

Transmission du paludisme en zone de haute couverture en moustiquaires imprégnées d'insecticide de longue durée, au centre de la Côte d'Ivoire

Koudou BG^{1,2}, Ouattara FA², Edi AVC², Nsanzabana C³, Tia E⁴, Tchicaya ES⁵, Tanner M³, Bonfoh B¹, Dagnogo M², Utzinger J³

1. Centre suisse de recherches scientifiques en Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

2. UFR Science de la nature de l'Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire

3. Institut tropical et de santé publique Suisse Bâle, Suisse

4. Centre d'entomologie médicale et vétérinaire de l'Université de Bouaké, Bouaké, Côte d'Ivoire

5. UFR Biosciences de l'Université de Cocody Abidjan, Côte d'Ivoire

Med Trop 2010; **70** : 479-484

RÉSUMÉ • La transmission du paludisme a été étudiée dans une zone à haute couverture en moustiquaire imprégnée d'insecticide de longue durée (MIILDs), au centre de la Côte d'Ivoire. Deux prospections larvaires de 4 jours chacune ont été réalisées en avril et juillet 2008. L'échantillonnage des moustiques adultes s'est déroulé sur appâts humains pour un effort de 80 personnes-nuits. L'évaluation du taux d'infestation des vecteurs récoltés s'est faite par la réalisation des tests ELISA circumsporozoïtiques. Au total, 1582 moustiques ont été capturés. Le genre *Mansonia* était prédominant au niveau de la faune culicidienne, suivi du genre *Anopheles* qui était dominant au niveau de la faune anophélienne. Le seul vecteur de *Plasmodium* était *An. gambiae s.l.* Le taux de couverture élevé des ménages utilisant les MIILDs explique probablement la densité agressive relativement faible (0,75 à 4,15 piqûres par homme par nuit (p/h/n)). Les ménages ne possédant pas de MIILDs ont bénéficié de la protection communautaire due à la haute couverture en MIILDs. Cela s'est traduit par une faible densité agressive et un faible taux d'inoculation entomologique dans les ménages ne disposant pas de MIILDs (2,25 à 4,1 p/h/n et 0,184 pi/h/n) similaires à celle qui a été observée dans les ménages utilisant les MIILDs (0,75 à 4,15 p/h/n et 0,341 pi/h/n).

MOTS-CLÉS • Paludisme. Transmission. *Anopheles gambiae*. Moustiquaire imprégnée d'insecticide de longue durée. Côte d'Ivoire.

MALARIA TRANSMISSION IN AN AREA OF HIGH COVERAGE WITH LONG LASTING INSECTICIDAL NETS IN CENTRAL CÔTE D'IVOIRE

ABSTRACT • The purpose of this study was to assess malaria transmission in an area of high coverage with long-lasting insecticidal nets (LLINs) in central Côte d'Ivoire. Two four-day larva collections were carried out in April and July 2008. Adult mosquito samples were collected by conducting human bait catches during a total of 80 man-nights. Vector infection rates were determined using an ELISA circumsporozoite antibody test. A total of 1582 mosquitoes were captured. *Mansonia* was the dominant genus in the culicidian fauna followed by *Anopheles* that was dominant in the anopheline fauna. The only *Plasmodium* vector was *An. gambiae s.l.* The high household bednet coverage rate probably accounted for the relatively low biting rate: 0.75 to 4.15 bites per person per night (b/p/n). Households not using bednets appear to have benefited from a passive protection effect associated with high LLIN coverage. Biting and entomological inoculation rates were 2.25 to 4.1 b/p/n (range) and 0.184 ib/p/n respectively in households that did not use LLINs and 0.75 to 4.15 b/p/n (range) and 0.341 ib/p/n respectively in households using LLINs.

KEY WORDS • Malaria. Transmission. *Anopheles gambiae*. Long-lasting insecticidal nets. Côte d'Ivoire.

Le paludisme est une maladie parasitaire qui cause environ 1 million de décès par an dans le monde, dont 90% sont des enfants de moins de 5 ans (1). Un tiers de l'humanité vit en zone de transmission (1). En Côte d'Ivoire, en milieu urbain la prévalence plasmodiale varie entre 30% et 40% chez les écoliers (6 à 14 ans) (2) tandis qu'en milieu rural, elle varie de 60% à 80% dans la même tranche d'âge et la transmission y est très intense car renfermant différentes zones agro-écologiques favorables au développement des vecteurs, les moustiques du genre *Anopheles* (3-5). Le programme national de lutte contre le paludisme (PNLP) en Côte d'Ivoire, encourage l'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide dans les ménages, en particulier pour les enfants âgés de moins de 5 ans et recommande le traitement curatif des cas avec des combinaisons à base d'artémisinine (ACT). La mise sur le mar-

ché de moustiquaires imprégnées d'insecticide de longue durée (MIILDs) a été une innovation importante dans la lutte contre le paludisme car son efficacité n'est pas affectée pendant 2-3 ans par le lavage (6).

