

# Analyse Spatiale De La Morbidité Palustre Dans La Zone Sanitaire Sakété-Ifangni Au Sud-Est Du BENIN

## [Spatial Analysis Of Malaria Morbidity In The Sakété-Ifangni Health Zone In South-East BENIN]

Parfait Cossi Alexis AHOHOUNDO<sup>1\*</sup>, Gratien BONI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> École Doctorale Pluridisciplinaire de la Faculté des Sciences Humaines et Sociales (FASHS)

Université d'Abomey - Calavi (UAC)

01 BP 526 Cotonou, Bénin

parfaiter2010@gmail.com

<sup>2</sup> Centre Inter Facultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED)

Université d'Abomey - Calavi (UAC)

01 BP 526 Cotonou, Bénin

bonigras@yahoo.fr



**Résumé** – Le paludisme sévit en République du Bénin avec des taux de transmission élevés malgré les multiples interventions de prévention et de contrôle de la maladie. La présente étude analyse la distribution spatiale de l'incidence palustre et les facteurs de risque associés dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. Les données utilisées regroupent les cas incidents de paludisme sur la décennie 2013-2022, les données climato-environnementales et socio-démographiques à l'échelle des villages. La méthode d'Inverse de Distance Pondérée (IDW) a servi à cartographier l'intensité de la maladie en révélant les niveaux d'endémicité dans les communes de Sakété et Ifangni. L'analyse corrélationnelle et la régression linéaire multiple sont utilisées pour apprécier la relation entre les facteurs de risque à l'échelle des villages et la distribution spatiale de l'incidence cumulée du paludisme. Les résultats obtenus montrent une importante variation spatiale annuelle avec des disparités de l'indicateur de morbidité palustre. Cette évolution a révélé que la partie nord-ouest et la région médiane de la zone sanitaire sont les points endémiques avec des taux compris entre 185 et 282 %. Viennent ensuite des secteurs où la transmission affiche des taux moyens (108 cas et 157 cas/1000). Enfin, la transmission reste faible sur une dernière catégorie de localités où l'indicateur paludique annuel est en dessous de 92,1 %. La proportion de palmeraies ( $r = 0,526$  ;  $p = 0,025$ ), la température ( $r = -0,504$  ;  $p = 0,033$ ), l'humidité de l'air ( $r = 0,499$  ;  $p = 0,035$ ) et la proximité des cours d'eau ( $r = 0,498$  ;  $p = 0,035$ ) sont significativement corrélées à la morbidité liée au paludisme dans les villages. Toutefois, le modèle de régression linéaire a révélé l'effet de la température et des formations marécageuses sur la distribution géographique de la maladie. Ces résultats sont une contribution à une meilleure planification des actions de lutte et de sensibilisation, axées sur les secteurs endémiques.

**Mots clés** – Sakété Et Ifangni, Zone Sanitaire, Analyse Spatiale, Paludisme, Points Endémiques.

**Abstract** – Malaria is rife in the Republic of Benin, with high transmission rates despite multiple interventions to prevent and control the disease. This study analyses the spatial distribution of malaria incidence and associated risk factors in the Sakété-Ifangni health zone. The data used include incident cases of malaria over the decade 2013-2022, and climato-environmental and socio-demographic data at village level. The Inverse Distance Weighting (IDW) method was used to map the intensity of the disease, revealing endemicity levels in the municipalities of Sakété and Ifangni. Correlational and linear regression analysis were used to assess the relationship between village-level risk factors and the spatial distribution of cumulative malaria incidence. The results show significant annual spatial variation with disparities in the malaria morbidity indicator. This evolution revealed that the north-western part and the median region of the health zone are the endemic points with rates between 185 and 282 %. This is followed by areas where transmission shows

average rates (108 cases and 157 cases/1000). Finally, transmission remains low in a last category of localities where the annual malaria indicator is below 92.1 %. The proportion of palm areas ( $r = 0.526$ ;  $p = 0.025$ ), temperature ( $r = -0.504$ ;  $p = 0.033$ ), air humidity ( $r = 0.499$ ;  $p = 0.035$ ) and proximity to watercourses ( $r = 0.498$ ;  $p = 0.035$ ) were significantly correlated with malaria-related morbidity in the villages. However, the linear regression model revealed the effect of temperature and swamp formations on the geographical distribution of the disease. These results should be taken into account for better planning of interventions as part of control and awareness-raising campaigns, focusing on endemic areas.

**Keywords – Sakété-Ifangni, Health Zone, Spatial Analysis, Malaria, Endemic Points.**

## I. INTRODUCTION

L'humanité supporte depuis longtemps les affres de nombreuses maladies à transmission vectorielle. Ces affections représentent plus de 17 % des maladies infectieuses à l'échelle mondiale et occasionnent annuellement, plus d'un million de victimes (OMS, 2020 p. 5 ; T. Catry *et al.*, 2018, p. 1). Le paludisme en fait partie et constitue une véritable menace pour la santé publique, principalement dans toute l'Afrique tropicale et subtropicale (OMS, 2020 p. 8).

Avec environ 249 millions de cas et 608 000 décès en 2022, la transmission du paludisme traduit une tendance en hausse dans le monde (OMS, 2023, p. 2). Bien que les taux de létalité connaissent une baisse à l'échelle mondiale, il subsiste tout de même des régions géographiques où le nombre de décès reste élevé (R. Shretta *et al.*, 2017, p. 4). C'est particulièrement le cas de l'Afrique subsaharienne qui continue de porter le fardeau le plus lourd de la maladie avec 94 % des cas détectés et 95 % des décès associés (OMS, 2023, p. 3). En raison de son impact, le paludisme a fait l'objet d'une grande attention à travers des politiques d'interventions et des stratégies de lutte (M. A. Tewara *et al.*, 2018, p. 2). Elles s'articulent sous forme d'actions destinées à réduire la transmission de la maladie et la mortalité associée. Il s'agit principalement des moustiquaires imprégnées d'insecticide, les pulvérisations intra-domiciliaires d'insecticides à effet rémanent, les médicaments antipaludiques, les tests de diagnostic rapide et, plus récemment, les vaccins (C. Burgert *et al.*, 2012, p. 4 ; OMS, 2023, p. 7).

La mise en œuvre de ces programmes s'est traduite par une réduction de 40 % de la charge palustre dans l'ensemble des régions endémiques du monde, du fait de l'élargissement de la couverture en moustiquaires imprégnées d'insecticides et de l'accès aux médicaments pour aider à prévenir le paludisme (S. Bhatt *et al.*, 2015, p. 2). En dépit des efforts déployés pour réduire son incidence, des auteurs comme B. Bhatt et J. Joshi (2019, p. 221) ont mentionné que les pays en développement font davantage face à un risque de paludisme grandissant en raison des conditions environnementales favorisées par la proximité de sites de reproduction des vecteurs, une utilisation inadéquate des mesures de contrôle et l'occupation des sols. C'est pour cette raison que L. Stratton *et al.* (2008, p. 854) pensent que la difficulté d'un contrôle simultané des facteurs multiples de la propagation des vecteurs reste la cause majeure de la prévalence du paludisme.

