids afin d'obtenir les cartes de sensibilité au paludisme.

3.2.4. *Validation*

La validation de la carte de sensibilité s'est faite par superposition des couches d'information concernant la localisation des cas de paludisme et le niveau de sensibilité

## IV. Résultats

### 4.1. Exposition due aux paramètres environnementaux

La carte de l'exposition due aux bas-fonds (Fig. 2) fait ressortir l'exposition au paludisme due à ce facteur environnemental. La zone sud reste une zone de forte exposition et cela à cause des vallées qu'on y retrouve. Le quartier d'Anonkoua reste le plus exposé à cet aléa car presque toute sa surface est dans une zone de forte exposition. Ce qui n'est pas le cas d'Anonkoua III seulement deux zones de bas-fonds ont été relevés dans la partie Sud.

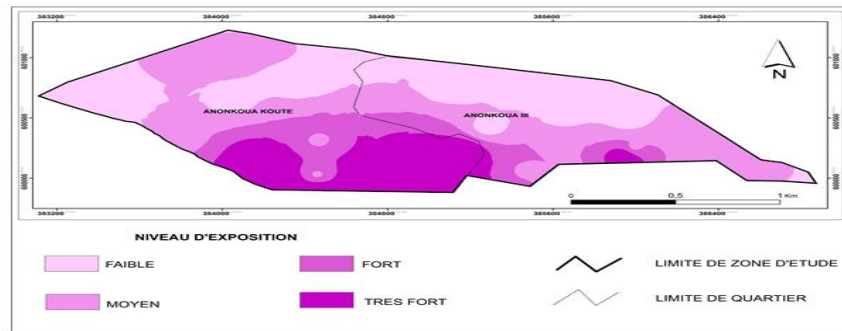


Figure 2: Carte d'exposition au bas-fond

La végétation est un élément déterminant dans le fonctionnement de tout écosystème et un des facteurs commandant la multiplication des anophèles dans les zones humides. La carte de la Figure 3 met en évidence des zones de couverture végétale importante. Bien que nous ayons une exposition moyenne sur toute la zone d'étude les parties sud et Sud-ouest ressortent comme étant les plus exposées. D'autre part l'on remarque une forte exposition dans quelques endroits à l'Est. Par rapport à la comparaison entre quartiers le constat reste le même car Anonkoua Kouté est plus exposé qu'Anonkoua III.

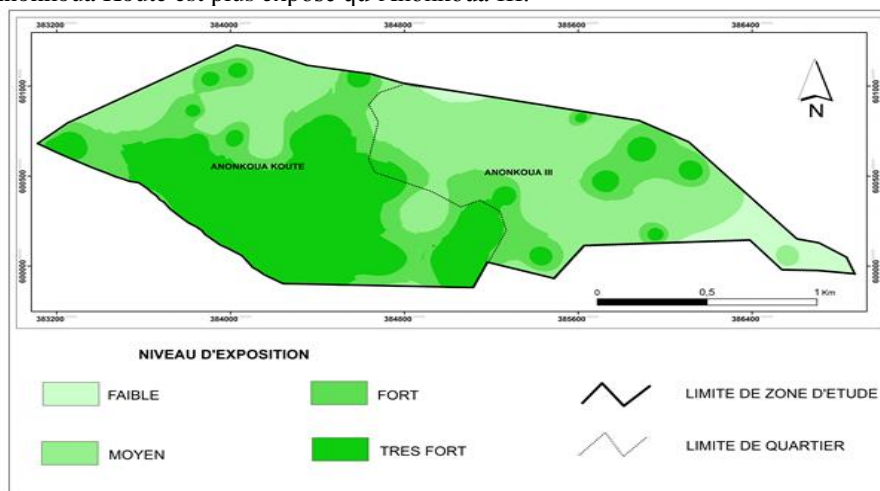


Figure 3: Carte d'exposition à la végétation

La présence de l'eau est un facteur déterminant dans la prolifération des gîtes larvaires car elle sert de site de ponte pour l'anophèle. Il est question sur cette carte de l'exposition au paludisme due aux points d'eau (Fig. 4). L'exposition est forte sur la grande partie de la zone d'étude. La zone de très forte exposition s'étend du

nord au sud. Seule la zone Ouest semble être épargnée. La dispersion de ces points d'eau se justifie par l'hétérogénéité des facteurs contribuant à la formation des collectes d'eau en milieu urbain. La cartographie de l'exposition due aux différents facteurs environnementaux nous donne de voir que notre site d'étude est plus ou moins soumis à une forte exposition. Certaines zones comme la zone sud est très exposé quel que soit le facteur pris en compte.

