

PARASITOLOGIE

LA LUTTE CONTRE LE PALUDISME PAR DES MOUSTIQUAIRES IMPRÉGNÉES DE PYRÉTHRINOÏDES AU BURKINA FASO

Par P. CARNEVALE, V. ROBERT, C. BOUDIN, J.-M. HALNA, L. PAZART
P. GAZIN, A. RICHARD & J. MOU'CHET (*) (**)

RÉSUMÉ

Un essai expérimental de lutte contre le paludisme basé sur l'utilisation, par la population, de moustiquaires imprégnées de deltaméthrine à 25 mg/m² a été exécuté dans le village de Karangasso au sud-ouest du Burkina Faso. Pendant un an, on a recueilli dans l'ensemble du village les données relatives aux vecteurs, à la transmission, à la parasitologie et à l'incidence pathologique. Puis dans un des deux quartiers du village on a distribué des moustiquaires imprégnées aux 1 200 habitants; l'autre quartier, de même taille de population et éloigné de plus de 500 m, a servi de témoin. On a évalué les effets de l'utilisation des moustiquaires à la fois par rapport à l'année précédente et par rapport au quartier témoin.

La transmission a été réduite de 82 % suivant une diminution des populations de vecteurs et surtout de leurs indices sporozoïtiques. Cette réduction a été calculée sur des sujets qui n'étaient pas sous moustiquaire et a donc été sous-estimée pour les habitants qui dormaient sous moustiquaires.

L'indice plasmodique est resté inchangé mais la charge parasitaire moyenne a significativement diminué.

L'incidence pathologique, basée sur le nombre d'accès confirmés, a diminué de 59 %.

Cet essai montre que l'utilisation collective de moustiquaires imprégnées de deltaméthrine peut être considérée comme un moyen de lutte efficace contre le paludisme en zone de forte endémicité; de plus, l'imprégnation est bon marché et la rémanence est d'une année. L'acceptation des moustiquaires par la population a été bonne.

Mots-clés : LUTTE ANTIPALUDIQUE, MOUSTIQUAIRE IMPRÉGNÉE, DELTAMÉTHRINE, ANOPHÈLE, BURKINA FASO.

SUMMARY

Pyrethroid impregnated bed nets for malaria control in the Burkina Faso.

An experimental trial of malaria control was carried out in the village of Karangasso in the south-west Burkina Faso. It was based on the use by the whole population of deltamethrin impregnated bed nets at 25 mg/m². During the first year pretreatment data on entomology, parasitology and pathological incidence of malaria were collected in the whole

(*) Travaux exécutés par les chercheurs de l'antenne ORSTOM du Centre Muraz, Organisation de Coordination et de Coopération pour la lutte contre les grandes endémies (OCCGE), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

(**) Séance du 9 novembre 1988.

Tirés à part : P. CARNEVALE, OCEAC, BP 288, Yaoundé, Cameroun.

village. During the second year a quarter of the village with a population of 1,200 was chosen for the experiment and impregnated bed nets were given to everybody while the other quarter of the same population size was kept as a control area.

Malaria transmission was reduced by 82 % due to the decrease of both vector populations and sporozoitic indexes. It should be pointed out that this reduction in transmission was evaluated on non-protected catchers and consequently was underestimated for the villagers sleeping under nets.

Parasitic index remained about the same but the mean parasitic load decreased significantly.

Pathological incidence, based on the number of clinical malaria cases confirmed by blood examination, decreased by 59 %.

This trial shows that mass use of deltamethrin impregnated bed nets should be considered as a valuable tool for malaria control. The purchase of bed net is expensive but could be reduced sharply. The cost of the impregnation is very low regarding the residual effect which remains one year. The acceptance by the population was good.

Key-words: MALARIA CONTROL, IMPREGNATED BED NET, DELTAMETHRIN, ANOPHELINE BURKINA FASO.

1. INTRODUCTION

De tout temps les gens ont cherché à se protéger contre les insectes nuisibles, soit en les éliminant, soit en élevant une barrière physique ou chimique pour éviter le contact entre l'homme et l'insecte.

Les insecticides comme le pyrèthre sont connus depuis 2 000 ans. Des produits réputés répulsifs sont connus dans toutes les communautés. L'éloignement des habitations des marais a été prôné par HIPPOCRATE qui y voyait déjà une mesure de prévention des fièvres.

Divers systèmes d'isolement des dormeurs figurent sur des estampes datant de plusieurs siècles mais les moustiquaires de tulle sont plus récentes. Ross (7) en recommandait largement l'emploi pour la prévention du paludisme. En effet, depuis que l'on avait découvert le rôle des moustiques dans la transmission du paludisme et des filarioses elles s'imposaient comme un outil majeur de prophylaxie.

L'isolement, théoriquement total, du dormeur est rarement réalisé par les moustiquaires. Le tulle, fragile, est rapidement percé et les moustiques arrivent à trouver une porte d'entrée. De plus, la moustiquaire peut être mal posée ou mal fermée. Les entomologistes savent bien d'ailleurs qu'elles constituent des pièges où l'on retrouve un échantillon gorgé des espèces anthropophiles. Enfin, en climat tropical où l'on passe la nuit « en petite tenue », les dormeurs sont fréquemment piqués à travers le tulle.

