



CONTRIBUTION DE LA GÉOMATIQUE A LA CARTOGRAPHIE DES ZONES A RISQUE DE TRANSMISSION DU PALUDISME DANS LA VILLE DE YAMOISSOUKRO (CENTRE DE LA COTE D'IVOIRE)

THE CONTRIBUTION OF GEOMATICS TO THE MAPPING OF MALARIA TRANSMISSION RISK AREAS IN YAMOISSOUKRO (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@curat-edu.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://retssa-ci.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 method generated a malaria risk map 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). Selon 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 influencer 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

télé-détection, 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.

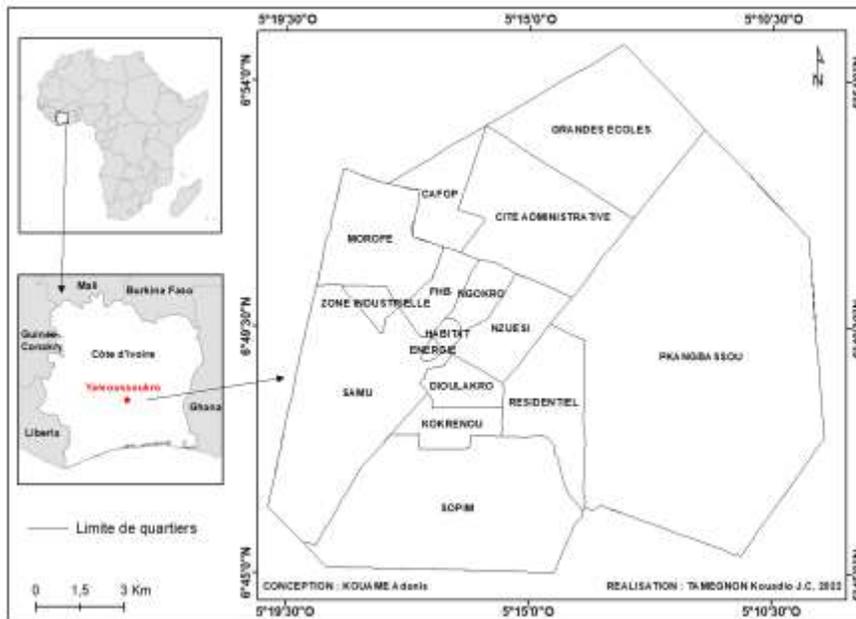
entre 6°45 et 6°54 de latitude Nord (Carte n°1). Elle couvre une superficie de 240,83 km². Son climat est de type subéquatorial de transition, caractérisé par deux saisons de pluies et deux saisons sèches. La petite saison de pluie s'étend de septembre à novembre. Quant à la grande saison de pluie elle 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%.

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

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 surface, elles influencent le cycle de 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 $TB = \frac{L_{\lambda}}{k_1 + k_2}$ (1)

avec L_{λ} 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

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 radiançe 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
Température	Valeur de la température de surface	25 < <30	Elevé
		20 < <25	Moyen
		>20 et 30 <	Faible
Humidité	TVDI	0 < TVDI ≤ 0.3	Elevé
		0,3 < TVDI ≤ 0,6	Moyenne
		0,6 < TVDI ≤ 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 :

$$IC = \frac{\lambda_{max} - \text{nombre de colonne}}{\text{nombre de colonne} - 1} \quad (2)$$

avec λ_{max} 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 à 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 :

