

# Évaluation de l'état physique et de l'efficacité biologique de deux types de moustiquaires imprégnées à longue durée d'action utilisés depuis 5 à 36 mois et collectés dans 11 districts du Sénégal

## Evaluation of Physical Integrity and Biological Efficacy of Two Types of LLINs Aged 5 to 36 Months Sampled in 11 Districts of Senegal

M. Diouf · E.H. Diouf · E.H.A. Niang · C.T. Diagne · L. Konaté · O. Faye

Reçu le 3 novembre 2017; accepté le 23 février 2018  
© Société de pathologie exotique et Lavoisier SAS 2018

**Résumé** Les moustiquaires imprégnées à longue durée d'action (MILDA) ont été promues pour pallier le faible taux de réimprégnation des moustiquaires conventionnelles. Aujourd'hui, la pierre angulaire de la lutte antivectorielle repose sur une forte distribution de ces MILDA pour une couverture universelle. En dépit de cette promotion, la question de leur durée de vie effective en conditions opérationnelles reste toujours posée. Entre septembre et octobre 2013, une enquête a été menée dans 11 districts du Sénégal. Des MILDA y ont été échantillonnées et acheminées au laboratoire pour évaluer leur intégrité physique et leur efficacité biologique. Au total, 207 MILDA ont été collectées dans les 11 districts suivis au cours de cette étude. Nos résultats ont montré que les deux marques majoritairement distribuées présentaient une bonne efficacité biologique, car induisant un taux élevé de *knock-down* malgré leur état détérioré.

**Mots clés** Paludisme · Moustiquaires imprégnées à longue durée d'action · MILDA · Détérioration · Efficacité biologique · Richard Toll · Bambey · Kaffrine · Koumpentoum · Kounghoul · Malem Hodar · Niakhar · Kolda · Vélingara · Tambacounda · Kédougou · Sénégal · Afrique intertropicale

**Abstract** The long-lasting insecticidal nets (LLINs) have been promulgated to compensate the low re-impregnation rate of conventional mosquito nets. Today, the cornerstone of the fight against malaria vectors is based on a large distribution of these LLINs for universal coverage. Despite this

promotion, the question of their effective life in operational conditions remains unresolved. Between September and October 2013, a survey was conducted in 11 districts of Senegal where LLINs were sampled and routed to the laboratory for assessing their physical integrity and biological effectiveness. A total of 207 LLINs that were sampled in the 11 districts have been monitored during this study. Our results showed that Olyset® Net and PermaNet® 2.0 are the most represented brands in the districts. These two major brands have a good biological efficiency providing a high rate of knockdown despite their failing physical integrity.

**Keywords** Malaria · Long-lasting insecticidal nets · LLINs · Physical integrity · Biological efficacy · Richard Toll · Bambey · Kaffrine · Koumpentoum · Kounghoul · Malem Hodar · Niakhar · Kolda · Vélingara · Tambacounda · Kédougou · Senegal · Sub-Saharan Africa

## Introduction

Au Sénégal, le paludisme est endémique tout au long de l'année, avec un pic saisonnier de transmission pendant la saison des pluies. L'évolution de la prévalence parasitaire a connu une régression significative de plus de 50 % entre 2009 et 2015 [22]. Deux types d'action sont possibles dans la lutte contre le paludisme : les mesures curatives fondées sur la prise en charge rapide et correcte des cas cliniques (TDR – qui ont participé à la diminution des cas grâce à leur emploi dans le diagnostic – ACT, etc.) et les mesures préventives, dont la chimioprophylaxie, la chimioprévention du paludisme saisonnier (CPS) et la lutte antivectorielle (LAV). La LAV dans sa composante imagocide agit sur les moustiques adultes vecteurs. Elle comprend pour l'essentiel l'aspersion intradomiciliaire d'insecticide à effet rémanent et la

M. Diouf (✉) · E.H. Diouf · E.H.A. Niang · L. Konaté · O. Faye  
Laboratoire d'écologie vectorielle et parasitaire,  
UCAD, Dakar, Sénégal  
e-mail : bayonly900@hotmail.fr

C.T. Diagne  
Institut Pasteur de Dakar, IPD, Dakar, Sénégal

promotion de l'utilisation de matériaux imprégnés d'insecticide dont les moustiquaires imprégnées à longue durée d'action (MILDA). Cette dernière vise à supprimer ou à limiter le contact homme-vecteur pour prévenir l'infection par des plasmodies [21].