Pour améliorer les performances des moustiquaires, on a essayé depuis plus de 15 ans de les imprégner d'insecticides ; après diverses expérimentations, il s'est avéré que les pyrèthrinoïdes constituaient la classe d'insecticide qui répondait le mieux à cet objectif. Au cours de ces travaux, il est apparu non seulement que les moustiquaires imprégnées protégeaient les sujets qui les utilisaient, mais qu'elles constituaient un piège souvent mortel pour les moustiques en quête d'un repas de sang (8). Elles pouvaient donc devenir un moyen de lutte de masse contre le paludisme en réduisant sa transmission (5).

Les travaux menés dans la région de Bobo-Dioulasso s'insèrent dans un courant de recherches pour la promotion de moyens efficaces, simples et peu onéreux pour le développement de la lutte antipaludique dans des pays aux moyens budgétaires étriqués, à travers le système des soins de santé primaire et la participation des communautés concernées.

Cet apport de nouvelles techniques est d'autant plus nécessaire en Afrique que l'accroissement et la multiplication des zones de résistance de *Plasmodium falciparum* à la chloroquine exigent le développement de la lutte antivectorielle. Or, compte tenu de la résistance très largement répandue d'*Anopheles gambiae* au DDT et du coût des traitements intradomiciliaires avec des organophosphorés ou des carbamates, les moustiquaires imprégnées pourraient constituer une alternative aux traitements classiques.

2. LES EXPÉRIMENTATIONS PRÉLIMINAIRES

2.1. Efficacité de pyréthrinoïdes en imprégnation de tissus.

HERVY et SALES (4) ont comparé l'efficacité et la rémanence de la perméthrine et de la deltaméthrine en imprégnation de trois types de tissus habituellement utilisés dans la confection de moustiquaires : percale, tulle coton, tulle synthétique.

La perméthrine en concentré émulsifiable (CE) à 20 % (Welcome Research Lab.) et la deltaméthrine en CE à 2,5 % (Roussel-Uclaf) ont été utilisées pour imprégner des carrés de tissu de 50 cm de côté avec différentes concentrations. Une fois imprégnés, ces tissus ont été installés dans des maisons de villageois. L'efficacité et la rémanence des deux insecticides ont été évaluées par des bioessais hebdomadaires avec des *Aedes aegypti* d'élevage mis en contact forcé pendant une heure avec le tissu.

Les résultats portent sur une concentration moyenne (CM) où une mortalité de 50 % a été observée et une concentration optimale (CO), « la plus faible possible pour obtenir 90-100 % d'efficacité pendant l'expérimentation » qui a duré 6 mois (tableau I). La concentration efficace varie selon l'insecticide et selon le tissu ; elle est de 20 à 40 fois plus élevée pour la perméthrine que pour la deltaméthrine.

Comme ces résultats obtenus par des bioessais ne font pas intervenir l'irritabilité relative de chacun de ces pyréthrinoïdes, les auteurs de ce travail ont recommandé une évaluation en conditions naturelles qui a été réalisée avec des moustiquaires imprégnées.⁵

2.2. Évaluation de moustiquaires imprégnées de perméthrine.

A la demande de l'Organisation Mondiale de la Santé, une expérimentation a eu lieu dans son Centre Collaborateur (Station expérimentale de Soumouso, WHO PES 2) et a porté sur des moustiquaires imprégnées de perméthrine en CE à 20 % à la dose de 0,08 g/m² (2). 36 moustiquaires ont été confectionnées en percale et tulle coton ; 24 ont été imprégnées et 12 ont servi de témoin. La

TABLEAU I

Concentration moyenne (CM) et optimale (CO) en milligrammes d'insecticide par mètre carré de différents tissus de moustiquaires. Valeurs des concentrations d'imprégnation pour une efficacité de 50 % (CM) et de 90-100 % (CO) pendant 6 mois (d'après HERVY et SALES, 1980).

	Pernéthrine		Deltaméthrine	
	CM	CO	CM	CO
Percalé	80	160	2	8
Tulle coton	20	80	0,5	2
Tulle synthétique	20	80	4	8

moitié des moustiquaires a été trouée, l'autre est restée intacte. Ces moustiquaires ont été réparties dans 24 maisons expérimentales construites pour que les moustiques puissent y entrer mais ne puissent en sortir hormis dans une véranda-piège. Du personnel du village recruté par la station a dormi sur des nattes et sous les moustiquaires, pendant les 5 mois qu'a duré l'expérimentation.

L'étude a porté sur 4 682 moustiques femelles capturés vivants à l'aspirateur à bouche ou ramassés morts à l'intérieur des maisons expérimentales. La plus grande partie de ces moustiques (9/10^e) appartenait à *Anopheles funestus* et à *A. gambiae* s. l. Les principaux résultats portant sur ces espèces ont été les suivants :

— Le taux d'entrée dans les maisons a été réduit d'environ 70 % dans les maisons avec moustiquaires imprégnées.

— Le taux de gorgement dans les maisons avec moustiquaires témoins intactes a été 0,95, confirmant le peu d'intérêt des moustiquaires non imprégnées (10). Il a été réduit de 20 % dans les maisons à moustiquaires imprégnées, qu'elles soient intactes ou trouées.

