

Les moustiquaires imprégnées

Traiter des moustiquaires avec des produits insecticides et répulsifs : cette méthode de protection contre les insectes s'affirme comme un élément clef de la lutte contre le paludisme. Elle pourrait même bénéficier à l'agriculture.

Jean-Marc Hougard

La moustiquaire imprégnée d'insecticide s'est affirmée en quelques années comme un outil privilégié de lutte contre le paludisme. Fulgurante ascension que celle de ce tissu connu depuis l'Antiquité : en l'associant à un insecticide, la moustiquaire est passée en moins d'un quart de siècle du simple statut d'objet de confort à celui de composante clef des stratégies de lutte antipaludique. Avant de passer en revue ses avantages, ses inconvénients, ses perspectives et améliorations possibles, rappelons l'enjeu et le contexte de la lutte antipaludique.

Le paludisme provoque plus d'un million de décès par an, dont 90 pour cent sur le seul continent africain, principalement des jeunes enfants. Cette parasitose véhiculée par des moustiques affecte non seulement la santé des personnes, mais aussi entrave sérieusement le développement économique des pays les plus touchés. Face à ce constat alarmant, plusieurs initiatives internationales, à la tête desquelles le Partenariat pour faire reculer le paludisme (RBM, pour *Roll Back Malaria*, créé en 1998) et l'Initiative multilatérale sur le paludisme (MIM, pour *Multilateral Initiative on Malaria*, créée en 1997), ont remis cette maladie sur le devant de la scène, en incitant les dirigeants des pays les plus touchés à prendre davantage de mesures à son encontre.

C'était là le début d'une véritable prise de conscience internationale qui se poursuit de nos jours, même si les effets ont tardé à se faire sentir. Car le paludisme étant à la fois une maladie de la pauvreté et une cause de pauvreté, la lutte antipaludique ne peut être qu'une opération de longue haleine. Les guerres et l'exode massif de réfugiés qu'elles provoquent, les perturbations des milieux naturels dues à la déforestation et à l'agriculture intensive, la résistance aux produits antipaludiques sont autant de facteurs aggravants, tandis que l'avènement d'un vaccin est sans cesse reporté.

La déclaration d'Abuja, signée en 2000 au Nigeria par 44 des 50 pays africains touchés par le paludisme, a marqué la volonté d'agir de ces États. Elle exprime en sept points leur détermination à lutter contre le paludisme, notamment en renforçant ou en réformant les systèmes de santé, et en favorisant la participation des partenaires internationaux.

Une mobilisation sans précédent de la communauté internationale et des gouvernements des pays les plus touchés par le paludisme s'en est suivie, avec pour objectif de réduire de moitié le fardeau du paludisme dans le monde avant 2010, particulièrement en Afrique.

Depuis la déclaration d'Abuja, plus de la moitié des pays d'Afrique où le paludisme est endémique (c'est-à-dire permanent) se sont dotés de plans stratégiques. En zone de paludisme endémique, ces plans reposent tous sur : un diagnostic plus précoce et un accès plus rapide au traitement ; la promotion des moustiquaires imprégnées d'insecticide comme outil de prévention, notamment pour les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes ; le traitement dit pré-somptif chez la femme enceinte, qui consiste à administrer un traitement antipaludique à dose curative au cours de la grossesse, à l'occasion des consultations prénatales des deuxième et troisième trimestres.

Bien qu'inégaux dans la rapidité et l'ampleur de leur mise en application, ces plans stratégiques ont reçu plusieurs financements par le Fonds mondial de lutte contre le sida, la tuberculose et le paludisme, et sont relativement bien exécutés par la plupart des pays. Ils aboutissent notamment à des taux de couverture des villages par moustiquaires imprégnées qui peuvent atteindre 80 pour cent des groupes à risque.

Une idée datant de 1983

Comment l'histoire de la moustiquaire imprégnée d'insecticide a-t-elle débuté ? En 1983, au Burkina Faso, l'équipe de Pierre Carnevale, de l'ORSTOM (nommé aujourd'hui Institut de recherche pour le développement, ou IRD), pressentit qu'une association insecticide-moustiquaire serait utile contre les moustiques et leurs piqûres. Elle procéda à la première imprégnation de moustiquaires dans la ville de Bobo-Dioulasso. Testées en conditions naturelles dans des cases dites expérimentales, ces moustiquaires se sont révélées particulièrement efficaces contre les vecteurs du paludisme en termes de mortalité des moustiques et de réduction du taux de piqûres.