Dans le but de réduire le fardeau dû au paludisme dans les ménages en milieu rural, des MIILDs ont été distribués à un prix subventionné (1 200 F CFA correspondant à 2€) et des campagnes de sensibilisation ont été faites en vue de son utilisation effective par les populations. La moustiquaire non subventionnée coûte 3 500 F CFA. Le projet s'est déroulé dans cinq villages localisés au centre de la Côte d'Ivoire, d'avril 2007 à novembre 2008. Le but du projet était de contribuer à réduire la transmission, la prévalence et la morbidité palustres par l'augmentation de la couverture en MIILDs dans la population. L'objectif de notre étude était d'étudier l'impact sur la transmission de ce programme de distribution de MIILDs en population générale. Pour cela, nous avons comparé les indicateurs entomologiques de la transmission du paludisme dans les ménages possédant des MIILDs et dans les ménages n'en possédant pas, dans une zone à haute couverture en MIILDs.

• Correspondance : guibehi.koudou@csrs.ci

• Article reçu le 04/12/2009, définitivement accepté le 13/09/2010

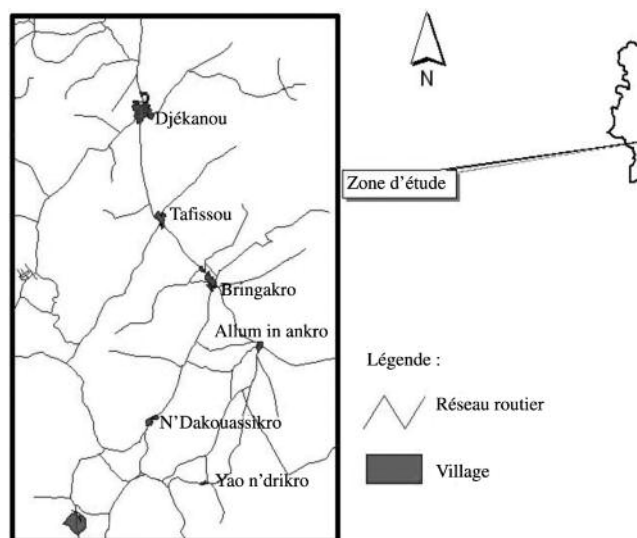


Figure 1. Localisation de la zone d'étude (zone d'intervention) au centre de la Côte d'Ivoire.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

• Descriptions physique et géographique du site

L'étude a été réalisée dans cinq villages de la sous-préfecture de Djékanou (Bringakro, Tafissou, Alluminankro, N'Da Kouassikro, N'Da Dibykro et Gbohua) distant de 2 à 3 km et qui sont situés dans le département de Toumodi, au centre de la Côte d'Ivoire à environ 200 km au nord-est de la capitale économique Abidjan (figure 1). Le climat y est de type équatorial (8), caractérisé par quatre saisons : (i) une grande saison des pluies (avril-juillet), (ii) une petite saison sèche (août-septembre), (iii) une petite saison des pluies (octobre-novembre), et (iv) une grande saison sèche (décembre-mars). Les précipitations annuelles moyennes atteignent 1355 mm avec une humidité relative moyenne annuelle fluctuant entre 70 % et 74 %. Il est caractérisé par le contact d'une forêt de type dense et une savane de type herbeuse, arbustive et boisée (9).

Les villages de la zone d'étude possèdent chacun une école primaire. Tous ces villages dépendent d'un centre de santé rural situé dans le village de Bringakro. Ces villages sont situés en zone de savane pré-forestière. Le nombre de ménages de la zone d'étude est 645. La population de la zone est estimée à 5 621 habitants, la pro-

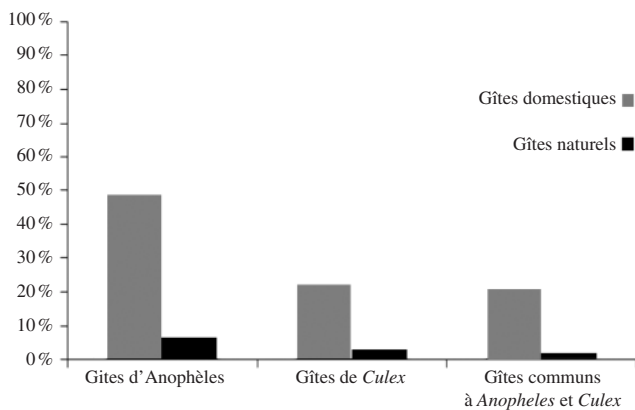


Figure 2. Proportion des gîtes larvaires naturels et domestiques dans la zone d'intervention au centre de la Côte d'Ivoire.

Tableau 1. Variation du nombre de gîtes larvaires en avril et juillet 2008

| Villages | Avril Nbre prélevé (%) | Juillet Nbre prélevé (%) |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------|
| Alluminankro | 7 (36,8) | 12 (63,2) |
| Bringakro | 11 (40,7) | 16 (59,3) |
| Tafissou | 17 (43,6) | 22 (56,4) |
| N'Da Dibykro | 12 (50,0) | 12 (50) |
| N'Da Kouassikro | 28 (43,1) | 37 (56,9) |
| Gbohua | 5 (38,5) | 8 (61,5) |
| Total | 80 (42,5) | 107 (57,2) |

