

Transmission du paludisme dans la commune de à Karimama au Nord-Est du Bénin

[Malaria transmission in the district of Karimama in North-East of Benin]

YADOLETON Anges¹⁻²⁻³, DRAMANE Gado¹, BADOU Yvette³, TCHIBOZO Carine³, HOUNKANRIN Gildas³, SANOUSI Falilath³,
and BABA-MOUSSA Lamine⁴

¹Ecole Normale Supérieure de Natitingou, Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM),
Benin

²Centre de Recherche Entomologique de Cotonou, Benin

³Laboratoire des Fièvres Hémorragiques Virales et des Arbovirus, Benin

⁴Laboratoire de Biologie et de Typage Moléculaire en Microbiologie, Département de Biochimie et de Biologie Cellulaire, Faculté des
Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 05 BP 1604 Cotonou, Benin

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Background: In order to know the level of malaria transmission in the city of Karimama in the north East of Benin, an entomological study was carried out in this city from January to December 2020.
Method : Firstly, the study was based on sampling adults mosquitoes by Human Landing Catches (HLC) in two villages performed monthly over two consecutive nights (8:00 PM to 6:00 AM) in 4 randomly selected compounds. These populations of mosquitoes were completed by Indoor Pyrethrum Spray Catches (PSC) in 10 other selected compounds; the same compounds in each sampling method being consistently used throughout the study.
The head-thoraces of these females from the human landing catches were tested for the presence of CircumSporozoite Protein (CSP). Finally, Knocked down mosquitoes falling on white bed sheets were preserved for identification of species and characterization of molecular forms within the *An. gambiae* complex were performed using Polymerase Chain Reaction (PCR).
Results: i)-During the year of study, 9.019 female mosquitoes were caught by PSC against 21.474 by HLC among which, 26% were *Anopheles* species from HLC; ii)- In this city surveyed, the main malaria parasite *Plasmodium falciparum* was transmitted by *Anopheles gambiae* s.s where transmission was high from June to October during the rainy season and declined during the dry season (December-May); iii) - The Entomological Inoculation Rates (EIRs) were significantly higher (138 infection bites/person/night) during the rainy season than those obtained during the dry season (138 infection bites/person/night) (P<0.05). Conclusion: The present study showed that malaria transmission is unimodal in the city of Karimama and the main malaria parasite, *Plasmodium falciparum* was transmitted by *Anopheles gambiae* s.s. These findings will be very useful for National Malaria Control Program authorities in the choice of the method to fight against malaria in this city.

KEYWORDS: Malaria; Transmission; *Anopheles gambiae*; Karimama.

RÉSUMÉ: Dans le but de connaître le niveau de transmission du paludisme dans la ville de Karimama, une étude entomologique a été réalisée dans cette ville de janvier à décembre 2020.

Dans un premier temps, des captures de moustiques sur appât humain ont été effectuées dans deux villages à un rythme de 2 nuits consécutives par mois. Ces captures sur appât humain ont été complétées par des captures au pyrèthre effectuées à l'intérieur des maisons et ceci 2 fois par mois dans 10 habitations choisies également dans les mêmes zones de capture. Dans un deuxième temps, le thorax des moustiques capturés sur appât humain a été utilisé pour rechercher la positivité en protéine circum sporozoïte (CS) de

Plasmodium falciparum par la méthode de titrage immunoenzymatique (ELISA-CSP). Enfin, la technique de Polymerase Chain Reaction (PCR) a été utilisée dans le but de connaître les différentes espèces du complexe *Anopheles gambiae* assurant la transmission du paludisme.

Il ressort de ces travaux que : i) 21.474 moustiques adultes ont été capturés sur appât humain contre 9.019 par aspersion intradomiciliaire avec une population de *Anopheles gambiae* qui représentait 26% des captures sur appât humain; ii) La transmission du paludisme est assurée par *Anopheles gambiae* s.s avec une forte incidence pendant la saison pluvieuse (Juin - Novembre) et une déclinaison pendant la saison sèche (décembre-mai) ; iii) Le Taux d'Inoculation Entomologique en est significativement plus important en saison pluvieuse (138 piqures infectantes par personne par mois (pi/h/mois)) qu'en saison sèche (8pi/h/mois) ($P < 0,05$).

La présente étude a montré que la transmission du paludisme est unimodale dans la ville de Karimama et est assurée en grande partie par *An. gambiae* s.s. Ces résultats obtenus seront d'une grande utilité pour la prise de décision en matière du choix de lutte anti vectorielle contre le paludisme dans la ville de Malanville.

