

Évolution temporelle de l'incidence du paludisme dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni : influence du climat local et des mesures de prévention

Parfait Cossi Alexis AHOHOUNDO^{1*} et Gratien BONI²

¹ Université d'Abomey - Calavi (UAC), École Doctorale Pluridisciplinaire de la Faculté des Sciences Humaines et Sociales (FASHS), 01 BP 526 Cotonou, Bénin

² Université d'Abomey - Calavi (UAC), Centre Inter Facultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED), 01 BP 526 Cotonou, Bénin

(Reçu le 09 Avril 2024 ; Accepté le 20 Mai 2024)

* Correspondance, courriel : parfaiter2010@gmail.com

Résumé

La présente étude est une contribution à l'analyse du climat local et des mesures préventives et de protection sur l'incidence cumulée du paludisme dans les communes de Sakété et Ifangni au sud-est du Bénin. Pour atteindre cet objectif, la collecte et l'analyse des données paludiques, météorologiques (précipitations, température et humidité relative) et celles en rapport avec les actions locales de prévention et de contrôle sur la période 2013 - 2022 ont permis d'établir la tendance évolutive de la maladie, ainsi que sa corrélation avec les éléments du climat local. La régression linéaire a été utilisée pour identifier la mesure significative en matière de prévention de la maladie par la population. Les résultats révèlent que l'incidence cumulée présente une tendance globale fluctuante et croissante, passant de 76,13 ‰ à 144,37 ‰ sur la décennie. La transmission de la maladie suit une saisonnalité qui oppose une période de baisse (51,62 ‰ en février-mars) suivie d'une flambée des cas entre Avril et novembre (88,98 ‰). Cette évolution saisonnière est en étroite liaison avec les conditions de pluie ($r = 0,652$), de température ($r = -0,690$) et d'humidité de l'air ($r = 0,596$), idoines au développement larvaire. Face à l'ampleur de cette maladie dans la zone sanitaire, l'utilisation des moustiquaires reste la seule mesure préventive significative de protection des populations des piqûres d'anophèles. Ces résultats pourraient aider les autorités en charge de la lutte au niveau de la zone sanitaire pour une planification des actions ciblées de contrôle dans la région.

Mots-clés : zone sanitaire, paramètres climatiques, moustiquaires imprégnées, paludisme.

Abstract

Temporal evolution of malaria incidence in the Sakété-Ifangni health zone: influence of local climate and prevention measures

This study is a contribution to the analysis of the local climate and preventive and protective measures on the cumulative incidence of malaria in the communes of Sakété and Ifangni in south-east Benin. To achieve this objective, the collection and analysis of malaria data, meteorological data (rainfall, temperature and relative humidity) and data relating to local prevention and control measures over the period 2013 - 2022 were used

to establish the evolutionary trend of the disease, as well as its correlation with elements of the local climate. Linear regression was used to identify the significant measure in terms of disease prevention by the population. The results reveal that the cumulative incidence shows a fluctuating and increasing overall trend, rising from 76.13 ‰ to 144.37 ‰ over the decade. Transmission of the disease follows a seasonal pattern that contrasts a period of decline (51.62 ‰ in February-March) followed by a surge in cases between April and November (88.98 ‰). This seasonal trend is closely linked to rainfall ($r = 0.652$), temperature ($r = -0.690$) and air humidity ($r = 0.596$) conditions, which are ideal for larval development. Given the scale of this disease in the health zone, the use of mosquito nets remains the only significant preventive measure to protect people from Anopheles bites. These results could help the authorities in charge of combating the disease in the health zone.

Keywords : *health zone, climatic parameters, impregnated mosquito nets, malaria.*

1. Introduction

Le paludisme est l'une des maladies parasitaires les plus répandues dans le monde [1]. Le paludisme a touché une centaine de pays en 2022 avec environ 249 millions de cas et 608 000 décès [2]. L'Afrique en général et plus spécifiquement la région subsaharienne supporte encore une part significative et disproportionnée de la charge morbide. En effet, la plupart des cas (94 %) et des décès (95 %) recensés en 2022, surviennent dans cette partie du continent [2], où les nourrissons et parturientes constituent les groupes les plus vulnérables aux formes graves de la maladie [3]. Au regard de son impact significatif sur le continent, le paludisme a suscité un engagement mondial, traduit à travers la prise en œuvre de diverses politiques d'intervention et des stratégies de lutte [4]. L'opérationnalisation de ces dispositions s'est faite dans le cadre de programmes nationaux dont les actions d'envergure visent à réduire la transmission du paludisme et à diminuer la mortalité associée [5]. Les efforts déployés à travers la lutte sanitaire et la lutte préventive ont permis d'enregistrer une diminution des cas morbides (39,72 %) et des décès (61,08 %) imputables à la maladie [2]. Malgré ces avancées, la transmission du paludisme reste encore un problème sensible dans plusieurs pays africains. Un certain nombre de facteurs écologiques sont connus pour influencer la transmission du paludisme [6]. Les principaux d'entre eux sont d'ordre climatiques [7]. En effet, de nombreuses études ont souligné le rôle déterminant que jouent les facteurs climatiques dans la transmission et la distribution du paludisme [8,9]. Ainsi, le climat à travers un certain nombre de paramètres comme la température, les précipitations et l'humidité relative a une action marquée sur les moustiques adultes dont il influence le potentiel reproductif [10]. A cet effet, une bonne connaissance de l'action combinée de ces variables climatiques à une échelle locale devient indispensable pour une meilleure compréhension de la transmission du paludisme dans les pays endémiques. En République du Bénin, le paludisme est une maladie endémique, largement répandue en raison de la diversité bioclimatique qui induit l'existence de différents faciès de transmission [11]. Les variations du climat dans la région méridionale du pays affectent les conditions pathologiques en entretenant l'endémicité de maladies à transmission vectorielles comme le paludisme [12 - 14]. En vue de favoriser les efforts de lutte contre la maladie, l'approfondissement des connaissances sur le climat local se révèle alors d'une importance fondamentale [15]. Face à l'ampleur du risque, cette approche vise à mettre en place, des mesures de protection plus efficaces au sein des ménages. Malgré la prise en charge gratuite des cas, l'organisation de fréquentes campagnes de sensibilisation et de distribution des moustiquaires imprégnées, le paludisme reste omniprésent dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. Avec une morbidité de 15,8 % en consultations, une mortalité hospitalière proportionnelle de 23,8 % [16] et une incidence palustre moyenne de 85,91 ‰ [17], le paludisme est l'affection la plus répandue dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. Les conditions climatiques en vigueur dans cette région sont propices à une transmission continue de la maladie. En effet, la pluviométrie et l'humidité suffisantes combinées à une

température adéquate créent de multiples habitats propices à la prolifération des moustiques vecteurs, notamment *Anopheles gambiae sensu stricto*, responsables de la transmission du parasite *Plasmodium falciparum* dans la région [18]. Par ailleurs, la transmission étant continue toute l'année avec une recrudescence pendant la saison des pluies, l'intensité de la maladie est en hausse, passant de 17 135 cas en 2013 à 34 809 en 2022 [17]. Fort de ce constat, une connaissance des paramètres climatiques locaux est d'une importance fondamentale pour traiter le problème de paludisme et mettre en place une stratégie de lutte adéquate. Dans cette perspective, la présente étude analyse les facteurs climatiques et les actions locales de lutte en lien avec l'épidémiologie locale du paludisme afin de déceler le potentiel épidémique de la zone sanitaire. Ce travail est axé sur la variation temporelle de la maladie, les risques climatiques locaux associés et l'impact des interventions de lutte sur l'endémicité à l'échelle du territoire des communes de Sakété et Ifangni.

