



Détermination des paramètres entomologiques et comportement humain à risque de transmission du paludisme dans l'aire de Santé de Livulu, République Démocratique du Congo
Determination of entomological parameters and human behavior at risk of malaria transmission in the Livulu Health area, Republic Democratic of Congo

Eldad Eldad Damuna^{1,3}, Patient Okitale Talunda¹, Jean Kiatonda Manienga¹, My Friend Makiengo Maniada¹, Tresor Iluku², Boniface Kaputa Kabala¹, Michel Kenye Basila¹, Eugène Oress Nzau Mbenza¹, Emery Metelo Matubi², Didier Nkoko Bompangue³

Auteur Correspondant

Eldad Eldad Damuna, MD. MSc

Courriel : damunaeldad434@gmail.com

Service de microbiologie, Faculté de Médecine, Université de Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa-Lemba, République Démocratique du Congo (RDC)

(+243) 823377060

1. Service de microbiologie, Faculté de Médecine, Université de Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa, République Démocratique du Congo

2. Institut National des Recherches Biomédicales

3. Service d'écologie des maladies infectieuses, Faculté de médecine, Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo.

Summary

Context and Objective. Despite the multiple campaigns of distribution of mosquito nets by the Global Fund, the resistance of anopheles to insecticides and questionable human behavior on the use of Long-lasting insecticidal nets (LLINs) prevent the optimization of these mosquito nets. The objective of the present study was to identify the entomological parameters and the human behavior at risk of malaria transmission in Livulu, Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *Methods.* This was a descriptive cross-sectional study carried out in the health area of Livulu from July 15 to October 15, 2023. Entomological surveys were carried out. Mosquitoes were collected using the Human Landing Catches (HLC) and the Pyrethroid Spray Catches (PSC) methods. Morphological identification was made according to the Gilles and De Meillon protocol. Observations of the behavior of household members were carried out at the same time as mosquito capture by the HLC method from 6:00 p.m. to 6:00 a.m. Aggressiveness was calculated according to the Mac Donald formula and human behavior at risk of malaria transmission was described. *Results.* *Anopheles gambiae* was

Résumé

Contexte et Objectif. Malgré les multiples campagnes de la distribution des moustiquaires par le Fonds Mondial, la résistance des *anopheles* aux insecticides et le comportement humain des membres des maisons sur l'usage de MILDs empêchent l'optimisation de cette dernière. L'objectif de la présente étude était d'identifier les paramètres entomologiques et le comportement humain à risque de transmission de paludisme à Livulu, Kinshasa en République Démocratique du Congo. *Méthodes.* Il s'agissait d'une étude transversale descriptive réalisée dans l'aire de santé de Livulu du 15 Juillet au 15 Octobre 2023. Des prospections et enquêtes entomologiques ont été menées. Les captures par les méthodes d'HLC et de PSC étaient réalisées, l'identification morphologique était faite suivant le protocole de Gilles et De Meillon. Des observations des comportements des membres des maisons réalisées au même moment que la capture par la méthode d'HLC de 18h00' à 6h00'. L'agressivité était calculée suivant la formule de Mac Donald et le comportement humain à risque de transmission de paludisme a été décrit. *Résultats.* *Anophèles gambiae* a été identifié dans 100%. L'agressivité moyenne était de 14,05p/h/n,



identified in 100% cases of captures. The average aggressiveness was 14.05p/h/n, the external aggressiveness was 16p/h/n and the internal aggressiveness was 12.1p/h/n. Nearly 44.5% of residents stayed up late talking outside the houses from 7pm to 11pm and 30% slept between 1am and 6am outside. Near 83.7% of residents sleeping in the living room from 11pm to 6 am did not use mosquito nets whereas 53.7% of residents sleeping in the bedrooms from 8 pm to 6 am did so without mosquito nets. *Conclusion.* Human behavior in households can have an impact on exposure to malaria vectors.

Keywords: *Anopheles*, mosquito, entomology, mosquito nets, malaria

Received: December 7th, 2023

Accepted: January 11th, 2025

<https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v18i2.9>

l'agressivité extérieure était de 16p/h/n et intérieure de 12,1p/h/n. 44,5% d'habitants restaient causer à des heures tardives à l'extérieur des maisons de 19h à 23h et 30% se couchaient entre 1h et 6 h à l'extérieur. 83,7% d'habitants passaient les nuits au salon sans moustiquaire de 23h à 6h tandis que 53,7% parmi ces habitants dormaient sans moustiquaire dans leurs chambres de 20h à 6h. *Conclusion.* Le comportement humain dans les foyers pourrait avoir un impact sur l'exposition aux vecteurs de la malaria.