portion des enfants âgés de moins de 5 ans est de 16,1 % correspondant à 905 enfants. Les habitations de la zone d'étude sont construites aussi bien avec du matériel moderne (49,6 %) qu'avec du matériel traditionnel (50,4 %). La population active est composée à 84,6 % d'agriculteurs, de 3,7 % de fonctionnaires et de 12,7 % de commerçants. 71,2 % de la population agricole s'adonne à l'agriculture pérenne (café, cacao, hévéa, palmier à huile, etc) et 28,8 % pratiquent le maraîchage. Les villages de la zone d'étude sont tous identiques de part leur végétation et leur environnement immédiat composé de parcelles de cultures pérennes et de cultures maraîchères traditionnelles (non irriguées). Tandis que les villages de Bringakro, Tafissou et Gbohua disposent d'électricité et d'eau courante, ceux d'Alluminankro et N'Da Kouassikro n'ont que l'eau courante. Non loin des habitations, nous avons noté la présence de zones marécageuses, de points d'eau ombragés et de cours d'eau semi permanents comportant des herbes dressées, caractéristiques des gîtes larvaires d'*An. funestus*.

• Choix de la zone d'étude, taux de couverture avant l'intervention et distribution des MIILDS

La zone d'étude a été choisie parce qu'un projet de recherche sur l'anémie a montré que l'infection à *Plasmodium falciparum* était la principale cause de l'anémie chez les écoliers car présents chez au moins 90 % des enfants infestés. Des infections à *Plasmodium malariae* et *P. ovale* ont également été identifiées (10). La prévalence plasmodiale de la zone d'étude variait entre 28,7 % et 44,9 % en avril 2007 et avril 2008, et entre 62,1 % et 78,9 % en novembre 2007 et novembre 2008. Pour réduire donc de façon significative la prévalence de *P. falciparum*, il nous fallait limiter le contact homme-vecteur par l'augmentation de la couverture en MIILDS. Une enquête socio-économique et démographique exhaustive a été entreprise avant la distribution des MIILDS dans tous les ménages. Concernant les moyens de protection contre les piqûres de moustiques, en avril 2007, avant la distribution des MIILDS, la proportion de personnes dormant sous MIILDS était très faible dans la zone d'étude (3,2 %). Le taux de couverture en moustiquaires non-imprégnées était 9 fois plus élevé (27,8 %). Au niveau des enfants de moins de 5 ans, ce taux était plus faible (14,2 %). Concernant les mesures de protection individuelle contre les piqûres de moustiques, l'utilisation des serpentins (28,0 %) et d'insecticides (15,2 %) était la plus répandue.

La promotion et la distribution des MIILDS ont démarré en août 2007. Après la distribution des MIILDS, les agents de santé communautaire de chaque village ont évalué trimestriellement le taux de couverture en MIILDS par ménage et au niveau des enfants de 0 - 5 ans. Le taux moyen de couverture en MIILDS de la zone d'étude variait respectivement entre 47,8 % et 54,8 % en avril, et entre 55,7 % 58,6 % en juillet. Concernant les moustiquaires non imprégnées, le taux de couverture variait entre 26,6 % et 32,7 % en avril, et entre 22,9 % et 27,5 % en Juillet. 55,7 % à 58,6 % de la population de la zone d'étude dormait sous les MIILDS à partir de 22 h.

Tableau 2. Inventaire de la faune anthropophile récoltée dans la zone d'étude en avril et juillet 2008.

| | | Avril | | | | Juillet | | | |
|-----------------|-----------------------------|----------------|-----------|---------------|-----------|----------------|-----------|---------------|-----------|
| | | Présence MIILD | | Absence MIILD | | Présence MIILD | | Absence MIILD | |
| | | Intérieur | Extérieur | Intérieur | Extérieur | Intérieur | Extérieur | Intérieur | Extérieur |
| Anophelinae | <i>An. funestus</i> | 0 (0) | 1 (0,1) | 0 (0) | 2 (0,1) | 0 (0) | 3 (0,2) | 2 (0,1) | 1 (0,1) |
| | <i>An. gambiae</i> | 2 (0,1) | 10 (0,6) | 15 (0,9) | 21 (1,3) | 11 (0,7) | 72 (4,6) | 55 (3,5) | 27 (1,7) |
| | <i>An. pharoensis</i> | 2 (0,1) | 11 (0,7) | 11 (0,7) | 16 (1,0) | 3 (0,2) | 12 (0,8) | 9 (0,6) | 7 (0,4) |
| | <i>An. ziemani</i> | 0 (0) | 1 (0,1) | 0 (0) | 0 (0) | 2 (0,1) | 0 (0) | 1 (0,1) | 1 (0,1) |
| Culicinae | <i>Ae. aegypti</i> | 1 (0,1) | 0 (0) | 1 (0,1) | 4 (0,3) | 1 (0,1) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| | <i>Ae. africanus</i> | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 1 (0,1) | 1 (0,1) | 1 (0,1) |
| | <i>Ae. coustani</i> | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 1 (0,1) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| | <i>Ae. opok</i> | 1 (0,1) | 4 (0,3) | 2 (0,1) | 3 (0,2) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 1 (0,1) |
| | <i>Ae. palpalis</i> | 3 (0,2) | 15 (0,9) | 34 (2,1) | 57 (3,6) | 7 (0,4) | 7 (0,4) | 6 (0,4) | 24 (1,5) |
| | <i>Ae. vittatus</i> | 0 (0) | 0 (0) | 2 (0,1) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 1 (0,1) |
| | <i>Aedes sp.</i> | 0 (0) | 0 (0) | 1 (0,1) | 2 (0,1) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| | <i>Cx. annulirostris</i> | 3 (0,2) | 24 (1,5) | 29 (1,8) | 68 (4,3) | 3 (0,2) | 4 (0,3) | 3 (0,2) | 10 (0,6) |
| | <i>Cx. decens</i> | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 1 (0,1) | 0 (0) | 1 (0,1) | 2 (0,1) |
| | <i>Cx. quinquefasciatus</i> | 6 (0,4) | 7 (0,4) | 8 (0,5) | 43 (2,7) | 3 (0,2) | 4 (0,3) | 18 (4,0) | 0 (0) |
| | <i>Man. africana</i> | 19 (1,2) | 34 (2,1) | 54 (3,4) | 99 (6,3) | 29 (1,8) | 70 (4,4) | 64 (4,0) | 72 (4,6) |
| | <i>Man. uniformis</i> | 11 (0,7) | 36 (2,3) | 35 (2,2) | 61 (3,9) | 34 (2,1) | 99 (6,3) | 65 (4,1) | 84 (5,3) |
| Total Culicinae | 44 | 120 | 166 | 338 | 78 | 185 | 158 | 195 | |