2. Méthodologie

2-1. Milieu d'étude

L'étude est réalisée dans les communes de Sakété et Ifangni qui constituent une des zones sanitaires du département du Plateau au sud-est du Bénin. C'est un espace à caractère rural qui couvre une superficie de 654 km². Il est situé entre 6°30' et 6°53' de latitude Nord et entre 2°32' et 2°47' de longitude Est. Le milieu d'étude partage ses limites administratives au Nord avec la commune de Adja-Ouèrè, au Sud avec la commune de Sèmè-Podji, le département de l'Ouémé à l'Ouest et une frontière nationale d'environ 51 km à l'Est avec la République Fédérale du Nigeria. La **Figure 1** montre la localisation de la zone d'étude.

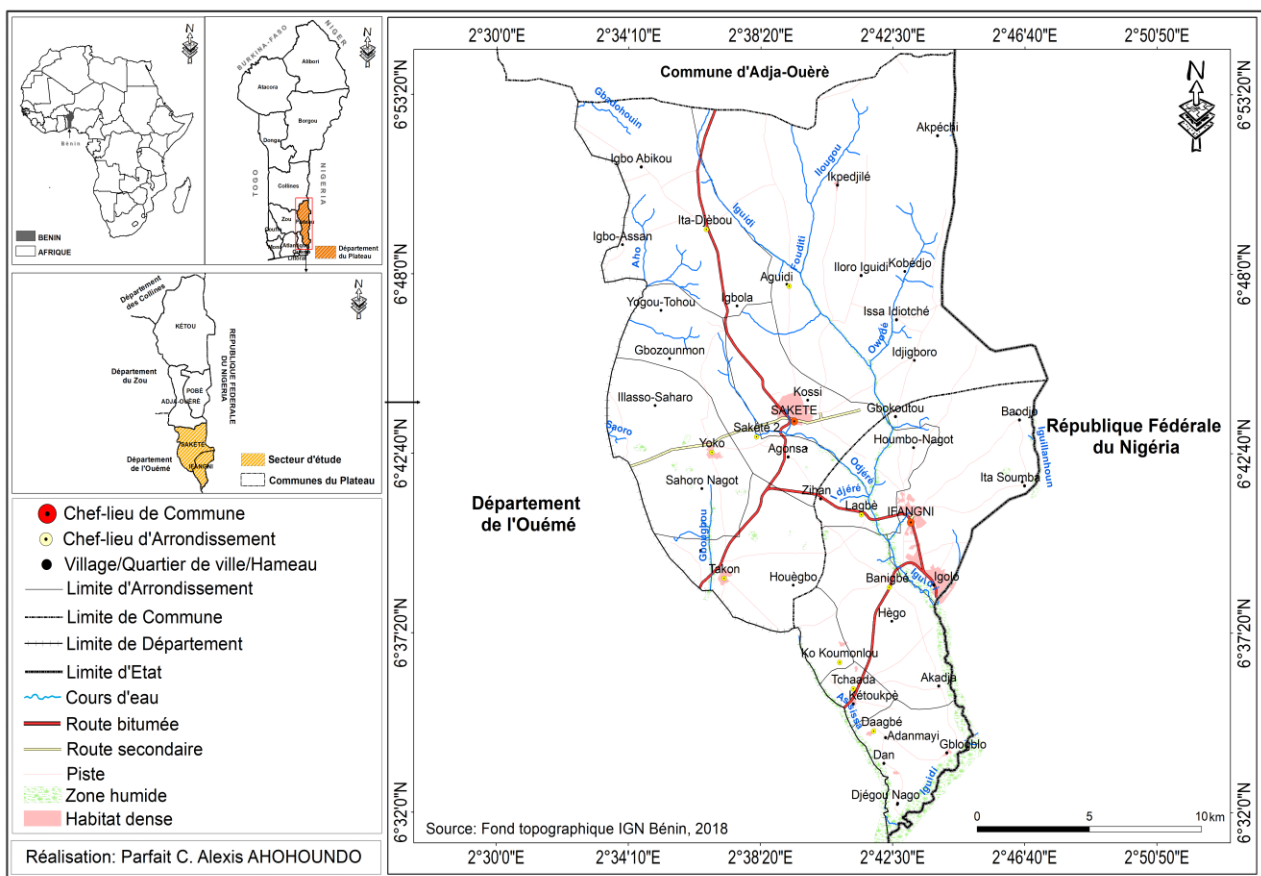


Figure 1 : Situation géographique de la zone sanitaire Sakété-Ifangni

2-2. Données de l'étude

Les données rétrospectives des cumuls mensuels des cas incidents de paludisme enregistrées dans les diverses formations sanitaires de la zone sanitaire, sur la période 2013 - 2022 ont été obtenues au niveau du service statistique du Bureau de Zone Sanitaire Sakété-Ifangni. Elles sont complétées par les données d'actions de lutte à l'échelle nationale et au format GRID. Il s'agit respectivement des proportions annuelles de la population ayant accès à une moustiquaire imprégnée dans leur foyer, de la proportion de personnes qui utilisent véritablement les moustiquaires parmi celles qui en ont accès, et la proportion de cas palustres traités efficacement avec un médicament antipaludique. Ces trois catégories d'informations couvrent la période 2013-2020 et sont téléchargées sur la plateforme du Projet Atlas du Paludisme (Malaria Atlas Project). Les données climatiques regroupent les moyennes mensuelles des précipitations, de la température et de l'humidité relative, obtenues à la Direction de la Météorologie Nationale et couvrant la même période (2013-2022). Les données démographiques prennent en compte les projections des effectifs de population par arrondissement en 2022, à partir des statistiques du recensement de 2013 réalisé par l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INStAD). Quant aux données spatiales utilisées, elles concernent les limites administratives des arrondissements et des communes ainsi que les localités, extraites de la base de données de l'Institut Géographique National (IGN-Bénin).

2-3. Méthodes de traitement et d'analyse des données

L'ensemble des données mobilisées pour cette recherche ont subi des traitements statistique et cartographique, respectivement avec les logiciels *XIStat* et ArcGIS dans sa version 10.8.

2-3-1. Traitement et analyse des données épidémiologiques

De manière détaillée, les données paludiques ont servi à calculer l'incidence cumulée de la maladie entre 2013 et 2022 dans les communes de Sakété et Ifangni, selon le protocole ci-après.

$$Incid\ cuml = \frac{\text{nombre de cas incidents en une période donnée}}{\text{Population totale à risque}} \times 1000 \quad (1)$$

Les moyennes mensuelles et annuelles de cet indicateur ont été transformées en graphiques afin d'analyser les fluctuations saisonnières et annuelles du paludisme. Le test de Cochran-Armitage a été utilisé pour apprécier la tendance temporelle de la maladie dans la zone sanitaire.