Mots-clés : *Anopheles*, moustique, entomologie, moustiquaires, paludisme

Reçu le 7 décembre 2023

Accepté le 11 janvier 2025

<https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v18i2.9>

Introduction

Le paludisme est l'une des pathologies parasitaires les plus répandues dans le monde (1). L'OMS estime que plus de la moitié de la population mondiale se trouve dans zone endémique du paludisme (1). Il est une infection fébrile causée par un parasite hématozoaire du genre *Plasmodium*, transmis à l'homme par la pique d'un moustique du genre *Anopheles* femelle (1). Les moustiques sont reconnus comme des insectes les plus dangereux et nombreux du monde (2). Sur les 5 genres (*Culex*, *Aedes*, *Mansonia*, *Anopheles* et *Toxorhynchites*) connus à travers le monde, le genre *Anopheles* (*An.*) seul compte environ 3500 espèces qui sont identifiées dont 40 espèces impliquées dans la transmission du paludisme (1,3-4).

En Afrique ces espèces sont concentrées dans la zone intertropicale surtout en Afrique subsaharienne avec plusieurs strates épidémiologiques palustres et les espèces principales sont : *An.gambiae*, *An.funestus* et *An.Arabiensis* (1,3).

La République Démocratique du Congo (RDC) présente une forte endémicité palustre à cause de sa diversité climatique (équatoriale et tropicale) avec des alternations saisonnières (pluie et sèche) et sa bio écologie surtout dans les zones périphériques et urbano-rurales où on retrouve des habitats construits avec les matériaux de types précaires qui augmentent le contact entre le vecteur et l'humain (5).

A Kinshasa, les travaux de Karch *et al.* en 1992 ont montré une transmission intense du paludisme dans les zones périphériques et urbano-rurales tels que : Mbanzalemba, Kindele, Livulu, Mbazale, etc (6). De même les travaux de Ferrari *et al* en 2016 à Kinshasa ont montré que la transmission du paludisme était intense dans les zones périphériques de Kinshasa (8). Ceci est confirmé par le Programme National de lutte contre le paludisme qui classe la ville province de Kinshasa parmi les provinces à plus de 60% de charge palustre (5).

L'usage de la moustiquaire imprégnée d'insecticide à longue durée d'action (MILD) reste l'une des options principales de la lutte anti vectorielle recommandée par l'OMS et adoptée par le programme national de lutte contre le paludisme (1,5). La MILD a fait ses preuves en réduisant la morbi-mortalité liée au paludisme et donnant l'espoir du contrôle de la maladie (8-9). L'efficacité de la MILD est liée à une bonne couverture de la population dormant sous MILD ($\geq 80\%$) (5,9). Cet espoir a été obscurci avec l'émergence de la résistance des anophèles vis-à-vis des insecticides dans plusieurs zones endémiques et les considérations socioculturelles de la population (9-10). Ainsi l'usage de MILDs dans la lutte doit tenir compte des contextes et réalités locaux (2,5). Malgré les multiples campagnes de la distribution des moustiquaires par le Fonds Mondial à travers le PNLP, la résistance des anophèles aux insecticides et les



comportements des membres des maisons sur l'usage des MILDs constituent une entrave aux objectifs de programme national de lutte contre le paludisme (PNLP) de réduire la morbi-mortalité lié au paludisme de 40% (1,5). Les travaux de Metelo et *al.* 2022, menés à Bandundu-ville sur l'évaluation des paramètres entomologiques de transmission du paludisme avant et après la distribution des MILDs montrent qu'il n'y a pas de différence significative avant et après la campagne de distribution des MILDs (8).

Au regard de ce constat, cette étude pilote sur les paramètres entomologiques et comportement humain à risque de transmission du paludisme dans la zone de santé de Livulu était réalisée afin d'établir l'importance de la lutte anti vectorielle et de rompre le cycle de transmission du paludisme dans cette zone endémique.

Le présent travail se propose d'établir le lien entre les indicateurs entomologiques (densité résiduelle et agressivité) et les comportements des membres des maisons dans la transmission du paludisme pour maîtriser l'épidémiologie locale et permettre d'identifier les facteurs en cause de la persistance de l'incidence élevée du paludisme dans la zone de santé de Livulu. Ce qui pourra servir de base d'analyse dans l'effort général devant conduire à l'amélioration de la surveillance du paludisme et à l'élaboration des stratégies plus efficaces de lutte anti vectorielle.

Méthodes

Site, période et type d'étude

Il s'agissait d'une étude transversale descriptive menée dans l'aire de santé de Livulu située dans la zone de santé de Lemba en République Démocratique du Congo du 15 juillet au 15 Octobre 2023.

Matériel biologique

Le matériel biologique était constitué des anophèles collectés dans 19 maisons tirées au hasard en raison de 9 maisons par technique (Human Landing Catch (HLC) et 10 pyrethrum Spray Catch (PSC) (2,12).

Matériel non biologique

Pour la technique de collecte par HLC, le matériel utilisé était composé des tubes d'hémolyse pour capturer les moustiques. Les tubes ependorfs, l'ouate et le silcalgel ont été utilisés pour conserver les moustiques (11-12).

Pour la technique de collecte par PSC le matériel utilisé était : les insecticides à base de pyréthre pour assommer les moustiques, les draps blancs

et 2 pinces entomologiques pour récupérer les moustiques tombés (13-14).