• Prospections larvaires

Elle a été réalisée dans les villages suivant : Bringakro, Tafissou, Alluminankro, N'Da Kouassikro, N'Da Dibykro et Gbohua. Les prospections larvaires ont été faites en avril et juillet 2008 et ont duré chacune 4 jours, sur un rayon de 1 km à partir du centre de chacun des 5 villages. Les larves ont été récoltées par la méthode de « dipping » (11), et ensuite identifiées à vue d'œil sur le terrain au niveau du genre en tenant compte de la position de la larve vis-à-vis de la surface de l'eau. Le prélèvement de 350 mL d'eau de chaque gîte larvaire est répété dix fois par gîte et le nombre de larves récoltées a été rapporté au volume de 350 mL. Pour les identifier au niveau de l'espèce, des larves ont été élevées au laboratoire (température : 26-28°C ; humidité relative : 75-85 % ; éclairage au néon fonctionnant de 7 h 30 à 21 h 30) jusqu'à émergence des nymphes. La productivité de chaque gîte a été estimée en tenant compte de la présence ou non des nymphes dans les gîtes.

• Collection des moustiques adultes

La capture des moustiques adultes s'est faite dans quatre points de capture par village sur des volontaires humains qui ont été mis sous prophylaxie médicamenteuse antipalustre et vaccinés contre la fièvre jaune. Les captures ont été faites de 18 h à 6 h du lendemain matin et les captureurs ont changé de point de capture chaque nuit. Durant une semaine du mois d'avril et juillet, 4 captureurs ont été utilisés pendant 2 nuits de capture par village à l'intérieur et à l'extérieur des ménages par village possédant des MIILDs ou non correspondant à 40 captureurs-nuit en avril et en juillet, soit un total de 80 captureurs-nuit (correspondant à 16 nuit de capture/village pendant l'étude). Les habitations choisies comme points de capture avec ou sans MIILDs étaient toutes entourées d'habitations possédant des MIILDs. Ces habitations ont été choisies au hasard dans 4 endroits opposés du village.

Les captureurs ont subi une rotation permanente de ménages pendant les nuits de capture afin d'éviter tous les biais dans les récoltes. Les moustiques récoltés ont été identifiés selon la clé d'identification de Mattingly (1971) (12). Les critères de Detinova (13) nous ont permis d'étudier l'état physiologique des moustiques (parturité). Les femelles paires d'*Anopheles gambiae*, *An. funestus* et *An. pharoensis* ont été conservées pour rechercher l'antigène circumsporozoïque grâce à la technique « enzyme-linked immunosorbent assay » (ELISA) (14).

• Analyse statistique

Les données collectées ont été saisies doublement sur le logiciel Windows Excel 2007. Le logiciel STATA, version 9.04 (Stata Corporation, College Station, TX, USA) a été utilisé pour la réalisation des analyses statistiques. Pour la comparaison des variables continues telles que la densité agressive nous avons utilisé le « likelihood ratio test » (LRT). Pour la comparaison des variables catégoriques telles que le taux d'infestation des vecteurs nous avons utilisé le test χ^2 . Ces comparaisons ont été faites entre ménages utilisant des MIILDs et ceux qui n'en disposent pas. L'intervalle de confiance (IC) était de 95 %.

Résultats

Inventaire de la faune culicidienne

Au total 1 582 moustiques ont été capturés (tableau 2) pour un effort global de 80 personne-nuits (16 personne-nuits par village). Le genre *Mansonia* (54,7 %) était prédominant suivi des genres *Anopheles* (18,8 %) et *Culex* (15,0 %). Au niveau des Anophelinae, les espèces les plus répandues sont *An. gambiae s.l.* (71,5 %) et *An. pharoensis* (22,8 %).