MOTS-CLEFS: Paludisme; transmission; *Anopheles gambiae*; Karimama

1 INTRODUCTION

Première affection parasitaire mondiale, le paludisme constitue un réel problème de santé publique qui menace plus d'un milliard de personnes à travers le monde (OMS, 2015). Il demeure l'un des fléaux majeurs dans les pays les plus pauvres de l'Amérique du Sud à l'Asie du Sud-est, en passant par l'Afrique subsaharienne où 88% des cas et décès ont été estimés (OMS, 2016). En 2015, au niveau mondial, le nombre de cas de paludisme est estimé à 214 millions associé à une mortalité évaluée à 438 000 (OMS, 2016) ce qui fait de cette maladie, une cause principale de morbidité dans les pays endémiques, affectant particulièrement les enfants de moins de cinq ans, les femmes enceintes et les sujets immunodéprimés.

Au Bénin, il demeure la première cause de fréquentation dans les formations sanitaires avec une fréquence de 37% chez les adultes et 41% chez les enfants de moins de 5 ans (Akogbeto et al., 2010).

Le plan stratégique national de lutte contre cette maladie dans la plupart des pays en Afrique au sud du Sahara repose sur 3 composantes majeures à savoir: i) le traitement curatif précoce par les Combinaisons Thérapeutiques à base d'Artémisinine (CTA); ii) le Traitement Préventif Intermittent (TPI) par la Sulfadoxine-Pyriméthamine chez la femme enceinte; iii) la lutte antivectorielle.

Selon Akogbeto et al. (2010), la transmission du paludisme en Afrique au sud du Sahara reste hétérogène du fait des variations climatiques d'une part mais aussi, de l'existence de certains faciès qui rendent cette transmission pérenne.

Les travaux de Yadouleton et al. (2010), Djenontin et al. (2010) ont montré que de nombreuses espèces anophéliennes assurant cette transmission de façon permanente, temporaire ou occasionnelle, mais elle reste en grande partie dominée par *Anopheles gambiae* sensu stricto. Dès lors, l'étude des moustiques vecteurs et de la dynamique de la transmission est un préalable indispensable non seulement pour comprendre l'épidémiologie du paludisme mais aussi pour mettre en place un contrôle efficace et ciblé de ces vecteurs (Omumbo et al., 2005).

Au Bénin, la diversité bioclimatique du sud forestier au nord savanicole induit des faciès de transmission variés. Des travaux antérieurs dans le pays ont montré l'implication de *Anopheles gambiae* sensu stricto (Giles), de *Anopheles Arabiensis* (Akogbeto et Di Deco, 1995) et de *Anopheles funestus* (Giles) (Djenontin et al., 2010) dans la transmission du paludisme. Mais peu de travaux ont été réalisés sur la transmission du paludisme en zone de savane sèche au nord du pays notamment dans la ville de Karimama. Cette étude vise à répondre en partie à ce manque de données sur la transmission du paludisme dans cette zone au nord du Bénin.

Les résultats de ces travaux permettront aux responsables du Programme National de Lutte contre le Paludisme de disposer des données récentes pour l'élaboration d'une bonne stratégie de lutte contre le paludisme dans cette ville.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONES DE COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données s'est déroulée dans la ville de Karimama (12°03N, 3°23E) au Nord-Est du Bénin de Janvier à décembre 2020. Le choix de cette ville se justifie par l'existence de plusieurs sites rizicoles notamment celui de Monsey qui s'étend sur plusieurs hectares et qui constitue de véritables gîtes de moustiques en particulier ceux de *Anopheles gambiae* (Yadouleton et al., 2010).

La ville de Karimama est caractérisée par un climat de type Soudanien avec deux saisons dont une sèche (Décembre-Mai) et une pluvieuse (Juin-Novembre). La végétation est faite de savane arborée, arbustive et herbacée souvent clairsemée sous l'influence de

l'agriculture caractérisée par la production de l'igname, du coton et du petit mil.. La moyenne annuelle des précipitations est de 1300 mm et les températures moyennes mensuelles varient entre 23°C et 45°C.

Notre étude a été réalisée dans les arrondissements de Guéné et de Madécali dans la commune de Karimama (Figure 1).