Au laboratoire de l'institut national des recherches biomédicales le classement des échantillons et l'identification morphologique ont été réalisés avec les microscopes entomologiques de type Stéréo Blue, le portoir et les pinces entomologiques (13).

Echantillonnage

Selon le protocole de l'OMS 2014 pour les études entomologiques, il est recommandé de prospecter au moins 10 maisons par village en vue d'avoir un échantillon représentatif (1). Un total de 19 maisons a été tiré au hasard (9 maisons pour la technique de HLC et 10 pour la technique de PSC. Et simultanément à l'HLC, l'observation a été couplée pour suivre le comportement des habitants sur l'usage des MILDs (11,15).

Collecte sur terrain

Après l'obtention de l'avis des chefs des maisons, la capture des moustiques a été réalisée selon les deux techniques décrites ici-bas, le comportement des membres des maisons étaient obtenus sur base des fiches de collecte parallèlement à la technique de HLC de 19h à 6h (2,13). La prospection des paramètres environnementaux prenait en compte la distance d'au moins 60 mètres entre les gîtes et les maisons ainsi que les ouvertures de l'avant toit sur les 4 cotés (11,16).

Capture des moustiques

Capture sur appât humain (Humain Landing Catch : HLC)

Cette méthode de capture était réalisée de 18h à 6h du matin par deux équipes des captureurs l'une à l'intérieur et l'autre à l'extérieur des maisons en se relayant après chaque 2h. Les pieds restent à découverts jusqu'aux genoux, capturant les moustiques à la recherche de repas sanguin à l'aide d'une lampe torche et un tube à hémolyse (13). Les moustiques capturés ont été placés dans les sachets horaires (1h d'intervalle) pour déterminer le cycle d'agressivité des anophèles selon le protocole de l'OMS (1,13).

Capture par pulvérisation intra domiciliaire aux pyréthres (Pyrethrum Spray Catch : PSC)

Elle a été réalisée de 6-10 heures. Les ustensiles de cuisine, la boisson et la nourriture ont été dégagés. Les draps blancs ont été étalés sur toutes les surfaces des maisons. Les moustiques ont été récoltés sur les draps blancs après pulvérisation de l'insecticide durant 15min (13).



Observation de comportement des membres des maisons

Les noms des membres de chaque maison étaient identifiés sur la fiche de collecte de l'observation de comportement de l'usage des MILDs, cette observation était faite chaque 30min de 19h00 à 24h00, chaque 1h de 24h00 à 4h00 et chaque 30min de 4h00 à 6h par les chefs des maisons qui étaient formés à cet effet. Au total 40 membres des maisons ont été observés de 18h à 6h du matin. Le comportement de chaque membre était obtenu selon qu'il se retrouvait à l'extérieur de la maison, au salon et dans la chambre (11,16).

Identification morphologique des moustiques

Les moustiques ont été identifiés sur base des critères morphologiques suivant la clé dichotomique de Gilles et De Meillon au microscope entomologique de l'INRB (2,13).

Détermination des indicateurs entomologiques

Agressivité (ma)

Elle désigne le nombre des piqûres par homme par nuit (p/h/n) qui traduit le nombre d'anophèles femelles capturées par le collecteur par nuit (HLC) (11,13).

Densité résiduelle

La densité a été estimée par le nombre total d'anophèles femelles capturés par le nombre de maisons prospecté (13).

Organisation et analyse des données

Le logiciel Microsoft Excel Office 2013 a été utilisé pour la saisie des données et les analyses descriptives. Les données ont ensuite été importées dans le logiciel R pour la codification et les analyses. Une analyse descriptive a été effectuée pour la présentation des résultats relatifs aux espèces d'*Anopheles*, au cycle d'agressivité et aux comportements des membres des maisons sur l'usage des MILDs (11-12). Les indicateurs entomologiques suivants ont été calculés selon la formule de Mac Donald : l'agressivité ($ma = p/h/n$) et la densité résiduelle (*Anopheles* femelles/maison) (13).

Considérations éthiques

Les volontaires pour l'étude avaient signé au préalable un formulaire de consentement et ont bénéficié d'une formation pour réduire la

probabilité de se faire piquer par les moustiques. Ils ont reçu une prophylaxie aux CTA.

Résultats

Identification morphologique des moustiques

Au total, 1810 moustiques étaient collectés par la méthode de HLC et de PSC (1475 *Culex* et 335 *Anophèles*). Ces 335 *Anophèles* étaient repartis en 297 femelles et 38 males dont 253 *Anopheles* femelles ont été capturées par la méthode de HLC et 44 *Anophèles* femelles par la méthode de PSC. Une seule espèce était identifiée (*An. gambiae s.l* 100 %).