— Le taux de mortalité par rapport aux témoins a augmenté de 20 % dans les maisons à moustiquaires imprégnées, qu'elles soient intactes ou trouées. Ce taux a été réparti pour 1/3 à la fin de la nuit et pour 2/3 dans les 24 heures suivantes.

— Le taux de sortie des maisons est passé de 25-30 % chez les témoins à 97 % avec moustiquaires imprégnées.

— La réalisation de bioessais avec des *Aedes aegypti* d'élevage maintenus une heure en contact forcé avec les moustiquaires imprégnées révèle une mortalité supérieure à 90 % quatre mois après l'imprégnation. Au cinquième mois, la mortalité est 70 % sur percale et 50 % sur tulle.

Ces résultats concernant une nouvelle approche de la lutte antivectorielle encouragèrent sa poursuite et son application à la lutte contre le paludisme.

3. L'EXPÉRIENCE DES MOUSTIQUAIRES IMPRÉGNÉES DE DELTAMÉTHRINE A KARANGASSO

3.1. *Protocole et description du village étudié.*

Notre étude s'est déroulée dans le village de Karangasso qui comprend deux quartiers, Koko et Massasso, géographiquement distincts et séparés par 800 m d'un espace sans habitation. La première année a été consacrée au recueil des données de prétraitement dans les quartiers Koko et Massasso. La deuxième année a concerné l'expérimentation, elle-même menée dans le quartier Massasso où tous les habitants ont reçu des moustiquaires imprégnées de deltaméthrine ; le quartier Koko a continué à servir de témoin.

Schéma du protocole.

Deux quartiers	Deux années	
	1985-1986	1986-1987
Koko	Témoin	Témoin
Massasso	Témoin	Moustiquaire imprégnée

La région de l'étude est située sur la marge méridionale d'une savane soudanicnne arborée. Il y existe deux saisons très contrastées : une saison sèche de novembre à avril et une saison pluvieuse de mai à octobre avec en moyenne 1 100 mm de pluie par an. Les températures moyennes varient entre 24° et 31° avec deux maxima en avril et novembre.

Le village de Karangasso, parfois dénommé Karangasso Sambla, est situé à 45 km à l'ouest de Bobo-Dioulasso, dans le sud-ouest du Burkina Faso. Ses deux quartiers principaux, Koko et Massasso, regroupent chacun 1 200 personnes appartenant à l'ethnie Sambla dont la principale activité est l'agriculture.

3.2. *Matériel, méthode et déroulement des opérations.*

3.2.1. *Traitement.*

Après enquête sur la répartition nocturne des personnes dans les maisons (la mère dormant souvent avec ses enfants) plus de 700 moustiquaires imprégnées ont été distribuées aux 1 000 résidents habituels du quartier Massasso. Les moustiquaires individuelles (pour une personne) faisaient 14 m² et les collectives (pour deux ou trois personnes) 20 m². Le toit des moustiquaires et le bord inférieur des pans verticaux étaient en coton et le reste des pans verticaux en

tulle synthétique. L'imprégnation d'insecticide a été faite par nos soins dans des bassines pour avoir 25 mg de deltaméthrine (K-Othrine® en CE à 2,5 % commercialisée par Roussel Uclaf) par mètre carré de tissu ; on a procédé en ajoutant successivement dans la bassine : la dose d'insecticide, le volume d'eau, la moustiquaire. Le séchage a eu lieu à plat sur le sol. L'imprégnation, la distribution et la pose des moustiquaires imprégnées ont eu lieu les premiers jours de mai 1986, avant la reprise de la transmission du paludisme dans ce village.

3.2.2. *Méthodologie de l'évaluation entomologique.*

Pour le recueil des données de prétraitement comme pour l'évaluation de l'expérience les moustiques ont été récoltés au cours de captures nocturnes sur sujets humains à l'intérieur des maisons. Les pièces dans lesquelles ont été effectuées ces captures ont été choisies pour leur représentativité parmi les chambres à coucher utilisées par les habitants et pour leur répartition dans l'ensemble du village : quatre dans le quartier Koko et quatre dans le quartier Massasso. Une équipe de quatre captureurs travaillait de 20 h à 1 h puis une autre équipe de 1 h à 6 h dans les quatre pièces de capture d'un même quartier. La nuit suivante, la même enquête était répétée dans l'autre quartier. Ces deux nuits consécutives de capture ont été effectuées régulièrement tous les 14 jours, sans aucune interruption pendant deux ans. Les captureurs ont changé d'équipe, de quartier et de pièce chaque nuit de capture selon un programme préétabli dans le but de diminuer le biais dû au facteur « captureur » dans les résultats. Les captureurs étaient protégés par une chimioprophylaxie.

La détermination spécifique des moustiques et la dissection des vecteurs potentiels de paludisme étaient faites juste après la capture, au laboratoire du Centre Muraz, à Bobo-Dioulasso. L'âge physiologique a été précisé sur l'aspect des trachéoles ovariennes selon la technique de Detinova. Le taux de parturité a été calculé par le rapport du nombre de femelles pares sur l'ensemble des femelles pares et nullipares. La présence de sporozoïtes dans les glandes salivaires a été recherchée à frais, sans coloration ni écrasement.

Des captures de la faune résiduelle intra-domiciliaire diurne ont été effectuées en octobre et novembre 1986 par des pulvérisations au pyrèthre.