L'utilisation des moustiquaires, d'abord contre les nuisances culicidiennes et ensuite pour réduire la transmission des agents de maladies à vecteurs, dont le paludisme, est une pratique très ancienne [15]. Dans le cadre de la lutte antipaludique, les premiers essais réalisés dans différents pays ont permis de démontrer l'impact des moustiquaires imprégnées d'insecticide sur l'incidence de la maladie [13]. Cependant, elles présentaient l'inconvénient de devoir être réimprégnées régulièrement, au moins une fois par an [16]. Les taux de réimprégnation n'étaient généralement pas élevés [25] : selon D'Alessandro et al., le taux de réimprégnation des moustiquaires en Gambie n'était que seulement de 5 % en 1992 [5]. Aussi, des MILDA ont-elles été produites comme alternative à la réimprégnation des moustiquaires conventionnelles. Ce sont des moustiquaires prétraitées industriellement par des procédés spécifiques qui leur permettent d'être efficaces après au moins 20 lavages et de conserver leurs propriétés insecticides pendant trois à cinq ans en usage normal [26]. Un insecticide de la famille des pyréthrinoides, incorporé ou enrobé dans les fibres en polyester ou polyéthylène pendant la fabrication, se libère lentement et migre du textile vers la surface de la moustiquaire, provoquant un effet dissuasif, répulsif ou excitorepulsif. À des niveaux élevés de couverture, les avantages à l'échelle communautaire de l'utilisation des MILDA ont été démontrés : au-delà de la protection personnelle, un effet de masse sur la population des vecteurs est observé.

Aujourd'hui, les MILDA constituent l'un des fers de lance de la LAV. En Afrique subsaharienne, la proportion des populations ayant accès à une MILDA a augmenté de moins de 2 % en 2000 à 67 % en 2015, et une couverture universelle est ciblée et atteinte dans certains pays [29]. Bien qu'ayant fortement contribué à la baisse de l'incidence palustre au cours des 15 dernières années, la question essentielle de durée de vie réelle (intégrité physique et bio-efficacité) des MILDA reste posée. En effet, il y a un déficit d'investigation sur la durée de vie fonctionnelle et la variation des performances entre les différentes MILDA dans différentes conditions d'utilisation.

Des études menées en Ouganda sur l'intégrité physique des MILDA ont montré que 45 à 78 % des moustiquaires étaient endommagées après une année d'utilisation en conditions opérationnelles [12]. Au Kenya et au Bénin, une détérioration plus rapide que prévue de la bio-efficacité a été notée, soulevant des préoccupations au sujet de la durée de vie effective des MILDA [4,9]. Dans une autre étude menée au Laos, environ 40 % des moustiquaires étaient matériellement endommagées après deux à trois ans d'utilisation [24].

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'intégrité et l'efficacité biologique de deux types de MILDA utilisées depuis 5 à 36 mois, échantillonnées dans 11 districts du Sénégal après la campagne de distribution de masse de 2010.