Agressivité

L'agressivité des *Anopheles* à l'intérieur et extérieur des maisons est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Agressivité des *Anopheles* à l'intérieur et extérieur des maisons

Maisons	N	<i>Anophèles</i>		Captureurs	ma		ma
		An.Ext	An.Int		Ext et Int	ma.Ext	
M1	17	9	8	1/1	9	8	8,5
M2	31	17	14	1/1	17	14	15,5



M3	29	16	13	1/1	16	13	14,5
M4	38	26	12	1/1	26	12	19
M5	34	20	14	1/1	20	14	17
M6	27	16	11	1/1	16	11	13,5
M7	26	16	10	1/1	16	10	13
M8	26	12	14	1/1	12	14	13
M9	25	12	13	1/1	12	13	12,5
Total	253	144	109	9/9	16	12,1	14,05

Le tableau 1 montre une agressivité moyenne de 14,05 piqures/homme/nuit, l'agressivité à

l'extérieur et à l'intérieur des maisons était respectivement de 16 p/h/n et de 12,1 p/h/n.

La figure 1 présente le cycle d'agressivité des *anopheles*.

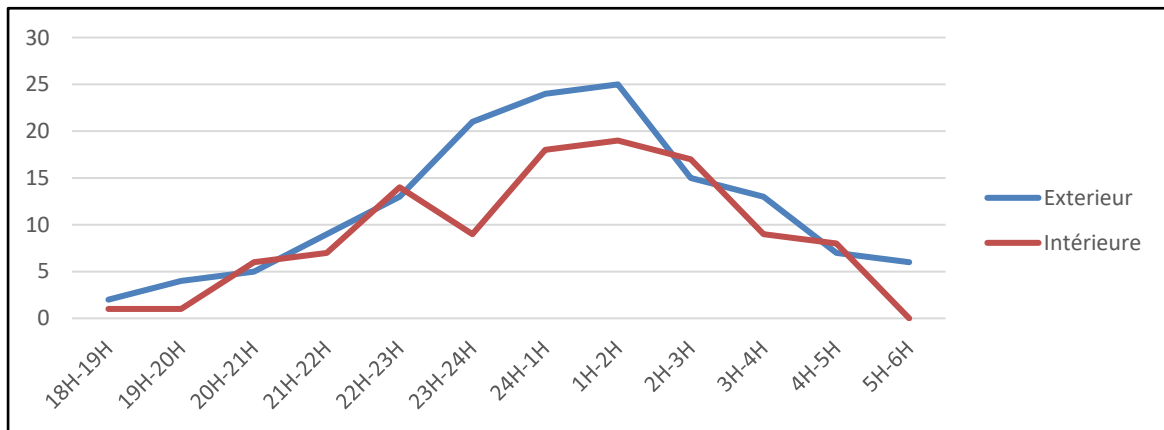


Figure 1. Cycle d'agressivité des *anopheles*

Cette figure montre que l'activité anophélienne commençait tôt dans les deux courbes entre 18-19 heures pour se terminer entre 5-6h du matin. La courbe de l'extérieur était monophasique avec un pic entre 1h-2h heures alors que celle de l'intérieur était bi phasique avec un pic entre 22h-23h et un autre entre 1h-2h.

Densité résiduelle

Un total des 44 Anophèles femelles étât collecté par la technique de PSC dans 10 maisons ce qui

donne une densité résiduelle moyenne de 4,4 *Anopheles* femelles/maison.

Risque de transmission suivant les comportements des membres des ménages

Au total, le comportement de 40 membres des maisons a été observé à l'extérieur des maisons, au salon et dans la chambre de 18h à 6h du matin. La figure 2 décrit le comportement des habitants à l'extérieur des maisons

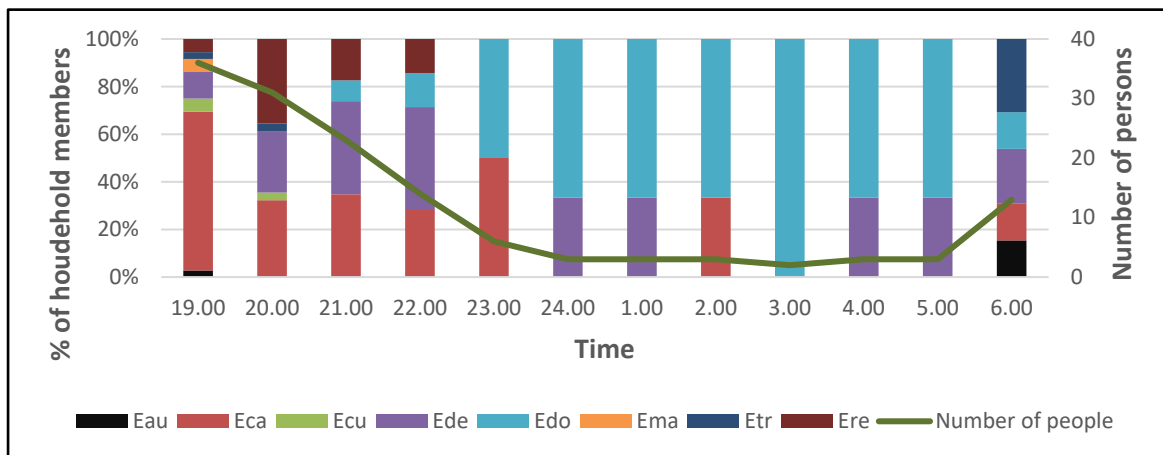




Figure 2. Comportement des habitants à l'extérieur des maisons

Légende. Eca : Causer à l'extérieur ; Ecu : Cuisiner à l'extérieur ; Ede : Dehors la parcelle ; Edo : Dormir à l'extérieur ; Ema : Manger à l'extérieur ; Etr : Travailler à l'extérieur ; Ere :

Repos à l'extérieur ; Eau : Autres choses à l'extérieur.