$$RC = IC / IA \quad (3)$$

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

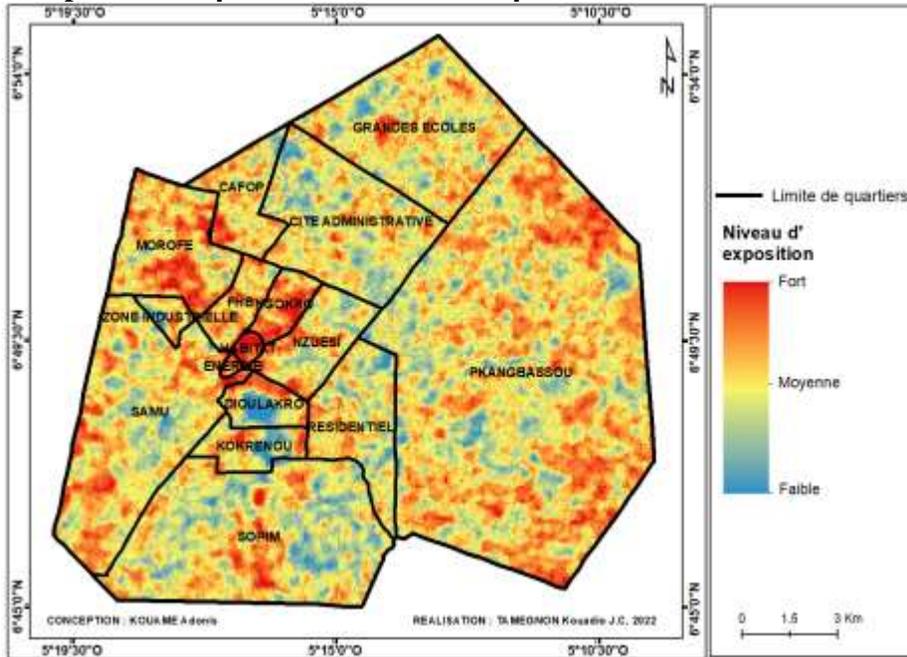
La carte n°2 met en évidence le risque d'exposition au développement des gîtes

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

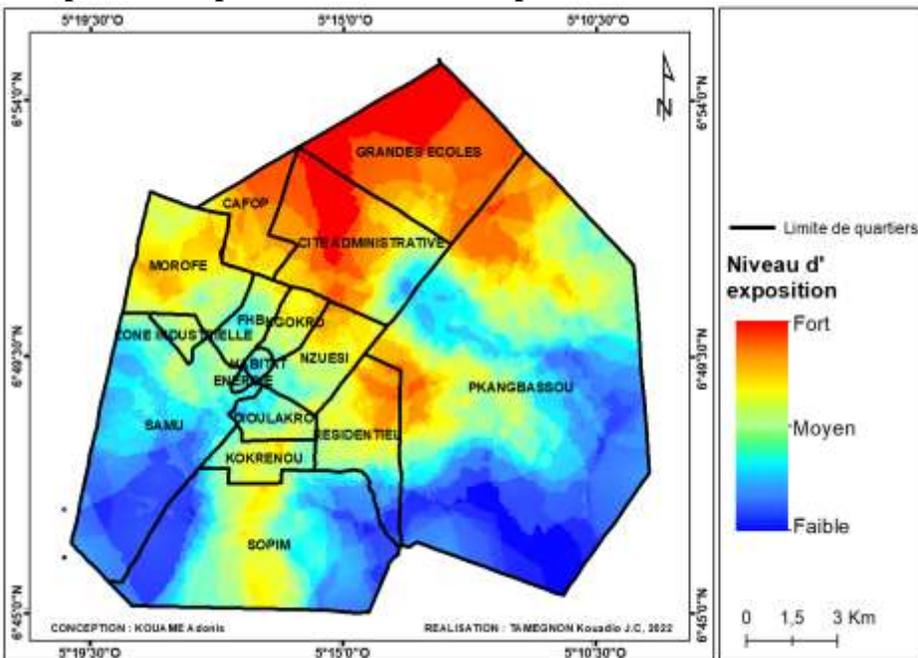
À l'instar de l'occupation du sol, la température est un facteur important dans la transmission du paludisme. La carte n°3 présente l'exposition au paludisme liée à la température de surface dans la ville de Yamoussoukro. L'analyse de cette carte fait ressortir trois niveaux de sensibilité à savoir faible, 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 au développement des vecteurs. Elles varient entre 20 °C et 25 °C ou supérieure à 30 °C.