## Matériel et méthodes

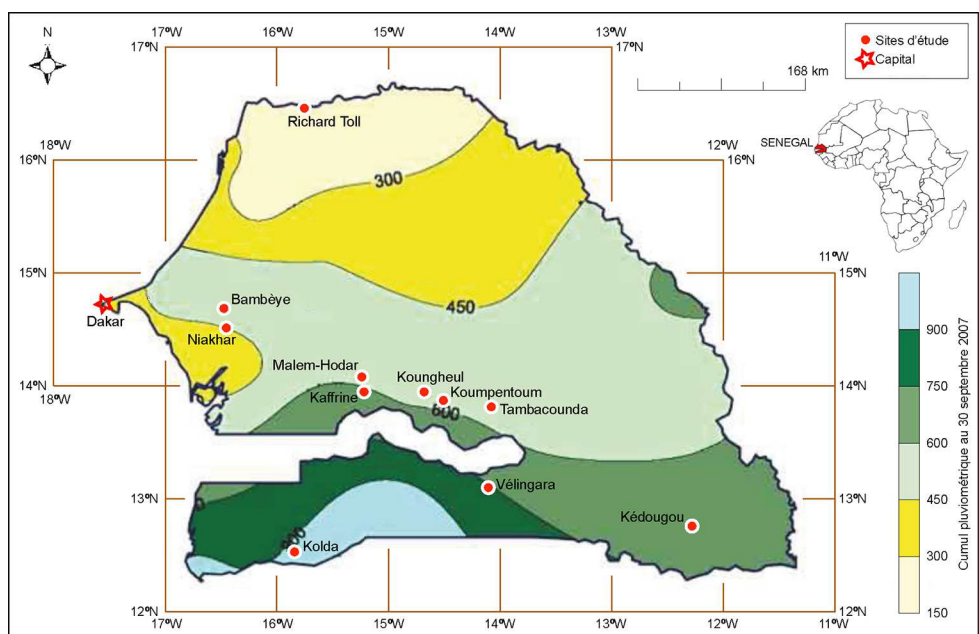
### Sites d'étude

L'échantillonnage des moustiquaires a été effectué en septembre et octobre 2013 dans les districts de Richard Toll au Nord du pays ; de Bambey, de Kaffrine, de Koumpentoum, de Kounghoul, de Malem Hodar et de Niakhar dans le Centre ; de Kolda et de Vélingara dans le Sud ; de Tambacounda et Kédougou dans le Sud-Est (Fig. 1). Le taux d'incidence annuel du paludisme variait en 2015 de moins de 5 à plus de 25 cas pour 1 000 habitants respectivement de la zone nord à celle du sud [23]. Les sites d'échantillonnage étaient caractérisés généralement par un faciès rural où les habitations sont en majorité des cases en banco/paille. *Plasmodium falciparum* reste l'espèce dominante dans le pays et représente plus de 90 % des infections palustres [7]. Au Sénégal, les principaux vecteurs du paludisme sont *Anopheles gambiae*, *Anopheles coluzzii*, *Anopheles arabiensis* et *Anopheles funestus* [19].

### Collecte des échantillons

Des moustiquaires de marques différentes et ayant servi plus ou moins longtemps ont été collectées au cours d'une enquête transversale afin d'évaluer leur durabilité et leur efficacité biologique. Un échantillonnage aléatoire de quelques villages situés dans les districts sanitaires qui faisaient l'objet d'une surveillance entomologique de l'aspersion intradomiciliaire en 2013 a été effectué. La base de sondage était représentée par ces villages suivis dans différents districts. Dans chaque village, des ménages ont été choisis au hasard, et dans chaque ménage une moustiquaire est choisie, généralement celle du répondant. Au total, 15 à 30 moustiquaires ont été prélevées par district. Après le consentement du chef de ménage, un questionnaire sur la provenance, la date d'obtention, l'utilisation et l'entretien des MILDA lui a été remis et à défaut à un membre du ménage âgé de 18 ans au moins. Le niveau d'utilisation a été défini en trois groupes :

- régulière si le ménage utilisait sa moustiquaire toutes les nuits de la semaine précédant l'enquête ;
- irrégulière si le ménage ne l'utilisait que pour quelques nuits ;
- nulle si la moustiquaire n'a pas été utilisée durant toute la semaine.