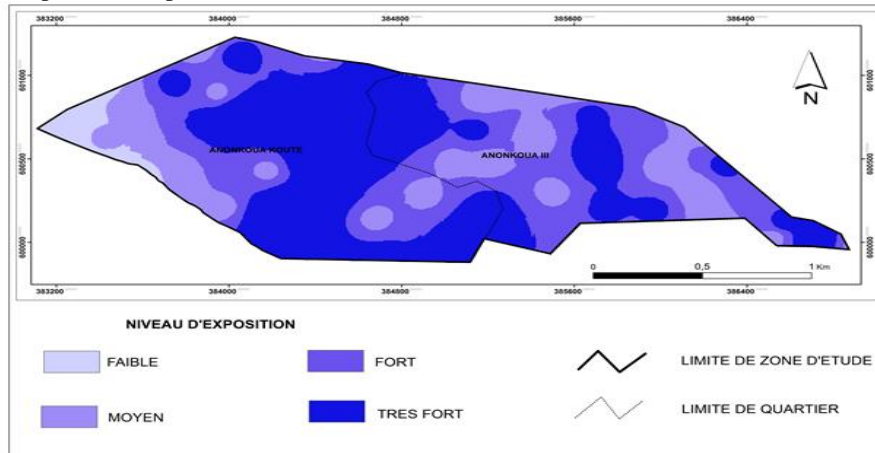


Figure 4: Carte d'exposition aux points de collecte d'eau

#### 4.2. Evaluation du risque associé

Cette évaluation passe par la classification des paramètres environnementaux. Ainsi, les gîtes larvaires observés sur le terrain sur la base des informations obtenues à partir de l'image satellitaire sont dénombrés dans le Tableau I.

Tableau I : Dénombrement des gîtes larvaires

INDICES	CRITERES	NOMBRE DE GITES LARVAIRES	
		ANONKOUA KOUTE	ANONKOUA III
NDVI	Végétation	26	10
NDPI	Point d'eau	38	24
IH	bas- fond	5	3
ALTITUDE			

Ce tableau nous montre une forte quantité de points d'eau stagnante pour les deux quartiers. Nous remarquons aussi que quel que soit les critères les gîtes dénombrés dans le sous-quartier Anonkoua Kouté sont plus nombreux que ceux identifiés à Anonkoua III.

Les calculs des ratios et la classification des critères choisis sont détaillés dans le tableau II.

Tableau II : Ratio et classification des facteurs environnementaux

Critères	Anonkoua Kouté	Anonkoua III	produit ratio	Classes	Importance
points d'eau	0,550724638	0,648648649	0,35722679	1	Très important
végétation	0,376811594	0,27027027	0,10184097	2	important
bas-fond	0,072463768	0,081081081	0,00587544	3	Moins important

Il ressort de ce tableau que le critère le plus important est constitué des points d'eau, suivi de la végétation et enfin les bas-fonds.

#### 4.3. Cartographie de la sensibilité

La carte de sensibilité (Fig. 5) générée à partir du croisement des différentes cartes d'exposition au gîte larvaire donne une idée de l'écosystème parfait pour la prolifération du vecteur.

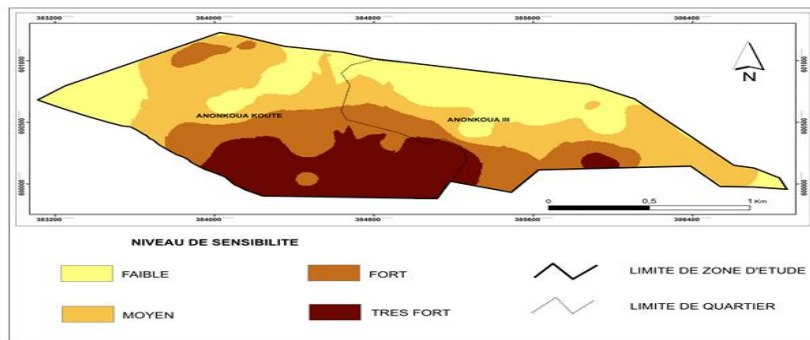


Figure 5: Carte de sensibilité

La carte nous montre que le Sud de la zone d'étude est très sensible par contre l'Est et le Nord-Est sont moins exposés. Les zones de sensibilité élevée se retrouvent aux alentours des vallées et cela à cause de la persistance des points d'eau et du couvert végétale qui offrent les conditions nécessaires pour le développement du vecteur.