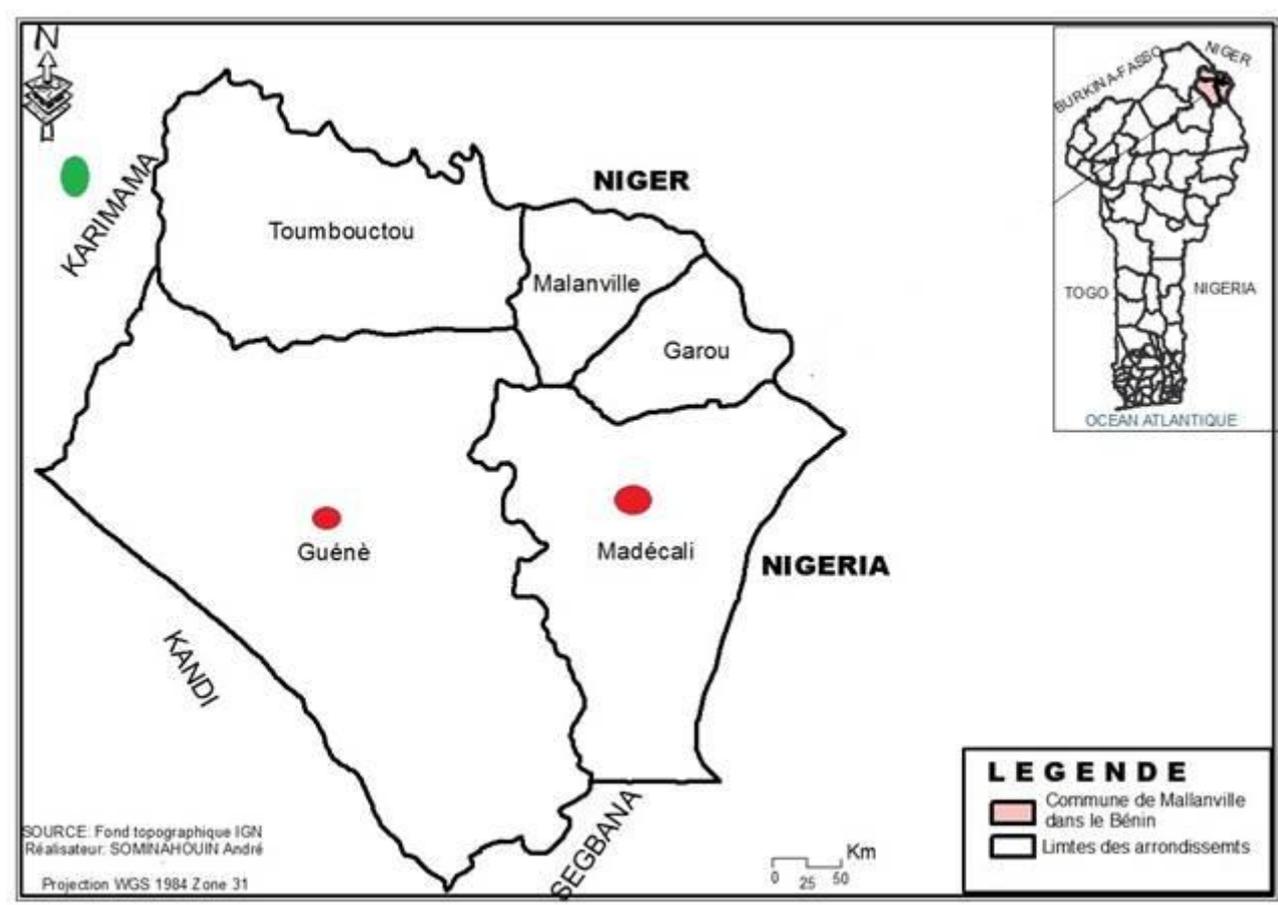


Fig. 1. Carte de la ville de Karimama indiquant le site d'étude

2.2 DYNAMIQUE DE LA TRANSMISSION DU PALUDISME

2.2.1 COLLECTE DES MOUSTIQUES SUR LE TERRAIN

Le recueil des données a reposé sur un suivi entomologique longitudinal réalisé de janvier à décembre 2020 grâce à des captures de nuit sur sujets humains. Des captures mensuelles de moustiques agressifs ont été réalisées de 21h à 6h du matin, sur des sujets humains volontaires qui, au préalable, ont donné leur consentement favorable pour le déroulement de l'activité. Les captureurs ont été placés à l'extérieur et à l'intérieur de 2 habitations situées dans un quartier de forte densité humaine. Le choix de ce quartier a été fait suivant la méthode d'Anderson (1993) et l'orientation du choix des habitations choisies pour servir de lieu de capture a été faite suivant la technique de bouteille (Snedecor et Cochran, 1971).

La collecte s'est déroulée à un rythme de 2 nuits consécutives par mois. Ces lieux de capture n'ont pas varié tout au long de l'étude.

Les moustiques capturés ont été conservés individuellement dans des tubes à hémolyse bouchés avec du coton et gardés par tranche horaire et par point. En plus des captures sur appât humain, des captures au pyrèthre ont été aussi effectuées à l'intérieur de deux autres maisons dans le même quartier pour compléter les captures sur appât humain et ceci une fois par mois.

Avant les pulvérisations, toutes les ouvertures des maisons ont été fermées avec des draps de manière à réduire au maximum la sortie des moustiques. Ces habitations ont été les mêmes d'un passage à l'autre. Des draps blancs sont étalés dans les cases de façon à récupérer les moustiques qui tombent sous le choc de l'effet de la bombe utilisée.