2-3-2. Relation entre paramètres climatiques locaux et l'affection palustre

L'influence du climat local sur l'incidence cumulée du paludisme a été appréciée à travers les variations saisonnières de la pluviométrie, de la température et de l'humidité relative en lien avec l'indicateur épidémiologique. La relation entre ces deux catégories de variables est établie par un test de corrélation déterminé à partir du protocole suivant :

$$r = \frac{cov(x,y)}{\sigma(x).\sigma(y)} \quad (2)$$

où, x et y sont deux variables considérées ; $\sigma(x)$ et $\sigma(y)$ représentent leurs écarts-types. Par convention, la relation entre x (cas de paludisme) et y (paramètre climatique considéré) est interprétée selon la grille suivante :

- $0,6 < | r | < 1$; 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 ;
- $0,3 < | r | < 0,6$; les deux (2) variables évoluent de manière approximativement identique. Ils sont moyennement corrélés ;
- $0 < | r | < 0,3$; 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.

2-3-3. Impact des mesures de prévention et de lutte sur l'affection palustre

L'intérêt est porté dans cette section sur l'effet des actions de lutte sur l'incidence cumulée moyenne du paludisme au niveau des arrondissements des communes de Sakété et Ifangni. A cet effet, le test de corrélation de Pearson a été utilisé pour explorer la relation entre les actions de lutte et l'indicateur de morbidité. Ensuite, une analyse de régression linéaire a été effectuée pour déterminer parmi les actions de lutttes, celles qui affectent significativement la morbidité palustre dans les douze arrondissements de la zone sanitaire Sakété-Ifangni.

3. Résultats

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

3-1. Variation temporelle de l'incidence cumulée dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni

Le paludisme demeure préoccupant dans les communes de Sakété et Ifangni avec 245 897 cas incidents entre janvier 2013 et décembre 2022. Durant cette décennie, l'examen de la situation épidémiologique du paludisme traduit une hausse de l'incidence cumulée annuelle dans la zone sanitaire. La **Figure 2** montre l'évolution annuelle de l'incidence cumulée du paludisme entre 2013 et 2022.

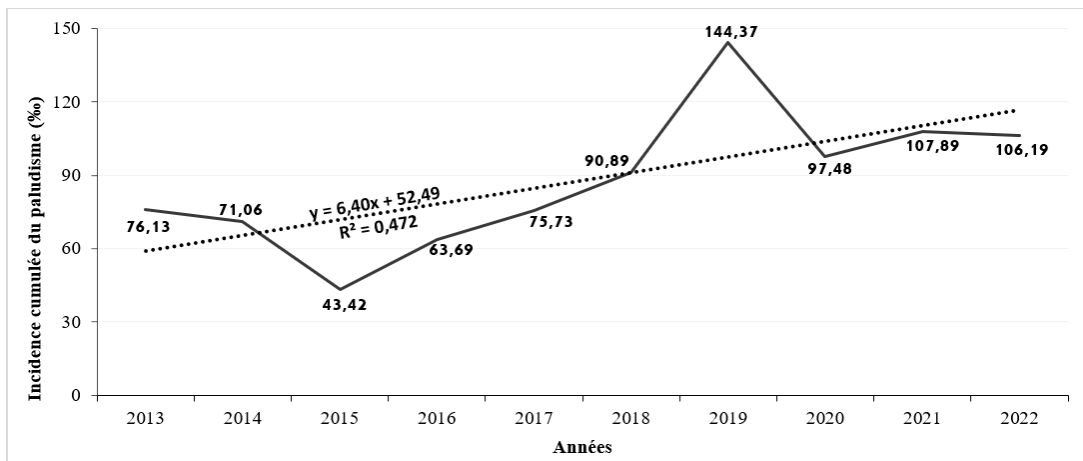


Figure 2 : Variation annuelle de l'incidence cumulée du paludisme entre 2013 et 2022

Source : Données SNIGS, 2013 - 2022

L'analyse de la **Figure 2** révèle que la zone sanitaire a connu d'importantes variations de l'incidence cumulée du paludisme entre 2013 et 2022. Au cours de la décennie, l'indicateur de morbidité est passé de 76,13 % à

144,37 ‰, avec des moyennes annuelles supérieures à 43 ‰. Entre 2013 et 2015, la charge palustre connaît une diminution sensible, passant de 71,06 ‰ à 43,42 ‰, soit une réduction de 43 ‰. La tendance s'inverse à partir de 2016 (63,69 ‰), où l'indicateur de morbidité connaît une forte augmentation pour atteindre son optimum en 2019 (144,37 ‰), soit un accroissement d'environ 126 ‰. Une baisse de l'intensité de la maladie est enregistrée au cours des trois dernières années (2020 - 2022). Durant cette période, l'indicateur paludique a connu une augmentation de 9 ‰, en passant de 97,48 ‰ en 2020 à 106,19 ‰ en 2022. Cette évolution globale de l'incidence cumulée annuelle du paludisme dans la zone sanitaire illustre la réalité épidémiologique liée à cette maladie dans les deux communes, à la seule différence que la transmission est plus intense à Ifangni qu'à Sakété. Cette variation de l'indicateur paludique traduit une tendance fluctuante nettement croissante, et statistiquement significative au regard du test de Cochran-Armitage ($z = 6,027$ et $p = 0,0001$). Par ailleurs, l'examen de la distribution mensuelle de l'incidence cumulée montre une saisonnalité de la transmission du paludisme dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni comme l'illustre la **Figure 3**.

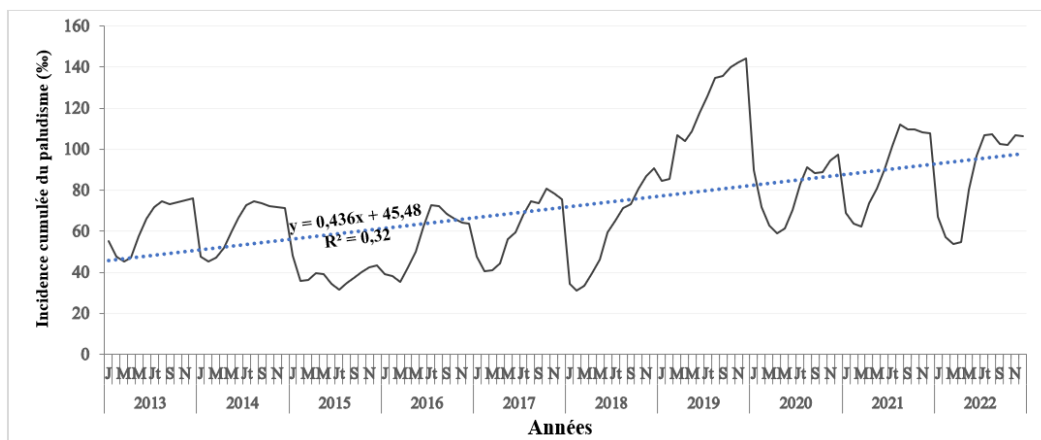


Figure 3 : Évolution interannuelle de l'incidence cumulée du paludisme entre 2013 et 2022