**Fig. 1** Cartographie des sites d'échantillonnage des MILDA étudiées / Mapping of LLINs sampling sites

Chaque MILDA échantillonnée a été remplacée par une nouvelle, puis identifiée par un code formé à partir de la marque, du village et du nom du chef de ménage, puis rangée dans un sac en plastique pour l'évaluation ultérieure au laboratoire.

### Évaluation de l'intégrité physique

Le nombre, la taille et l'emplacement des déchirures de chaque côté de la moustiquaire et sur le toit ont été déterminés pour chaque échantillon [26]. Trois catégories de trous ( $0,5 \text{ cm} \leq \text{taille} 1 \leq 2 \text{ cm}$  ;  $2 \text{ cm} < \text{taille} 2 \leq 10 \text{ cm}$  ;  $10 \text{ cm} < \text{taille} 3$ ) précédemment définies par Kilian et al. ont été retenues au cours de cette étude [12]. L'indice proportionné des trous (pHI) a été calculé pour chaque moustiquaire inspectée pour évaluer son intégrité physique [28].

$$\text{pHI} = (\text{n tr1}) + (\text{n tr2} \times 23) + (\text{n tr3} \times 196)$$

Le pHI a permis de catégoriser les échantillons en trois types selon les dommages observés :

- état physique bon : si le pHI est compris entre 0 et 64 ;
- état physique acceptable : si le pHI est compris entre 65 et 642 ;
- état physique dégradé : si le pHI est de 643 ou plus.

### Évaluation de l'efficacité biologique

L'efficacité biologique des moustiquaires a été évaluée avec le test cône de l'OMS [26]. Cinq échantillons de tulle, d'une dimension de  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  chacun, ont été prélevés au hasard sur les quatre côtés et sur le toit des moustiquai-

res inspectées. Cinq femelles d'une souche sensible au DDT d'*An. coluzzii* âgées de deux à cinq jours ont été exposées pendant trois minutes à chacun des cinq échantillons de chaque moustiquaire. Le même effectif de moustiques a été exposé à un tulle de moustiquaire non imprégné d'insecticide pour servir de contrôle négatif par jour de test, soit 50 spécimens au total par moustiquaire. Après trois minutes d'exposition, les moustiques étaient transférés dans des gobelets plastiques recouverts de tulle non imprégné d'insecticide, nourris au jus sucré à 10 % et maintenus à une température de  $27 \pm 2^\circ \text{C}$  et à une humidité relative de  $75 \pm 10\%$ . L'effet choc ou *knock-down* (KD) et l'effet létal sont enregistrés respectivement à 1 et 24 heures postexposition.

Le test a été validé et interprété selon les critères de l'OMS [28]. Un type de MILDA est considéré efficace s'il entraîne un taux de KD supérieur ou égal à 95 % et/ou une mortalité supérieure ou égale à 80 %.

### Analyse des données

Les données ont été saisies sur EpiData Entry 3.0 et analysées avec le logiciel R (version 2.3). Les résultats ont été comparés avec le test d'indépendance de  $\chi^2$  ou le test exact de Fisher au seuil de significativité de 5 %.

### Résultats

Au total, 207 MILDA ont été échantillonnées dans les 11 districts suivis au cours de cette étude. L'échantillon était composé de moustiquaires de marques diverses, dont deux

étaient majoritaires : PermaNet® 2.0 (M1 = 127/207) et Olyset® Net (M2 = 58/207). Toutes les deux sont de type rectangulaire, dotées d'une recommandation définitive [30,31]. M1 est caractérisée par l'application d'une dose de 55 mg/m<sup>2</sup> de deltaméthrine sur des fibres en multifilaments de polyester tricotés. L'insecticide est lié à un revêtement de résine qui permet de réduire la quantité d'insecticide perdue pendant le lavage. Les fibres de cette moustiquaire sont de 100 deniers, et le maillage est de 25 trous/cm<sup>2</sup> au minimum. M2 est caractérisée par des fibres de 150 deniers constituées de monofilaments en polyéthylène de haute densité (50 g/m<sup>2</sup>) contenant 1 000 mg de perméthrine/m<sup>2</sup>. L'insecticide est incorporé dans les filaments et migre vers l'extérieur par diffusion. Elle se distingue par des mailles larges (4 mm × 4 mm) avec 10 trous/cm<sup>2</sup> au minimum.