Tableau 3. Densité agressive moyenne (nombre de piqûres reçues/homme/nuit) enregistrée aux mois d'avril et juillet 2008 dans la zone d'étude.

| | Présence MIILD | | | | Absence MIILD | | | |
|-----------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|
| | Nbre capture | ma intérieur | Nbre capture | ma extérieur | Nbre capture | ma intérieur | Nbre capture | ma extérieur |
| Avril | | | | | | | | |
| <i>An. gambiae</i> | 2 | 0,2 (0-0,6) † | 10 | 1,6 (0-3,6) | 15 | 2,5 (0,3-4,7) † | 21 | 2,1 (0,1-4,1) |
| <i>An. funestus</i> | 0 | 0 | 1 | 0,2 (0-0,6) | 0 | 0 | 2 | 0,2 (0-0,6) |
| <i>An. pharoensis</i> | 2 | 0,2 (0-0,5) † | 11 | 1,8 (0,6-3,1) | 11 | 1,8 (0-3,7) †† | 16 | 1,6 (0,7-2,5) |
| <i>An. ziemani</i> | 0 | 0 | 1 | 0,2 (0-0,6) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juillet | | | | | | | | |
| <i>An. gambiae</i> | 11 | 1,1 (0-2,2) | 72 | 7,2 (0,2-14,2) | 55 | 5,5 (0-12,8) | 27 | 2,7 (0-6) |
| <i>An. funestus</i> | 0 | 0 | 3 | 0,3 (0-0,6) | 2 | 0,2 (0-0,6) | 1 | 0,1 (0-0,3) |
| <i>An. pharoensis</i> | 3 | 0,3 (0-0,6) | 12 | 1,2 (0,1-2,2) | 9 | 0,9 (0-2,1) | 7 | 0,7 (0-1,4) |
| <i>An. ziemani</i> | 2 | 0,2 (0-0,6) | 0 | 0 | 1 | 0,1 (0-0,3) | 1 | 0,1 (0-0,3) |

() : Intervalle de confiance à 95% ; ma : densité agressive ; † : différences significatives

Transmission du paludisme

• Densité agressive des vecteurs à l'intérieur et à l'extérieur des habitations

En juillet 2008, la densité agressive d'*An. gambiae* enregistrée à l'intérieur des ménages dormant sous MIILDs (1,1 piqûres/homme/nuit) (p/h/n) est significativement plus faible (LRT = 23,47 ; P < 0,001) que celle enregistrée à l'intérieur des ménages ne dormant pas sous MIILDs 5,5 p/h/n (tableau 3). Il y a également une différence significative entre la densité agressive d'*An. gambiae* enregistrée à l'intérieur des habitations dormant sous moustiquaires (0,75 p/h/n) et celles ne dormant pas sous moustiquaire (2,25 p/h/n) (LRT = 29,56 ; P < 0,001). Cependant en avril 2008, la différence enregistrée entre les densités agressives d'*An. gambiae* à l'intérieur des habitations dormant et ne dormant pas sous moustiquaire n'est pas significative (P > 0,05).

• Taux d'infestation

Aucune espèce d'*An. funestus s.l.* et d'*An. pharoensis* n'était infestée de *Plasmodium*. Sur 133 moustiques d'*An. gambiae s.l.* testés (sur un total de 200 moustiques), 12 étaient positifs à *Plasmodium falciparum* (tableau 4). Cependant, il n'y a aucune différence statistique entre les indices sporozoïtiques enregistrés en avril (P > 0,05) et en juillet (P > 0,05) dans les ménages dormant ou non sous MIILDs. Ceci nous permet de calculer des indices sporozoïtiques globaux pour les 2 périodes : 5,88 (0-14,21) pour avril et 10,10 (4,09-16,14) pour juillet.

Tableau 4. Indices sporozoïtiques (taux d'infestation) d'*An. gambiae* enregistrés aux mois d'avril et de juillet 2008.

| | Présence MIILDs | | Absence MIILDs | | IS globaux (%) | P |
|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-------|
| | Nbre positif (Nbre testé) | IS (%) | Nbre positif (Nbre testé) | IS (%) | | |
| Avril | | | | | | |
| Intérieur | 0 (2) | 0 | 0 (8) | 0 | | |
| Extérieur | 1 (7) | 14,28 (0-49,0) | 1 (17) | 5,88 (0-18,3) | | |
| Total avril | 1 (9) | 11,11 (0-36,73) | 1 (25) | 4 (0-12,25) | 5,88 (0-14,21) | >0,05 |
| Juillet | | | | | | |
| Intérieur | 2 (11) | 18,18 (0-45,35) | 1 (28) | 3,57 (0-10,90) | | |
| Extérieur | 5 (42) | 11,9 (1,70-22,11) | 2 (18) | 11,11 (0-27,19) | | |
| Total juillet | 7 (53) | 13,2 (3,78-22,63) | 3 (46) | 6,52 (0-13,93) | 10,10 (4,06-16,14) | >0,05 |
| Grand total | 8 (62) | 12,9 (4,32-21,48) | 4 (71) | 5,63 (0,14-11,13) | 9,02 (4,09-13,95) | |

() : Intervalle de confiance à 95% ; NS : Non Significative

• Taux de parturité

Les taux de parturités enregistrés chez les femelles d'*An. gambiae* en avril (91,6%) et en juillet (82,8%) 2008 en présence de MIILDs étaient plus élevés que ceux observés pendant les mêmes mois en absence de MIILDs (72,7% et 80,5%) (tableau 5). En présence comme en absence de MIILDs, ce taux augmente d'avril à juillet 2008. Avec *An. pharoensis*, le taux de parturité augmente également fortement d'avril à juillet, aussi bien en présence qu'en absence de MIILDs.