2.2.2 INDICES ENTOMOLOGIQUES DE LA TRANSMISSION DU PALUDISME

En un lieu donné, plusieurs facteurs influencent la transmission du paludisme du moustique à l'homme. L'estimation quantitative de cette transmission se fait à travers un certain nombre d'indices mathématiques calculés à partir des données recueillies lors des travaux entomologiques.

▪ Densité agressive

Encore appelée taux d'agressivité, elle est le produit de la densité anophélienne en relation avec l'Homme (m) et du taux d'anthropophilie (a). Elle s'exprime en nombre de piqûres d'anophèles par homme par unité de temps. Elle s'obtient en capturant les anophèles venant piquer l'homme et en divisant le nombre d'anophèles capturés par le nombre de sujets utilisés, par unité de temps.

▪ Taux d'infection des anophèles ou indice sporozoïtique (s)

Le taux d'infection (s) est la proportion de moustiques infectés dans une population. Il s'exprime sous forme de pourcentage (nombre de moustiques infectés sur nombre de moustiques examinés fois cent)

▪ Taux d'inoculation entomologique (h)

C'est le nombre de piqûres infectantes que reçoit un homme pendant une période donnée.

C'est le produit du taux de piqûre par l'indice sporozoïtique.

$$h = ma \times s$$

ma = agressivité

S = indice sporozoïtique

2.2.3 TRAITEMENT DES MOUSTIQUES

Les moustiques ont été identifiés le lendemain matin des captures suivant le genre et l'espèce à partir de la clé d'identification morphologique (Gillies et De Meillon, 1968). Les Anophèles isolés ont été dénombrés par lot horaire et par lieu de capture puis conservés sur du silicagel dans des tubes eppendorf à -20°C au laboratoire.

Pour les manipulations, chaque moustique anophèle a été découpé en 2 parties: la partie tête-thorax pour la recherche de l'infection en utilisant la méthode de titrage immunoenzymatique (ELISA-CSP) et la partie carcasse (abdomen, ailes, pattes) pour la détermination des diverses espèces et formes moléculaires du complexe *An. gambiae* par la technique de PCR.

2.2.3.1 RECHERCHE D'INFECTION: LE TITRAGE IMMUNOENZYMATIQUE (ELISA-CSP)

Le thorax des moustiques capturés sur appât humain a été utilisé pour rechercher la positivité en protéine circum sporozoïte (CS) de *P. falciparum*. La mise en évidence de l'antigène C.S. a été réalisée par la méthode ELISA selon la technique de Burkot et al. (1987) et modifiée par Wirtz et al. (2002) afin de calculer l'indice sporozoïtique avec des anticorps monoclonaux. Nous avons utilisé le monoclonal 2A10 conjugué à la peroxidase et un substrat chromogène ABTS pour détecter les puits positifs. Les résultats ont permis de déterminer le taux d'infection des anophèles (ou indice sporozoïtique) suivant le protocole ci-après.

2.2.3.2 IDENTIFICATION DES MOUSTIQUES: PCR ESPÈCES

Les *An. gambiae* sensus lato issus des captures sur appât humain et identifiés à partir de la clé de détermination ont été passés à la biologie moléculaire (PCR) selon le protocole de Scott et al. (1993). Cette recherche a permis de connaître les espèces qui assurent la transmission du paludisme dans cette ville suivant le protocole ci-dessous:

3 RÉSULTATS

3.1 DYNAMIQUE DES POPULATIONS D'ANOPHÈLES: VARIATIONS MENSUELLES DE LA DENSITÉ AGRESSIVE (MA)

De janvier à décembre 2020, 21.474 moustiques adultes ont été capturés (intérieur + extérieur) sur appât humain contre 9.019 par aspersion intradomiciliaire. Les moustiques capturés sur appât humain étaient constitués majoritairement du genre *Culex* (79%). Les 21% restant étaient constitués majoritairement de 94% de *An. gambiae* s.l et 0,7% de *An. pharoensis*, *An. ziemanni*, *An. funestus* (Tableau 1).

Les résultats de capture sur homme montrent que les fortes densités anophéliennes (Figure 2) ont été observées au cours de la saison pluvieuse (juin-octobre) notamment au cours du mois d'Aout avec 204 p/h/mois contre 3,04 p/h/mois obtenus en Avril, un des mois les plus secs de cette localité.