La transmission du paludisme est très hétérogène en Afrique intertropicale en raison des variations éco-climatiques (C. Antonio-Nkondjio *et al.*, 2002, p. 350 ; F. T. Tokponnon *et al.*, 2023, p. 2). D'après T. Z. Nigussie *et al.* (2023, p. 2), les zones rurales sont plus exposées aux infections du paludisme car les populations de vecteurs y sont plus denses et plus diversifiées. Tout comme de nombreux Etats ouest-africains, le paludisme sévit de façon endémique au Bénin avec des variations saisonnières dans toutes les régions du pays (R. Aïkpon *et al.*, 2020, p. 2). Dans la perspective d'une mise en œuvre adéquate de politiques et directives pour l'éradication de cette pathologie, l'Etat béninois a créé en 1982 un Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP). De 2006 à 2010, de 2011 à 2016 et de 2017 à 2021, le PNLp a défini plusieurs stratégies et mené diverses interventions de lutte contre le paludisme dans tout le pays (B. G. Damien *et al.*, 2022, p. 2). La même source indique que ces actions d'intensification de la lutte contre le paludisme en vue de son élimination sont principalement basées sur l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée d'action (MILD), la pulvérisation intradomiciliaire d'insecticide à effet rémanent (IRS), le traitement préventif intermittent (IPTp-SP) à base de sulfadoxine-pyriméthamine, ainsi que le diagnostic rapide et l'accès au traitement par la thérapie combinée à base d'artémisinine (CTA). Malgré ces différents efforts de lutte, le paludisme représente encore le premier motif de consultation (45,5 %) et la première cause d'hospitalisation (48,8 %) au sein de la population générale (SNIGS, 2019, p. 74). De même, avec une incidence palustre de 21,2 % en 2019 en population générale et une prévalence parasitaire de 37,3 % chez les enfants de moins de 5 ans (INSAE et ICF, 2018, p. 192), la morbidité et la mortalité des suites d'accès palustres ont peu

varié ces dernières années au Bénin. L'examen des données sanitaires récentes sur la maladie révèle que l'incidence palustre est de 20,7 % dans la population alors que la mortalité a connu une augmentation de 0,29 % en 2022 (PNLP, 2023, p. 4).

Etant donné que le schéma de transmission du paludisme varie considérablement d'une région à l'autre, F. Médéou *et al.* (2011, p. 47), B. S. Dansou et L. Odoulami (2015, p. 129), P. C. A. Ahohoundo *et al.* (2018, p. 170) puis J. Sodji *et al.* (2023, p. 19), ont signalé à l'échelle du pays que les niveaux d'intensité de la transmission dans l'espace et dans le temps sont liés de façon significative aux variables climatiques, environnementales et sociales, agissant de manière distincte selon l'emplacement géographique. Dans un contexte d'espaces partiellement anthropisés comme celui de la zone sanitaire Sakété-Ifangni, les pratiques de l'espace en matière d'activités agricoles contribuent à une exposition au paludisme. De plus, les modes d'installation humaine et les comportements mitigés en matière d'assainissement domestique de ces communautés rurales agricoles, pour la plupart, ont favorisé une prolifération d'habitats larvaires (A. Sovi *et al.*, 2013, p. 1), dont la cohabitation avec l'hôte humain induit une transmission accrue de la maladie dans les communes de Sakété et Ifangni. La nécessité d'identifier les schémas spatiaux de la morbidité palustre à l'échelle des zones sanitaires en vue du contrôle et de la prévention du paludisme, malgré les efforts croissants déployés pour réduire l'incidence de la maladie n'est pas suffisamment explorée. Au regard de cette réalité, l'intérêt s'est accru d'étudier la variation spatiale de la morbidité palustre dans les communes de Sakété et Ifangni. Cette analyse prendra en compte l'évolution spatiale de la maladie et déterminera les facteurs climato-environnementales qui influencent cette dynamique à l'échelle des villages.

## II. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Cadre d'étude

L'étude a été réalisée dans les communes de Sakété et Ifangni, une des deux zones sanitaires que compte le département du Plateau au sud-est du Bénin. Ce territoire majoritairement rural est situé entre 6°30' et 6°53' de latitude Nord et entre 2°32' et 2°47' de longitude Est. Il partage ses limites administratives au Nord avec la commune de Adja-Ouèrè, au Sud avec la commune de Adjarra, le département de l'Ouémè à l'Ouest et une frontière d'environ 51 km à l'Est avec la République Fédérale du Nigéria (figure 1).

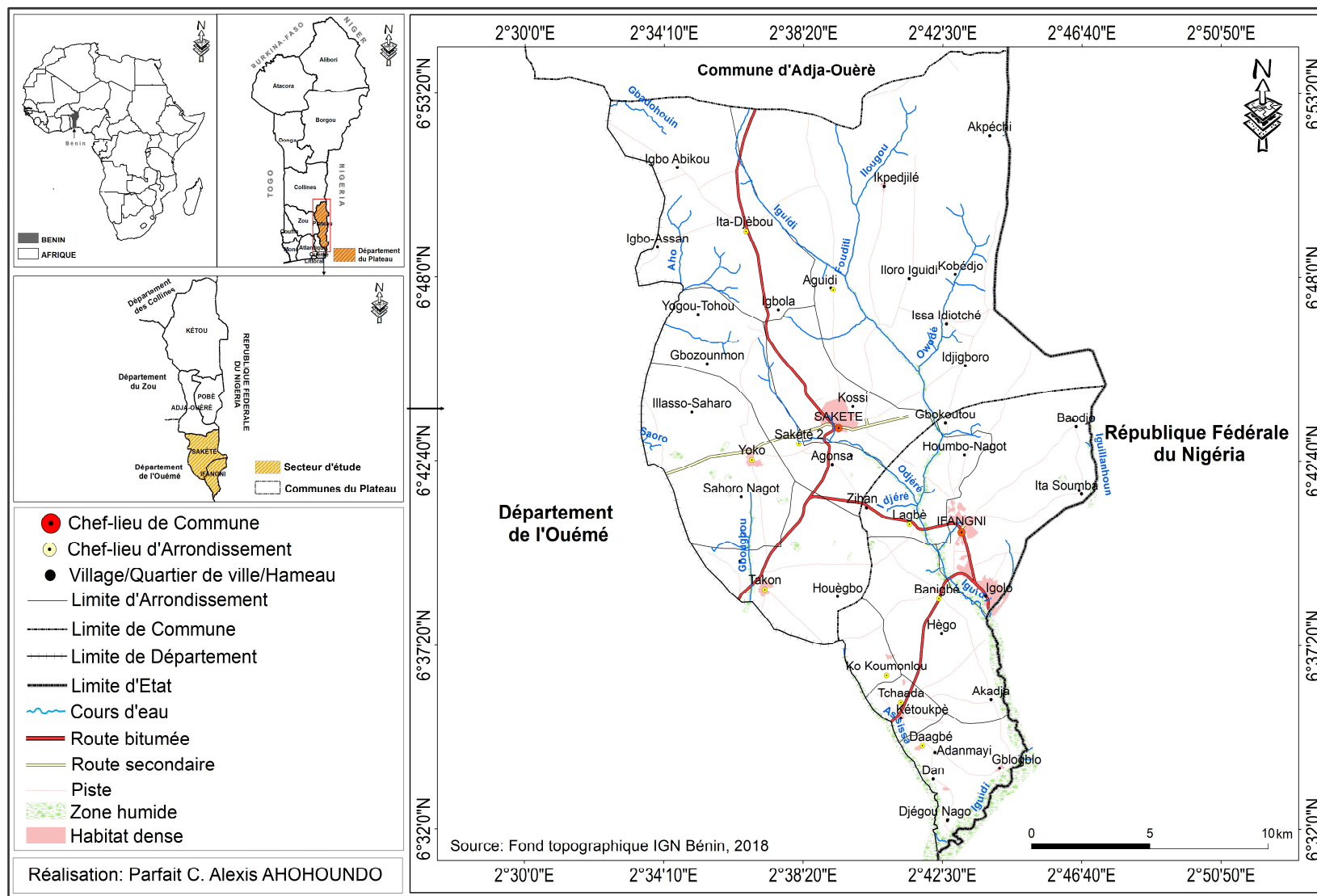


Figure 1 : Situation géographique de la zone sanitaire Sakété-Ifangni



Le relief est un plateau monoclinale avec une altitude moyenne de 80 m (L. Okioh, 2015, p. 658). Il est entaillé de plusieurs dépressions et vallons humides que drainent, du nord au sud, de multiples ruisseaux et rivières dont les plus importants sont Iguidi et Assissa. La région jouit d'un climat subéquatorial avec deux saisons sèches et deux saisons humides. Les températures moyennes annuelles sont comprises entre 23 °C à 32 °C alors que la pluviométrie moyenne annuelle avoisine 1300 mm (H. Aholoukpè *et al.*, 2013, p. 980 ; S. Zannou, 2014, p. 58).