• Taux d'inoculation entomologique (TIE)

La transmission du paludisme est assurée par *An. gambiae s.l.* dans la zone d'étude. En présence (0,341 piqûre infestée/homme/nuit) (pi/h/n) comme en absence (0,184 pi/h/n) de MIILDs, le TIE est faible. En avril, avec un IS de 5,8% pour un nombre de piqûres moyen de 0,75 par homme par nuit pour les sujets sous MII et de 2,25 pour les sujets sans MII, le TIE est d'une piqûre infectée toutes les 23 nuits pour les ménages avec MII contre une piqûre infectée tous les 8 nuits pour les ménages sans MII. En juillet, avec une agressivité avec ou sans MIILD de 4 piqûres par h par nuit et un IS de 10%, le TIE est d'une piqûre infectée tous les 3 jours dans les deux types de ménages. En avril, le TIE enregistré dans les ménages sans MIILDs est très supérieur à celui enregistré au sein des ménages ne dormant pas sous MIILDs. En juillet cette différence a disparu.

Tableau 5. Taux de parturité des femelles d'*An. gambiae* récoltées en avril et en juillet 2008 dans la zone d'étude.

| | Avril | | Juillet | |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | Nbre pare (Nbre disséqué) | Taux de parturité | Nbre pare (Nbre disséqué) | Taux de parturité |
| <i>Anopheles gambiae</i> | | | | |
| Présence MIILDs | 11 (12) | 91,7 (73,3-100) | 58 (70) | 82,9 (73,8-91,9) |
| Absence MIILDs | 24 (33) | 72,7 (56,7-88,8) | 58 (72) | 80,6 (71,2-89,9) |
| <i>Anopheles pharoensis</i> | | | | |
| Présence MIILDs | 6 (10) | 60,0 (23,1-96,9) | 11 (15) | 73,3 (48,0-98,7) |
| Absence MIILDs | 17 (27) | 63,0 (43,5-82,4) | 15 (17) | 88,2 (71,2-100) |

(): Intervalle de confiance à 95%

Discussion

La présente étude a montré l'existence de quatre genres de moustiques avec une prépondérance de *Mansonia* suivie d'*Anopheles*. Cela s'explique par la variété et la variabilité des biotopes qui assurent le développement des larves. La forte prédominance du genre *Mansonia* se justifie par le taux élevé de gîtes larvaires domestiques (89,8%) à l'intérieur desquels nous avons noté la présence de végétaux (27). Le principal vecteur du paludisme dans la zone d'étude est *An. gambiae s.l.* Des études précédentes menées en Côte d'Ivoire ont montré que cette espèce est le vecteur majeur de la transmission de *Plasmodium* dans toutes les régions du pays (4, 28, 29). Rarement une étude d'impact similaire a été conduite en Côte d'Ivoire où la couverture des moustiquaires imprégnées est en général très faible (au niveau national < 5%) (7).

La couverture élevée en MIILDs dans la zone d'étude était probablement responsable de la faiblesse de la densité agressive d'*An. gambiae s.l.* observée dans les ménages utilisant ou non des MIILDs. Des résultats similaires ont été obtenus dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest (15-17) et du Centre de l'Afrique (18) où le paludisme est fortement endémique. En effet, en Afrique de l'Ouest, l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide a permis d'obtenir de fortes réductions du nombre de piqûres des espèces d'*An. gambiae s.l.* se reposant à l'intérieur des habitations et de la densité d'*An. gambiae s.l.* dans les salles de repos des villages traités, respectivement au Sénégal, en Guinée Bissau et en Gambie. Au Congo, l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide a entraîné une réduction d'environ 50% du taux de piqûres sur homme d'*An. gambiae s.l.* (18) Lorsqu'elle est correctement utilisée par la majorité des ménages d'une zone, la MIILDs devient une barrière efficace de réduction du contact homme-vecteur réduisant du coup la densité agressive et la transmission des vecteurs du paludisme dans les ménages utilisant ou non les MIILDs.

La présente étude a aussi montré que l'utilisation des MIILDs à grande échelle favorise une baisse importante du TIE dans les ménages utilisant et n'utilisant pas de MIILDs. En avril en début de saison des pluies, la protection conférée est plus importante pour les ménages possédant des MIILDs. En fin de saison des pluies, cette protection s'équilibre entre les ménages. Ces résultats sont similaires à ceux d'autres études ayant montré une forte réduction, de 88% et 78% du TIE à l'intérieur des ménages utilisant les MIILDs, respectivement au Sénégal dans une zone hyperendémique (15) et en Guinée Bissau, en zone endémique de forêt (16). L'utilisation des MIILDs par la majorité des ménages de la zone d'étude confère une protection contre les piqûres infestantes d'*An. gambiae s.l.* aux ménages ne possédant pas de MIILDs. Il a été démontré que des enfants vivant à proximité d'une zone d'intervention à très haut taux de couverture en MIILDs bénéficiaient de la forte réduction du taux de mortalité et de morbidité palustres