Tableau 1. Composition de la faune culicidienne récoltée à partir des captures sur appât humain et par aspersion intra-domiciliaire dans les habitations à Karimama de janvier à décembre 2020

Espèces	Karimama			
	Capture sur appât humain		Capture par aspersion intra-domiciliaire	
	Habitation A (Int + Ext)	Habitation B (Int + Ext)	Habitation A	Habitation B
Total moustiques capturés	10.718	10.756	4.473	4.546
Nbre de séances de captures	24	24	12	12
Nbre de captureurs	192	192	-	-
Total de <i>Culex</i> Spp	8.532	8.483	4.013	4.090
Total des Anopheles Spp	2.063	2.156	400	389
<i>An. gambiae s.l</i>	2012	2105	353	332
<i>An. pharoensis</i>	15	18	22	28
<i>An. ziemanni</i>	35	33	25	29
<i>An. funestus</i>	01	00	0	0
Total des <i>Aedes</i> spp	105	102	38	42
Total des <i>Masonia</i> spp	18	15	22	25

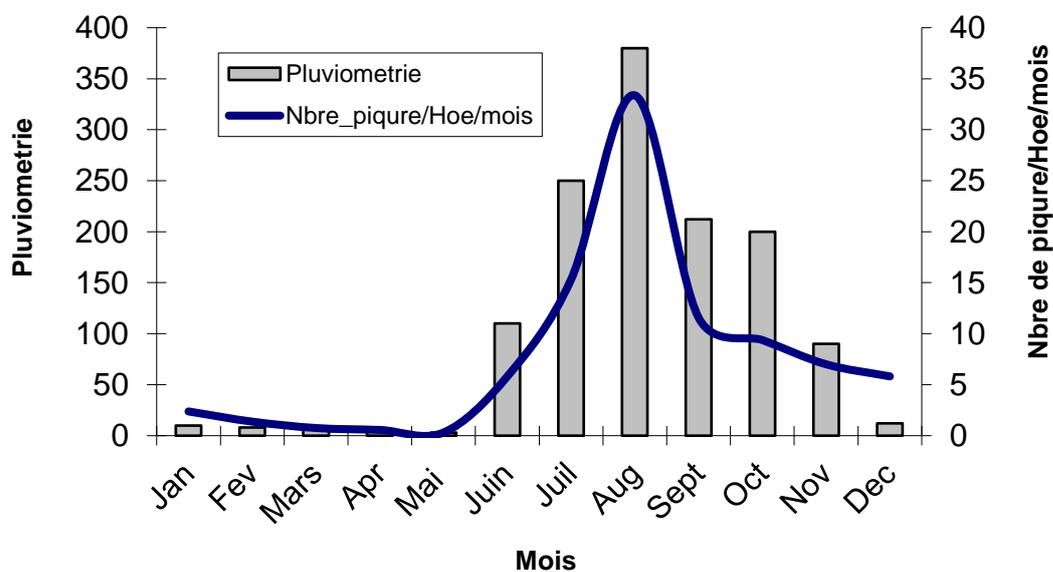


Fig. 2. Variation de la densité agressive de *An. gambiae s.l* (ma) en fonction de la pluviométrie à Karimama

3.2 IDENTIFICATION DES ESPÈCES

L'analyse moléculaire des 685 *An. gambiae s.l.* collectés par aspersion intradomiciliaire a montré la présence de deux sous espèces du complexe *An. gambiae s.l.*: *An. gambiae s.s* majoritaire (98%) et *An. arabiensis* minoritaire (2%).

3.3 VARIATIONS MENSUELLES DU TAUX D'INOCULATION ENTOMOLOGIQUE

Le taux d'inoculation entomologique (TIE) a été estimé selon la formule de Fontenille et al. (1990) en multipliant l'indice sporozoïtique moyen (s) par le nombre de piqûre par homme et par nuit (p/h/n).

A Karimama, la transmission du paludisme est unimodale (Figure 3). Elle va de juin à novembre avec un maxima en Août et un minima en mai.

On note un TIE annuel global de 147 piqûres infectantes par personne par an (pi/h/an). Cependant le TIE connaît une grande variation saisonnière. L'analyse statistique au seuil de 5% montre que le TIE en est significativement plus importante en saison pluvieuse qu'en saison sèche ($P < 0,05$). Il est de 138 piqûres infectantes par personne par mois (pi/h/mois) en saison pluvieuse contre 8 pi/h/mois en saison sèche (Figure 3).

