

que l'effet de ces lotions sur les insectes était strictement répulsif; il apparaît maintenant qu'ils sont également insecticides, puisqu'ils tuent l'insecte lorsqu'ils sont en contact avec lui. Les molécules actives ayant fait l'objet de l'évaluation prescrite au niveau européen (et également retenues aux États-Unis et au Canada) sont au nombre de quatre: le DEET, l'IR3535, le PMD (connu sous le nom de marque *Citriodiol*) et la picaridine (autres noms: icaridine, KBR 3023).

Les nombreux produits répulsifs commercialisés procurent des durées de protection très variables contre les piqûres, selon la substance active, sa concentration et sa formulation. Les durées maximales de protection sont d'une dizaine d'heures, mais certains facteurs les diminuent, par exemple la forte sudation, inévitable en zone chaude et humide.

Des précautions s'imposent pour l'usage des répulsifs sur les femmes enceintes, les nouveau-nés et les jeunes enfants. Ainsi, selon le Haut conseil de la santé publique, le seul répulsif utilisable chez la femme enceinte est l'IR3535, mais d'autres sources, telle l'OMS, sont plus tolérantes et admettent le DEET et la picaridine. Des recommandations de concentration minimale (pour assurer l'efficacité) et maximale (pour assurer l'innocuité) ont été émises, en particulier dans les zones impaludées, pour prévenir les piqûres d'anophèles vecteurs et dans les contextes d'épidémie d'arbovirus transmises par moustiques. Ces concentrations recom-

mandées sont légèrement plus faibles pour la femme enceinte ou les jeunes enfants; en contrepartie, la durée de protection est diminuée et il faut associer d'autres moyens personnels de prévention.

Parallèlement à ces répulsifs chimiques, l'offre en matière de substances « naturelles » reste soutenue, en particulier des substances à base d'huiles essentielles. Mais la durée de protection conférée par ces produits est en général inférieure à 20 minutes, c'est-à-dire très insuffisante. De plus, les risques d'allergie et de phototoxicité sont avérés. L'expertise collective récemment réalisée déconseille

plusieurs années, même après plusieurs lavages, sans nécessiter de réimprégnation manuelle d'insecticide.

Dans des conditions normales d'utilisation, une moustiquaire apporte une protection à la fois physique et chimique. Les insecticides utilisés sont toujours des pyréthrinoides (perméthrine ou deltaméthrine, le plus souvent), qui présentent pour l'insecte un effet létal quasi immédiat et, pour les mammifères, une faible toxicité. Sur ce point, des inquiétudes se font jour avec l'apparition de plus en plus fréquente de résistances des anophèles aux pyréthrinoides, notamment en Afrique.

Ce phénomène de résistance a été favorisé par l'utilisation agricole de ces insecticides, afin de protéger les récoltes.

En zone tropicale, les moustiquaires de lit et de berceau sont irremplaçables pour protéger les dormeurs ainsi que les jeunes enfants ne marchant pas encore contre nombre de maladies à transmission nocturne telles que le paludisme, des arboviroses, la maladie de Chagas, les leishmanioses et contre les piqûres de puces et de punaises de lit. L'OMS est particulièrement vigilante pour accorder son homologation à certaines moustiquaires du commerce, gage de qualité pour l'usager (concentration adéquate d'insecticide, répartition homogène, biodisponibilité pendant au moins 20 lavages, résistance au déchirement, etc).

L'efficacité du port de vêtements amples et couvrants pour faire écran aux

LES NOMBREUX PRODUITS RÉPULSIFS commercialisés procurent des durées de protection très variables selon la substance active, sa concentration et sa formulation.

explicitement l'utilisation d'huiles essentielles comme répulsifs cutanés.

Un autre moyen important de protection personnelle est la moustiquaire imprégnée d'insecticide. Ces dernières années, de grands progrès ont été réalisés et ont augmenté la durée de protection conférée par de telles moustiquaires, avec une imprégnation effectuée dès le stade de la fabrication. Les procédés industriels réalisent l'incorporation de l'insecticide soit par fusion dans la fibre, soit en mélange dans une résine déposée autour de la fibre. On dispose maintenant de moustiquaires imprégnées qui restent efficaces pendant