Carte n°2 : Exposition au paludisme due à l'occupation du sol



Sources : Image Sentinel 2A, INS

Carte n°3 : Exposition au paludisme due à la température de surface



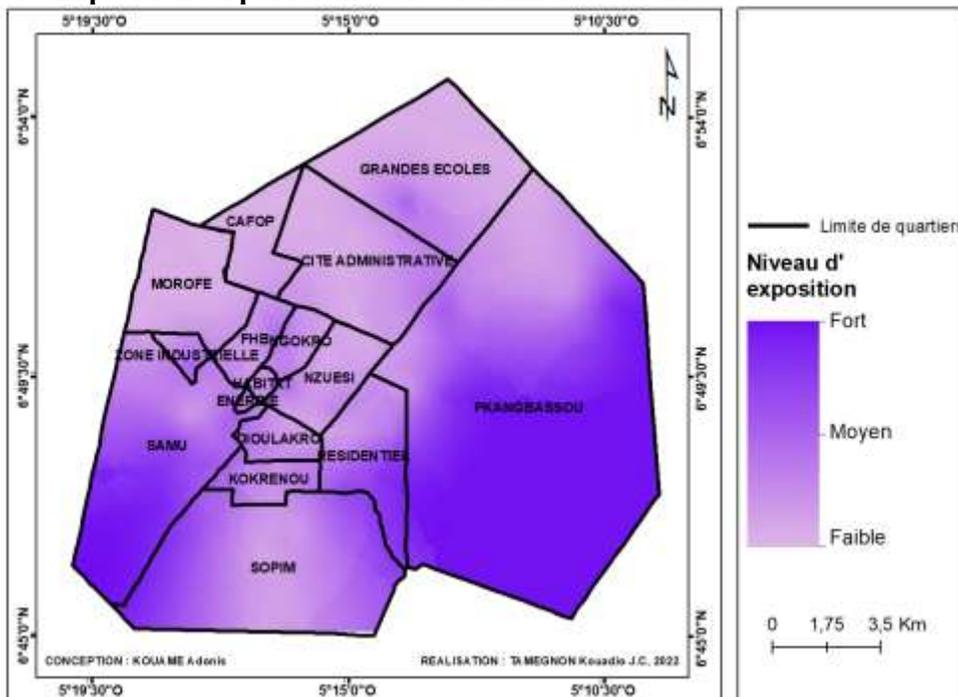
Sources : Image Landsat 8, INS

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 situés 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	H	OCS	TS	Vp	Cp
H	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

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 λ_{max} 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.

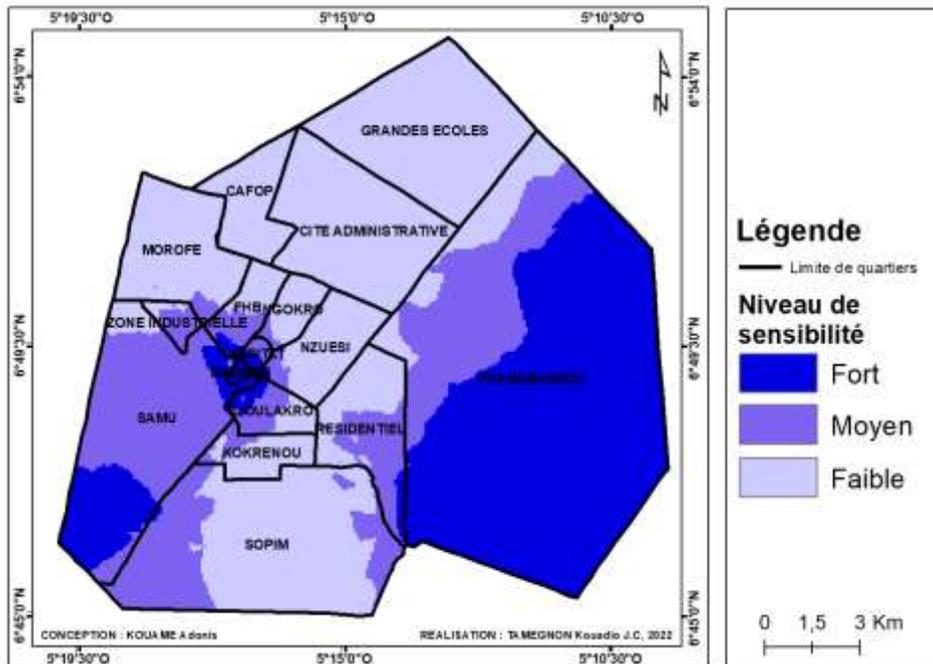
IA : Indice Aléatoire est dans notre cas égal à 0,58 qui correspond à celui assigné par Thomas SAATY aux matrices à 3 variables.