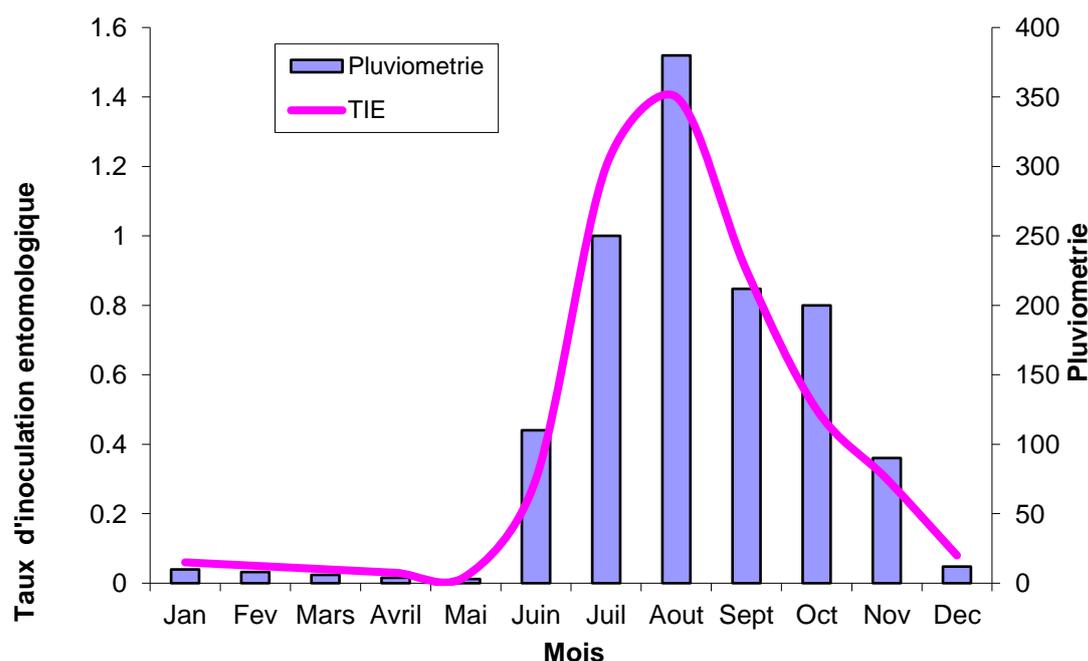


Fig. 3. Variation saisonnière du taux d'inoculation entomologique en fonction de la pluviométrie dans la ville de Karimama

4 DISCUSSION

L'étude des moustiques vecteurs et de la dynamique de la transmission est un préalable indispensable non seulement pour comprendre l'épidémiologie du paludisme mais aussi pour mettre en place un contrôle efficace et ciblé de ces vecteurs (Omumbo et al., 2005). L'étude que nous avons menée dans la ville de Karimama a pour but de connaître le niveau de transmission du paludisme dans cette ville.

Le suivi entomologique réalisé pendant une année dans les habitations a permis d'identifier plusieurs espèces anophéliennes. Mais quelle que soit la zone de collecte, *An. gambiae* s.l. demeure l'espèce majoritaire qui assure la totalité de la transmission du paludisme. Selon Christophe et al. (2011), Akogbéto et al. (1995), la mauvaise urbanisation de certaines villes de l'Afrique de l'Ouest, sans ou avec une insuffisance des canaux d'évacuation des eaux usées favorise la formation de gîtes larvaires de *An. gambiae* s.l., ce qui accentue la transmission du paludisme, comme c'est le cas de la ville de Karimama.

Les résultats de nos travaux de recherche montrent que la densité anophélienne est plus importante en saison pluvieuse qu'en saison sèche et confirment les travaux de Manga et al. (1997) au Cameroun et de Klinkenberg et al. (2008) au Ghana et de Yadouléon et al. (2010). Cette augmentation du nombre de piqûres dans les habitations pendant la saison des pluies par rapport à la saison sèche s'explique par l'existence de plusieurs poches d'eau plus importantes en saison pluvieuse qu'en saison sèche. La manière la plus plausible d'expliquer l'existence de ces multiples poches d'eau est d'admettre l'inexistence de plan d'urbanisation correcte pour la ville de Karimama avec pour effet corolaire des points d'eau partout et qui constituent de véritables gîtes de moustiques.

Par ailleurs, bien que la transmission du paludisme soit faible en saison sèche, elle existe et est rendue possible grâce à des poches d'eau se retrouvant au niveau des sites rizicoles et maraîchers et qui sont continuellement entretenues par les paysans. Ces poches d'eau constituent des gîtes potentiels quasi permanents pour le développement des larves de *An. gambiae* s.l. C'est cette situation qui explique la transmission permanente du paludisme urbain dans les quartiers situés le long des périmètres maraîchers. Ainsi, ces quartiers sont des "réservoirs de virus" pour les autres quartiers pendant les saisons sèches.

Le suivi entomologique fait au cours de nos travaux de recherche montre une augmentation du taux d'inoculation entomologique (TIE) dans les habitations pendant la saison pluvieuse. Cet accroissement du TIE dans une région de paludisme stable n'est pas synonyme d'une aggravation du paludisme-maladie du fait d'une saturation des piqûres infectées. Des travaux similaires conduits par Dossou-Yovo et al. (1998), et Matthys et al. (2006) en Côte d'Ivoire ont montré que la saison pluvieuse augmente la densité de la faune culicidienne sans modifier l'incidence annuelle des accès palustres. Ces auteurs concluent que l'augmentation du nombre de moustiques associée à l'irrigation n'entraîne pas nécessairement l'accroissement de la transmission du paludisme.