Le paysage de ces deux communes est le reflet d'une végétation essentiellement composée de savanes arborées et arbustives, des reliques de forêts sacrées, des plantations de palmiers à huile (*Elaeis guineensis*) et des jachères arbustives (H. Aholoukpè *et al.*, 2013, p. 980 ; L. Fagbohoun *et al.*, 2014, p. 57). Cette couverture végétale est soutenue par deux catégories de sols : les sols ferrallitiques, très étendus (93,98 %) et les sols hydromorphes (6,02 %) remarquables dans les dépressions fermées, les vallons humides et en bordure des bas-fonds marécageux. Un tel environnement favorise grandement le développement larvaire, le maintien des vecteurs et donc une transmission ininterrompue du paludisme dans les deux communes. Par ailleurs, la population de 327 794 habitants (projections 2022) qui loge sur ce territoire est principalement jeune, avec 49 % de personnes âgés entre 15 et 59 ans. Cette masse humaine représente un potentiel en main-d'œuvre pour le développement mais également un réservoir d'hôtes indispensable aux repas sanguins pour l'anophèle et donc la transmission du paludisme.

## 2.2. Données utilisées

La conduite de cette étude a nécessité la mobilisation de plusieurs catégories de données et des méthodes spécifiques de traitements et d'analyse. Le tableau I présente les caractéristiques des différentes données utilisées.

**Tableau I :** Caractéristiques et sources des données utilisées

N°	Type de donnée	Nature	Source	Utilité
1	Climatique	Précipitation, température et humidité relative	Météo Bénin	Conditions pluviométriques et hygrométriques locales
2	Epidémiologique	Cas incidents de paludisme	Bureau de zone sanitaire SAKIF	Calcul de l'incidence cumulée du paludisme
3	Démographique	Effectifs de la population par arrondissement	INStAD	Projections de la population
4	Spatiale	Limites administratives des arrondissements et communes	IGN	Cartographie thématique

**Sources :** Données Météo-Bénin, SNIGS, INStAD, 2013 - 2022 ; IGN, 2018

Une dernière catégorie de données a été mobilisée suite à une enquête de terrain ayant permis d'interviewer 18 chefs de villages dont les localités ont été sélectionnées selon une méthode d'échantillonnage par grappes à deux degrés. Au premier degré, les douze arrondissements de la zone sanitaire Sakété-Ifangni ont été regroupés en trois catégories en fonction de l'incidence cumulée moyenne. De cette liste, six arrondissements ont été finalement tirés et retenus. Au second degré, un dénombrement des localités de chaque arrondissement a permis de disposer d'une liste de 44 villages à partir de laquelle un échantillon de trois villages par arrondissement a été tiré avec une probabilité proportionnelle à leur taille. Au total, 18 villages ont été sélectionnés et leurs chefs étaient éligibles pour être interviewés. Les critères de choix sont au plan physique : la présence de cours d'eau, de vallons humides, de dépotoirs d'ordures et d'une végétation luxuriante dans un rayon de 3 km autour des villages. Ensuite, la proximité géographique des villages et hameaux des principaux gîtes naturels sans oublier le poids démographique en termes de réservoir d'hôtes que constitue la localité. Les informations collectées auprès des chefs de village portent globalement sur les pratiques de l'espace, les facteurs socio-économiques et les offres de soins.

## 2.3. Méthodes de traitement et d'analyse des données

Les données mobilisées dans le cadre de cette recherche ont subi des traitements statistique et cartographique. Le traitement des informations alphanumériques est réalisé de façon numérique avec le tableur Excel. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de la version 20 du logiciel SPSS. Par contre, la représentation cartographique des tendances locales de la maladie s'est faite à l'aide du logiciel ArcGIS 10.8.

**2.3.1. Traitement et analyse des données épidémiologiques**

Les cumuls mensuels des cas incidents ont servi à calculer l’incidence cumulée de la maladie entre 2013 et 2022 dans les communes de Sakété et Ifangni, selon la formule ci-après.

$$Incid\ cuml = \frac{\text{nombre de cas incidents en une période donnée}}{\text{Population totale à risque}} * 1000 \tag{1}$$

La représentation spatiale de l’incidence cumulée a permis d’apprécier la distribution du paludisme et les points endémiques à l’échelle du territoire d’étude. Cette cartographie est réalisée suivant une approche déterministe locale d’interpolation spatiale par Inverse de Distance (IDW). Sa formule se présente comme suit :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n wi Xi}{\sum_{i=1}^n wi} \tag{2}$$

$$\text{avec } W = \frac{1}{(Dia)^P}$$

où  $W$  = poids ;

$P$  = puissance du poids ;

$Dia$  = distance entre les points  $i$  et  $a$  ;

$Xi$  = valeur connue de la variable étudiée.

R. R. Méyong *et al.* (2022, p. 16) indiquent que l’interpolation par IDW utilise des valeurs proches des points d’échantillonnage pour prédire l’incidence de la maladie en tout point du territoire d’étude. Et comme le signalent A. A. Hanafi-Bojda *et al.* (2012, p. 133) et M. B. Kursah (2014, p. 122), le recours à la pondération par IDW est plus approprié dans des contextes où les données épidémiologiques disponibles sont peu fournies. Bien que d’autres méthodes d’interpolation, telles que le krigeage, puissent être appropriées dans certains cas, cette méthode produit des cartes lissées, en éliminant des surfaces interpolées les zones où les valeurs de l’indicateur de morbidité sont extrêmement élevées ou faibles (J. Messina *et al.*, 2011, p. 3). Dans le cadre de cette recherche, la distribution spatiale de la maladie est réalisée annuellement, de 2013 à 2022. Par la suite, le résultat obtenu est découpé en cinq classes de valeurs selon une méthode de discrétisation par progression géométrique. Cette classification est réalisée en fonction de l’intensité du taux d’incidence moyen : très élevé, élevé, modéré, faible et très faible.

**2.3.2. Identification des facteurs éco-géographiques de l’évolution du paludisme**

Au terme de l’examen de la variabilité spatiale de l’incidence cumulée moyenne du paludisme au niveau des arrondissements des communes de Sakété et Ifangni, l’intérêt s’est porté sur l’effet des facteurs éco-géographiques sur la distribution du paludisme. A cette fin, les données collectées auprès des chefs de village ont été dépouillés et codifiés. Ensuite, une liste de onze (11) facteurs climato-environnementaux et socio-démographiques sont retenus à l’issue d’une synthèse bibliographique et en tenant compte des réalités des villages d’enquêtes.

Dans un premier temps, une association entre l’indicateur de morbidité et les variables de l’étude, au seuil de signification de 0,05 a été recherchée à l’aide d’un test de corrélation de Pearson, suivant la formule ci-après :

$$r = \frac{cov(x,y)}{\sigma(x). \sigma(y)} \tag{3}$$

où  $x$  et  $y$  sont deux variables considérées ;  $\sigma(x)$  et  $\sigma(y)$  représentent leurs écarts-types. Par convention, la relation entre  $x$  (incidence cumulée du paludisme) et  $y$  (variables de l'étude) est interprétée selon la grille suivante :

- lorsqu' on a  $0,6 < |r| < 1$  ; les deux (2) paramètres évoluent de la même façon. Ils sont liés. L'évolution de l'un influe sur l'autre. Les deux (2) phénomènes sont fortement corrélés ;
- lorsque  $0,3 < |r| < 0,6$  ; les deux (2) variables évoluent de manière approximativement identique. Ils sont moyennement corrélés ;
- lorsque  $0 < |r| < 0,3$  ; les deux (2) variables sont indépendantes. Il n'existe aucun rapport entre l'évolution de l'un et celle de l'autre, aucune corrélation entre les deux (2) variables.