Source : Données SNIGS, 2013 - 2022

La lecture de la **Figure 3** montre des fluctuations importantes de l'incidence cumulée du paludisme dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. Entre 2013 et 2022, avec une tendance globale à la hausse, l'indicateur paludique a varié de 31,24 cas à 144,37 cas pour mille personnes. Au cours de cette décennie, l'incidence palustre atteint généralement son plus faible niveau durant la période de forte chaleur qui se concentre autour du mois de février, avec un taux moyen mensuel de 51,62 ‰. Ensuite, l'indicateur de morbidité connaît une progressive augmentation à partir du mois d'avril pour atteindre généralement son pic en novembre, avec une incidence cumulée moyenne de 88,98 ‰ ; soit approximativement le double (1,72) de l'incidence des mois de février ou mars. Dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni, le semestre juillet-décembre est globalement favorable à la transmission de la maladie. Aussi, les incidences cumulées mensuelles les plus élevées ont été enregistrées en décembre 2019 et août 2021, avec des valeurs respectives de 144,333 ‰ et 109,66 ‰. L'année 2019 est assez spéciale dans la mesure où les premières flambées de la pandémie de la COVID-19 au Bénin et dans la zone sanitaire ont occasionné des perturbations dans la fourniture des services de prévention, de diagnostic et de traitement du paludisme. Par contre, l'indicateur épidémiologique est au plus bas au cours du trimestre janvier-mars, davantage en février 2015 (35,58 ‰) et 2018 (33,33 ‰). Cette série de coudes et de pics épidémiques traduit non seulement le caractère continu de la transmission du paludisme dans la zone sanitaire, mais elle indique également que le risque de transmission est plus accru durant les périodes humides. Cette évolution saisonnière souligne l'intérêt du rôle des conditions climatiques locales dans la survenue du paludisme dans ces communes.

3-2. Risques climatiques locaux de survenue du paludisme

L'influence des paramètres climatiques sur la transmission du paludisme dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni a été appréciée à travers la relation entre l'indicateur de morbidité et les rythmes pluviométrique, thermométrique et hygrométrique dans cette région.

3-2-1. Influence des précipitations mensuelles sur l'incidence cumulée du paludisme

La distribution mensuelle des précipitations dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni influence l'évolution de l'incidence cumulée du paludisme. La **Figure 4** met en évidence la relation entre l'indicateur de morbidité et le rythme pluviométrique.

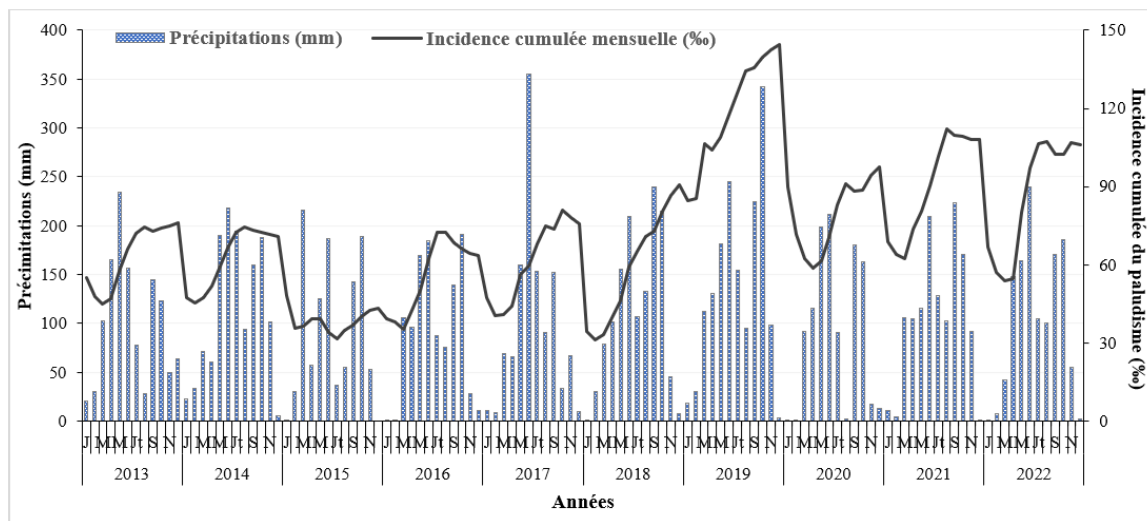


Figure 4 : Variation interannuelle de l'incidence cumulée du paludisme et des précipitations dans la zone sanitaire entre 2013 et 2022

Source : Météo-Bénin et SNIGS, 2013 - 2022

Il ressort de l'analyse de **Figure 4** que l'incidence cumulée du paludisme dans la zone sanitaire évolue au rythme des précipitations, avec un décalage d'un ou deux mois selon les années. Avec une moyenne pluviométrique de 190 mm en mars, les événements pluvieux observés dans la région connaissent une augmentation significative et atteignent leur valeur optimale de 543 mm et de 440 mm, respectivement en juin et en octobre. Ces périodes de pluie d'avril à juillet et d'octobre à novembre alimentent les gîtes larvaires en eau, indispensable pour la reproduction des anophèles. Il s'en suit une prolifération des vecteurs et une transmission accrue de la maladie au sein de la population. Aussi, l'incidence cumulée du paludisme reste globalement en hausse durant l'année où les fortes moyennes mensuelles sont généralement enregistrées en novembre (88,98 ‰). Par contre, entre janvier-février, l'arrêt des pluies s'accompagne d'une baisse de la transmission et donc une incidence cumulée du paludisme relativement faible (51,62 ‰) dans les communes de Sakété et Ifangni. L'évolution entre la pluviométrie moyenne mensuelle et l'incidence cumulée du paludisme est sanctionnée par une corrélation positive et modérément forte ($r = 0,652 ; p = 0,022$). En d'autres termes, la saison des pluies est la période privilégiée où la morbidité liée au paludisme est élevée. L'augmentation des cas enregistrée durant cette période est due à la distribution des précipitations qui favorisent l'abondance, la diversité et une forte densité de moustiques anophèles. En conséquence, la maladie connaît une recrudescence avec un niveau d'infection élevé chez la population à risque.

3-2-2. Influence de la température mensuelle sur l'incidence cumulée du paludisme

Les fluctuations des moyennes mensuelles de la température au cours de la période 2013-2022 influencent le développement larvaire dans les communes de Sakété et Ifangni, donc la survenue du paludisme. La **Figure 5** illustre l'évolution des variations de la température et de l'incidence cumulée du paludisme.