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

Carte n°5 : Sensibilité au développement des gîtes larvaires de moustiques à Yamoussoukro

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 et Zone 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 inexistantes 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.



Sources : Image Sentinel 2A, Image Landsat 8, INS

2.6. Carte des zones à risque de nuisance au paludisme

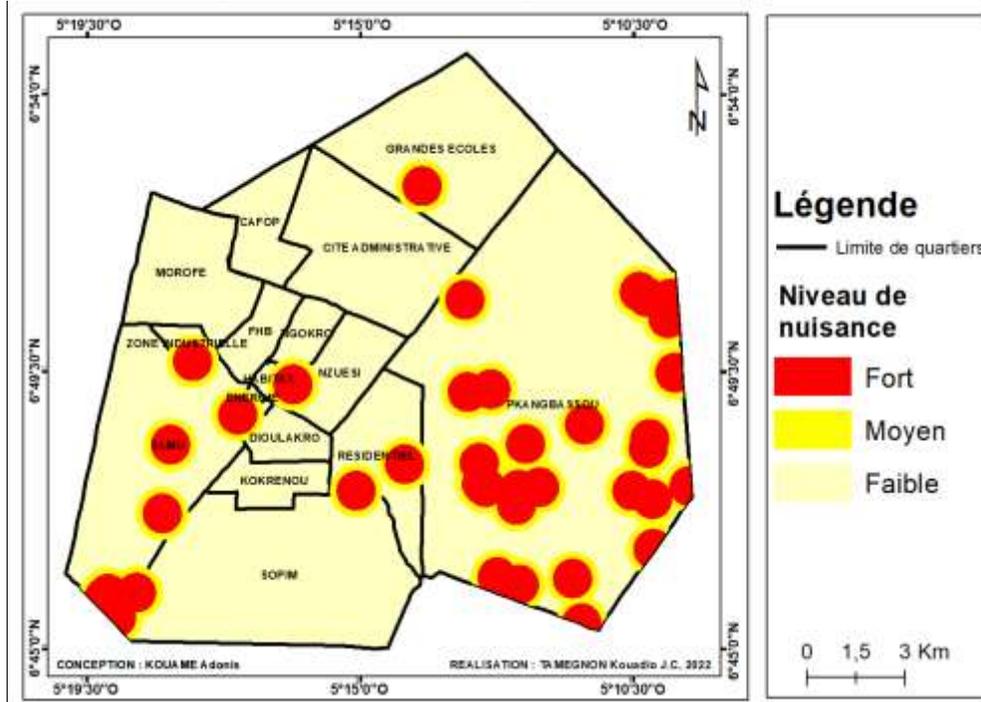
La carte des zones à risque de nuisance des vecteurs de paludisme présentée à la Carte n°6 a

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)

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 provient directement des images de 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 cartes, 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 paramètres environnementaux liés à la 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 Ahi 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.

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)

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/afbecb26267216966367847db65a1288.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 *Oncomelania hupensis*, in Hongze, Baima and Gaoyou lakes in Jiangsu province (China) », *Geospatial Health* 1, pp. 85-92.