Comme illustré dans la figure 2, 44,5% d'habitants restaient à des heures tardives entrain de causer à l'extérieur des maisons de 19h à 23h et 30% dormaient entre 1h et 6h à l'extérieur.

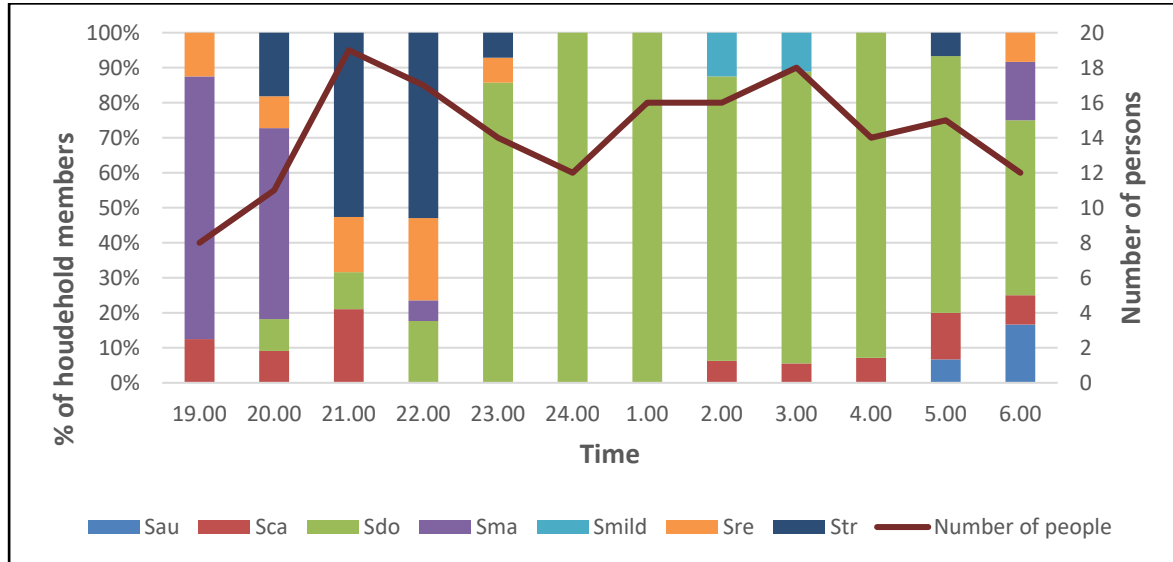


Figure 3. Comportement des habitants à l'intérieur des maisons au salon

Légende. Sca : Causer au salon ; Sdo : Dormir sans MILDs au salon ; Sma : Manger au salon ; Smild : Dormir avec MILDs au salon ; Sre : Repos au salon ; Str : Travailler au salon ; Sau : Autres choses au salon.

Comme renseigné dans la figure 3, 83,7 % d'habitants dormaient au salon sans moustiquaire de 23h à 6 h. La figure 4 renseigne le comportement des habitants à l'intérieur des maisons dans la chambre.

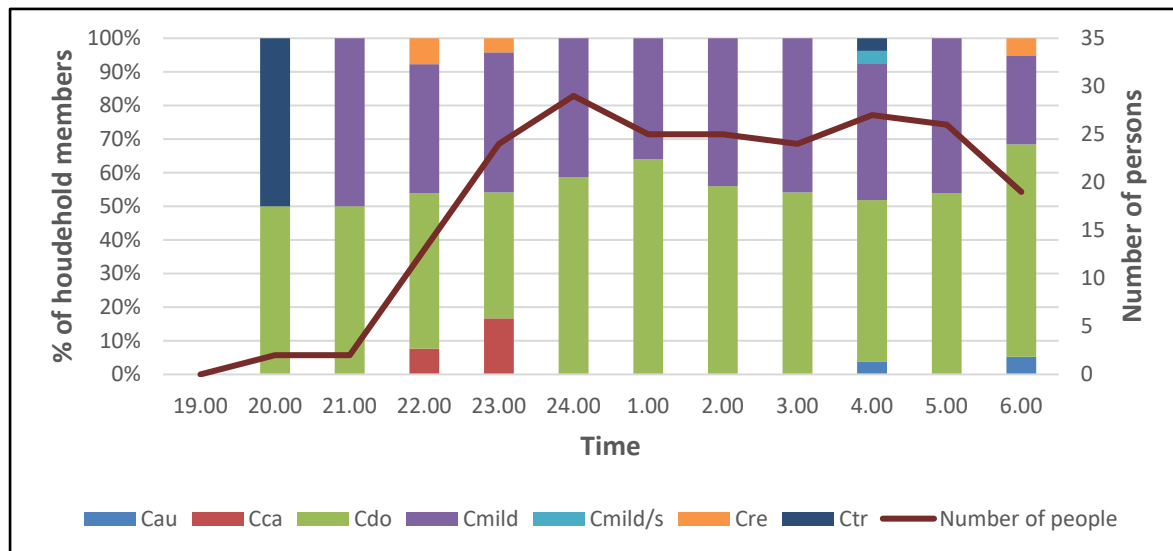


Figure 4. Comportement des habitants à l'intérieur des maisons dans la chambre

Légende. Cca : Causer en chambre ; Cdo : Dormir sans MILDs en chambre ; Cmild : Dormir avec MILDs en chambre ; Cmild/s :