Ensuite, tous les facteurs significatifs ont été inclus dans une analyse de régression linéaire multiple. Ce procédé est motivé par la nécessité de déterminer les effets des variables explicatives sur la distribution spatiale de l'indicateur de morbidité dans la zone sanitaire. Selon I. I. Yakudima *et al.* (2023, p. 3), sa formule se présente comme-suit :

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + ..... + \beta_mx_m + e_{ij} \quad (4)$$

où  $Y$  représente la variable dépendante,  $x_1$  à  $x_m$  les multiples variables indépendantes,  $\beta_0$  à  $\beta_m$  les coefficients de régression et  $e$  l'erreur aléatoire.

L'incidence cumulée moyenne est la variable dépendante, tandis que les facteurs climato-environnementaux et socio-démographiques des villages sont les variables explicatives.

### III. RÉSULTATS

L'épidémiologie du paludisme dans les communes de Sakété et Ifangni est appréhendée à travers la dynamique spatiale de la maladie.

#### 3.1. Variation spatiale de l'incidence cumulée du paludisme dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni

La distribution spatiale de l'incidence cumulée du paludisme dans les communes de Sakété et Ifangni, entre 2013 et 2022, a révélé une forte hétérogénéité spatiale au niveau de la répartition par arrondissements. Le taux moyen global de l'indicateur de morbidité palustre au cours de la décennie dans les douze arrondissements oscillait entre 28,23 ‰ et 282 ‰, ce qui correspond à une variation importante. Les figures 5 et 6 illustrent le schéma spatial de cette variation.

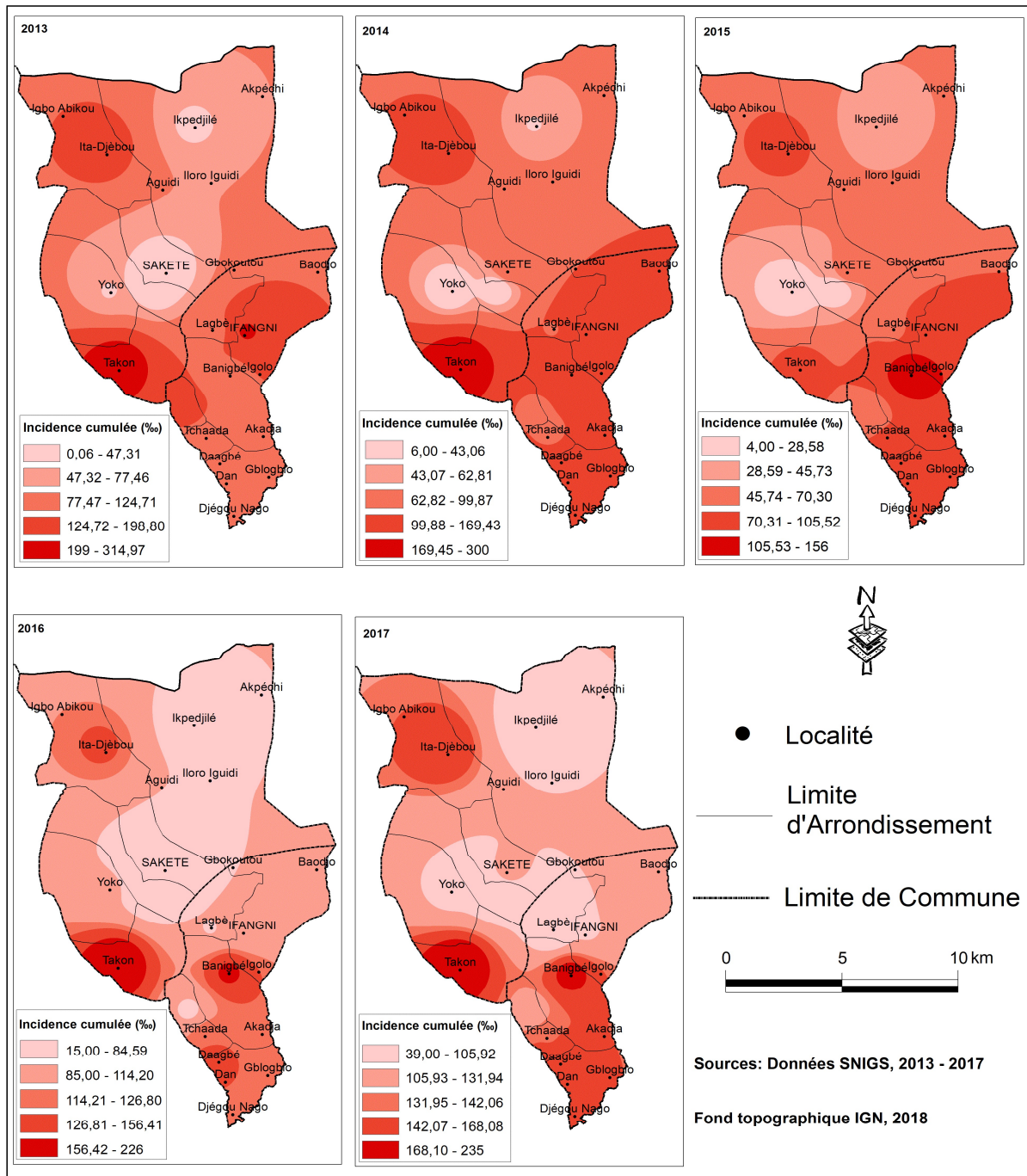


Figure 5 : Variation annuelle de l'incidence cumulée moyenne du paludisme entre 2013 et 2017 dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni

Source : Données SNIGS, 2013 - 2017

L'analyse de la figure 5 montre une distribution spatiale différenciée de l'indicateur de morbidité entre 2013 et 2017 dans les arrondissements des communes de Sakété et Ifangni. A partir de 2013, une progression graduelle du niveau d'intensité de la maladie est observée en tout point de l'espace d'étude avec une propagation plus renforcée sur les secteurs au préalable moins prévalents. Au cours de cette période, les incidences moyennes les plus élevées ont été enregistrées dans les arrondissements de Takon, Banigbé, Ita-Djèbou, Ifangni et Daadgbé avec des taux ayant varié de 126 % à 232 %. La seconde catégorie concerne les arrondissements de Lagbè, Ko-Koumolou et Tchaada où les taux de l'indicateur épidémiologique se situaient entre 80,46 cas et



102 cas pour mille personnes à risque. L'incidence cumulée la plus faible (15,82 %) a été enregistrée dans Sakété 2, qui avec les arrondissements de Yoko, Aguidi et Sakété 1 appartiennent à la catégorie des très faibles incidences (15 cas à 66,20 cas pour 1000). Durant ces cinq premières années, cinq (5) sur les douze arrondissements, ont enregistré une incidence cumulée dépassant la moyenne de la zone sanitaire, soit environ 102 cas/ 1000 habitants.

Cette évolution spatiale de la maladie s'est davantage renforcée entre 2018 et 2022 (figure 6).