La majorité des MILDA collectées (69 %) provenaient de la campagne de couverture universelle de 2010 qui avait couvert la quasi-totalité des districts suivis ; 19 % étaient constituées de dons des organismes internationaux (l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal – OMVS – et l'Unicef) ; 7 % avaient été achetées par leurs propriétaires et 6 % avaient été distribuées aux groupes les plus vulnérables (femmes enceintes et enfants âgés de moins de cinq ans).

### Utilisation et entretien des MILDA selon les districts

Globalement, les enquêtes ont révélé que dans 86 % (178/207) des ménages, l'utilisation était régulière, irrégulière dans 6 % (13/207) et nulle dans 8 % (16/207). L'utilisation régulière était plus importante dans les régions de Tambacounda (100 %), de Bambey (96 %), de Niakhar (90 %) et de Richard Toll (90 %). Par contre, à l'exception de Tambacounda (100 %), l'usage était significativement moins régulier ( $p < 0,05$ ) dans les districts du Sud et du Sud-Est du pays, notamment à Vélingara, à Kédougou et à Koumpentoum où les taux étaient respectivement de 79, 73 et 53 %.

Entretien : 83 % (171/207) des moustiquaires ont été lavées avec un intervalle allant de 1 à 15 lavages et 17 % (36/207) non lavées. La fréquence du lavage des moustiquaires variait d'un district à l'autre. À Bambey et à Niakhar, les moustiquaires échantillonnées ont été lavées au moins une

fois et au plus 15 fois. À Tambacounda et à Richard Toll, respectivement 87 % (13/15) et 83 % (25/30) des MILDA ont été lavées, au moins deux fois à Tambacounda et au moins une fois à Richard Toll. Le nombre maximum de lavages a été le même dans les deux districts avec dix lavages au plus. Seulement 36 % (5/14) des MILDA ont été lavées au moins une fois dans le district de Vélingara, où la fréquence des lavages était également moindre avec au plus trois lavages.

Différents produits de lavage ont été utilisés dans les différents districts : poudres détergentes et savons en morceaux, utilisés seuls ou en combinaison. L'utilisation des poudres détergentes était plus fréquente dans l'ensemble des districts, sauf à Bambey et à Niakhar où l'utilisation de savons en morceaux était plus fréquente.

Le séchage au soleil était une pratique très répandue, notamment dans les districts de Vélingara (100 %), de Tambacounda (92 %), de Koumpentoum (92 %) et de Malem Hodar (86 %). Ce n'est que dans le district de Bambey que le séchage à l'ombre était une pratique courante (76 %).

### Intégrité physique des MILDA M2 et M1 après 5 à 36 mois de mise en service

L'inspection physique a montré que les proportions de MILDA en bon état, indépendamment de la marque, étaient faibles dans tous les districts (Tableau 1). Toutefois, on note que les MILDA les plus déchirées étaient de la marque M2 (50 %), comparée à la marque M1 (26 %),  $p < 0,05$ .

### Efficacité biologique des MILDA M2 et M1 après 5 à 36 mois de mise en service

L'évaluation de l'efficacité biologique a montré que les deux marques présentaient une bonne efficacité en termes de KD. Quatre-vingt-dix-huit pour cent (46/47) des échantillons de M2 avaient un KD supérieur ou égal à 95 % et à 94 % (50/53) pour M1. L'effet létal des M2 était moindre que celui des M1, avec respectivement un taux de mortalité supérieur ou égal à 80 % de 6 (3/47) et de 66 % (35/53),  $p < 0,05$ .