Principe actif	Durée d'action	Inconvénients	Avantages	Cibles
DEET < 10 %	1-3 heures	Huileux, odeur importante, altère le plastique, irrite les yeux, efficacité discutable contre les tiques, les réduves et les anophèles	Bon marché, bon recul sur l'utilisation, large spectre de protection, toxicologie bien connue	Moustiques <i>Aedes</i> , <i>Culex</i> , <i>Anopheles</i> , <i>Mansonia</i> ; phlébotomes; simulies; acariens trombiculidés; tiques dures et molles; punaises <i>Cimex</i> ; puces
DEET 20-33 %	6-12 heures			
Picaridine 7 %	3-4 heures	Cher, peu de recul sur l'utilisation, non actif sur certains moustiques, tiques et culicoïdes	Large spectre, n'altère pas les plastiques, faible odeur, non huileux, actif à faible concentration. Répulsif de choix de l'OMS pour le paludisme	Tiques; gale; acariens piqueurs; moustiques; culicoïdes; stomoxes; puces
Picaridine 15 %	6-8 heures			
IR3535®		Efficacité insuffisante à faible concentration (moins de 20 %), irrite les yeux et la peau	Large marge de sécurité, utilisation depuis plusieurs années, faible odeur, non huileux, n'altère pas les plastiques, large spectre	Tiques; sarcopte de la gale; acariens piqueurs; moustiques; culicoïdes; taons; phlébotomes
PMD 10 %	1-2 heures	Peu d'études d'évaluation, parfois odeur forte, irrite les yeux	Actif contre les anophèles et les tiques, dérivé naturel de plante	Moustiques; stomoxes; tiques; culicoïdes; mouches piqueuses

5. QUATRE RÉPULSIFS CUTANÉS ONT UNE EFFICACITÉ internationalement reconnue. Il s'agit du DEET [N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide], de la picaridine [carboxylate de sec-butyl-2-(2-hydroxyéthyl)]-

1-pipéridine, ou KBR 3023, ou encore icaridine], de l'IR3535® [N-acétyl-N-butyl-β-alaninate d'éthyle] et du PMD [mélange de cis- et trans-menthane-3,8-diol, ou Citriodiol®].

Quelles sont les préférences des moustiques ?

Une multitude d'idées reçues circulent à propos des moustiques. Qui n'a pas entendu, assénées de façon péremptoire, les affirmations selon lesquelles la lumière attire les moustiques, les femmes sont plus piquées que les hommes, la couleur bleue repousse les moustiques, ils piquent surtout à l'aube ou au crépuscule, etc. ?

Une réponse simple pour confirmer ou réfuter ces affirmations est en fait impossible, pour la simple raison que leur véracité dépend d'une myriade de paramètres annexes. Les moustiques représentent une famille d'insectes de plus de 3 500 espèces dont les préférences alimentaires et les comportements sont divers, résultant à la fois de

caractéristiques génétiques propres à la population considérée et de la densité des hôtes à piquer, de leur accessibilité, des caractéristiques de l'environnement, etc.

La plupart des espèces de moustiques sont opportunistes quant à l'hôte à piquer, alors qu'une minorité exprime une nette préférence pour une espèce ou un petit groupe d'espèces (les passereaux, les primates, l'homme, les bovidés, les grenouilles, etc.).

Dans des expériences de choix dual, laissant la possibilité à un moustique en quête d'un repas de sang de se diriger vers une personne ou vers une autre, une préférence se manifeste souvent pour l'une d'elles, probablement pour des raisons de plus

grande attractivité olfactive. Les communautés bactériennes vivant sur la peau varient beaucoup d'un individu à l'autre, d'où des variations importantes de cocktails olfactifs qui entraîneraient, du moins vis-à-vis des moustiques, des variations d'attractivité plus importantes entre individus qu'entre hommes et femmes.

Les moustiques ont un sens de la vision très performant. Il est vrai que la lumière est attractive, au moins pour certaines espèces de moustiques nocturnes, puisque des pièges fonctionnent justement avec la lumière comme appât. Mais les moustiques n'ont pas de perception nette des couleurs, ce qui ne les empêche pas de distinguer les variations d'intensité lumineuse ou de chaleur. On

estime que la couleur proprement dite ne joue pas de rôle significatif dans la succession de comportements qui aboutit à la prise d'un repas de sang.

Enfin, il est exact que certains moustiques (tels *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*) ont des pics d'activité de piqure en fin d'après-midi et à l'aube. D'autres (tel *Culex pipiens*) piquent toute la nuit, mais principalement durant la seconde moitié de nuit, quand le sommeil du dormeur est *a priori* le plus profond. Encore une fois, il est impossible de généraliser à l'ensemble du vaste groupe des moustiques.