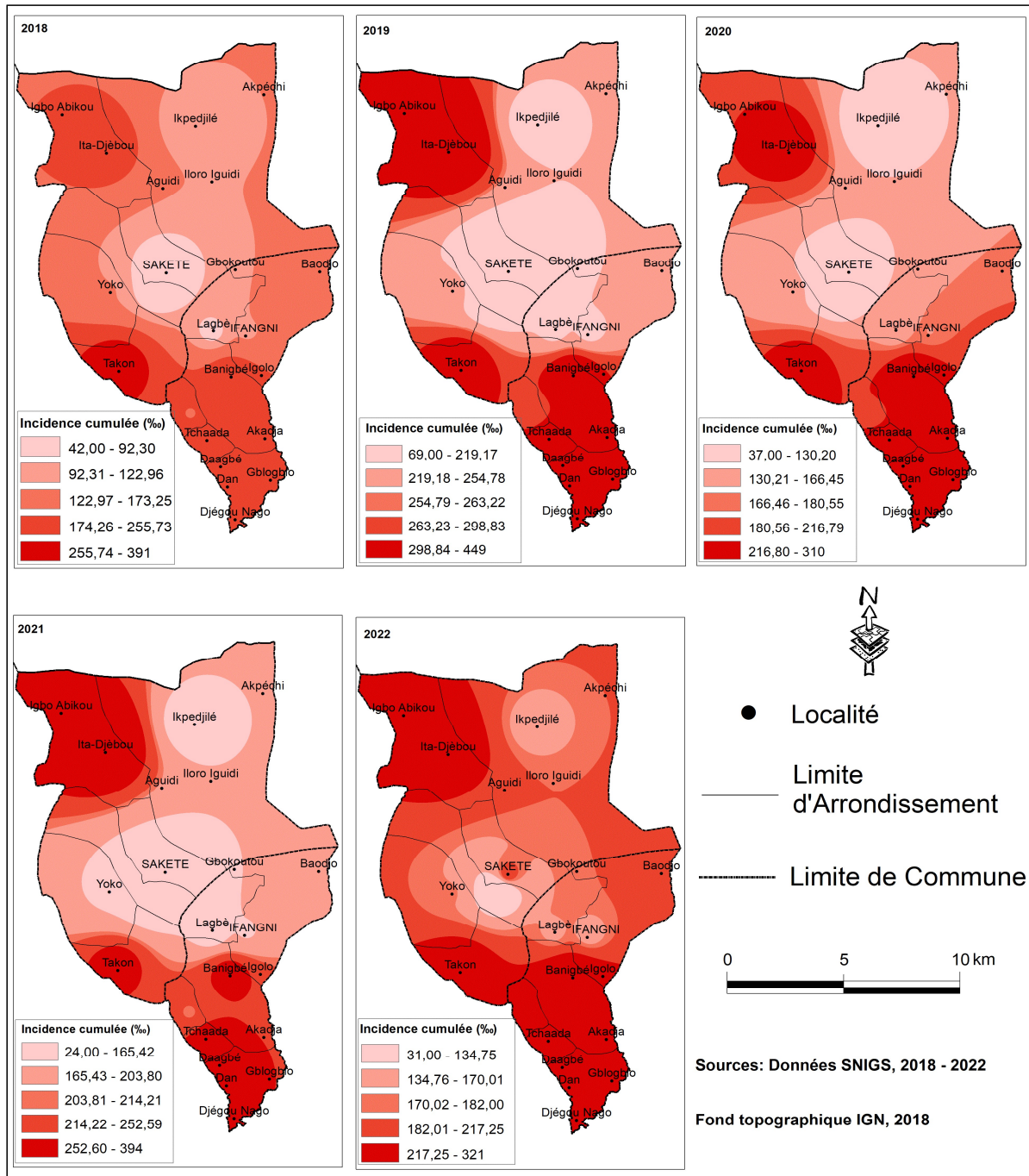


Figure 6 : Variation annuelle de l'incidence cumulée moyenne du paludisme entre 2018 et 2022 la zone sanitaire Sakété-Ifangni

Source : Données SNIGS, 2018 - 2022

L'analyse de la situation épidémiologique sur la période 2018-2022 (figure 6) révèle que la classe d'incidence avec des moyennes les plus élevées compte six (06) arrondissements, soit un arrondissement en plus de ceux révélés au cours de la période 2013-2017. Il s'agit de Ko-Koumolou, de Tchaada, de Daagbé, De Banigbé, d'Ita-Djèbou et de Takon, qui enregistre une morbidité se situant entre 219 cas et 332,14 cas/1000. La classe d'incidence moyenne s'est élargie, passant de deux à cinq arrondissements. Il s'agit respectivement de Sakété 1, Aguidi, Lagè, Ifangni et Yoko, où le risque de transmission est compris entre 118 % et 168 %. Sakété 2 est le seul arrondissement qui à avoir un taux d'incidence très faible. Il est de 40,64 cas/1000.

Durant la décennie, la variation géospatiale de la maladie révèle que la commune d'Ifangni est beaucoup plus affectée, avec une incidence annuelle moyenne de 170,72 cas pour 1000 habitants, contre un taux moyen annuel de 137,91 cas pour 1000 individus dans la commune de Sakété. Géographiquement, la morbidité liée au paludisme dans ces communes est plus prononcée dans la partie nord-ouest (Ita-Djèbou) et sud (Banigbé, Daagbé, Tchaada et Takon). Ces arrondissements constituent les secteurs les plus impaludés car ils concentrent les taux moyens annuels d'incidence palustre élevés, entre 185 cas et 282 cas pour mille personnes à risque. Viennent ensuite les arrondissements de Yoko, Lagbé Ko-Koumolou et Ifangni où l'indicateur de maladie affiche des taux moyens d'incidence compris entre 108 cas et 157 cas pour 1000 individus. Ils correspondent aux secteurs où le risque de contracter la maladie est modéré. Enfin, le reste du territoire d'étude, regroupant les arrondissements de Aguidi, Sakété 1 et Sakété 2 présente des niveaux de morbidité assez faibles. Ici, la moyenne de l'incidence cumulée annuelle enregistrée est inférieure à 92,1 %. Au regard des schémas spatiaux ainsi révélés, il en ressort que la partie nord-ouest et sud du territoire d'étude est plus endémique au paludisme que la partie centrale. Cette situation signifie que la maladie persiste dans ces secteurs, nécessitant une surveillance et des interventions ciblées.

### 3.2. Facteurs associés à la distribution spatiale de l'incidence cumulée

La transmission du paludisme dans les villages enquêtés est influencée par différents facteurs d'ordres environnemental et sanitaire, spécifiques à la région. Le tableau II présente la relation entre les variables de l'étude et la distribution spatiale de l'incidence cumulée moyenne.

**Tableau II:** Matrice de la corrélation de Pearson entre les variables des villages de l'étude

Variabiles	Corrélation de Pearson	P-value	Coefficients de détermination (R <sup>2</sup> )
Incidence cumulée	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
NDVI	0,281	0,259	0,079
Altitude	-0,343	0,163	0,118
Pluviométrie	0,458	0,056	0,210
Température	<b>-0,504</b>	<b>0,033</b>	<b>0,254</b>
Humidité relative	<b>0,499</b>	<b>0,035</b>	<b>0,249</b>
Densité de population	0,309	0,212	0,095
Occupation économique	0,183	0,467	0,033
Proportion de palmeraies	<b>0,526</b>	<b>0,025</b>	<b>0,276</b>
Formation marécageuse	-0,364	0,137	0,133
Distance au centre de santé	-0,025	0,921	0,001
Proximité de cours d'eau	<b>0,498</b>	<b>0,035</b>	<b>0,248</b>

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05*

**Source :** Résultats des travaux de terrain et traitement des données, novembre 2023

La lecture du tableau II révèle une relation significative entre l'incidence cumulée moyenne du paludisme et certains facteurs climatiques et environnementaux dans les communes de Sakété et Ifangni. En effet, les résultats montrent que la proportion de



palmeraie dans un rayon de 3 km autour des villages ( $r = 0,526$  ;  $p = 0,025$ ), l'humidité de l'air ( $r = 0,499$  ;  $p = 0,035$ ) et la proximité de cours d'eau ( $r = 0,498$  ;  $p = 0,035$ ) sont positivement et significativement corrélées à l'indicateur de morbidité. Par contre, la température est la seule variable négativement corrélée avec l'incidence cumulée du paludisme ( $r = -0,504$  ;  $p = 0,33$ ). Dans le paysage assez verdoyant des villages d'étude, la présence de palmeraies dans l'environnement des villages, l'humidité de l'air et une température adéquates combinées à la proximité des valons humides combinées constituent d'excellentes conditions environnementales et locales de prolifération de sites de reproduction et gîtes de repos pour les moustiques vecteurs du paludisme. En vue d'observer l'effet de chaque variable indépendante sur l'indicateur épidémiologique, une analyse de régression linéaire été réalisée. La contribution conjointe des différentes variables est consignée dans le tableau III.