Le TIE annuel à Karimama est de 147 pi/h/an en 2016. Mais dans le passé, les travaux de Akogbeto et al. (1992) toujours dans le même pays indiquent un TIE annuel plus élevé (245,78 pi/h/an) dans la même zone. La diminution du TIE, 24 ans après pourrait s'expliquer par l'utilisation généralisée des moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée d'action (MILD), qui ont refait surface depuis quelques temps en Afrique au sud du Sahara (Kelly-Hope et al., 2008). En effet, la lutte anti-vectorielle par une utilisation généralisée des MILD a montré que cette stratégie pouvait réduire la morbidité palustre de 50 à 60 % et la mortalité générale de 20% en Afrique (Alonso et al., 1991, Alonso et al., 1993, D'Alessandro et al., 1995, Binka et al., 1996). Dans l'île de Bioko en Guinée Equatoriale, l'utilisation simultanée de la PID, des MILD et des CTA a conduit, en 4 ans (de 2003 à 2007), à une réduction de 90% de la positivité des anophèles en antigène circumsporozoïtique de *P. falciparum*. Dans la même période, la parasitémie palustre chez les enfants de moins de 5 ans a chuté de 42 à 18% et la mortalité dans le même groupe d'âge a été réduite de 70%.

5 CONCLUSION

La présente étude a montré que la transmission du paludisme est unimodale dans la ville de Karimama et est assurée en grande partie par *An. gambiae* s.s.

Ces résultats obtenus seront d'une grande utilité pour la prise de décision en matière du choix de lutte anti vectorielle contre le paludisme dans la ville de Karimama.

REFERENCES

- [1] Akogbéto M. Etude de la transmission du paludisme côtier lagunaire: Cas d'un village construit sur un lac d'eau saumâtre. Ann Soc Belge Méd Trop. 75: 219-227. 1995.
- [2] Akogbéto M, Padonou GG, Gbénou D, Irish S et al. A potential alternative against pyrethroid resistant *Anopheles gambiae* in Benin, West Africa. Malar J. 9: 204. 2010.
- [3] Anderson N, Hobo L. Sociologie des sans-abris. Paris Nathan. 1993.
- [4] d'Alessandro U, Olaleye BO, McGuire W, Langerock P et al. Mortality and morbidity from malaria in Gambian children after introduction of an impregnated bednet programme. Lancet. 345: 479-83. 1995.
- [5] Alonso PL, Lindsay SW, Armstrong JR, Conteh M et al. The effect of insecticide-treated bed nets on mortality of Gambian children. Lancet. 337: 1499-1502. 1991.
- [6] Alonso P L, Lindsay SW, Armstrong S, Keita K et al. A malaria control trial using insecticide-treated bed nets and targeted chemoprophylaxis in a rural area of the Gambia, west Africa. Trans R Soc Trop Med Hyg. 2: 37-44. 1993.
- [7] Bruce-Chwatt, LJ. Malaria and its control: present situation and future prospects. Annu Rev Public Health. 8: 75-110. 1987.
- [8] Carnevale P, Mouchet J. Vector control and malaria control. Med Trop. 50: 391-398. 1990.
- [9] Christophe AN, Billy TF, Cyrille N, Benjamin MD et al. *Anopheles gambiae* distribution and insecticide resistance in the cities of Douala and Yaounde (Cameroon): influence of urban agriculture and pollution. Malar J. 10: 154. 2011.
- [10] Coz J. Contribution étude du complexe *Anophèles gambiae* Répartition géo graphique et saisonnière en Afrique occidentale Cahiers ORSTOM, Sér. Entomologie médicale et parasitologie XI. 3-33. 1967.
- [11] Coz J, Hamon J, Sales S, Eyraud R, Accrombessi R. Etudes entomologiques sur la transmission du paludisme humain dans une zone de forêt humide dense de la région de Sassandra, République de Côte d'Ivoire. Cah Orstom Ser Entomol Med Parasitol. 4: 13-41. 1966.
- [12] Darriet F, Guillet P, N'Guessan R, Doannio JMC et al. Impact de la résistance d'*Anopheles gambiae* s.s. à la perméthrine et à la deltaméthrine sur l'efficacité des moustiquaires imprégnées. Méd Trop. 58: 349-354. 1998.