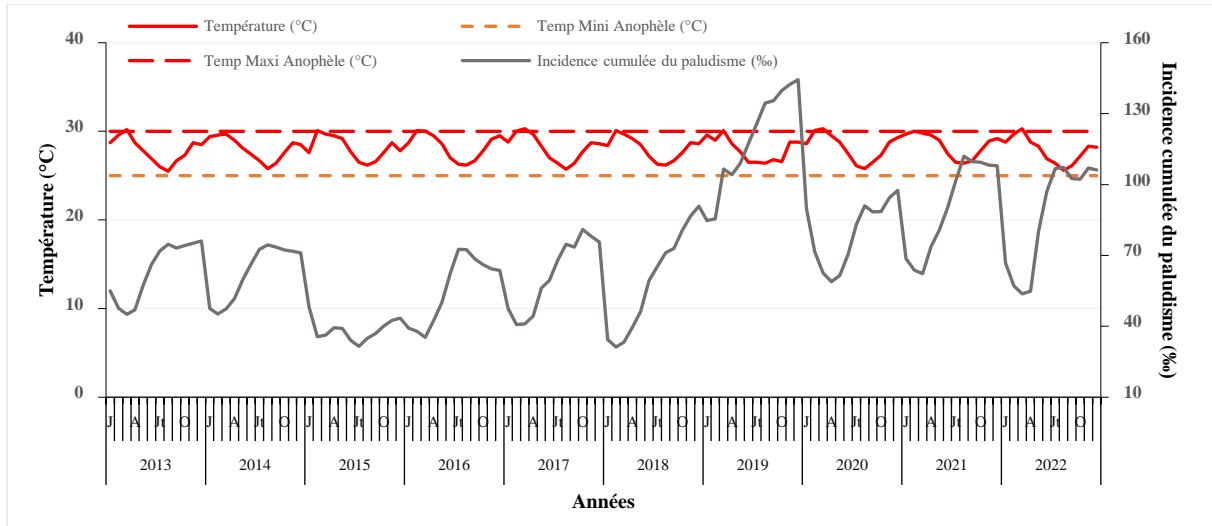


Figure 5 : Variation interannuelle de l'incidence cumulée du paludisme et des températures dans la zone sanitaire entre 2013 et 2022

Source : Météo-Bénin et SNIGS, 2013 - 2022

L'examen de la **Figure 5** met en évidence l'influence de la température sur l'incidence cumulée au fil des mois dans les communes de Sakété et Ifangni. Dans cette région, le rythme thermométrique au cours de l'année traduit un double pic de chaleur, alterné d'épisodes de fraîcheur. En effet, la température a régulièrement oscillé entre un seuil moyen minimal de 25,7°C et un maxima de 30,3°C. Les pics de chaleur interviennent en mars et en novembre, avec des valeurs respectives de 30°C et 29°C. Au cours de ces mois chauds, les moyennes mensuelles de l'incidence cumulée du paludisme affichent des valeurs relativement faibles, de l'ordre de 40,06‰. Cette augmentation de la température compromet le cycle de développement du plasmodium dans le corps de l'anophèle, entraînant ainsi une baisse de la transmission et, par conséquent, de l'incidence cumulée du paludisme. Par contre, l'avènement de la fraîcheur due à l'hivernage favorise une augmentation des épisodes palustres et induit une hausse de l'incidence cumulée mensuelle avec des moyennes supérieures à 90‰ dans la zone sanitaire. Globalement, la variation de la température dans cette région influence négativement l'incidence cumulée du paludisme. Cette dépendance unidirectionnelle qu'on observe entre les températures locales et l'indicateur de morbidité est confirmée par la corrélation négativement forte ($r = -0,690$; $p = 0,013$) entre les deux paramètres. Cependant, ces conditions thermométriques sont idoines pour l'accomplissement du cycle gonotrophique de l'anophèle et le développement des larves.

3-2-3. Évolution mensuelle de l'humidité relative et de l'incidence cumulée du paludisme

Le degré hygrométrique connaît d'importantes variations qui influencent la survie des vecteurs et indirectement la transmission du paludisme dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. La **Figure 6** illustre le rythme hygrométrique et celui de l'incidence cumulée du paludisme.

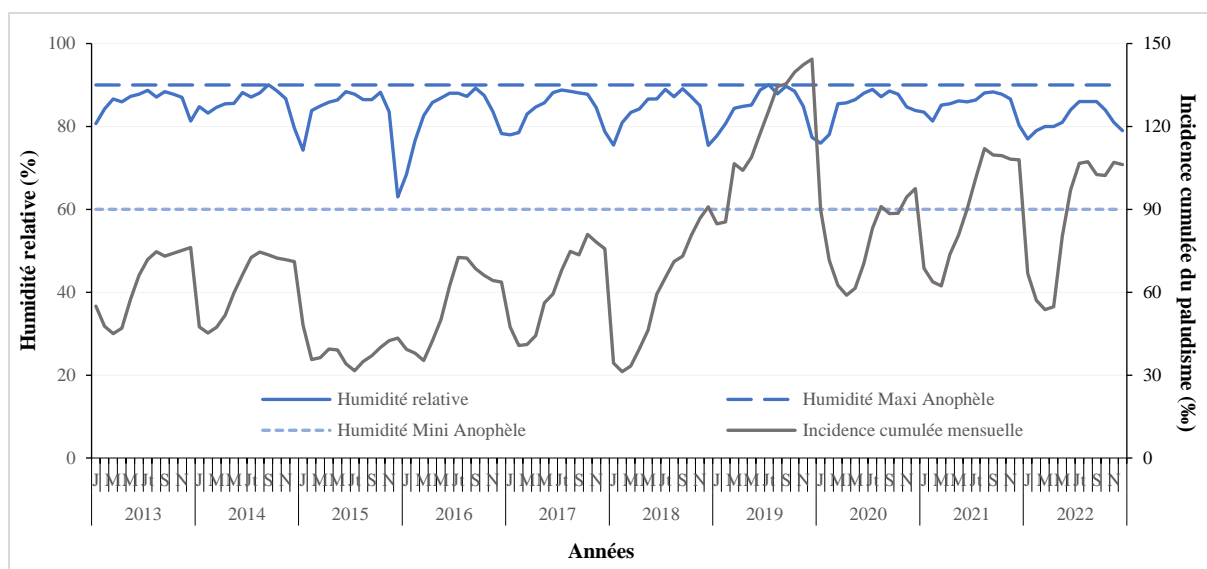


Figure 6 : Variation interannuelle de l'incidence cumulée du paludisme et de l'humidité relative dans la zone sanitaire entre 2013 et 2022

Source : Météo-Bénin et SNIGS, 2013 - 2022

La lecture de la **Figure 6** révèle que l'humidité relative suit presque le rythme de l'indicateur pathologique dans les communes de Sakété et Ifangni. Au cours de la décennie, les moyennes mensuelles de la variable climatique oscillent entre 71 % et 90 %. L'évolution annuelle de l'humidité relative dans la région se traduit par une diminution conséquente enregistrée entre décembre et janvier, avec une moyenne approximative de 74 %. En effet, la transmission du paludisme est réduite au cours de cette période du fait d'un développement larvaire limité, ce qui explique les taux d'incidence cumulée relativement bas au cours de cette période. Par ailleurs, entre mars et novembre, l'humidité relative connaît une hausse significative avec des pics compris entre 87 et 90 %, en plein cœur de la saison pluvieuse. Cette période de fraîcheur intense favorise un développement accéléré du plasmodium, une multiplication des nuisances vectorielles au sein des ménages, et donc une flambée des épisodes palustres avec des moyennes d'incidence cumulée avoisinant 140 cas pour mille habitants à risque dans la zone sanitaire. Cette interdépendance entre le paramètre de l'humidité et l'indicateur épidémiologique est confirmée par une corrélation positive et moyenne ($r = 0,596 ; p = 0,047$). En effet, l'arrivée de périodes pluvieuses entraîne une augmentation de l'humidité relative, ce qui contribue à la survie et à la longévité des vecteurs hématophages. Dans les communes de Sakété et Ifangni, lorsque l'humidité relative augmente ou diminue, cela a un impact sur les cas de paludisme et, par conséquent, sur l'incidence cumulée à l'échelle locale. En résumé, les variations mensuelles des conditions climatiques, notamment les régimes de précipitations, de température et de concentration de vapeur d'eau dans l'air, ont un impact sur la transmission de la maladie et, par extension, sur l'incidence cumulée du paludisme dans les communes de Sakété et Ifangni.