La première année des résultats exposés ci-après concerne la période du 17 mai 1985 au 29 avril 1986 ; la seconde année concerne celle du 13 mai 1986 au 15 avril 1987.

L'évaluation de l'efficacité des moustiquaires imprégnées, pour les captures intérieures, est faite pour chaque paramètre de la façon suivante : on compare les deux années dans le quartier Koko (témoin) pour obtenir un facteur correctif ; ce facteur est appliqué à la valeur obtenue la première année à Massasso, cette valeur corrigée (ou attendue) est alors comparée à la valeur réelle observée la seconde année à Massasso en présence du traitement.

3.2.3. *Méthodologie de l'évaluation parasitologique et clinique.*

Des consultations ont été régulièrement effectuées au village tous les cinq jours. Le recrutement a concerné tous les sujets se présentant à la consultation quels que soient le motif et l'âge. Les personnes originaires d'autres villages ont été normalement examinées mais ont été exclues des résultats.

Les consultants ont été interrogés dans leur langue sur le motif de consultation, les symptômes ressentis, l'existence de fièvre et son rythme dans les jours précédents, les traitements utilisés et en particulier les traitements anti-palustres. Un examen clinique a été pratiqué par un médecin avec prise de température rectale et prélèvement sanguin au bout du doigt pour réalisation d'un frottis mince. Un diagnostic clinique provisoire a été porté à la fin de la consultation et un traitement a été prescrit ; le plus souvent ce traitement a été instauré immédiatement avec les médicaments essentiels dont disposait le médecin. Les données de l'examen et de l'interrogatoire ont été notées sur des fiches standardisées en vue de l'analyse informatique ultérieure.

La densité parasitaire a été établie sur les frottis minces par l'observation de 100 champs à l'objectif 100 \times sur la base de 200 hématies par champs et de 4 millions d'hématies par microlitre.

Le diagnostic de certitude de l'accès palustre en zone d'endémie est sujet à discussion du fait de l'absence de signe pathognomonique ; quoi qu'il en soit l'association des critères suivants a été retenue pour imputer à un état morbide une origine palustre vraisemblable :

- température rectale $\geq 38^{\circ}$ C,
- parasitémie $\geq 10\ 000$ parasites par microlitre pour *P. falciparum* ou $\geq 1\ 000$ pour *P. malariae* ou *P. ovale*,
- absence de toute autre pathologie fébrile évidente (foyer pulmonaire, abcès, etc.).

Il est clair que cette définition est restrictive mais elle présente les garanties d'objectivité et de reproductibilité nécessaires dans ce type d'étude comparative. La notion rapportée de fièvre récente (dans 79 % des consultations d'enfants !) n'a pu être retenue car ne présentant pas ces garanties.

3.3. Évaluation entomologique.

3.3.1. Résultats.

Sur le plan climatologique, les années 1985 et 1986 ont été comparables pour les températures mais en 1986 la période pluvieuse a été plus longue de deux mois bien que la pluviométrie totale ait été inférieure de 34 % par rapport à 1985.

Des échantillons du complexe *A. gambiae* prélevés antérieurement, au milieu de la saison pluvieuse 1984, avaient montré que tous les individus du complexe appartenaient à l'espèce *A. gambiae* s. s. et que les deux formes chromosomiques Savane et Mopti étaient représentées à Karangasso (V. PETRARCA et M. COLLUZZI, com. pers.).

Cent séances de capture ont été effectuées, totalisant 400 hommes-nuits. Un total de 7 253 moustiques dont 5 700 anophèles vecteurs potentiels de paludisme ont été capturés (tableau II).

Les densités agressives pour l'homme (ma).

Dans les deux quartiers la réduction de la densité d'*A. gambiae* a été de 35 % la seconde année par rapport à la première (année de prétraitement) (tableau III).

TABEAU II

Nombre de moustiques capturés sur sujets humains, d'anophèles disséqués et d'anophèles de sporozoïtes, dans les deux quartiers du village de Karangasso.

	KIKO		MASSASSO		Total
	1ère année	2ème année	1ère année	2ème année	
moustiques capturés	1816	1692	2318	1427	7253
anophèles disséqués	745	966	1043	835	3589
glandes salivaires +	19	44	60	14	137

TABEAU III

Densités agressives pour l'homme (ma), taux de parturité (TP), indices sporozoïtiques (IS) des principaux vecteurs de paludisme et taux quotidiens d'inoculations (h) dans les deux quartiers du village de Karangasso. Des moustiquaires imprégnées ont été utilisées à Massasso la seconde année.