enregistrée dans la zone d'intervention (19-21). Cependant, dans certaines régions d'Afrique au Sud du Sahara, l'utilisation des MIILDs n'a pas permis d'obtenir des réductions importantes de la transmission du paludisme. Ce fut le cas en zone de savane sèche en Côte d'Ivoire, marquée par la présence de résistance d'*An. gambiae* au kdr (22, 23) et en Sierra Leone où malgré un taux de couverture élevé en MIILDs, le niveau de la transmission de *Plasmodium* n'a pas été affecté (24). Cela pourrait se justifier par le fait qu'en milieu rural, les MIILDs pourraient baisser d'efficacité suite à certains facteurs extérieurs tels que la température, la poussière et les exhalaisons qui couvrent les molécules d'insecticides (25, 26). Nos résultats ont également montré que le TIE a nettement augmenté d'avril (début de saison pluvieuse) à juillet (fin de saison pluvieuse). Cela s'expliquerait par le fait qu'en fin de saison pluvieuse la majorité des vecteurs de *Plasmodium* sont pares donc ont l'âge physiologique leur permettant de transmettre le parasite responsable du paludisme. Cela justifie l'obtention d'un taux d'infestation élevé en juillet 2008.

An. funestus et *An. pharoensis* ne sont pas impliquées dans la transmission du paludisme dans notre zone d'étude. En Côte d'Ivoire, aucune étude n'a encore montré l'implication d'*An. pharoensis* dans la transmission de *Plasmodium*. Cependant, dans certaines régions, cette espèce vit assez longtemps et acquiert une capacité vectorielle lui permettant de transmettre le parasite. Ce fut le cas au Sénégal (30) et au Kenya (31).

Conclusion

L'utilisation des MIILDs par près des deux tiers des ménages a procuré une excellente protection à toute la communauté de la zone d'étude. La distribution à moindre coût de MIILDs a montré une fois de plus son efficacité tant au niveau de la réduction de la densité agressive des vecteurs que du TIE même au niveau des ménages ne disposant pas de MIILDs.

Remerciements • Nous voudrions très sincèrement remercier la London school of hygiene and tropical medicine, le Centre suisse de recherches scientifiques en Côte d'Ivoire et l'Institut tropical et de santé publique Suisse pour leurs appuis financiers dans la conduite de la présente étude. Nous sommes également reconnaissants envers le Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire et l'Université d'Abobo Adjamé pour leur soutien scientifique dans la rédaction du présent manuscrit, et à M. Moussa Koné technicien supérieur en entomologie pour sa contribution aux enquêtes de terrain. J. Utzinger (project no. PPOOB-102883, PPOOB-119129) est reconnaissant au Fonds National Suisse pour son soutien financier.