**Tableau III** : Résumé du modèle de régression linéaire

R	0,952
R <sup>2</sup>	0,906
R <sup>2</sup> ajusté	0,735
Erreur standard estimé	713,160
DW	1,385

**Source** : Traitement des données, novembre 2023

La lecture du tableau III montre que le modèle de régression linéaire donne une valeur R<sup>2</sup> de 0,515 avec une statistique de Fisher,  $F = 52,78$  et une valeur p significative de 0,027. Cela implique que les variables prédictives identifiées par le modèle ont représenté conjointement environ 53 % de la variation spatiale de l'incidence cumulée moyenne du paludisme dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. En effet, seules la température ambiante et la superficie des formations marécageuses ont un impact significatif sur la morbidité due au paludisme à l'échelle des villages de l'étude (tableau IV).

**Tableau IV** : Résultats de la régression linéaire sur les variables à l'échelle collective

Variables	Coef. estimé	Erreur standard	Coef. Beta	t	Sig.
Constante	510,305	201,227		2,536	<b>0,044</b>
NDVI	1,436	0,764	0,663	1,879	0,109
Altitude	0,003	0,002	0,396	0,922	0,392
Pluviométrie	-0,022	0,011	-2,674	-1,902	0,106
Température	-17,491	7,006	-3,094	-2,497	<b>0,047</b>
Humidité relative	0,065	0,629	0,081	0,104	0,921
Densité de population	-0,097	0,000	-0,377	-1,347	0,227
Occupation économique	-0,036	0,037	-0,168	-0,966	0,371
Proportion de palmeraies	0,004	0,003	0,408	1,161	0,290
Formation marécageuse	-0,080	0,019	-0,966	-2,719	<b>0,016</b>
Distance au centre de santé	-0,070	0,044	-0,659	-1,587	0,164
Proximité des cours d'eau	0,014	0,037	0,088	0,377	0,719

**Source** Traitement des données, novembre 2023

Il ressort de la lecture du tableau IV, que les coefficients bêta standardisés montrent que six des onze variables de l'étude présentent une relation négative avec le risque de transmission du paludisme, tandis que les cinq autres variables restantes ont une relation positive. La température ( $p = 0,047$ ) et les étendues de formations marécageuses dans un rayon de 3 km autour des

villages d'étude ( $p = 0,016$ ) constituent les variables indépendantes du modèle de régression ayant le plus d'influence sur la variable dépendante (l'incidence cumulée du paludisme). Ainsi, l'indicateur de morbidité dans les villages de la zone sanitaire Sakété-Ifangni varie considérablement en fonction de la température et de l'ampleur des formations marécageuses. Ces facteurs jouent donc un rôle crucial dans la propagation de cette maladie potentiellement mortelle dans la région.

### 3.3. Discussion

#### 3.3.1. Distribution spatiale de la morbidité palustre dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni

La présente étude a montré d'importantes variations dans la distribution géographique du paludisme entre 2013 et 2022 dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. Cette évolution spatiale de l'indicateur de morbidité met en évidence trois secteurs géographiques avec une importante différenciation dans les taux moyens annuels de l'incidence cumulée du paludisme. Il s'agit des arrondissements d'Ita-Djèbou, de Banigbé, de Daagbé, de Tchaada et de Takon, qui sont plus impaludés avec une moyenne annuelle allant de 185 à 282 cas pour mille personnes. Le risque de transmission reste modéré dans les secteurs d'influence de Yoko, Lagbè, Ko-Koumolou, et Ifangni, où l'indicateur de risque affiche une moyenne comprise entre 108 et 157 cas pour 1000 habitants. Tout au long de la période d'étude, les arrondissements de Aguidi, Sakété 1 et Sakété 2 avec une moyenne annuelle inférieure à 92,1 ‰, sont pratiquement les moins impaludés. Ces résultats sont similaires à la tendance observée par R. R. Méyong *et al.* (2022, p. 18-22) dans la région de l'extrême nord du Cameroun. L'analyse menée sur la période 2014-2018 révèle une variabilité dans la distribution spatiale de l'indicateur de morbidité sur le territoire d'étude, avec un point endémique dans la partie ouest (autour de la ville Maroua). Dans ce secteur fortement impaludé, les taux d'incidence moyens variaient de 53,77 ‰ à 116,08 ‰, alors qu'ils oscillaient entre 20,33 ‰ et 37,31 ‰ sur le reste de la région. Par contre, la partie ouest et le sud de la région étaient les plus touchés avec des taux moyens d'incidence palustre compris entre 92,06 ‰ et 179,50 ‰. A l'image des disparités spatiales révélés dans l'étude actuelle sur les communes de Sakété et Ifangni, S. Chouto & A. Wakponou (2016, p. 230) ont mis en évidence à l'issue de la distribution spatiale et saisonnière de la prévalence palustre, l'existence de schémas spatiaux révélateurs à des degrés divers, une intensité de transmission du paludisme dans les quartiers des villes de Kousséri et Maga au Cameroun. Ces agglomérations, à l'exemple des arrondissements de Takon et Daagbé en l'occurrence, en raison de leur densité de population sont de véritables points endémiques par leur forte concentration de cas incidents, même en période pluviométrique déficitaire. De même, la variation spatiale de l'incidence cumulée du paludisme met en lumière un autre détail dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. Il s'agit de la concentration (regroupement spatial) au sud du territoire et particulièrement dans la commune d'Ifangni alors que les deux arrondissements les plus endémiques à Sakété sont assez distants. Cette configuration spatiale est similaire à la répartition spatiale observée par T. Osayomi (2014, p. 102) au Nigéria et N. Yoep *et al.* (2015, p. 5) en Malaisie en ayant recours à la méthode d'autocorrélation globale du I de Moran et la technique statistique Getis-Ord Gi. Ces techniques de statistique spatiale ont permis à ces auteurs de détecter des schémas spatiaux locaux ou cluster indiquant que la maladie est localement persistante dans les régions urbanisées où subsisterait la présence de conditions favorables d'une transmission intense.

#### 3.3.2. Déterminants environnementaux de la morbidité palustre

La répartition géographique de la moyenne décennale de l'incidence cumulée à l'échelle des villages d'étude sur le territoire des communes de Sakété et Ifangni est liée à plusieurs facteurs. Ces facteurs sont de bons prédicteurs de la transmission. C'est le cas de la température et des formations marécageuses dans l'environnement des villages. Il est connu que la température influence le comportement de recherche des repas sanguins des moustiques anophèles femelles. Avec une température moyenne de 28 °C, les communes de Sakété et Ifangni se situent dans la plage des isothermes 27-29 °C, adéquats pour le développement des sporozoïtes chez les moustiques. La faible variation de la température à l'échelle du territoire d'étude devrait favoriser le bon déroulement du cycle gonotrophique et la longévité des moustiques, dont le taux de survie, à des températures comprises entre 16 °C et 36 °C, est d'environ 90 % (M. Craig *et al.*, 1999, p. 107). Quoi qu'il en soit, la température est un déterminant significatif de la transmission du paludisme dans les villages de Sakété et Ifangni. Cette conclusion confirme les résultats de l'étude menée au Nigéria par O. Oluyemi et O. Oyetunde (2019, p. 7) où les modèles spatiaux utilisés ont montré des relations très significatives avec la température, ce qui en fait un prédicteur majeur de la transmission du paludisme au Nigeria.