#### 4.4. Validation des résultats

La validation des résultats par superposition des couches d'information concernant la localisation des cas de paludisme et le niveau de sensibilité est illustrée par la figure 6.

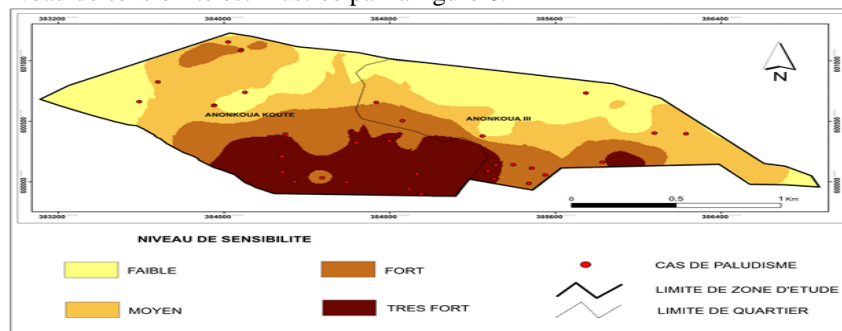


Figure 6 : Cas incident de paludisme par rapport au niveau de sensibilité

Sur les 18 cas enregistrés à Anonkoua Kouté l'on retrouve 9 cas dans la zone de très forte sensibilité. Dans les zones de forte et moyenne sensibilité on enregistre respectivement 2 et 5 cas de paludisme et 2 cas pour la zone de faible sensibilité.

En tout 14 cas ont été répertoriés à Anonkoua 3, nous avons 3 cas de paludisme dans la zone de très forte sensibilité, 6 cas pour la zone de forte sensibilité. Les zones de moyenne et faible sensibilité on compte respectivement 4 et 1 cas de paludisme.

Cette répartition des cas est en adéquation avec la délimitation des zones de sensibilité car les zones jugées les plus sensibles enregistrent le plus grand nombre de cas de paludisme. Cette répartition des cas est en adéquation avec la délimitation des zones de sensibilité car les zones jugées les plus sensibles enregistrent le plus grand nombre de cas de paludisme.

## V. Discussion

Les méthodes utilisées dans ce travail nous ont permis de cartographier les paramètres environnementaux dans les quartiers d'Anonkoua Kouté et d'Anonkoua III. Les résultats nous ont montré que l'utilisation des données de télédétection en épidémiologie peut permettre de déterminer la part des facteurs environnementaux dans la prolifération des gîtes larvaires.

La mise en évidence des facteurs environnementaux fait ressortir une variation importante de ces facteurs d'un quartier à un autre soulignant le caractère hétérogène de ces paramètres dans le milieu urbain. Le niveau de risque varie en fonction de la quantité des facteurs environnementaux dans chaque quartier.

L'association de calcul statistique à savoir l'analyse multicritère a permis de valider ces différents paramètres. Le choix des différents critères s'est fait en se focalisant sur les facteurs environnementaux favorisant la présence des gîtes larvaires. Ce qui a facilité le dénombrement des gîtes larvaires potentiels sur le terrain.

Tous les cas de paludisme n'ont pas été géolocalisés pour plusieurs raisons entre autres la délocalisation de certains patients, la barrière linguistique, l'insécurité dans des secteurs nous empêchant de nous y rendre.

Néanmoins nous avons obtenu plus de la moitié des cas incidents car 32 cas sur les 47 cas enregistrés ont été géolocalisés. Ceci a permis de valider les résultats obtenus.

Plusieurs études combinant l'utilisation de la télédétection et des SIG en épidémiologie ont été réalisées. En effet dans une étude réalisée dans la région de l'Agnéby en Côte d'Ivoire a montré la pertinence de ces outils dans la prédiction du risque bilharzien [23]. Les SIG ont permis d'analyser l'environnement sanitaire du choléra au niveau des quartiers de la ville d'Abidjan suggérant ainsi une accentuation de la surveillance épidémiologique dans ces quartiers [24]. D'autres études basées sur des critères pour l'identification, le choix et la distribution spatiale des facteurs environnementaux susceptibles d'engendrer la création des gîtes larvaires ont aussi utilisé des outils et méthodes similaires aux nôtres ; c'est le cas d'une étude réalisée dans le sud de la Côte d'Ivoire a montré que les eaux usées constituaient le facteur environnemental le plus pertinent dans le développement du paludisme [19].