Dormir avec MILDs, une partie du corps à l'extérieur; Cre: Repos en chambre; Ctr: travailler en chambre; Cau: Autres choses en chambre.

La figure 4 renseignant le comportement des habitants à l'intérieur des maisons dans la chambre, montre que 53,7 % des habitants dormaient sans moustiquaire dans leur chambre de 20 h à 6 h.

Discussion

L'identification des espèces vectrices du paludisme circulant dans un environnement donné est essentielle à la bonne évaluation des programmes de lutte contre le paludisme (20). En RDC, les travaux de Bobanga *et al.* ont montré en 2016, une prédominance du complexe *gambiae* dans l'ensemble du pays (19). A Kinshasa les travaux de Karch *et al.* en 1992 et de Zanga *et al.* en 2023 ont montré également l'existence des plusieurs espèces (*An. gambiae*, *An. funestus*, *An. nili* et *An. paludis*) avec une prédominance de l'*Anopheles gambiae* (6,20). Le rapport du PNLP 2020 confirme aussi cette prédominance de l'*Anopheles gambiae* (5). Une seule espèce a été identifiée dans la présente étude. Il s'agit de l'*Anopheles gambiae* capturé par les deux techniques utilisées (HLC et PSC). Nos résultats sont en contradiction avec ceux trouvés par Riveron *et al.* (21) à Ndjili Brasserie qui ont identifié deux espèces (*An. gambiae* et *An. funestus*) capturées par l'aspiration électrique. Cette divergence peut s'expliquer par la différence des méthodes de capture et de la bio-écologie de deux sites. En effet, Livulu renferme des gîtes temporaires, peu étendus, sans végétation et ensoleillés alors que Ndjili brasserie est entouré par la rivière Ndjili ainsi que des grandes étendues marécageuses où se passent les activités agropastorales.

L'idéal pour l'OMS, c'est que durant la nuit une personne reçoit zéro pique. C'est ainsi que le Fonds Mondial à travers les différents programmes de lutte contre le paludisme organise les campagnes de distributions des MILDs pour réduire de 90 % la mortalité palustre d'ici 2030 (1,5). Les résultats de la présente étude indiquent une intense agressivité de 14,05 piqures/homme/nuit et une densité résiduelle de 4,4 *Anophèles femelles*/maison. Ceci montre un risque réel de transmission du paludisme dans l'aire de santé de Livulu. Ces résultats s'opposent avec ceux de Antonio-Nkondjo C *et al.* 2002 à

(Yaoundé/Cameroun) qui ont trouvé une agressivité faible de 3 pique/homme/nuit. Cette différence se justifie par le fait que Yaoundé est un quartier urbain de centre et que Livulu est une aire urbaino-rurale et périphérique (22). Les travaux de Karch *et al.* 1992 à Kinshasa montrent un risque réel de 26,05 pique/homme/nuit dans les zones urbano-rurales (6). La population est très exposée à l'extérieur 16 p/h/n qu'à l'intérieur des maisons 12,1 p/h/n avec un pic de l'agressivité atteint entre 1 heure et 2 heures du matin. Plusieurs études confirment cette observation notamment celle de Coulibaly MB *et al.* 2007 à Bamako ainsi que celle de Narcisse *et al.* 2022 au Nord Ubangi qui ont trouvé une agressivité intense à l'extérieur des maisons avec un pic entre 1h et 2h (13,23). Ceci se justifie par la prédominance de l'*Anopheles Gambiae* qui est une espèce majeure en RDC (13).

Les résultats de la présente étude montrent que 44,5% des occupants des maisons restent dehors en train de causer de 19h à 23h. 30% des habitants dormaient à l'extérieur jusqu'au matin de 1h à 6h. Ceci est un comportement à risque qui les expose aux piqures des moustiques. Des observations contraires étaient faites par Aubourg *et al.* 2022 à Bandar ban (Bangladesh) et aussi par Rozi *et al.* 2022 à Sumba (Indonésie) qui ont trouvé que les membres des maisons quittent l'extérieur des maisons pour l'intérieur à 18h. Cette différence se justifie du fait que leurs sites d'études ne sont pas électrifiés (11-12). Nos constatations coïncident avec ceux de Essendi *et al.* au Kenya (24) et Monroe *et al.* 2019 à Zanzibar qui ont montré que les membres des maisons restaient causer jusqu'à 00h à l'extérieur. Cette coïncidence se justifie par le fait que la population vit des petits commerces et entreprises qui font que les habitants rentrent entre 19h-21h (16,25). Les membres des maisons dormaient au salon entre 23h et 6h (83,7 %) et dans les chambres entre 20h et 6h (53,7%) sans MILDs, ce comportement les exposait aux piqures des *Anopheles*. Ce comportement se justifie par le fait que plusieurs pensent que la moustiquaire étouffe la respiration et qu'il ne supporte pas la chaleur sous moustiquaire. Par contre Aubourg *et al.* 2022 à Bangladesh ont trouvé un taux d'utilisation élevé des MILDs 94,1% pendant les heures de sommeil de 22h à 4h (11). Les mêmes observations avec la présente étude ont été faites par Degefa *et al.* 2021 en Ethiopie qui ont trouvé