Jean-Marc Hougaard/IRD

Les premiers résultats, présentés en 1984 au congrès de Calgary, au Canada, montraient tout l'intérêt que cet outil pouvait représenter par rapport à une moustiquaire non imprégnée. Un nouveau concept était né, mais ce n'est qu'à la fin des années 1980 qu'il s'affirma vraiment comme un outil prometteur de lutte antipaludique, fort des résultats encourageants de nombreuses études entomologiques, épidémiologiques et sociologiques.

Cet intérêt croissant pour les moustiquaires imprégnées a plusieurs explications. Une moustiquaire, par elle-même, protège contre les agressions physiques et sonores (piqûres de moustiques et autres arthropodes hématophages, morsures d'araignées et de serpents, gênes ou bruits occasionnés par les mouches, cafards, etc.).

Elle ne protège toutefois pas complètement des moustiques pour peu qu'elle ait le moindre trou, qu'elle soit déchirée, mal bordée ou tout simplement qu'une partie du corps du dormeur entre en contact avec le tulle pendant le sommeil. L'imprégnation d'insecticide pallie ces inconvénients. Les produits retenus sont tous des pyréthrinoïdes, famille de composés à la fois peu toxiques pour l'homme, efficaces à faible dose, qui ont une action rapide (effet choc), un effet irritant pour l'insecte et plus ou moins répulsif.

Placées à l'intérieur des maisons, les moustiquaires imprégnées de pyréthrinoïdes peuvent réduire le nombre

1. Des campagnes de distribution gratuite de moustiquaires durablement imprégnées ont été mises en œuvre dans plusieurs pays africains (ici au Bénin, en octobre 2007). De telles campagnes permettent de généraliser l'emploi des moustiquaires imprégnées, ce qui pourrait réduire de moitié environ l'incidence des fièvres paludiques et d'environ 20 pour cent la mortalité générale infantile.

de moustiques qui pénètrent dans les chambres (effet dissuasif), éviter qu'ils ne piquent à travers la moustiquaire ou ne passent au travers des trous (effet irritant), les inciter à sortir de la maison (sous l'action combinée d'un effet répulsif et irritant), les assommer dès qu'ils sont en contact avec le tulle et, bien entendu, les tuer.

À titre d'exemple, une étude récente réalisée en case expérimentale au Nord du Bénin a montré qu'une moustiquaire imprégnée de deltaméthrine et trouée, en comparaison d'une moustiquaire trouée mais non traitée, réduisait le taux d'entrée des moustiques de 80 pour cent et expulsait à l'extérieur de la case 43 pour cent de ceux qui y étaient rentrés. Cette étude a également montré que la moustiquaire imprégnée réduisait de 36 pour cent le taux de piqûres des moustiques par rapport à une moustiquaire non traitée et tuait de l'ordre de 37 pour cent des moustiques présents dans la case.

L'utilisation de la moustiquaire présente parfois des avantages inattendus, en étant par exemple considérée comme la manifestation d'une promotion sociale, ou encore

comme un lieu d'intimité où l'on aime se réfugier dans les cases familiales. Mais des inconvénients existent aussi. Certaines personnes sont en effet allergiques aux insecticides employés, claustrophobes ou intolérantes à la chaleur. Et parfois, l'utilisation des moustiquaires va à l'encontre de certaines traditions, croyances ou pratiques sociales. Ainsi, la plupart des moustiquaires sont blanches, ce qui a posé des problèmes d'acceptabilité dans quelques sociétés où le linceul, par tradition, est de couleur blanche. Autre exemple de difficultés : dans un pays d'Afrique centrale, plusieurs mois ont été nécessaires avant que l'on s'aperçoive qu'un grand nombre de moustiquaires fournies gratuitement aux communautés villageoises étaient détournées par leurs bénéficiaires pour confectionner des robes de mariage...

Au-delà de l'efficacité entomologique des moustiquaires imprégnées d'insecticides, l'expansion de ce moyen de protection doit beaucoup à la recherche entomologique et aux récentes avancées techniques de l'industrie textile et agro-

chimique. En effet, les premières moustiquaires imprégnées nécessitaient un traitement manuel. Elles étaient de plus relativement chères et faisaient fi des spécificités culturelles des communautés en termes de couleur, de forme, de taille ou encore de texture. Enfin et surtout, pour rester efficaces, elles devaient être réimprégnées régulièrement, au minimum une fois l'an ou après trois lavages consécutifs, ce qui n'était que très rarement le cas.

Dans un premier temps, l'industrie mit au point des kits d'imprégnation individuels, afin de simplifier l'imprégnation et la réimprégnation. Cependant, le taux de couverture en moustiquaires correctement imprégnées restait très faible, inférieur à 15 pour cent dans la plupart des cas.