**Tableau 1** État physique des MILDA / *Physical integrity of LLINs*

Marques	Âge (mois)	Bon		Endommagé		Déchiré	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Olyset® Net	5–36	18	36	7	14	25	50
PermaNet® 2.0	5–36	33	32,67	42	41,58	26	25,74
Total	5–36	51	33,77	49	32,45	51	33,77



## Discussion

La technologie des MILDA est développée pour remédier au faible taux de réimprégnation des moustiquaires conventionnellement traitées et qui devraient être retraitées obligatoirement après six mois d'utilisation [10]. Vu les avantages que les MILDA offrent, leur distribution et utilisation sont devenues une priorité pour les programmes nationaux de lutte contre le paludisme [27]. Toutefois, la marque, les conditions d'utilisation et d'entretien, l'âge sont des facteurs pouvant affecter l'intégrité physique et l'efficacité biologique des MILDA déployées sur le terrain.

Au cours de notre étude, sept marques de MILDA (Dawa-Plus® 2.0, Interceptor®, MAGNet™, Netprotect®, Olyset® Net, PermaNet® 2.0 et Yorkool® LN) ont été recensées dans les 11 districts suivis.

Les marques PermaNet® 2.0 (= M1) et Olyset® Net (= M2), distribuées gratuitement lors de la campagne de couverture universelle de 2010, ont été les plus fréquemment retrouvées dans les ménages enquêtés. Les ménages ont de préférence gardé M1 plutôt que M2. Notre étude a montré que cette différence se trouve dans l'acceptabilité. Les ménages ont souvent tendance à garder les MILDA qu'ils préfèrent, celles moins appréciées étant soit redistribuées à d'autres personnes, soit utilisées à d'autres fins. Cette préférence marquée des usagers pour M1 expliquerait leur plus grande disponibilité. Une autre étude dans les îles Salomon a également rapporté une plus grande popularité de M1 comparée à M2. Cette dernière était moins appréciée en raison de sa texture rigide et de son maillage assez large qui suscitait une crainte de pénétration des moustiques dans la moustiquaire [3]. Une préférence similaire pour M1 a été notée en Inde et au Népal [6].

Notre étude a révélé un bon usage des MILDA dans les districts suivis avec des taux d'utilisation d'au moins 53 % à Koumpentoum et de 100 % à Tambacounda. Ce niveau d'utilisation peut être expliqué par une forte nuisance des moustiques lors des enquêtes effectuées en septembre et octobre. Nos résultats corroborent ceux déjà rapportés au Bénin ayant montré une forte corrélation positive entre la nuisance et l'utilisation effective des MILDA [17].

L'évaluation de l'intégrité des MILDA a montré que, indépendamment de la marque, la majorité des moustiquaires retrouvées dans les districts étaient soit endommagées, soit déchirées. Le même constat a été rapporté dans des études menées en Ouganda et au Tchad qui ont montré respectivement que 45 à 78 % des moustiquaires en usage opérationnel étaient endommagées et que seulement 30 % étaient encore en bonne condition après une année d'utilisation [1,12]. À l'instar des études réalisées au Mozambique et au Bénin, nos résultats ont montré que la perte de l'intégrité physique variait selon la marque [18,20].

L'évaluation de l'efficacité biologique a révélé que les deux marques étudiées présentaient une bonne efficacité résiduelle, car induisant un taux important de KD. Cette efficacité était variable en fonction de la marque de MILDA considérée, comme précédemment rapporté au Kenya et à Zanzibar [2,11,14]. Une étude de laboratoire faite à Atlanta a rapporté une mortalité de moins de 10 % d'*An. gambiae s.s.* après six lavages de M2 [8]. Nos résultats ont montré que la fréquence de lavage des MILDA dans les différents districts était étroitement liée à la fréquence d'utilisation. Le lavage des MILDA avec des produits détergents corrosifs ainsi que le séchage sous soleil peuvent être incriminés dans la faible létalité provoquée des MILDA qui toutefois gardent un certain effet KD, assommant, sur les spécimens exposés. Cet effet est d'autant plus important que le moustique tombé a peu de chance de survivre.