Dans d'autres régions du monde la Télédétection et les SIG ont été utilisés pour l'évaluation et la surveillance épidémiologique du paludisme. Ces techniques ont même permis d'identifier les variables environnementales influençant la densité de vecteurs du paludisme [12, 13, 11, 14].

## VI. Conclusion

Le traitement et l'analyse des données satellitaires a permis de mettre en évidence les facteurs environnementaux intervenant dans la prolifération des gîtes larvaires. Les calculs d'indice se sont avérés déterminants dans l'identification des gîtes larvaires. Ces données ont été combinées avec des données de terrain collectées au GPS. Cette méthode a facilité la mise en évidence de différentes niches écologiques que sont les bas-fonds, les zones de végétation, et les points de collecte d'eau.

Les principaux gîtes larvaires identifiés sont les points d'eau, la végétation et les bas-fonds. La cartographie de l'exposition due à ces différents gîtes a aussi été élaborée. Ceux-ci ont été classifiés et une analyse multicritères a été réalisée en vue d'évaluer le risque environnemental. Ce qui a permis de cartographier la sensibilité au paludisme dans la localité d'Anonkoua Kouté.

Il ressort de cette étude que les points d'eau constituent le critère le plus important au niveau du risque environnemental, suivis de la végétation et des bas-fonds. Les zones de sensibilité élevée se retrouvent aux alentours des vallées et regorgent le plus grand nombre de cas incidents.

## RÉFÉRENCES

- [1]. OMS. (2015). Rapport sur le paludisme dans le monde 2014 Résumé. 28p
- [2]. B. CISSE, D. A NIANG., J. L. NDIAYE, J. A. DIONE, C. BRYANT, J. QUENSIERE, A. KANE et O. FAYE. Facteurs de risque environnementaux de la persistance du paludisme dans la banlieue de Dakar (Guédiawaye – Pikine). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol. 15 (2), 2016, 275-290.
- [3]. V. SOTI, C PUECH, D. LO SEEN, A. BERTRAN, C. VIGNOLLES, B. MONDET, N. DESSAY, A. TRAN. Monitoring temporary ponds dynamics in arid areas with remote sensing and spatial Modelling. *International journal of applied earth observation and geoinformation*. Vol.11 (5), 2009, 344- 351.
- [4]. MINISTERE DE LA SANTE ET DE LA LUTTE CONTRE LE SIDA (2014). Rapport annuel sur la situation sanitaire 2013 en Côte d'Ivoire. 294p.
- I. SY, M. KOITA, D. TRAORÉ, M. KEITA, B. LO, M. TANNER ET G. CISSÉ. Vulnérabilité sanitaire et environnementale dans les quartiers défavorisés de Nouakchott (Mauritanie): analyse des conditions d'émergence et de développement de maladies en milieu urbain sahélien. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol 11 (2), 2011. (Consulté le 18 octobre 2017).
- [5]. S. GRANADO, A. A-M ETTIEN, N. A. B N'GRONMA., K. A YAO., M TANNER. et B. OBRIST. La vulnérabilité des citadins à Abidjan en relation avec le paludisme. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement Hors-série (3)*, 2006. (Consulté le 10 octobre 2017).
- [6]. M.B. TOURE. *Analyse spatiale de la transmission du paludisme en zone de riziculture irriguée de niono-mali*. Université du Mali. Thèse de doctorat, 2002.
- [7]. R NGOM. et A. SIEGMUND. De l'environnement à la santé: rôle moteur d'un SIG quant à l'intégration de facteurs multi thématiques pour l'élaboration d'un modèle prédictif des risques de transmission paludisme. *Conférence francophone ESRI 11 et 12 oct. 2006 à Issy-les-Moulineaux*, 21p.
- [8]. S.O. VANWAMBEKE, P SOMBOON., R.E HARBACH., M ISENSTADT., E.F LAMBIN et C WALTON. Landscape and land cover factors influence the presence of Aedes and Anopheles larvae. *Medical and Entomological Journal*. Vol. 44, 2007, 133-1444.
- [9]. V. MACHAULT. *Utilisation de données d'observation de la terre par satellite pour l'évaluation des densités vectorielles et de la transmission du paludisme*. Thèse de doctorat, Université de la Méditerranée Marseille, 259 p. 2010.
- [10]. V MACHAULT., C VIGNOLLES., F. BORCHI, P VOUNATSOU., F. PAGES, S BRIOLANT., J-P LACAUX, C ROGIER. The use of remotely sensed environmental data in the study of malaria. *Geospatial Health* 5(2), 2011, 151-168
- [11]. P CECCATO., S.J CONNOR., I. JEANNE, M.C THOMSON. Application of Geographical Information Systems and Remote Sensing technologies for assessing and monitoring malaria risk. *Parassitologia* Vol 47, 2005, 81-96.
- [12]. V. MACHAULT, C. VIGNOLLES, F. PAGÈS, L. GADIAGA, A. GAYE, C. SOKHNA, J-F TRAPE, J-P. LACAUX and C. ROGIER. Spatial heterogeneity and temporal evolution of malaria transmission risk in Dakar, Senegal, according to remotely sensed environmental data. *Malaria Journal* 9: 252. 2010