Le véritable tournant dans l'histoire de la moustiquaire imprégnée date d'avril 1999 où, pour la première fois, des entomologistes médicaux de l'IRD, sous l'impulsion de Pierre Guillet, et des représentants de l'industrie textile et agrochimique se retrouvèrent autour d'une même table, à Montpellier. C'est à cette occasion que fut introduite l'idée de moustiquaire à imprégnation durable.

Les industriels commencèrent à entrevoir l'intérêt commercial de ce concept nouveau. Parallèlement, la nécessité de rendre le produit moins cher, de l'adapter aux préférences des communautés et de définir des normes en termes de qualité et de sécurité (résistance au lavage, au déchirement, sécurité au feu, etc.) s'imposa progressivement à tous les acteurs de la lutte antipaludique, en particulier à l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Une imprégnation durable

Cela a abouti à la commercialisation de moustiquaires satisfaisant à des normes d'efficacité et de sécurité internationalement reconnues. L'OMS, à travers le WHOPEP (*WHO Pesticide Evaluation Scheme*), joue un rôle essentiel dans l'évaluation et le contrôle de qualité de ces techniques nouvelles. Ces moustiquaires sont tissées en polyester, en polyéthylène ou, plus récemment, en polypropylène, ces deux derniers matériaux étant plus résistants. Elles restent efficaces après au moins 20 lavages normalisés et conservent leur efficacité sur le terrain durant trois ans au moins, dans des conditions normales d'utilisation.

Ainsi, l'une des moustiquaires imprégnées d'insecticides recommandées actuellement par l'OMS conserve son efficacité pendant cinq à sept années d'utilisation continue sur le terrain en Afrique. Suite à un transfert de technologie facilité par l'OMS, cette moustiquaire est désormais produite en Tanzanie, la capacité de production actuelle étant de 8,5 millions d'unités par an.

Au-delà de l'efficacité sans cesse améliorée des moustiquaires imprégnées contre les moustiques, quel est leur impact réel sur le paludisme ? Il importe d'abord de savoir que ces moustiquaires agissent à deux niveaux. Au niveau individuel, bien sûr, elles protègent l'utilisateur contre les piqûres de moustiques. Au niveau de la communauté tout entière, elles tuent suffisamment de moustiques pour diminuer le nombre de piqûres chez les personnes non protégées.

Cet effet des moustiquaires imprégnées sur les populations de moustiques vecteurs ne peut toutefois se mani-



Pierre Guillet/OMS

2. Les moustiquaires doivent être adaptées aux populations ciblées, en tenant compte notamment de leurs spécificités culturelles. Par exemple, certaines communautés avaient du mal à accepter les moustiquaires, d'ordinaire blanches, parce qu'elles étaient de la même couleur que les linceuls.

fester que si la majorité (80 pour cent au moins) des personnes de la communauté ciblée les utilisent. L'effet létal de l'insecticide se traduit par un rajeunissement de la population de moustiques vecteurs et, en conséquence, par une diminution drastique de la transmission du parasite (car plus un moustique vit longtemps, plus il a de chances d'être porteur du parasite).

L'efficacité des moustiquaires imprégnées varie en fonction d'un certain nombre de paramètres, en particulier le comportement de piqûre de l'insecte vecteur (certains moustiques ne piquent préférentiellement qu'en fin de soirée, d'autres au milieu de la nuit, d'autres encore au lever du jour). Toutefois, les résultats restent cohérents et l'on admet que les moustiquaires imprégnées réduisent d'environ 50 pour cent la fréquence des accès palustres et d'environ 20 pour cent la mortalité générale infanto-juvénile. Et l'on estime à 370 000 le nombre annuel de décès dus directement au paludisme qui pourraient être évités si, en Afrique subsaharienne, chaque enfant bénéficiait d'une telle protection.

Le bénéfice antipaludique des moustiquaires imprégnées avait été débattu à la fin des années 1990. Des chercheurs avaient estimé qu'en zone de forte transmission, là où le paludisme est stable, une réduction même importante de la transmission du parasite de l'espèce *Plasmodium falciparum* (la plus pathogène) ne pouvait durablement réduire la mortalité palustre; elle pouvait tout au plus la différer. Selon ces chercheurs, la diminution du nombre de piqûres retardait l'acquisition de l'immunité chez les enfants de moins de cinq ans, et cela devait théoriquement se traduire par un décalage de la mortalité vers les tranches d'âge plus élevées.