que 66% des membres des maisons ne dorment pas sous les MILDs entre 19h et 6h (26).

Conclusion

Le présent travail est une étude transversale descriptive de démonstration des principes visant à identifier les paramètres entomologiques et les comportements humains afin de développer le risque ajusté de la transmission du paludisme dans l'aire de santé de Livulu au niveau des ménages. Les données suggèrent que les comportements humains au niveau des maisons peuvent avoir un impact sur l'exposition aux vecteurs du paludisme, même avec la mise en œuvre recommandée des MILDs à l'échelle communautaire. Une compréhension au niveau de la population de la manière dont leurs comportements interagissent avec les interventions et les activités vectrices permettra d'estimer l'exposition spatiale et temporelle à l'échelle de la communauté et d'indiquer comment les stratégies basées sur les MILDs peuvent être optimisées avec ces populations.

Conflit d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

Contribution des auteurs

Rédaction de protocole de recherche, analyse et interprétation des données et rédaction de manuscrit : Eldad Eldad Damuna

Enquête terrain : Jean Kiatonda Manienga, Boniface Kaputa Kabala, Eugène Oress Nzau Mbenza, My Friend Makiengo Maniada, Michel Kenye Basila

Révision et approbation de la version finale : Tresor Iluku, Patient Okitale Talunda, Emery Metelo Matubi, Didier Bompagne Nkoko.

Références

1. WHO (World Health Organisation). Word Malaria report 2022. Geneva, 2022
2. Metelo E, Bukaka E, Luemba TB, Situakibanza H, Sangaré I, Mesia G, *et al.* Détermination des paramètres bioécologiques et entomologiques d'*Anopheles gambiae* s.l dans la transmission du paludisme à Bandunduville, République Démocratique de Congo. *Pan Afr Med J.* 2015;**22**:108.
3. Ilombe G, Matangila JR, Lulebo A, Mutombo P, Linsuke S, Maketa V, *et al.* Malaria among children under 10 years in endemic health areas in Kisantu Health Zone: epidemiology and transmission. *J. Malar* 2023;**22**:3
4. Yang GG, Kim D, Pham A, Paul CJ. A Meta-Regression Analysis of the Effectiveness of Mosquito Nets for Malaria Control: The Value of Long-Lasting Insecticide Nets. *Int J Environ Res Public Health* 2018; **15** (3): 546.
5. National Strategic Plan for Malaria Control 2020-2023. Malaria Control Program. Kinshasa, DR Congo. 2020.
6. Karch S, Asidi N, Manzambi ZM, Salaun JJ. La faune Anophélienne et la transmission du paludisme humain à Kinshasa (Zaire). *Bull.soc.path.ex*; 1992; **85**:304-309.
7. Ferrari G, Ntuku HM, Schmidlin S, Diboulo E, Tshetu AK, Lengeler C. A malaria risk map of Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *Malar J* 2016;**15** (1):1-16.
8. Metelo-Matubi E, Zanga J, Nsabatien V, Mbala A, Ngamukie S, Agossa F, *et al.* Effect of the Mass Distribution of ITNs in an Endemic Area with a High Entomological Index, the Case of Bandundu-City, Kwilu, DRC. In: Mosquito Research - Recent Advances in Pathogen Interactions, Immunity, and Vector Control Strategies [Internet]. IntechOpen; 2022 [cité 4 nov 2023].
9. Metelo-Matubi E, Zanga J, Binene G, Mvuama N, Ngamukie S, Nkey J, *et al.* The effect of a mass distribution of insecticide-treated nets on insecticide resistance and entomological inoculation rates of *Anopheles gambiae* s.l. in Bandundu City, Democratic Republic of Congo. *Pan Afr Med J.* 2021;**40**:118.
10. Darriet F, N'guessan R, Koffi AA, Konan L, Doannio JMC, Chandre F, *et al.* Impact de la résistance aux pyréthrinoïdes sur l'efficacité des moustiquaires imprégnées dans la prévention du paludisme : résultats des essais en cases expérimentales avec la deltaméthrine SC. *Bull Soc Pathol Exot.* 2000; 2133: 131-134.