Il n'est pas toujours facile de standardiser les procédures de lavage et de séchage dans les conditions locales, mais une communication sur l'entretien et la bonne gestion peut permettre une meilleure adoption des bonnes pratiques. Il a été démontré qu'un lavage fréquent et vigoureux peut diminuer considérablement l'efficacité biologique des MILDA par une perte précoce de l'insecticide incorporé aux filaments [2].

## Conclusion

Notre étude a permis de faire l'état des lieux sur les différentes marques de MILDA déployées au Sénégal et de mettre à jour les données sur leur intégrité et leur efficacité biologique en rapport avec leur usage et entretien en condition opérationnelle. Les deux marques dominantes (PermaNet® 2.0 et Olyset® Net) présentent une perte rapide de leur intégrité. Ces résultats constituent une alerte pour les programmes nationaux pour un suivi régulier des MILDA sur le terrain. En outre, il sera nécessaire de sensibiliser les communautés bénéficiaires sur les meilleures pratiques d'usage et d'entretien des MILDA pour préserver leur intégrité ainsi que leur efficacité biologique.

D'autres études beaucoup plus poussées pourront pallier les limites rencontrées et élucider s'il y a lieu les relations directes entre les différents facteurs liés à une utilisation effective et à la durabilité des MILDA.

**Liens d'intérêts :** Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## Références

1. Allan R, O'Reilly L, Gilbos V, Kilian A (2012) An observational study of material durability of three World Health Organization-Recommended long-lasting insecticidal nets in Eastern Chad. *Am J Trop Med Hyg* 87:407–11. doi: 10.4269/ajtmh.2012.11-0331