Plus de 80 essais réalisés de par le monde ont toutefois montré depuis que les moustiquaires imprégnées réduisaient sur le long terme et de manière substantielle le fardeau du paludisme, et ce quelles que soient l'intensité de la transmission, sa répartition dans le temps et l'espèce de *Plasmodium* impliquée.

Les dernières générations de moustiquaires imprégnées, à longue durée d'action, apparaissent donc comme un outil

Moustiquaires imprégnées pour cultures maraîchères

En zone tropicale, les cultures maraîchères sont infestées par les ravageurs, en particulier pendant la saison sèche, ce qui incite les producteurs à recourir fréquemment et massivement aux pesticides. Mais ces maraîchers sans formation ne tiennent pas compte de la nature et de la toxicité de ces produits ni des dosages à appliquer.

Si ces pratiques phytosanitaires anarchiques et incontrôlées permettent tant bien que mal aux agriculteurs de dégager des bénéfices, les résidus contenus dans les légumes constituent un réel danger pour la santé des consommateurs, avec un risque de pollution des nappes phréatiques. Indirectement, la présence de pesticides dans le sol, les eaux de ruissellement et les points d'eau où se développent les larves de moustiques contribue à sélectionner des moustiques résistants aux insecticides qui, malheureusement, sont les mêmes que ceux utilisés en santé publique.

L'idée m'est venue d'adapter le concept de la moustiquaire à la protection des cultures maraîchères au Bénin. Un filet en tissu de moustiquaire, utilisé sur une planche de culture comme une moustiquaire sur un lit, est mis en place en fin de journée au-dessus de petits arceaux pour éviter l'écrasement des jeunes plants. Il empêche les ravageurs, nocturnes pour la plupart, d'attaquer la culture ou de venir pondre sur les feuilles. Le filet est enlevé le matin pour permettre l'arrosage et éviter que le soleil n'abîme la moustiquaire. Cela permet également à la faune utile de venir se nourrir des éventuels ravageurs qui seraient passés au travers des mailles du filet.

Cet outil s'est révélé particulièrement efficace pour protéger les choux de la teigne *Plutella xylostella*, qui est résistante aux insecticides. En outre, on peut facilement associer cette technique aux outils classiques de la lutte biologique (lâcher de prédateurs, utilisation de pathogènes d'insectes, d'insecticides biologiques, etc.). Quant au contrôle de ravageurs plus petits qui passent facilement entre les mailles, il peut se faire en imprégnant le filet avec un insecticide, comme nous l'avons montré avec le puceron du chou: les adultes ailés qui viennent ou repartent coloniser les plants s'intoxiquent au passage des mailles du filet. En comparaison avec les traitements classiques par pulvérisation,

le risque de contamination de l'utilisateur et de l'environnement par la moustiquaire est considérablement réduit.

Cette nouvelle approche de la protection des cultures maraîchères, inspirée des techniques de la lutte contre le paludisme, est actuellement développée par une organisation non gouvernementale béninoise, afin de réduire les risques de pollution liés au maraîchage dans les zones lagunaires. Elle est économiquement rentable, car durable, et se révèle très bien adaptée aux petits maraîchers qui emploient une main-d'œuvre familiale abondante et cultivent de petites parcelles, facilement recouvertes par les filets-moustiquaires. Par ailleurs, nous avons remarqué que la protection des plantes par une moustiquaire permettrait de mieux faire comprendre aux populations l'intérêt d'une telle protection pour eux-mêmes contre les insectes vecteurs.

Thibaud Martin, entomologiste agricole au CIRAD, en accueil au sein de l'équipe IRD du Centre de recherche entomologique de Cotonou, au Bénin.





Michel Dukhan/IRD

3. L'apparition de moustiques résistants aux pyréthrinoides employés pour traiter les moustiquaires réduit-elle l'efficacité de celles-ci ? La question fait encore l'objet de recherches, mais les scientifiques tentent déjà de contrecarrer cette éventualité, notamment en développant des produits associant des répulsifs et des insecticides non pyréthrinoides.

de lutte à la fois efficace contre le paludisme et adapté aux attentes des populations. Ces avantages pourraient être remis en cause par la résistance croissante des moustiques aux insecticides, en particulier aux pyréthrinoides. Il a été toutefois démontré que des moustiques résistants étaient moins sensibles à l'effet irritant des pyréthrinoides et, de ce fait, restaient plus longtemps en contact avec la moustiquaire et absorbaient ainsi davantage d'insecticide. Par un phénomène compensatoire, les taux de mortalité chez les moustiques résistants pouvaient donc se révéler identiques ou presque à ceux des moustiques sensibles.