- [13] Detinova TS, Gillies MT. Observations on the Determination of the Age Composition and Epidemiological Importance of Populations of *Anopheles gambiae* Giles and *Anopheles funestus* Giles in Tanganyika. *Bull World Health Organ.* 30: 23-28. 1964.
- [14] Djènontin A, Bio-Bangana S, Moiroux N, Henry MC et al. Culicidae diversity, malaria transmission and insecticide resistance alleles in malaria vectors in Ouidah-Kpomasse-Tori district from Benin (West Africa): A pre-intervention study. *Parasit Vectors.* 3: 83. 2010.
- [15] Dossou-yovo J, Doannio JMC, Diarrassouba S, Chauvancy G. Impact d'aménagement des rizières dans la ville de Bouaké, Côte-d'Ivoire. *Bull Soc Path Exot.* 91: 327-333. 1998.
- [16] Favia G, Della Torre A, Bagayoko M, Lanfrancotti. Molecular identification of sympatric chromosomal forms of *An. Gambiae* and further evidence of their reproductive isolation. *Insect Mol. Biol.* 6: 377-383. 1997.
- [17] Gillies MT, De Meillon D. The Anophelinae of Africa South of the Sahara. *Publ South Afri Inst Med Res.* 54: 343. 1968.
- [18] Hamon J. et al. Le paludisme dans la zone pilote antipaludique de Bobo-Dioulasso Haute-Volta, Deuxième partie Enquêtes entomologiques, Troisième partie Résultats des enquêtes entomologiques. *Cahiers ORSTOM.* 1959.
- [19] Hougard JM, Duchon S, Darriet F, Zaim M et al. Comparative performances, under laboratory conditions, of seven pyrethroid insecticides used for impregnation of mosquito nets. *Bulletin of the World Health Organization.* 81: 324-333. 2003.
- [20] Kelly-Hope L, Ranson H, Hemingway J. Lessons from the past: managing insecticide resistance in malaria control and eradication programmes. *Lancet Infect Dis.* 8: 387-9. 2008.
- [21] Klinkenberg E, McCall PJ, Michael DW, Amerasinghe FP et al. Impact of urban agriculture on malaria vectors in Accra, Ghana. *Malar J.* 7: 151. 2008.
- [22] Manga L, Bouchite B, Toto JC, Froment A. La faune anophélienne et la transmission du paludisme dans une zone de transition forêt-savane au centre du Cameroun. *Entomologie medicale.* 91: 4-9. 1997.
- [23] Matthys B, Vounatsou P, Raso G, Tschannen AB et al. Urban farming and malaria risk factors in a medium-sized town in Cote d'Ivoire. *American Journal of Tropical Medicine Hyg.* 75: 1223-1231. 2006.
- [24] Mouchet J. Biodiversité du paludisme dans le monde. Ed. John libbey Eutotext. 428 pp. 2004.
- [25] OMS. *Ecologie des moustiques*, Genève, 1967, 24 p.
- [26] OMS: *Rapport sur la santé mondiale 2003*.
- [27] OMS. *Rapport sur le paludisme dans le monde 2014*. Genève WHO/HTM/GMP/2015.2. 2015.
- [28] OMS. *Rapport sur le paludisme dans le monde 2015*. Genève WHO/HTM/GMP/2016.2. 2016.
- [29] Omumbo JA, Guerra CA, Hay SI, Snow RW. The influence of urbanisation on measures of *Plasmodium falciparum* infection prevalence in East Africa. *Acta Trop* 93: 11–21. 2005.
- [30] Robert V, Carnevale P, Ouedraogo V, Petrarca V et al. La transmission du paludisme humain dans un village de savane du Sud-Ouest du Burkina Faso. *Ann Soc belge Méd Trop.* 68: 107-121. 1988.
- [31] Scott JA, Brogdon WG, Collins FH. Identification of single specimens of the *Anopheles gambiae* complex by the polymerase chain reaction. *Am J Trop Med Hyg.* 49: 520-529. 1993.
- [32] Snedecor GW, Cochran WG.: *Méthodes statistiques*. Edition: Association de coordination Technique Agricole. 649 pp. 1971.
- [33] Touré YT, Petrarca V, Traore SF, Coulibaly A, Maïga HM, Sankaré O, Sow M, Di Deco MA, Coluzzi M. The distribution and inversion polymorphism of chromosomally recognized taxa of the *Anopheles gambiae* complex in Mali, West Africa. *Parassitologia.* 40: 477–511. 1998.
- [34] Wirtz RA, Ballou WR, Schneider I, Chedid L et al. Evidence for genetic differentiation between the molecular forms M and S within the Forest chromosomal form of *Anopheles gambiae* in an area of sympatry. *Insect Mol Biol.* 11: 11–19. 2002.
- [35] Yadouleton AW, N'Guessan R, Allagbé H, Asidi A, Boko M, Osse R, G. Padonou, Gazard K, Akogbéto M: The impact of the expansion of urban vegetable farming on malaria transmission in major cities of Benin. *Parasites & Vectors* 3: 118. 2010.
- [36] Zaim M, Guillet P. Alternative insecticides: an urgent need. *Trends Parasitol.* 18: 161-163. 2002.