Outre l'influence climatique, l'environnement naturel des villages enregistre également la présence de formations marécageuses qui serpente le territoire des communes de la zone sanitaire. De par la proximité géographique avec les villages et quartiers (réservoirs d'hôtes), ces biotopes constituent un tremplin pour la transmission de la maladie. Ceci est confirmé par les

observations de R. Yankson *et al.* (2019, p. 10) selon laquelle, la prévalence du paludisme chez les enfants ghanéens de moins de cinq ans est élevée dans les communautés entourant les rivières Mo et Oti qui offrent des conditions favorables à la reproduction des moustiques. Une constatation similaire est observée par R. N. Bigirinama *et al.* (2020, p. 11) dans la province du Sud-Kivu en République Démocratique du Congo (RDC), où sur les 18 districts ayant présenté des taux d'attaque les plus élevés au cours de la période d'étude, quinze d'entre eux sont proches des lacs. La même relation est établie par D. Karthe (2009 ; p. 314), qui a trouvé que la prévalence du paludisme au Burkina Faso est influencée par l'hydrographie. Il est important de faire remarquer aussi l'action de la pluviométrie. En effet, le territoire d'étude est soumis à des conditions pluviométriques qui en favorisant la reproduction et la permanence des gîtes larvaires, entretiennent la prolifération du vecteur du paludisme, avec un niveau d'infection élevé. C'est ce qui explique l'association positive entre l'indicateur épidémiologique et les précipitations. Ce résultat est similaire à ceux rapportés par M. A. Tewara *et al.* (2018, p. 12) où l'association positive mais faible entre les cas de paludisme et les précipitations souligne la nécessité de mettre en place des systèmes de surveillance et de réponse pendant les saisons des pluies au Cameroun, étant entendu que les eaux stagnantes ouvertes constituent des lieux de reproduction pour les moustiques responsables du paludisme. Dans un tout autre contexte, A. Akinbobola et A. Ikiroma (2018, p. 5) ont obtenu des résultats similaires dans la ville d'Ibadan, où l'association pluie-paludisme quoique modérée, s'explique par le fait qu'une faible quantité de pluie a favorisé la mise en eau des gîtes et donc la transmission.

#### IV. CONCLUSION

La présente étude montre que le paludisme reste une affection majeure dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni malgré les multiples actions de prévention et de prise en charge des cas. L'évolution de la maladie sur la décennie 2013-2022 révèle d'importantes variations annuelles du niveau d'intensité de l'indicateur de morbidité sur le territoire des communes de Sakété et Ifangni. Cette distribution géographique de la morbidité palustre traduit une concentration des cas incidents sur la région médiane et la partie nord-ouest particulièrement plus impaludées et donc endémiques par rapport au reste du territoire.

L'étude actuelle a montré que la présence de palmeraies autour des villages, la proximité des dépressions et vallons humides ainsi que l'intensité et la distribution des précipitations sont corrélées à la distribution spatiale de la morbidité annuelle à l'échelle des villages de l'étude. Cependant, la présence des palmeraies et des formations marécageuses influence plus significativement la distribution de la mortalité liée au paludisme dans la zone sanitaire. Dans cette perspective, les réponses au paludisme doivent tenir compte de la variation spatiale de la morbidité en accordant une plus grande attention aux secteurs les plus endémiques.

#### REFERENCES

- [1] Ahohoundo P. C. A., Honvo Z. S. A., Tohozin B. C. A. 2018. Cadre de vie urbain et risques palustres dans le premier arrondissement de Porto-Novo (Bénin), in : Revue de géographie du laboratoire Leïdi, n°18, Université Gaston Berger du Sénégal, pp. 164 - 178.
- [2] Ahohoundo P. C. A., Boni G. 2024. Évolution temporelle de l'incidence du paludisme dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni : influence du climat local et des mesures de prévention, in : Afrique Science 24(5) (2024), pp. 93-107.
- [3] Aholoukpè H., Vissoh P., Amadji G., Deleporte P., Bubos B., Nodichao L., Glèlè K. R., Chotte J-L., Blavet D. 2013. Typologie des plantations villageoises de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) dans le département du Plateau au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 7(3): 978-999, DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.8>
- [4] Aïkpon R., Missihoun A., Lokossou A., Aïkpon G., Salifou S., Dansi A., Agbangla C. 2020. Hétérogénéité génétique et résistance des vecteurs du paludisme (*Anopheles gambiae* s.l.) aux insecticides en zone cotonnière au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 14(8): 2724-2736, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)
- [5] Akinbobola A., Ikiroma A. 2018. Determining Malaria Hotspot Using Climatic Variables and Geospatial Technique in Central Urban Area of Ibadan, Southwest, Nigeria. Journal of Climatology & Weather Forecasting, vol. 6, no. S1., 2 p. <https://doi.org/10.4172/2332-2594.1000225>
- [6] Basommi L. P. 2011. Spatial analysis of malaria epidemiology in the Amanse West District. Unpublished Master thesis. Kwame Nkrumah University of Technology, Kumasi, Ghana. 86 p.

- [7] Bhatt B., Joshi J. 2014. Analytical hierarchy process modeling for malaria risk zones in Vadodara district, Gujarat. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-8, 2014. ISPRS Technical Commission VIII Symp, 09 - 12 Dec 2014, Hyderabad, India
- [8] Bhatt S., Weiss D., Mappin B., Dalrymple U., Cameron E., Bisanzio D., Smith D., Moyes C., Tatem A., Lynch M., Fergus C., Yukich J., Bennett A., Eisele T., Kolaczinski J., Cibulskis R., Hay S., Gething P. 2015. Coverage and system efficiencies of insecticide-treated nets in Africa from 2000 to 2017. *Epidemiology and global health*. eLife, e09672.
- [9] Bigirinama R., Ntaongo J. A., Batumbo D., Sam-Agudu N., Katoto P. M., Byamungu L., Karume K., Nachega J. B., Bompangue D. 2020. Environmental and anthropogenic factors associated with increased malaria incidence in South-Kivu Province, Democratic Republic of the Congo. *Trop Med Int Health*, vol. 25(5):600-611. doi: 10.1111/tmi.13379. Epub 2020 Mar 4
- [10] Burgert C., Bradley S., Eckert E., Arnold F. 2012. Improving estimates of insecticides-treated mosquito net coverage from household surveys: using Geographic coordinates to account for endemicity and seasonality. DHS Analytical Studies No. 32. Calverton: ICF International; 2012.
- [11] Catry T., Li Z., Roux E., Herbreteau V., Gurgel H., Mangeas M., Seyler F., Dessay N. 2018. Wetlands and Malaria in the Amazon: Guidelines for the Use of Synthetic Aperture Radar Remote-Sensing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, MDPI, 2018, 15 (3), p. 1-28.
- [12] Chouto S., Wakponou A. 2016. Disparités spatio-temporelles et prévalence au paludisme à partir des données formelles : cas de Kousséri (Extrême-Nord Cameroun), Ouvrage honoré du soutien financier de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de l'Université de Maroua, vol. 225, p. 225-245.
- [13] Craig M., Snow R., Sauer D. 1999. A climate-based distribution model of malaria transmission in sub-Saharan Africa. *Parasitol. Today* 15, 105-111 (1999).
- [14] Damien B. G., Sode A. I., Bocossa D., Elanga-Ndille E., Aguemon B., Corbel V., Henry M-C., Glèlè K. R. L., Remoué F. 2022. Bayesian spatial modelling of malaria burden in two contrasted eco-epidemiological facies in Benin (West Africa): call for localized interventions. *BMC Public Health* 22, 1754 (2022), 15 p. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14032-9>
- [15] Dansou B. S., Odoulami L. 2015. Paramètres climatiques et occurrence du paludisme dans la commune de Pobè, au sud-est du Bénin. XXVIIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, p. 129-132.
- [16] Fagbohoun L., Gbaguidi F., Ayédoun M., Mathe C., Moudachirou M., Vieillescazes C. 2014. Etude ethnobotanique et phytochimique des plantes tinctoriales, sources de colorants naturels et matériaux résineux traditionnels du Bénin dans le domaine artisanal (Ifangni/Bénin). *Ethnopharmacologia*, n°52, décembre 2014, pp. 56-66
- [17] Hanafi-Bojd A. A., Vatandoost H., Oshaghi A. M., Charrahy Z., Haghdoost A. A., Zamani M., Abedi F., Sedaghat M. M., Soltani M., Shahi M., Raeisi A. 2012. Spatial analysis and mapping of malaria risk in an endemic area, south of Iran: a GIS based decision making for planning of control. *Acta Tropica* n°122, 132-137, DOI : 10.1016/j.actatropica.2012.01.003
- [18] INSAE et ICF. 2018. Enquête Démographique et de Santé (EDS) au Bénin 2017-2018, indicateurs Clés. Cotonou, Maryland. 675 p.  
URL:[https://instad.bj/images/docs/insaestatistiques/enquetesecensements/EDS/2017018/1.Benin\\_EDSBV\\_Rapport\\_final.pdf](https://instad.bj/images/docs/insaestatistiques/enquetesecensements/EDS/2017018/1.Benin_EDSBV_Rapport_final.pdf) (consulté le 29 février 2024)
- [19] Karthe D. 2009. Geographic determinants of malaria: a case study from Kossi province, Burkina-Faso. Doctorate thesis, Mannheim, 444 p.
- [20] Kursah B. M. 2014. GIS and correlation analysis of geo-environmental variables influencing malaria prevalence in the Saboba district of Northern Ghana. *Ghana Journal of Geography* Vol. 9(3), 2017 pp. 112-131
- [21] Médéou F. K. 2015. Ambiances bioclimatiques et changements climatiques dans le département des Collines au Bénin, vulnérabilité socio-sanitaire et performance des agriculteurs. Thèse de doctorat de géographie, EDP-FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 229 p.