Surmonter les résistances

En 2005, une étude épidémiologique, réalisée en Côte d'Ivoire par Marie-Claire Henry et ses collègues, confirmait que les moustiquaires imprégnées conservaient toute leur efficacité protectrice contre des moustiques très résistants aux pyréthrinoides. Toutefois, une étude publiée en 2007, réalisée au Bénin par Mark Rowland et ses collègues, indique une diminution d'efficacité des moustiquaires imprégnées.

La question reste donc en suspens. Heureusement, les scientifiques n'ont pas attendu qu'elle soit élucidée pour rechercher des stratégies contrecarrant les effets de la résistance et de sa progression. Les insecticides de remplacement étant peu nombreux, il est très difficile de trouver des composés ayant des caractéristiques similaires à celles des pyréthrinoides.

Parmi les pistes de recherche, l'IRD expérimente une stratégie fondée sur l'utilisation de produits répulsifs seuls ou associés à un insecticide non pyréthrinoides. Une telle association permet d'obtenir le même effet que les pyréthrinoides. L'IRD a déposé un brevet et, afin de tester le bien-fondé de cette approche, vient de mettre en place au Burkina Faso une évaluation dans des cases expérimentales. L'industrie commence à s'intéresser à cette méthode en élaborant des formulations micro-encapsulées de répulsifs et d'insecticides non pyréthrinoides

(cas de la Société française *Biosynthis*) ou encore en expérimentant des moustiquaires à longue durée d'efficacité traitées avec des associations de pyréthrinoides et de produits, nommés synergistes, qui inhibent les enzymes de détoxification des insecticides (cas de la Société danoise *Vestergaard Frandsen*).

Même si cette course entre la recherche de traitements plus efficaces et moins toxiques pour l'homme et un moustique vecteur « toujours plus résistant » ne devrait pas s'arrêter de sitôt, l'efficacité des moustiquaires devrait se maintenir et leur utilisation pérennisée, si les efforts de recherche en cours se poursuivent.

Pendant, l'efficacité des moustiquaires imprégnées ne garantit pas à elle seule qu'on les utilise et beaucoup reste à faire pour promouvoir leur emploi correct par les populations. Il reste également fort à faire pour que cet outil soit plus largement utilisé qu'il ne l'a été jusqu'à présent. Récemment, l'OMS a changé ses directives et recommande désormais que seules les moustiquaires imprégnées d'insecticides soient utilisées et qu'elles soient distribuées gratuitement (ou fortement subventionnées) à tous les habitants des zones impaludées. Cette organisation recommande aussi la mise en œuvre dès que possible de campagnes de distribution massive, éventuellement couplées avec les campagnes de vaccination.

Les campagnes de distribution massive récemment réalisées dans plusieurs pays africains ont permis d'obtenir en peu de temps une couverture élevée et une répartition équitable des moustiquaires. Les résultats en termes de réduction du paludisme ont même dépassé les espérances avec, comme déjà indiqué, des réductions importantes de l'incidence des fièvres palustres (de l'ordre de 50 pour cent) et de la mortalité générale infantile (environ 20 pour cent).

Forte de tous les éléments encourageants en faveur de l'utilisation des moustiquaires imprégnées, la communauté internationale est aujourd'hui mobilisée. Elle s'apprête à renforcer considérablement ses efforts afin d'étendre les campagnes de distribution et de promotion à davantage encore de pays, notamment africains. La moustiquaire imprégnée n'éliminera sans doute pas le fléau du paludisme, mais elle contribuera à le contenir ou à le réduire.

Jean-Marc HOUARD est entomologiste médical et directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD). Il travaille au sein de l'unité Caractérisation et contrôle des populations de vecteurs, au Centre de recherche entomologique de Cotonou (CREC), au Bénin.

C. PENNETIER *et al.*, *Synergism between repellants and non-pyrethroid insecticides strongly extends the efficacy of treated nets against Anopheles gambiae*, in *Malaria Journal*, vol. 6 (38), pp. 1-7, 2007.

G. W. FEGAN *et al.*, *Effect of expanded insecticide-treated bednet coverage on child survival in rural Kenya: a longitudinal study*, in *The Lancet*, vol. 370, pp. 1035-1039, 2007.

Th. MARTIN *et al.*, *Insect-proof net on cabbage in Africa: a tool for small-scale producers to increase sustainability of growing vegetables practices*, in *Journal of Economic Entomology*, vol. 99(2), pp. 450-454, 2006.

J. HILL *et al.*, *Insecticide-treated nets*, in *Advances in Parasitology*, vol. 61, pp. 78-117, 2006.