3-3. Impact des interventions sur l'endémicité palustre dans la zone sanitaire

La lutte contre le paludisme dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni est réalisée à travers différentes mesures de prévention et de lutte. Le **Tableau 1** montre le résultat de l'analyse corrélationnelle entre les actions de lutte et l'indicateur de morbidité.

Tableau 1 : Matrice de corrélation des mesures de préventions et de lutte

Actions de lutte	Corrélation de Pearson	P-value	Coefficients de détermination (R ²)
Incidence cumulée	1	0	1
Traitement antipaludéen	-0,283	0,070	0,080
Taux accès MILDA	0,610	0,035	0,372
Taux usage MILDA	0,789	0,002	0,622

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

La lecture du **Tableau 1** montre que l'incidence cumulée du paludisme est positivement et significativement corrélée (niveau de signification 0,05) avec la proportion de personnes qui disposent de moustiquaires ($r = 0,681$; $p = 0,035$) et celle qui en font réellement usage ($r = 0,789$; $p = 0,002$). Cependant, la corrélation n'est pas statistiquement significative entre l'indicateur épidémiologique et la proportion de la population ayant recours à un traitement à base d'un médicament antipaludique ($r = -0,283$; $p = 0,070$). Cela indique que l'augmentation ou la diminution de nouveaux cas palustres dans la zone sanitaire n'est pas liée à la proportion de la population qui a recours aux antipaludéens. La détermination de la contribution conjointe de ces trois mesures de lutte contre le paludisme est consignée dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Résumé du modèle de régression linéaire

Observations	12,000
Somme des poids	12,000
DDL	8,000
R ²	0,651
R ² ajusté	0,519
MCE	0,002
RMCE	0,049
MAPE	4,997
DW	2,483
Cp	4,000
AIC	-69,464
SBC	-67,524
PC	0,699

La lecture du **Tableau 2** montre que le modèle de régression linéaire donne une valeur R² de 0,651. Cela implique que l'accès aux moustiquaires, leur utilisation effective par les populations et le recours aux médicaments antipaludiques ont représenté conjointement 65,10 % des mesures de prévention et de lutte contre le paludisme dans les communes de Sakété et Ifangni. De même, la statistique F qui mesure la signification globale du modèle de régression équivaut à 49,64 avec un seuil de signification $p = 0,031$. Cela indique que le modèle est bien adapté. Toutefois, parmi ces trois mesures de lutte, seule l'usage réel des moustiquaires par la population s'avère la plus efficace pour prévenir la maladie, comme l'indique le **Tableau 3**.

Tableau 3 : Résultats de la régression linéaire sur les mesures de prévention et de lutte

	Valeur	Erreur standard	Coef. Beta	t	Pr > t
Constante	-0,465	0,249		-1,867	0,082
Traitement antipaludéen	3,168	5,988	0.000	0,529	0,611
Accès MILDA	0,625	0,938	0.167	0,666	0,524
Usage MILDA	2,117	0,842	0.680	2,514	0,036

L'analyse du **Tableau 3** montre que parmi les trois mesures de prévention et de lutte contre le paludisme dans les communes de Sakété et Ifangni, la variable présentant le coefficient bêta le plus élevé est le taux d'usage des moustiquaires (0,680). Cela signifie que le taux d'usage des moustiquaires représente la contribution unique et la plus forte en termes d'action de lutte contre le paludisme dans la zone sanitaire. Elle reste donc la mesure la plus significative pour l'efficacité des interventions de prévention du paludisme, même lorsque des ressources sont allouées à la distribution de moustiquaires dans le cadre de la stratégie de lutte contre cette endémie dans la région.

4. Discussion

4-1. Variation temporelle de la morbidité palustre dans les communes de Sakété et Ifangni

La présente étude a révélé que l'évolution du paludisme connaît d'importantes variations dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. La série temporelle traduit une fluctuation des épisodes palustres avec une tendance annuelle globalement croissante. A l'échelle mensuelle, le risque de transmission varie progressivement des taux relativement faibles (51,62 ‰) en février-mars, à une moyenne annuelle de 88,98 ‰, d'avril à novembre où interviennent les pics épidémiques. Cette période souvent humide est beaucoup plus idoine à la transmission car elle favorise une intensification des nuisances vectorielles. Cela se traduit par une augmentation sensible de l'incidence cumulée, atteignant presque le double (1,72 fois) de la transmission observée durant la période de chaleur. Cette fluctuation de la maladie dans la zone sanitaire préfigure également la réalité sanitaire de chaque commune, marquée par une forte saisonnalité de la transmission du paludisme. Ces résultats confirment l'évolution annuelle et mensuelle de l'incidence palustre dans certaines municipalités du Burkina Faso [19]. Pour ces auteurs, l'incidence palustre annuelle a beaucoup varié sur la période d'étude, passant de 407 ‰ en 2013 à 518 ‰ en 2020 avec un pic significatif de 598 ‰ enregistré en 2017. Cette évolution globale est marquée par une saisonnalité, qui se produit durant cette période humide, de juillet à décembre. Tout comme dans les communes de Sakété et Ifangni, [20] ont noté une évolution fluctuante de l'indicateur paludique hebdomadaire avec une résurgence annuelle entre 2008 et 2012 dans 575 villages au centre-ouest du Sénégal. D'après ces auteurs, les périodes épidémiques débutent en juillet-août, avec une incidence de 26,4 cas hebdomadaires pour cent mille personnes et prennent fin en janvier-février de l'année suivante, avec un taux de morbidité de 115,34 cas pour 100 000 personnes-semaines. En revanche, les périodes de faible endémicité s'étendent de janvier à juin, avec des taux hebdomadaires compris entre 0,83 et 2,73 cas pour 100 000 personnes. Ce qui laisse clairement comprendre l'effet des saisons et donc des manifestations du climat local dans la transmission de la maladie.