W. Takken et N. O. Verhulst, Host preferences of blood-feeding mosquitoes, *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 58, pp. 433-453, 2013.

insectes en quête d'un repas de sang est prouvée depuis longtemps. Dans cet esprit, divers tissus imprégnés de substances insecticides ou répulsives sont apparus et permettent de confectionner vêtements, rideaux, couvertures, bâches murales ou toiles de tentes.

Les vêtements imprégnés de perméthrine confèrent une réelle protection, en particulier lorsque le tissu est imprégné au cours même de sa fabrication. Des kits d'imprégnation (ou de réimprégnation) de vêtements sont en vente dans le commerce ; ils apportent une aide appréciable, mais offrent une protection plus courte qu'avec une imprégnation faite par le fabricant. De plus, la manipulation de produits concentrés exige de l'utilisateur d'importantes précautions.

Le port de vêtements imprégnés n'exclut pas l'application de répulsifs cutanés, bien au contraire ; l'association de ces deux mesures a donné des résultats spectaculaires pour la prévention de piqûres d'insectes, en particulier en forêt guyanaise. Toutefois, la moustiquaire à imprégnation de longue durée reste le dispositif considéré comme le plus efficace pour protéger le dormeur.

Aux moyens de protection mentionnés jusqu'ici s'ajoutent des mesures dites d'appoint constituées d'un vaste ensemble de dispositifs disparates. Certains sont considérés comme d'emploi possible si on les utilise en complément d'autres mesures à efficacité démontrée. Il en va ainsi des

insecticides en aérosol, pour une utilisation ponctuelle, et des insecticides à diffusion lente sous forme de plaquette chauffante ou de liquide, la diffusion étant assurée par une résistance électrique. Les serpentins fumigènes ont quelque efficacité, mais ils doivent être réservés à un usage en extérieur et de courte durée, en raison de la toxicité des fumées. En revanche, l'usage de bracelets anti-insectes, souvent à base de DEET ou d'huiles essentielles à des concentrations non précisées, est fortement déconseillé, leur efficacité étant médiocre ou non prouvée et en raison des risques de réactions cutanées qu'ils font courir.

Inefficacité prouvée...

Il est également déconseillé d'utiliser les appareils à ultrasons, supposés reproduire la fréquence sonore du moustique mâle en vol, lequel ferait fuir les femelles en quête de sang (certains fabricants indiquent que leur appareil reproduit la fréquence sonore de la femelle !), ainsi que les comprimés de vitamine B₁ (supposée induire, après plusieurs prises orales à forte dose, une odeur cutanée répulsive pour les insectes). La non-efficacité de ces procédés a été prouvée par plusieurs études scientifiques.

Pour d'autres dispositifs, tels les supports gluants sans insecticide (sur lesquels les insectes se font piéger) ainsi que les coûteux pièges lumineux ou à dioxyde de carbone, les études sont encore peu

nombreuses, mais elles ne semblent pas indiquer d'efficacité significative.

Au-delà des informations concrètes sur l'efficacité de tel ou tel moyen de prévention des piqûres, quelques remarques s'imposent. La biodiversité impliquée dans les aspects de nuisance et de transmission vectorielle regroupe une large part de l'ensemble du vivant. Elle englobe hôtes vertébrés, arthropodes vecteurs et agents infectieux (bactéries, virus, parasites), et concerne de nombreuses maladies. Mais la complexité de cet ensemble ne s'arrête pas là.

Cette diversité est elle-même changeante en raison des variations de la répartition des espèces vectrices (certaines disparaissent, d'autres sont invasives), de l'apparition de nouvelles espèces (par découverte récente, ou par la spéciation en cours), de la structure génétique des agents infectieux (avec, au premier rang, celle des virus), des comportements des hôtes (en particulier l'homme), de l'environnement (changements globaux, aménagement du territoire, pratiques agricoles...). Les systèmes vectoriels, quoique de mieux en mieux compris, restent en perpétuelle évolution.

Ce foisonnement du vivant suggère que, en matière de prévention de la piqure, il faut une réponse résolument pragmatique. On a vu que l'arsenal des moyens et méthodes disponibles offre des solutions, mais leur nombre et leur efficacité sont limités. L'acceptabilité de certaines mesures évolue également. Tout comme