	KIKO			MASSASSO			valeurs attendues la 2ème année	comparaison : valeurs observées la 1ère année attendues la 2e année
	valeurs observées			valeurs observées				
	1ère année	2ème année	comparaison 2ème/1ère	1ère année	2ème année	comparaison 2ème/1ère		
<i>A. gambiae</i>	6,05	3,84	- 36 %	9,03	5,84	- 35 %	5,78	+ 1 %
<i>A. funestus</i>	5,39	8,60	+ 60 %	8,25	4,32	- 48 %	13,16	- 67 %
<i>A. nili</i>	1,02	1,02	0 %	1,93	1,71	- 11 %	1,93	- 11 %
anophèles vecteurs	12,46	13,46	+ 8 %	19,21	11,87	- 38 %	20,75	- 43 %
total moustiques	18,16	16,92	- 7 %	23,18	14,27	- 38 %	13,30	- 34 %
<i>A. gambiae</i>	60,2	60,9	- 11 %	74,8	38,7	- 48 %	66,6	- 42 %
<i>A. funestus</i>	72,7	65,8	- 9 %	77,5	51,2	- 34 %	71,0	- 28 %
<i>A. nili</i>	84	82	- 2 %	72	55	- 24 %	71	- 22 %
<i>A. gambiae</i>	2,70	6,47	+ 140 %	7,36	1,99	- 73 %	17,64	- 89 %
<i>A. funestus</i>	2,91	4,22	+ 45 %	5,02	1,86	- 63 %	7,28	- 74 %
<i>A. nili</i>	0	0	0 %	1,82	0	- ∞	1,82	- ∞
<i>A. gambiae</i>	0,163	0,249	+ 53 %	0,665	0,116	- 82 %	1,02	- 88 %
<i>A. funestus</i>	0,157	0,363	+ 131 %	0,414	0,080	- 81 %	0,96	- 92 %
<i>A. nili</i>	0	0	0 %	0,035	0	- ∞	0,035	- ∞
total	0,318	0,613	+ 92 %	1,105	0,199	- 82 %	2,12	- 91 %

Par contre la densité d'*A. funestus* dans le quartier Koko (témoin) a augmenté de 60 % la seconde année alors qu'à Massasso (avec moustiquaires imprégnées la seconde année) elle a diminué de 48 %.

La densité agressive des trois vecteurs *A. gambiae*, *A. funestus* et *A. nili*, a augmenté de 8 % à Koko la seconde année alors qu'à Massasso elle a diminué de 38 %. Ainsi, à Massasso la seconde année, en présence de moustiquaires imprégnées, la densité totale des vecteurs a diminué de 43 % par rapport à sa valeur attendue.

Les taux de parturité (TP).

Le TP d'*A. gambiae* à Koko a diminué de 11 % la seconde année par rapport à la première (tableau III) ; à Massasso il a diminué de 48 %.

Le TP d'*A. funestus* a diminué de 9 % à Koko ; à Massasso il a diminué de 34 %.

Les indices sporozoïtiques (IS).

L'IS d'*A. gambiae* à Koko a augmenté de 140 % la seconde année par rapport à la première (tableau III) ; à Massasso il a diminué de 73 %. L'IS d'*A. funestus* a augmenté de 45 % à Koko la seconde année, à Massasso il a diminué de 63 %.

Les taux d'inoculation (h).

Avec les valeurs des *ma* et des IS il est possible de calculer un *h* ($h = ma \times IS$) valable pour une personne adulte qui ne prendrait pas de précaution contre les moustiques.

À Koko le taux quotidien d'inoculation total dû aux trois vecteurs *A. gambiae*, *A. funestus* et *A. nili* est passé de 0,318 (116 piqûres infectées par homme, par an), la première année à 0,613 (h annuel = 224) la seconde, soit une augmentation de 92 % ; à Massasso il est passé de 1,105 (403 piqûres infectées par homme, par an) la première année à 0,199 (h annuel = 73) la seconde, soit une réduction de 82 %. Ainsi à Massasso la seconde année, en présence de moustiquaires imprégnées, le taux d'inoculation dû à l'ensemble des vecteurs a diminué de 91 % par rapport à sa valeur attendue (tableau III). Le pourcentage de réduction de la transmission est resté du même ordre tout au long de la saison de transmission (fig. 1).

Les captures au pyrhètre.

À Massasso, en septembre et octobre 1986, la faune résiduelle vectrice et endophile a diminué de 98 % par rapport à Koko. Cette réduction est plus importante pour *A. funestus* (98 %) que pour *A. gambiae* (88 %) ; la différence est significative ($\chi^2 = 23,8$; $p < 0,0001$).

3.3.2. Discussion.

Les moustiquaires imprégnées de deltaméthrine suppriment la faune résiduelle endophile sans modifier le comportement endophage des vecteurs. Ces deux observations ne sont en rien contradictoires : dans un premier temps les moustiques entrent dans les maisons pour piquer, dans un deuxième temps soit ils meurent sous l'effet insecticide de la deltaméthrine, soit ils fuient à cause de son effet répulsif ; la plus grande partie semble mourir (6).