11. Aubourg MA, Amin HMA, Sunkara A, Chetan S, Phru CS, Haque R, *et al.* Human behaviour directs household-level exposure to malaria vectors in Bandarban, Bangladesh. *Malar J.* 2022 Nov 29; **21**(1):355. doi: 10.1186/s12936-022-04375-4.
12. Rozi IE, Syahrani L, Permana DH, Asih PBS, Hidayati APN, Kosasih S, *et al.* Human behavior determinants of exposure to Anopheles vectors of malaria in Sumba, Indonesia. Carvalho LH, éditeur. *PLoS ONE.* 2022; **17**(11):e0276783.
13. Narcisse B, Ngbolua JPKTN, Eric M, Mawunu M, Irish S, Basimike M, *et al.* Study of the Behavior and Entomological Parameters of Anopheles in Two Health Zones of The North-Ubangi Province, Democratic Republic of Congo. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, E Medical Entomology & Parasitology* 2022; **14** (2):57-63.
14. Wat'senga F, Manzambi EZ, Lunkula A, Mulumbu R, Mampangulu T, Lobo N, *et al.* Nationwide insecticide resistance status and biting behaviour of malaria vector species in the Democratic Republic of Congo. *Malar J.* 2018; **17** (1):1-13.
15. Rodríguez-Rodríguez D, Katusele M, Auwun A, Marem M, Robinson LJ, Laman M, *et al.* Human Behavior, Livelihood, and Malaria Transmission in Two Sites of Papua New Guinea. *The Journal of Infectious Diseases.* 2021; **223** (Supplement_2): S171-186.
16. Monroe A, Mihayo K, Okumu F, Finda M, Moore S, Koenker H, *et al.* Human Behavior and residual malaria transmission in Zanzibar: findings from in-depth interviews and direct observation of community events. *Malar J* 2019; **18** (1): 220. doi: 10.1186/s12936-019-2855-2.
17. Menger DJ, Omusula P, Wouters K, Oketch C, Carreira AS, Durka M, *et al.* Eave Screening and Push-Pull Tactics to Reduce House Entry by Vectors of Malaria. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.* 2016; **94** (4):868.
18. Mavungu P, Mansiangi P, Mulumbu R, Manzambi E, Mampangulu T, Kpanda ML, *et al.* Profil-entomologique-de-transmission-du-paludisme-dans-la-ville-côtière-de-Muanda-province-du Kongo central, RD Congo. *Ann Afr Med* 2015; **9** (1):
19. Bobanga T, Umesumbu SE, Mandoko AS, Nsibu CN, Dotson EB, Beach RF, *et al.* Presence of species within the Anopheles gambiae complex in the Democratic Republic of Congo. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 2016; **110** (6):373-375.
20. Zanga J, Metelo E, Mvuama N, Nsabatien V, Mvudi V, Banzulu D, *et al.* Species Composition and Distribution of Anopheles gambiae Complex Circulating in Kinshasa. *bioRxiv.* 2023; 2023; **10**:26.564181.
21. Riveron JM, Watsenga F, Irving H, Irish SR, Wondji CS. High Plasmodium Infection Rate and Reduced Bed Net Efficacy in Multiple Insecticide- Resistant Malaria Vectors in Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *The journal of infectious Diseases.* 2018; **217** (2):320-328.
22. Antonio-Nkondjo C, Ambene PA, Toto JC, Meanier JY, Zobaje-Kemleu S, Nyambam R, Wondji CS, *et al.* High malaria transmission in trinity in a village close to Yaounde, the capital city of Cameroon. *Journal of Medical Entomology* 2002; **39** (2): 350-355.
23. Coulibaly MB, Pombi M, Caputo B, Nwakanma D, Jamara M, Konate L. PCR-based karyotyping of *Anopheles gambiae* inversion 2Rj identifies the BAMAKO chromosomal form PCR-based karyotyping of *Anopheles gambiae* inversion 2Rj identifies the BAMAKO chromosomal form. *Malar J* 2002; 6: 133..
24. Essendi WM, Vardo-Zalik AM, Lo E, Machani MG, Zhou G, Githeko AK, *et al.* Epidemiological risk factors for clinical malaria infection in the highlands of Western Kenya. *Malar J.* 2019; **18** (1):1-7.



25. Monroe A, Moore S, Koenker H, Lynch M, Ricotta E. Measuring and characterizing night time human behaviour as it relates to residual malaria transmission in sub-Saharan Africa: a review of the published literature. *Malar J.* déc 2019;**18** (1):6.
26. Teshome Degefaa, Andrew K. Githekob, Ming-Chie Leec, Guiyun Yanc, Delenasaw Yewhalaw. Patterns of human exposure to early evening and outdoor biting mosquitoes and residual malaria transmission in Ethiopia. *Acta tropica* 2021; **216**: 105837.

Voici comment citer cet article : Damuna EE, Talunda PO, Manienga JK, Maniada MM, Iluku T, Kabala BK, *et al.* Détermination des paramètres entomologiques et comportement humain à risque de transmission du paludisme dans l'aire de Santé de Livulu, République démocratique du Congo. *Ann Afr Med* 2025; **18** (2): e5986-e5995. <https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v18i2.9>