- [22] Médéou F. K., Clédjo P., Ogouwalé E., Houssou C. 2011. Facteurs climatiques et environnementaux des risques palustres dans le département des Collines. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 2011, série B, 13(2) : pp 45-53.
- [23] Messina J., Taylor S., Meshnick S., Linke A., Tshefu A., Atua B., Mwandagalirwa K., Emch M. 2011. Population, behavioural and environmental drivers of malaria prevalence in the Democratic Republic of Congo. *Malar J* 10, 161 (2011). URL : <https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-161>
- [24] Méyong R. R., Amougou A. J., Gnigninanjouéna O. 2022. Variabilité climatique et incidence palustre dans la région de l'extrême-nord du Cameroun : contribution pour une meilleure épidémiologie basée sur les indicateurs, *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé* 5 (9), pp. 11-34, mis en ligne le 27/06/2022, consulté le 2022-06-27 20:43:07, URL: <https://retssa-ci.com/index.php?page=detail&k=254>
- [25] Ministère de la santé du Bénin. 2019. *Annuaire des statistiques sanitaires des départements du Bénin*. SNIGS, Cotonou, 178 p.
- [26] Nigussie T. Z., Zewotir T., Muluneh E. K. 2023. Seasonal and spatial variations of malaria transmissions in northwest Ethiopia: Evaluating climate and environmental effects using generalized additive model. *Heliyon* 9 (2023) e15252, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15252>
- [27] Okioh L. 2015. Processus morphogénétiques, occupation et aménagement de l'espace dans le sud-est du Bénin. *Recherches Africaines* n°7, Paris, pp. 655 - 679.
- [28] Okunlola O., Oyeyemi O. 2019. Spatio-temporal analysis of association between incidence of malaria and environmental predictors of malaria transmission in Nigeria. *Sci Rep* 9, 17500 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53814-x>
- [29] OMS. 2020. *Rapport annuel OMS BENIN*, Bureau de la Représentation de l'Organisation mondiale de la Santé au Bénin, Cotonou, 54 p.
- [30] OMS. 2023. *Rapport 2023 sur le paludisme dans le monde, données et tendances régionales*. Dossier d'Information, Genève, 16 p.
- [31] Osayomi T. 2014. Spatio-temporal clustering of malaria morbidity in Nigeria (2004-2008). *Journal of Science Research* Vol. 13 : pp. 99-113
- [32] PNLP. 2023. Réunion sous-régionale des programmes paludisme et des partenaires d'Afrique de l'Ouest et du centre. Document de communication, Roll Black Malaria, Abidjan, 22 p.
- [33] Shretta R., Liu J., Cotter C., Cohen J., Dolenz C., Makomva K., Newby G., Ménard D., Phillips A., Tatarsky A., Gosling R., Feachem R., Holmes K., Bertozzi S., Bloom B., Jha P. 2017. *Malaria Elimination and Eradication*, In: *Major Infectious Diseases*. 3rd edition. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank; 2017 Nov 3. Chapter 12. PMID: 30212099, DOI: 10.1596/978-1-4648-0524-0\_ch12
- [34] SNIGS. 2019. *Annuaire des statistiques sanitaires des départements du Bénin*. Ministère de la santé du Bénin, Cotonou, 178 p.
- [35] Sodji J., Azian D., Gbénou V. V. 2023. Climatic Rhythms and Prevalence of Malaria in the Municipality of Sinende in Northern Benin. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, Vol-10, Issue-6; Jun, 2023, DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.106.3>
- [36] Sovi A., Govoétchan R., Tokponnon F., Hounkonnou H., Aïkpon R., Agossa F., Gnanguenon V., Salako A., Agossou C., Ossè R., Oké M., Gbénou D., Massougbedji A., Akogbéto M. 2013. Impact of land-use on malaria transmission in the Plateau region, southeastern Benin. *Parasites & Vectors*, vol 6, Article number: 352, URL: <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-352>
- [37] Stratton L., O'Neill M., Kruk M., Bell M. 2008. The persistent problem of malaria: Addressing the fundamental causes of a global killer. *Soc Sci Med* 2008; 67: 854-62.
- [38] Tewara M. A., Mbah-Fongkimeh P. N., Dayimu A., Kang F. X. F. 2018. Small-area spatial statistical analysis of malaria clusters and hotspots in Cameroon 2000 - 2015. *BMC Infectious Diseases* (2018) 18: 636, 15 p.

- [39] Tohozin B. A. C., Ahohoundo P. C. A., Yadjèmi H., Tchaou G. 2021. Approche SIG et facteurs éco-géographiques de la prévalence palustre dans la Commune de Zè. Actes des journées scientifiques du Centre Béninois de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (CBRSI), Edition 2021, Cotonou, p. 155-173
- [40] Tokponnon T. F., Ossè R., Padonou G. G., Affoukou C. D., Sidick A., Sewade W., Fassinou A., Koukpo C., Akinro B., Messenger L., Okê M., Tchévoédé A., Ogouyemi-Hounto A., Gazard K. D., Akogbéto M. 2023. Entomological characteristics of malaria transmission across Benin: an essential element for improved deployment of vector control interventions. *Insects* 14, n° 1: 52. <https://doi.org/10.3390/insects14010052>
- [41] Tomasi S., Vanny R. 2015. Environnement et santé : une approche géographique du paludisme au Mondolkiri (Cambodge), *Dynamiques environnementales*, n°36, mis en ligne le 01 juillet 2016, consulté le 08 juin 2022. URL: [journals.openedition.org/dynenviron/999](https://journals.openedition.org/dynenviron/999).
- [42] Yakudima I. I., Muhammad Y., Abdulkarim A. I. 2023. Influence of Environmental Factors on Malaria Incidence in Jigawa State, Nigeria. *Journal of Asian Geography*, 2023, Volume 2 (Issue 1), 1-8. <https://ejournal.usm.my/jag/article/view/3984/4259>
- [43] Yankson R., Anto E., Chipeta M. 2019. Geostatistical analysis and mapping of malaria risk in children under 5 using point-referenced prevalence data in Ghana. *Malar J* 18, 67. URL: <https://doi.org/10.1186/s12936-019-2709-y>
- [44] Yoep N., Hasim H., Yusoff U. N., Yusoff M., Mahpot N. R. 2015. Spatio-temporal distribution of malaria in Perak, Malaysia. *Advances in Infectious Diseases*, 2015, vol. 5, pp. 154-161
- [45] Zannou S. 2014. Gouvernance locale et stratégies de développement dans les communes du département du Plateau au sud-est du Bénin. Thèse de doctorat unique en Géographie. EDP/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 323 p.