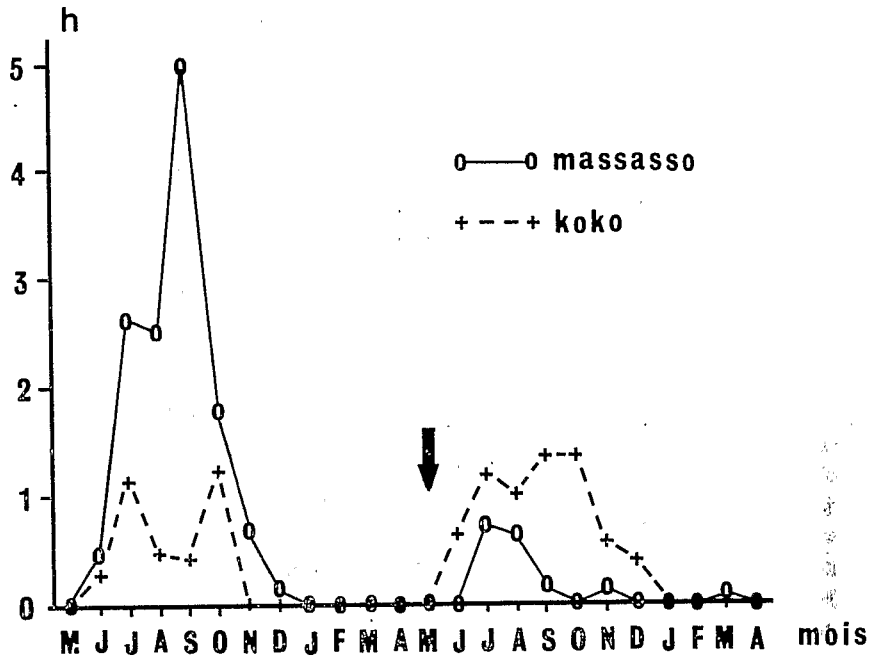


Fig. 1. — Évolution mensuelle du nombre de piqûres d'anophèles infectés reçues par homme et par jour (h) dans les deux quartiers du village de Karangasso. Des moustiquaires imprégnées de deltaméthrine ont été utilisées à Massasso à partir de mai 1986 (flèche).

La densité agressive et le taux d'inoculation observés sur les captureurs sont extrapolables à l'ensemble de la population adulte de Koko les deux années et de celle de Massasso la première année. Ceci ne s'applique manifestement pas à la population de Massasso la seconde année, puisqu'elle a dormi sous moustiquaires imprégnées et a donc été protégée ; de plus les captureurs qui constituaient les seuls hôtes humains directement accessibles aux anophèles ont été surexposés. Donc la densité de piqûres par homme à Massasso la seconde année a été surestimée et l'écart entre quartier témoin et traité est supérieur aux valeurs enregistrées.

L'augmentation de la densité agressive d'*A. funestus* et la réduction de celle d'*A. gambiae* observées à Koko comme dans toute la région de Bobo-Dioulasso la seconde année est probablement due à un allongement de la saison des pluies.

Les échanges possibles de moustiques entre les deux quartiers du village ont contrarié l'évaluation du traitement sur les populations anophéliennes. Cette question ne pourra être résolue que sur une superficie beaucoup plus grande où tous les habitants utiliseront des moustiquaires imprégnées et où les apports extérieurs d'anophèles dans la zone traitée deviendront négligeables.

3.4. L'évaluation parasitologique et clinique.

Les sujets ont été regroupés en quatre groupes en fonction des deux années et des deux quartiers (cf. 3.1.). Au total entre avril 1985 et mars 1987, 2 533 consultations ont été effectuées. La répartition de ces consultations n'a pas été iden-

tique dans les quatre groupes, pas plus que la fréquence des prélèvements effectués en saison de forte transmission (de juillet à décembre), ni l'âge moyen des sujets examinés (tableau IV). Ces deux dernières variables étant *a priori* très liées aux manifestations parasitologiques et cliniques du paludisme il est nécessaire d'en tenir compte dans l'analyse des résultats.

TABLEAU IV

Nombre de consultations, âge moyen des consultants, pourcentage des consultations faites en période de transmission (CT %), densité parasitaire moyenne à *Plasmodium falciparum* globale (d1) et chez les sujets positifs (d2) par quartiers et par années. Des moustiquaires imprégnées ont été utilisées à Massasso la seconde année.

		1ère année	2ème année
Quartier	âge moyen	16,33	18,48
	CT %	70,4	47,9
KOKO	effectif	402	535
	d 1	38,86	11,93
	d 2	4076,52	4668,06
Quartier	âge moyen	18,17	16,85
	CT %	27,0	62,8
MASSASSO	effectif	555	1041
	d 1	17,12	8,27
	d 2	2868,95	2442,07

3.4.1. La densité parasitaire à *P. falciparum*.

Afin de comparer la densité parasitaire des différents groupes de sujets, quatre analyses de variance/covariance ont été nécessaires pour tenir compte des facteurs de confusion que sont l'âge et la saison de transmission et pour isoler comme effet principal le facteur « moustiquaires imprégnées ». Pour assurer l'égalité des variances dans les différents sous-groupes, les calculs ont été effectués après transformation logarithmique de la densité parasitaire observée (les sujets négatifs étant cotés 1 avant transformation).

L'analyse faite sur l'ensemble des sujets montre qu'il n'existe pas de différence significative pendant la première année d'étude entre les deux quartiers ($F = 0,08$, $DDL = 1/953$, $p = 0,78$). Il existe par contre une différence significative entre les deux années aussi bien à Koko ($F = 5,93$, $DDL = 1/933$, $p = 0,015$) qu'à Massasso ($F = 31$, $DDL = 1/1592$, $p < 0,0001$), la densité parasitaire étant plus faible la seconde année. Enfin pendant la seconde année il existe une différence significative par quartiers ($F = 10,3$, $DDL = 1/1572$,

$p < 0,0001$), la densité parasitaire étant plus faible à Massasso (quartier avec moustiquaires imprégnées) qu'à Koko (quartier témoin).