2. Atieli FK, Munga SO, Ofulla AV, Vulule JM (2010) Wash durability and optimal drying regimen of four brands of long-lasting insecticide-treated nets after repeated washing under tropical conditions. *Malar J* 9:248. doi: 10.1186/1475-2875-9-248
3. Atkinson J, Bobogare A, Fitzgerald L, et al (2009) A qualitative study on the acceptability and preference of three types of long-lasting insecticide-treated bed nets in Solomon Islands: implications for malaria elimination. *Malar J* 8:119. doi: 10.1186/1475-2875-8-119
4. Azondekon R, Gnanguenon V, Oke-Agbo F, et al (2014) A tracking tool for long-lasting insecticidal (mosquito) net intervention following a 2011 national distribution in Benin. *Parasit Vectors* 7:6. doi: 10.1186/1756-3305-7-6
5. D'Alessandro U, Olaleye BO, Mcguire W, et al (1995) Mortality and morbidity from malaria in Gambian children after introduction of an impregnated bed-net programme. *Lancet* 345:479–83
6. Das ML, Singh SP, Vanlerberghe V, et al (2007) Population preference of net texture prior to bed net trial in Kala-Azar-endemic areas. *PLoS Negl Trop Dis* 1:100
7. Faye O, Konaté L, Diop A (2011) Profil entomologique du paludisme au Sénégal. *PNLP*, 47 p
8. Hawley WA, Phillips-Howard PA, ter Kuile FO, et al (2003) Community-wide effects of permethrin-treated bed nets on child mortality and malaria morbidity in Western Kenya. *Am J Trop Med Hyg* 68:121–7
9. Githinji S, Herbst S, Kistemann T, Noor AM (2010) Mosquito nets in a rural area of Western Kenya: ownership, use and quality. *Malar J* 9:250. doi: 10.1186/1475-2875-9-250
10. Guillet P, Alnwick D, Cham MK, et al (2001) Long-lasting treated mosquito nets: breakthrough in malaria prevention. *Bull World Health Organ* 79:998
11. Haji KA, Khatib BO, Smith S, et al (2013) Challenges for malaria elimination in Zanzibar: pyrethroid resistance in malaria vectors and poor performance of long-lasting insecticide nets. *Parasit Vectors* 6:82. doi: 10.1186/1756-3305-6-82
12. Kilian A, Byamukama W, Pigeon O, et al (2008) Long-term field performance of a polyester-based long-lasting insecticidal mosquito net in rural Uganda. *Malar J* 7:49. doi: 10.1186/1475-2875-7-49
13. Lengeler C (2004) Insecticide treated bed nets and curtains for preventing malaria (Cochrane review) *Cochrane Database Syst Rev* 2:CD000363
14. Lindblade KA, Dotson E, Hawley WA, et al (2005) Evaluation of long-lasting insecticidal nets after 2 years of household use. *Trop Med Int Health* 10:1141–50
15. Lindsay SW, Gibson ME (1988) Bednets, revisited-old idea, new angle. *Parasitol Today* 4:270–2
16. Maxwell CA, Chambo W, Mwaimu M, et al (2003) Variation of malaria transmission and morbidity with altitude in Tanzania and with introduction of alphacypermethrin treated nets. *Malar J* 2:28
17. Moiroux N, Boussari O, Djénontin A, et al (2012) Dry season determinants of malaria disease and net use in Benin, West Africa. *PLoS One* 7:30558. doi: 10.1371/journal.pone.0030558
18. Morgan J, Abilio AP, do Rosario-Pondja M, et al (2015) Physical durability of two types of long-lasting insecticidal nets (LLINs) three years after a mass LLIN distribution campaign in Mozambique, 2008–2011. *Am J Trop Med Hyg* 92:286–93. doi: 10.4269/ajtmh.14-0023
19. Niang El HA, Konaté L, Diallo M, et al (2014) Reproductive isolation among sympatric molecular forms of *An. gambiae* from inland areas of South-Eastern Senegal. *PLoS One* 9: e104622. doi: 10.1371/journal.pone.0104622
20. Ossè AR, Aikpon R, Sovi A, et al (2013) Long lasting insecticidal nets use, efficacy and physical integrity in a vector resistance area after a nationwide campaign in southern Benin, West Africa. *J Public Health Epidemiol* 5:325–35
21. Pagès F, Orlandi-Pradines E, Corbel V (2007) Vecteurs du paludisme : biologie, diversité, contrôle et protection individuelle. *Med Mal Infect* 37:153–61
22. PNL (2015) Plan stratégique national de lutte contre le paludisme au Sénégal 2016–2020, 171 p
23. PNL (2016) Bulletin épidémiologique annuel 2015 du paludisme au Sénégal, 43 p
24. Shirayama Y, Phompida S, Kuroiwa C, et al (2007) Maintenance behaviour and long-lasting insecticide-treated nets (LLITNs) previously introduced into Bourapar district, Khammouane province, Lao PDR. *Pub Health* 121:122–9
25. WHO (2003) The Africa malaria report 2003, 120 p
26. WHO (2005) Guidelines for laboratory and field testing of long-lasting insecticidal mosquito nets, 24 p
27. WHO (2008) World malaria report 2008, 190 p
28. WHO (2013) Guidelines for laboratory and field-testing of long-lasting insecticidal nets, 89 p
29. WHO (2015) World malaria report 2015, 280 p
30. WHOPES (2001) Review of Olyset® Net and bifenthrin 10% WP, report of the 5th WHOPES Working Group Meeting, 48 p
31. WHOPES (2004) Review of Vectobac WG, PermaNet® 2.0 and Gokilaht-S 5EC. Report of the 7th WHOPES Working Group Meeting, 78 p