Références

1. Anonymous, 2009. World malaria report 2009 (http://www.who.int/malaria/world_malaria_report_2009/en/index.html).

2. Programme National de Lutte contre le Paludisme, Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique, République de Côte d'Ivoire, Rapport annuel sur la situation du paludisme 2005.
3. Koudou BG, Adja AM, Matthys B, Doumbia M, Cissé G, Koné M *et al.* Pratiques agricoles et transmission du paludisme dans deux zones éco-épidémiologiques au centre de la Côte d'Ivoire. *Bull Soc Pathol Exot* 2007; 100 : 124-6.
4. Koudou BG, Tano Y, Doumbia M, Nsanzabana C, Nsanzabana C, Cissé G *et al.* Malaria transmission dynamics in central Côte d'Ivoire: the influence of changing patterns of irrigated rice agriculture. *Med Vet Entomol* 2005; 19 : 27-37.
5. Koudou BG, Tano Y, Keiser J, Vounatsou P, Girardin O, Klero K, Koné M *et al.* Effect of agricultural activities on prevalence rates, and clinical and presumptive malaria episodes in central Côte d'Ivoire. *Acta Tropica* 2009; 111 : 268-74.
6. Graham K, Kayedi MH, Maxwell C, Kaur H, Rehman H, Malima R *et al.* Multi-country field trials comparing wash-resistance of PermaNet and conventional insecticide-treated nets against anopheline and culicine mosquitoes. *Med Vet Entomol* 2005; 19 : 72-83.
7. Noor AM, Mutheu JJ, Tatem AJ, Hay SI, Snow RW. Insecticide-treated net coverage in Africa: mapping progress in 2000-07. *Lancet* 2009; 373 : 58-67.
8. Blic P. Le comportement des sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire après défrichement et mise en culture mécanisée : rôle des traits hérités du milieu naturel. *Cah ORSTOM Série Pédologie* 1976; 14 : 113-30.
9. Guillaumet JL, Adjanohoun E. La végétation de la côte d'Ivoire. In « le milieu naturel de la Côte d'Ivoire ». *Mémoire ORSTOM* 1971; 50 : 161-262.
10. Koudou GB, Ghattas H, Esse C, Nsanzabana C, Rohner F, J. Utzinger, Faragher BE, Tschanne AB. The use of insecticide treated nets for reducing malaria morbidity among children aged between 6 to 59 months, in an area of high malaria transmission, in central Côte d'Ivoire. *Parasites & Vectors* 2010; 3 : 31.
11. Service MW. Irrigation/boom or bane? In « Service, MW. Demography and vector-borne diseases ». CRC Press ed, Boca Raton, 1989, pp 283-301.
12. Mattingly PF. The mosquitoes of ethiopian region. Sutcliffe ed, London, 1971, 184 p.
13. Detinova TS. Méthodes à appliquer pour classer par groupes d'âges les diptères présentant une importance médicale, notamment certains vecteurs du paludisme. *WHO Monograph Series* 1963; 47 : 1-220.
14. Beier JC, Perkins PV, Koros JK, Onyango FK, Gargan TP, Wirtz RA, *et al.* Malaria sporozoite detection by dissection and ELISA to assess infectivity to afro-tropical *Anopheles* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* 1990; 27 : 377-84.
15. Faye O, Konate L, Gaye O, Fontenille D, Sy N, Diop A *et al.* Impact de l'utilisation des moustiquaires pré-imprégnées de perméthrine sur la transmission du paludisme dans un village hyperendémique du Sénégal. *Med Trop* 1998; 58 : 355-60.
16. Jaenson TG, Gomes MJ, Barreto dos Santos RC, Petrarca C, Fortini D, Evora J *et al.* Control of endophagic *Anopheles* mosquitoes and human malaria in Guinea Bissau, West Africa by permethrin-treated bed nets. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1994; 88 : 620-4.
17. Thomson MC, Adiamah JH, Connor SJ, Jawara M, Bennett S, D'Alessandro U, *et al.* Entomological evaluation of the Gambia's national impregnated bednet programme. *Ann Trop Med Parasitol* 1995; 89 : 229-41.
18. Zoulani A, Carnevale P, Penchenier L. Influence des moustiquaires imprégnées de deltaméthrine sur le cycle d'agressivité d'*Anopheles gambiae* dans le Djoumoua, Congo. *Ann Soc Belg Med Trop* 1994; 74 : 83-91.
19. Binka FN, Indome F, Smith T. Impact of spatial distribution of permethrin-impregnated bed nets on child mortality in rural northern Ghana. *Am J Trop Med Hyg* 1998; 59 : 80-5.
20. Howard SC, Omumbo J, Nevill C, Some ES, Donnelly CA, Snow RW. Evidence for a mass community effect of insecticide-treated bednets on the incidence of malaria on the Kenyan coast. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2000; 94 : 357-60.
21. Hawley WA, Phillips-Howard PA, ter Kuile FO, Terlouw DJ, Vulule JM, Ombok M *et al.* Community-wide effects of permethrin-treated bed nets on child mortality and malaria morbidity in western Kenya. *Am J Trop Med Hyg* 2003; 68 : 121-7.
22. Doannio JM, Dossou-Yovo J, Diarrassouba S, Darriet F, Henry MC, Chandre F *et al.* - Evaluation de l'efficacité des moustiquaires pré-imprégnées de perméthrine Olyset Net en zone de résistance des vecteurs aux pyréthrinoides. 1-Evaluation entomologique. *Med Trop* 1999; 59 : 349-54.
23. Doannio JMC, Harikizimana E, Aoutin S *et al.* Efficacité comparée des moustiquaires pré-imprégnées de perméthrine Olyset Net et des moustiquaires classiques imprégnées de deltaméthrine dans la lutte contre le paludisme à Kafiné (Côte d'Ivoire). *Cahier de Santé Publique* 2006; 5 : 42-55.
24. Magbitay EB, Marbiah NT, Maude G, Curtis CF, Bradley DJ, Greenwood BM, *et al.* Effects of community-wide use of lambda-cyhalothrin-impregnated bednets on malaria vectors in rural Sierra Leone. *Med Vet Entomol* 1997; 11 : 79-86.
25. N'Guessan R, Darriet F, Doannio JM, Chandre F, Carnevale P. Olyset net efficacy against pyrethroid-resistant *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus* after 3 years' field use in Côte d'Ivoire. *Med Vet Entomol* 2001; 15 : 97-104.
26. Etang J, Chandre F, Manga L, Bouchite B, Baldet T, Guillet P. Bioefficacy of cyfluthrin (SOLFAC EW050) impregnated bed-nets against *Anopheles gambiae* in southern-Cameroon. *J Am Mosq Control Assoc* 2004; 20 : 55-63.
27. Edi AC. Localisation et caractéristiques des gîtes larvaires de moustiques dans certaines zones écoépidémiologiques au centre de la Côte d'Ivoire. Mémoire de maîtrise, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2009; 45 p.
28. Dossou-Yovo J, Doannio JM, Riviere F, Chauvancy G. Malaria in Côte d'Ivoire wet savannah region: the entomological input. *Trop Med Parasitol* 1995; 46 : 263-9.
29. Doannio JM, Dossou-Yovo J, Diarrassouba S, Rakotondraibé ME, Chauvancy G, Chandre F *et al.* La dynamique de la transmission du paludisme à Kafiné, un village rizicole en zone de savane humide de Côte d'Ivoire. *Bull Soc Pathol Exot* 2002; 95 : 11-6.
30. Dia I, Konate L, Samb B, Sarr JB, Diop A, Rogerie F *et al.* Bionomics of malaria vectors and relationship with malaria transmission and epidemiology in three physiographic zones in the Senegal River Basin. *Acta Trop* 2008; 105 : 145-53.
31. Ijumba JN, Mwangi RW, Beier JC. Malaria transmission potential of *Anopheles* mosquitoes in the Mwea-Tobere irrigation scheme. *Med Vet Entomol* 1990; 4 : 425-32.