La même analyse faite uniquement sur les sujets porteurs de *P. falciparum* dans le sang périphérique pendant la première année d'étude ne met pas en évidence de différence significative entre les quartiers ($F = 0,26$, $DDL = 1/371$, $p = 0,61$). A Koko il n'y a pas non plus de différence d'une année à l'autre ($F = 2,49$, $DDL = 1/330$, $p = 0,12$). Mais dans le quartier Massasso la différence d'une année à l'autre est significative ($F = 6,76$, $DDL = 1/476$, $p < 0,01$), la densité parasitaire étant plus faible la seconde année. Au cours de cette seconde année la différence par quartiers devient significative ($F = 18,23$, $DDL = 1/435$, $p < 0,0001$), la densité parasitaire étant plus faible à Massasso, comme attendu.

3.4.2. La fréquence des accès palustre.

Les accès à *P. falciparum* avec les critères définis ci-dessus motivent pendant la première année 8,6 % du total des consultations et 14,9 % des consultations des moins de 14 ans (tableau V) ; pendant la seconde année ce diagnostic ne représente plus que 5,8 % du total des consultations des sujets habitant Koko et 2,9 % du total des consultations des sujets de Massasso et respectivement chez les moins de 14 ans 10,1 % et 5,2 % (tableau VI). Comme précédemment, du fait de l'absence de stratification sur les covariables étroitement liées aux manifestations du paludisme, ces pourcentages ne peuvent être directement comparés. L'analyse de l'ensemble des résultats obtenus la seconde année selon un modèle de régression logistique pas à pas (BMDP LR) prenant en compte les facteurs de confusion que sont l'âge et la période de transmission, permet de mettre en évidence une fréquence significativement plus basse ($p < 0,01$) des accès palustres dans le quartier Massasso. L'équation de la régression logistique obtenue est :

$$\text{Logit } P = -1,94 - 0,111 x - 0,441 y$$

où x est l'âge en années et où y prend la valeur 1 en présence de moustiquaire imprégnée et -1 en son absence. La variable « saison de transmission » ne joue pas de rôle significatif dans ce modèle. Le risque relatif approché lié à l'utilisation de moustiquaires imprégnées est 2,42 et son intervalle de confiance à 95 % est compris entre 1,82 et 3,21. Ceci revient à dire que la fréquence de l'accès

TABLEAU V

Répartition des accès palustres (AP) et prévalence parasitaire par classes d'âge dans le village de Karangasso pendant la première année ou année de pré-traitement.

Age	< 1	[1,2 [	[ 2,5 [	[ 5,9 [	[ 9,14 [	[ 14,20 [	> 20
effectif	56	65	122	62	84	73	269
AP	3	9	26	8	12	5	0
AP %	5,4	13,8	21,3	12,9	14,3	6,8	0,0
prévalence %	41,3	49,4	61,1	52,4	48,1	43,0	17,7

TABLEAU VI

Répartition des accès palustres (AP) et prévalence parasitaire par classes d'âge et par quartiers dans le village de Karangasso au cours de la seconde année où des moustiquaires imprégnées ont été utilisées à Massasso.

		âge	< 1	[1,2[	[2,5[	[5,9[	[9,14[	[14,20[	≥ 20
Quartier KOKO	effectif		35	33	50	58	71	52	182
	AP		4	5	5	6	5	1	2
	AP %		11,4	15,2	10,0	10,3	7,0	1,9	1,1
	prévalence %		31,1	46,5	55,2	35,8	28,8	30,2	15,3
Quartier MASSASSO	effectif		60	81	122	68	110	126	309
	AP		2	5	12	3	1	2	0
	AP %		3,3	6,2	9,8	4,4	1,0	1,6	0,0
	prévalence %		30,4	23,9	46,8	50,5	44,3	23,8	7,2

palustre parmi les motifs de consultations a diminué de 59 % dans le quartier utilisant les moustiquaires imprégnées par rapport au quartier témoin.

Deux accès à *P. malariae* ont été observés pendant la première année (sur 957 consultations). Pendant la deuxième année à Koko 2 accès à *P. malariae* (sur 535 consultations) ont été observés et à Massasso aucun (sur 1 041 consultations). Aucun accès à *P. ovale* n'a été observé.

3.4.3. Discussion.

Si la moustiquaire imprégnée protège en principe totalement, trois facteurs défavorables expliquent le maintien d'une certaine transmission :

- dans les conditions d'une expérience non coercitive certaines personnes ont négligé de dormir sous leurs moustiquaires pendant des périodes plus ou moins longues,
- certains habitants ont dormi hors du village et n'ont donc plus été protégés,
- la transmission crépusculaire avant que les habitants ne pénètrent sous leur moustiquaire ne peut être exclue.

Dans le quartier témoin la baisse de la prévalence parasitaire et de l'incidence des accès palustres est due à la distribution de doses suppressives d'antimalarique liée à l'« effet médecin ».

En zone de haute endémicité la prévalence ne constitue pas un indicateur sensible pour apprécier une baisse de la morbidité palustre.

Les critères diagnostiques de l'accès palustre retenus dans cette étude sont restrictifs. Cependant si au lieu du seuil de 10 000 parasites par microlitre de sang périphérique on choisit un seuil de 5 000 ou de 15 000 les résultats ne sont pas significativement différents.

4. CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

L'expérience de Karangasso montre que l'utilisation des moustiquaires imprégnées de deltaméthrine affecte la quantité de transmission du paludisme (réduction supérieure à 82 %) par la réduction de la densité (— 43 %) et de la longévité des vecteurs. Cet abaissement de la transmission n'a pas de conséquence évidente sur la prévalence parasitaire mais entraîne une diminution de la quantité de parasites en relation directe avec la morbidité, elle-même réduite de 59 %. Les résultats entomologiques, parasitologiques et cliniques sont parfaitement cohérents. Ils corroborent d'autres observations (3, 9).

La moustiquaire imprégnée d'insecticide à effet rapide, constitue actuellement le meilleur outil de protection individuelle. De plus les dormeurs attirent les moustiques vers les surfaces traitées; aussi lorsque les moustiquaires imprégnées sont utilisées par l'ensemble de la communauté deviennent-elles un authentique moyen de lutte antivectorielle.

Un tel traitement est hautement sélectif puisqu'appliqué sur une surface très réduite. Bien que la quantité utilisée d'insecticide soit faible elle présente une grande efficacité car appliquée sur une surface attractive pour les moustiques. Ce point de vue est novateur par rapport au traitement intra-domiciliaire effectué sur des supports variés non attractifs (1).

Les facteurs limitants sont essentiellement liés au comportement humain : acceptabilité des moustiquaires, déplacement des habitants, habitudes culturelles, etc.

La taille limitée de l'aire d'une expérimentation la rend particulièrement vulnérable. Il est incontestable que son extension la plus large possible améliorerait les résultats dans deux domaines :

— l'effet sur les populations de moustiques serait beaucoup plus marqué puisque l'immigration des anophèles serait limitée à la périphérie de l'aire traitée : les possibilités de transmission se trouveraient donc encore diminuées,

— les mouvements de populations se dérouleraient pour une grande part dans la zone traitée et l'introduction de parasite se trouverait diminuée d'autant.

Un point important et particulièrement difficile à résoudre concerne la généralisation de l'usage des moustiquaires y compris lors des déplacements dans les hameaux de culture et hors de la zone traitée.

Le coût de l'imprégnation est modique (20 à 30 cts américains) mais le prix d'achat de la moustiquaire est élevé (5 000 CFA = 15 US dollars).

Le besoin de moustiquaire découle de la nuisance culicidienne mais habituellement pas de la crainte du paludisme. C'est le même critère qui décide de la satisfaction et justifie la poursuite de l'usage d'une telle protection individuelle.

Seule une action d'éducation sanitaire spécifique et de longue haleine peut lever la plupart de ces obstacles.

Ces recherches ont bénéficié d'une aide financière du Programme spécial de recherche et de formation pour les maladies tropicales PNUD/Banque Mondiale/OMS et de la Commission des Communautés Européennes.

BIBLIOGRAPHIE

1. COZ (J.), VENARD (P.) & EYRAUD (M.). — Expérimentation en Haute-Volta d'un tissu imprégné de Baygon OMS 33. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, 1967, 5, 4, 217-221.
2. DARRIET (F.), ROBERT (V.), THO VIEN (N.) & CARNEVALE (P.). — Evaluation of the efficacy of permethrin impregnated intact and perforated mosquito nets against vectors of malaria. WHO/VBC/84899 or WHO/MAL/841008, 1984.
3. GRAVES (P.), BRABIN (B.), CHARLWOOD (J.), BURKOT (T.), CATTANI (J.), GINNY (M.), PAINO (J.), GIBSON (F.) & ALPERS (M.). — Reduction in incidence and prevalence of *Plasmodium falciparum* in under-5-year-old children by permethrin in impregnation of mosquito nets. *Bull. WHO*, 1987, 65, 6, 869-877.
4. HERVY (J.-P.) & SALES (S.). — Évaluation de la rémanence de deux pyréthrinoides de synthèse, OMS 1821 et OMS 1998, après imprégnation de différents tissus entrant dans la confection de moustiquaires. Rapport Ronéo. n° 7353/80. Doc. Tech. OCCGE, 1980, 16 p.
5. LI ZUZI, ZHANG, MANCHENG & LI GUANGXU. — The study of the control *Anopheles sinensis*, *A. dirus* and malaria prevalence with deltamethrin; field trial of controlling *A. sinensis* group and malaria prevalence by bed nets impregnated with deltamethrin. Abstract, 4^e Congrès sur la protection de la santé humaine et des cultures en milieu tropical, Marseille, 2-4 juillet 1986, 143-148.
6. LI ZUZI, XU JINJIANG, LI BANGQAN, ZHU TAIHUA & LI MINGXIN. — Mosquito nets impregnated with deltamethrin against malaria vectors in China, 1987. WHO/VBC/87939.
7. ROSS (R.). — *The prevention of malaria*. John Murray, London, 1910, 669 p.
8. SNOW (R.), JAWARA (M.) & CURTIS (C.). — Observations on *Anopheles gambiae* s. l. during a trial of permethrin-treated bed nets in the Gambia. *Bull. Ent. Res.*, 1987, 77, 279-286.
9. SNOW (R.), ROWAN (K.) & GREENWOOD (B.). — A trial of permethrin bed nets in the prevention of malaria in Gambian children. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1987, 81, 563-567.
10. SNOW (R.), ROWAN (K.), LINDSAY (S.) & GREENWOOD (B.). — A trial of bed nets (mosquito nets) as a malaria control strategy in rural area of The Gambia, West Africa. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1988, 82, 212-215.