4-2. Influence des conditions climatiques sur la morbidité palustre

Les conditions climatiques locales propres à la zone sanitaire Sakété-Ifangni, en l'occurrence la pluviométrie, la température et l'humidité relative agissent de façon directe sur la survenue du paludisme. En effet, les variations saisonnières de l'incidence cumulée s'effectuent en harmonie avec les fluctuations pluviométrique, thermique et hygrométrique avec ou sans décalage. Ainsi, l'augmentation de l'incidence cumulée dans les communes de Sakété et Ifangni coïncide avec le démarrage de la saison pluvieuse où la pluviométrie et l'humidité relative sont souvent en hausse et les températures réduites. La combinaison de ces facteurs d'ordre météorologique induit une reproduction des moustiques dont dépend l'ampleur de la morbidité selon le contexte géographique. Ce constat est identique aux conclusions d'étude réalisées respectivement à Pobè [15] au sud du Bénin. Ces auteurs ont noté que la saison des pluies est la période adéquate où s'opère la recharge des eaux de surface et autres biotopes de développement larvaire des moustiques anophèles et dont les effets directs se traduisent par des flambées de cas de paludisme. Des résultats similaires de l'influence de la pluie et de la température sur la transmission du paludisme ont également été rapportés

dans le département de l'Ouémé [21], où la survenue d'épisodes pluvieux va de pair avec une augmentation des cas palustres. Comme à Sakété et Ifangni, la présente recherche corrobore celle menée dans la et dans la ville de Pointe-Noire au Congo [23] et dans la commune de Sèmè-Podji [14]. Les corrélations positives notamment avec la pluviométrie et l'humidité relative traduisent une forte dépendance entre l'évolution des cas incidents avec les paramètres climatiques précédemment évoqués. Il faut souligner que ces constatations de l'indicateur de morbidité en rapport avec la pluviométrie et l'humidité relative ont été soulevées dans l'actuelle commune de Tori-Bossito [12] et plus récemment, dans la zone urbaine centrale de Ibadan au Nigéria [24]. D'après ces auteurs, les précipitations qu'elles soient modérées ou faibles influencent l'abondance des populations des vecteurs en fournissant des eaux de surface ouvertes pour la reproduction. En ce qui concerne l'humidité relative, elle affiche un taux compris entre 71 % et 90 %, facilitant ainsi la survie des vecteurs. Ce seuil corrobore les résultats des auteurs [25] qui ont signifié que si l'humidité relative mensuelle moyenne est inférieure à 55 % et supérieure à 80 %, la durée de vie du moustique est tellement réduite que la portée de la transmission du paludisme diminue. Cela signifie que le plasmodium a besoin d'humidité pour se développer convenablement. Par contre, la transmission est limitée lorsque les moyennes thermométriques sont élevées. En effet, alors que les températures sont globalement chaudes durant les mois secs, elles deviennent progressivement plus fraîches en cours de l'hivernage. Ainsi, la forte corrélation négative notée entre le paramètre climatique de chaleur et l'incidence cumulée ($r = -0,69$; $p = 0,013$) signifie que l'augmentation de la température entraîne une baisse de l'indicateur de morbidité, et inversement. Ces résultats sont en conformité avec les observations faites par [15] dans la commune de Pobè où l'augmentation de la température s'accompagne d'une baisse des cas de paludisme enregistrés dans les formations sanitaires. Au Togo, [26] ont également trouvé une corrélation négative entre la température et le nombre d'hospitalisations dans la ville de Kara ; tandis que [24] ont noté une forte corrélation entre la température et les cas palustres dans la zone urbaine de Ibadan au Nigeria.

4-3. Mesures de prévention et morbidité palustre dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni

Le paludisme est reconnu comme une maladie particulièrement sensible au climat. A l'heure actuelle, les actions de lutte pour accroître le contrôle de la maladie regroupent un ensemble de mesures dont l'utilisation des moustiquaires reste la plus adoptée par les populations. Dans le cadre de cette étude, l'utilisation des moustiquaires est l'unique moyen préventif et protecteur contre les agressions anophéliennes et par conséquent, la survenue du paludisme. Ce résultat concorde avec les résultats des auteurs [27] qui ont remarqué que les enfants qui dorment fréquemment sous une moustiquaire imprégnée ont une prévalence palustre significativement moindre que ceux ne dormant pas sous moustiquaire au Burkina-Faso. Comme dans l'étude actuelle, [28] sont parvenus aux mêmes conclusions quant à l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée (MILD) chez les enfants de moins de 5 ans en République Démocratique du Congo (RDC). En effet, ces auteurs ont remarqué que la majorité des ménages utilisaient la MILD pour tout le monde (80,2 %) et ceci peut être expliqué par le fait que la population a jugé bon de protéger tout le monde par ce moyen y compris les plus vulnérables qui sont les enfants. En s'inscrivant dans la même optique, [15] ont souligné que le recours à l'utilisation des moustiquaires imprégnées à longue durée d'action reste la seule méthode de prévention et de protection contre les piqûres des vecteurs. Cependant, il faut souligner qu'au niveau des ménages, les populations recourent à d'autres moyens de prévention ou de protection. A ce titre, [29] ont indiqué que plus des 3/4 (76,42 %) des enquêtés dans la commune de Ifangni se reconnaissent potentiellement exposés à la maladie, avec des moyens de prévention ou de protection assez dérisoires (répulsifs naturels à base de plantes, serpentini anti-moustique, grillage plastique aux fenêtres des concessions). Cela soulève un réel problème de sensibilisation et de communication au sein des communautés pour une plus grande adoption des moustiquaires qui sont l'un des moyens privilégiés de réduction de la charge palustre.

5. 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'incidence cumulée dans cette région a montré une évolution fluctuante avec une tendance annuelle à la hausse sur la décennie 2013 - 2022. De même, les variations mensuelles de la maladie révèlent une augmentation significative des nouveaux cas durant les périodes humides, tandis que les mois secs enregistrent souvent une baisse relative. Cette dynamique de la transmission épouse le rythme des conditions climatiques locales dans la zone sanitaire Sakété-Ifangni. Elles sont propices à la prolifération des vecteurs et jouent donc un rôle crucial dans la propagation du paludisme. Les analyses corrélationnelles entre ces paramètres et les cas incidents sont significatifs. L'augmentation de la pluviométrie et de l'humidité relative accroît l'incidence cumulée du paludisme tandis que l'utilisation des moustiquaires imprégnées reste la mesure la plus significative pour l'efficacité des interventions de prévention du paludisme.

Références

- [1] - R. GUNDA, M. J. CHIMBARI, S. SHAMU, B. SARTORIUS and S. MUKARATIRWA, Malaria incidence trends and their association with climatic variables in rural Gwanda, Zimbabwe, 2005-2015. *Malaria Journal*, 16 (393) (2017) 13 p. <https://doi.org/10.1186/s12936-017-2036-0>
- [2] - GUNDAOMS, Rapport 2023 sur le paludisme dans le monde, données et tendances régionales. Dossier d'Information, Genève, (2023) 16 p.
- [3] - A. A. A. OBOSSOU, R. I. SIDI, R. S. ATADE, V. M. VODOUHE, R. KLIKPEZO, L. K. E. FADO, F. M. NOUESSEWA, H. AHOIGNAN, K. SALIFOU, Fréquence et facteurs associés au paludisme chez les femmes enceintes dans les maternités périphériques publiques de Parakou (Bénin) en 2018. *European Scientific Journal*, 20 (3) (2024) 359 - 372, <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/17722>
- [4] - M. A. TEWARA, P. N. MBAH-FONGKIMEH, A. DAYIMU, F. X. F. KANG, Small-area spatial statistical analysis of malaria clusters and hotspots in Cameroon 2000 - 2015. *BMC Infectious Diseases*, 18 (636) (2018) 1 - 15, <https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12879-018-3534-6>
- [5] - C. BIRANE, D. A. NIANG, J. L. NDIAYE, J. A. DIONE, C. BRYANT, J. QUENSIERE, K. ALIOUNE, F. OUSMANE, Facteurs de risque environnementaux de la persistance du paludisme dans la banlieue de Dakar (Guédiawaye -Pikine). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 15 (2) (2016) 275 - 290, URL: <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- [6] - R. BIGIRINAMA, J. A. NTAONGO, D. BATUMBO, N. SAM-AGUDU, P. KATOTO, L. BYAMUNGU, K. KARUME, J-B. NACHEGA, D. BOMPANGUE, Environmental and anthropogenic factors associated with increased malaria incidence in South-Kivu Province, Democratic Republic of the Congo. *Trop Med Int Health*, 25 (5) (2020) 600 - 611
- [7] - O. OKUNLOLA, O. OYEYEMI, Spatio-temporal analysis of association between incidence of malaria and environmental predictors of malaria transmission in Nigeria. *Scientific Reports*, 9 (17500) (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53814-x>
- [8] - A. STEFANI, "Epidémiologie du paludisme et environnement : étude de deux populations amérindiennes de l'est et de l'ouest guyanais". Thèse de doctorat en Sciences de la Vie. Université des Antilles et de la Guyane. Cayenne, (2010) 369 p.
- [9] - S. R. GOUATAINE, L. BAOHOUTOU, Mise en évidence de la variabilité pluviométrique sur la plaine du Mayo-Kebbi (sud-ouest du Tchad), *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 25 (8) (2015) 93 - 109