- [13]. P. DAMBACH, V MACHAULT., J-P. LACAUX, C VIGNOLLES., A SIE and R SAUERBORN. Utilization of combined remote sensing techniques to detect environmental variables influencing malaria vector densities in rural West Africa. *International Journal of Health Geographics* Vol 11:(8), 2012.
- [14]. J.P LACAUX., Y.M TOURE., C VIGNOLLES., J.A NDIONE., M LAFAYE. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. *Remote of environnement*. Vol. 106, 2007, 66-74
- [15]. J.A NDIONE., J. P BESANCENOT, J.P LACAUX. Environnement et épidémiologie de la fièvre de la vallée du Rift (FVR) dans le bassin inférieur du fleuve Sénégal. *Environnement, Risques et Santé*. 2003, 7p.
- [16]. C Huang., B. Wylie, C Homer., L. Yang et G Zylstra. Derivation of a Tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance: *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 23 (8), 2002, 1741-1748.
- [17]. M.J. BALLS, R BØDKER, C.J THOMAS, W KISINZA, H.A. MSANGENI, S.W LINDSAY. (2004). Effect of topography on the risk of malaria infection in the Usambara Mountains, Tanzania. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol 98, (7), 2004, 400–408.
- [18]. G. R. LOUGA, A. K. D. KOUAME, O. A. TOURE, K. F KOUAME. 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), 2015, 13-20
- [19]. D.A. ALLA. *Risques naturels dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*. Thèse d'Etat, Université Félix Houphouët Boigny, 2013, 385p.
- [20]. TA M YOUAN., T LASM., J.P JOURDA., M.B SALEY., G.M ADJA., K.F. KOUAMÉ, J BIEMI. Cartographie des eaux souterraines en milieu fissuré par analyse multi critère. Cas de Bondoukou (Côte d'Ivoire). *Revue Internationale de Géomatique*, Vol. 21 (1). 2011, 43-71.
- [21]. DAUPHINÉ A., *Risques et catastrophes : Observer, spatialiser, comprendre, gérer* (Edition. Armand COLIN, Paris, 2001)
- [22]. A.K.D KOUAME. *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'Agnéby*. Thèse de doctorat unique, Université Felix Houphouvt Boigny d'Abidjan, 2010.
- [23]. A. K. D. KOUAME, M-K SOUMAHORO, K. F. N'DRI, K. AFFIAN et A. C. HAUHOUOT. Cartographie de la vulnérabilité au choléra dans des quartiers défavorisés de la ville d'Abidjan. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 17 (4), 2016, 1302-131.

International Journal of Engineering Science Invention (IJESI) is UGC approved Journal with SI. No. 3822, Journal no. 43302.

KOUAME Adonis Krou Damien "CONTRIBUTION DES DONNEES GEOSPATIALES A L'ETUDE DU RISQUE DE PALUDISME EN MILIEU PERI-URBAIN: CAS DE LA LOCALITE D'ANONKOUA KOUTE (ABIDJAN, COTE D'IVOIRE)." International Journal of Engineering Science Invention (IJESI), vol. 07, no. 01, 2018, pp. 81–88.