- [10] - A. S. BIO BANGANA, "Déterminants environnementaux de la répartition spatiale des vecteurs du paludisme et autres moustiques vecteurs de maladies dans la zone sanitaire Ouidah-Kpomassè-Tori Bossito". Thèse unique de doctorat en géographie, Université d'Abomey-Calavi, Calavi, (2013) 178 p.
- [11] - A. YADOLETON, G. DRAMANE, Y. BADOU, C. TCHOBOZO, G. HOUNKANRIN, F. SANOUSSI, L. BABA-MOUSSA, Transmission du paludisme dans la commune de à Karimama au Nord-Est du Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 37 (3) (2022) 569 - 576
- [12] - C. PIERRAT, Risque palustre : appréhender la vulnérabilité des individus à l'échelle locale (Sud du Bénin), *Vertigo*, 11 (3) (2011), URL : <http://vertigo.revues.org/11549>
- [13] - P. C. A. AHOHOUNDO, S. A. HONVO, B. C. A. TOHOZIN, Cadre de vie urbain et risques palustres dans le premier arrondissement de Porto-Novo (Bénin), *Revue de géographie du laboratoire Leïdi*, (18) 164 - 178
- [14] - N. P. M. BOKO, M. SOUDO, T. H. N. AZONHE, C. S. HOUSSOU, Rythme climatique et pathologie dans l'arrondissement de Sèmè-Podji (Bénin, Afrique de l'Ouest), *Journal de Géographie Rurale Appliquée et Développement*, 1 (03) (2021) 61 - 78
- [15] - B. S. DANSOU, L. ODOULAMI, Paramètres climatiques et occurrence du paludisme dans la commune de Pobè, au sud-est du Bénin. XXVIIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, (2015) 129 - 132
- [16] - DDSP, Annuaire des statistiques sanitaires 2019 du Plateau, Pobè, (2020) 91 p.
- [17] - SNIGS/MS, Annuaire des statistiques sanitaires. Ministère de la Santé, Cotonou, (2022) 243 p.
- [18] - A. SOVI, R. GOVOETCHAN, F. TOKPONNON, H. HOUNKONNOU, R. AIKPON, F. AGOSSA, V. GNANGUENON, A. SALAKO, C. AGOSSOU, R. OSSE, M. OKE, D. GBENOU, A. MASSOUGBODJI, M. AKOGBETO, Impact of land-use on malaria transmission in the Plateau region, southeastern Benin. *Parasites and Vectors*, 6 (352) (2013), URL: <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-352>
- [19] - I. SANGARE, C. A. OUATTARA, D. D. SOMA, D. SOMA, B. S. ASSOGBA, M. NAMOUNTOUGOU, G. TOUGRIE, L. B. SAVADOGO, Spatial-temporal pattern of malaria in Burkina Faso from 2013 to 2020. *Parasite Epidemiology and Control*, Vol. 18, (2022) 10 p. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2022.e00261>
- [20] - S. DIENG, E. BA, K. SALLAH, A. GUINDO, M. PIARROUX, S. REBAUDET, C. SOKHNA, J. GAUDART, Géo-épidémiologie du paludisme dans la région centre du Sénégal : instabilité spatio-temporelle des zones à haut risque et facteurs associés. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, Vol. 68, (2020) Supplément 3, 88 - 99
- [21] - M. F. DOVONOU, N. P. M. BOKO, C. HOUSSOU, Scenarii bioclimatiques à l'horizon 2050 dans le département de l'Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *European Scientific Journal*, 14 (23) (2018) 212 - 226
- [22] - Y. DJAME, L. Y. LARE, M. DJANGBEDJA, Variabilité climatique et épidémiologie du paludisme dans la Région des Savanes au Nord-Togo, *Journal de recherche scientifique de l'Université de Lomé (Togo)*, 20 (4) (2018) 213 - 228
- [23] - B. C. A. GOLO, M. J. SAMBA-KIMBATA, C. S. HOUSSOU, Variabilité climatique et pathologies dans la ville de Pointe-Noire (république du Congo), *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, 5 (9) (2022) 43 - 58, <https://retssa-ci.com/index.php?page=detail &k=243>
- [24] - A. I. A. AKINBOBOLA, Determining Malaria Hotspot Using Climatic Variables and Geospatial Technique in Central Urban Area of Ibadan, Southwest, Nigeria. *Journal of Climatology & Weather Forecasting*, 6 (1) (2022) <https://doi.org/10.4172/2332-2594.1000225>
- [25] - S. DHIMAN, D. GOSWAMI, B. RABHA, R. GOPALAKRISHNAN, I. BARUAH, L. SINGH, Malaria, Epidemiology along Indo-Bangladesh border in Tripura State, India. *Southeast Asian Journ Trop Med Public Health*, 41 (6) (2010) 1279 - 1289
- [26] - E. ADEWI, V. DUBREUIL, Variabilité climatique et paludisme à Kara, une ville du Nord-Togo. In Bigot S. Et Rome S. (Eds). Les climats régionaux : observation et modélisation. Actes du colloque organisé à Grenoble, (2012) 57 - 62

- [27] - I. ZONGO, A. TIENDREGEGO, H. SANON, Influence de l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides sur la prévalence du paludisme chez les enfants de moins de cinq ans au Burkina-Faso. Rapport de Consultation, Ouagadougou, (2015) 12 p.
- [28] - C. P. MULENGA, N. O. NYOLA, O. NUMBI, Problématique de l'utilisation des Moustiquaires Imprégnées d'insecticide à Longue Durée (MILD) chez les enfants de moins de 5 ans en République Démocratique du Congo. *Pan African Medical Journal*, 23 (101) (2016), <https://www.panafrican-med-journal.com/content/article/23/101/full/>
- [29] - G. BONI, P. C. A. AHOHOUNDO, V. N. S. AYIMADE, Apport du SIG et de l'analyse multicritère à la modélisation géographique de la vulnérabilité au paludisme dans la commune d'Ifangni. *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, 4 (7) (2022) 139 - 157. https://retssa-ci.com/detail_article/255/10