

Famille ou sous-famille		Stades vecteurs	Principaux agents pathogènes	Maladies associées
<i>Culicidae</i> (moustiques)		Adultes femelles	Virus amaril ; virus de la dengue ; <i>Plasmodium</i> ; filaires	Fièvre jaune ; dengue ; paludisme ; filariose de Bancroft
<i>Simuliidae</i> (simulies)		Adultes femelles	Filaires	Onchocercose
<i>Phlebotominae</i> (phlébotomes)		Adultes femelles	Leishmanies	Leishmaniose
<i>Tabanidae</i> (taons, <i>Chrysops</i>)		Adultes femelles	Filaires ; trypanosomes	Loase ; trypanosomoses animales
<i>Ceratopogonidae</i> (dont <i>Culicoides</i>)		Adultes femelles	Virus bluetongue	Fièvre catarrhale ovine
<i>Glossinidae</i> (mouches tsé-tsé)		Adultes mâles et femelles	Trypanosomes	Maladie du sommeil
Puces (nombreuses familles)		Adultes mâles et femelles	Bactéries <i>Yersinia</i> , <i>Rickettsia</i>	Peste ; typhus murin
Punaises <i>Reduviidae</i> (réduves, triatomes)		Adultes mâles et femelles, et immatures	Trypanosomes	Maladie de Chagas
<i>Pediculidae</i> (poux)		Adultes mâles et femelles, et immatures	Rickettsies	Typhus exanthématique
<i>Ixodidae</i> (tiques dures)		Adultes mâles et femelles, et immatures	Virus <i>Flaviviridae</i> et <i>Bunyaviridae</i> ; bactérie <i>Borrelia</i>	Encéphalite européenne à tiques ; fièvre hémorragique de Crimée-Congo ; borréliose de Lyme
<i>Argasidae</i> (tiques molles)		Adultes mâles et femelles, et immatures	<i>Borrelia</i>	Fièvre récurrente à tiques

2. LES PRINCIPAUX ARTHROPODES NUISANTS OU VECTEURS de maladies pour l'homme. Dans ce tableau, tous les arthropodes sont des insectes, à l'exception des tiques (*deux dernières lignes*), qui sont des

acariens. Et parmi les insectes de cette liste, la plupart sont des diptères (*six premières lignes*), ordre d'insectes dont les membres ont deux ailes au lieu de quatre et qui inclut les mouches et les moustiques.

Le syndrome d'Ekbom

Certains patients attribuent de façon obsessionnelle à des insectes invisibles des troubles de la peau persistants. Ce syndrome d'Ekbom, du nom du neurologue suédois qui l'a décrit en 1938, apparaît à l'âge adulte, principalement chez la femme âgée. Le sujet ressent avec une acuité extrême des démangeaisons ou des fourmillements superficiels, qu'il attribue à de petits animaux piqueurs ou présents dans le derme. Il déploie d'intenses efforts pour apporter des éléments de preuve qui, dans le meilleur des cas, se révèlent être des morceaux d'insectes inoffensifs et répandus dans les maisons (mouches, poissons d'argent, moucherons, etc.).

Dans certains cas extrêmes, l'arthropode nuisant est lui-même un pathogène. Il en est ainsi du sarcopte, acarien responsable d'une gale cutanée, ou de l'asticot de certaines mouches qui se développe aux dépens des tissus de l'hôte. Mais il ne faut pas oublier que la majorité des arthropodes sont inoffensifs pour l'homme (*voir l'encadré page 69 en haut*).

Parmi les nuisants, on inclut parfois les arthropodes venimeux, qui ne sont pas hématophages et qui piquent occasionnellement l'homme, le plus souvent par réaction de défense. Ils relèvent de cinq groupes principaux qui utilisent divers systèmes inoculateurs de venin.

Ceux du premier groupe, comme les araignées et les scolopendres, injectent du venin par deux crochets situés au voisinage de la cavité buccale. Le deuxième comprend les scorpions, dont le dernier segment abdominal est muni d'un dard. Le troisième groupe est celui des hyménoptères tels que bourdons, abeilles, guêpes et frelons, dont les femelles adultes piquent avec un dard rétractile situé à l'extrémité de l'abdomen. Le quatrième groupe inclut de nombreux arthropodes

qui utilisent leurs pièces buccales et leur salive pour se défendre lorsqu'on les saisit, et infligent de douloureuses piqûres ; c'est le cas d'hétéroptères, comme les punaises prédatrices ou suceuses de sève. Enfin, le dernier groupe d'arthropodes venimeux est constitué de chenilles urticantes de papillons, dont certaines soies sont différenciées en micro-harpons contenant un venin allergène ; c'est le cas de la chenille processionnaire du pin, dont l'aire de répartition est aujourd'hui en forte expansion.

Des agents infectieux dangereux

La nuisance ou la pathogénie résultent de l'arthropode lui-même ou de sa piqûre. En revanche, la notion de vecteur implique l'existence d'un acteur supplémentaire : un agent infectieux (un virus, une bactérie ou un parasite, lequel peut être un organisme unicellulaire ou un organisme plus complexe, tel un ver) que le vecteur peut transmettre. L'agent infectieux constitue un problème grave, bien que sa taille soit souvent microscopique.

Le terme de vecteur revêt deux significations en biologie. L'acception la plus large inclut tout organisme qui intervient dans la transmission d'un agent infectieux. Cette définition accepte les pucerons comme vecteurs de virus de plantes, les sangsues comme vecteurs de parasites de poissons, grenouilles ou tortues, et des chauves-souris vampires comme vecteurs de virus de la rage en Amérique. Selon une seconde acception, à visée opérationnelle pour la lutte contre les insectes transmettant des maladies aux humains, on désigne par arthropode vecteur « tout arthropode hémaphophage qui assure la transmission biologique active d'un agent pathogène d'un vertébré à un autre vertébré ». En pratique, cela regroupe des insectes et les tiques.

L'hématophagie a un rôle central

Parfois, le statut de vecteur représente un stade chronologiquement postérieur à celui de nuisant. Ainsi, *Aedes albopictus* était un moustique nuisant dans l'île de La Réunion et, lorsque le virus du chikungunya y a été introduit, ce moustique en a assuré la transmission vectorielle, sans rien perdre de son pouvoir de nuisance. Cet exemple illustre qu'un nuisant, en présence d'un agent infectieux, peut devenir vecteur, au moins le temps d'une épidémie.

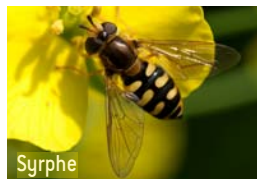
Dans un petit nombre de cas, la fonction de vecteur peut s'exercer sans aucune nuisance. Ainsi, en Afrique de l'Ouest, la fièvre récurrente à tiques est transmise la nuit, à une personne endormie, par une tique molle dont la piqûre, brève et pratiquement indolore, passe inaperçue. Il y a donc là transmission vectorielle d'un agent infectieux sans nuisance par la piqûre.

L'hématophagie est une notion centrale des infections vectorielles. Ce mode d'alimentation implique que les vecteurs transmettent exclusivement des « parasites » dermiques, hémolymphatiques ou sanguins, la peau et la circulation sanguine ou lymphatique étant les seuls compartiments auxquels ils ont accès. Ainsi, les parasites intestinaux ne sont jamais transmis par voie vectorielle.

La prise du repas sanguin suppose l'identification par l'hématophage de l'hôte à piquer, identification qui fait intervenir de nombreux mécanismes perceptifs (voir l'encadré page 70). Et l'ingestion de

Ils ne piquent pas !

La plupart des insectes (plus d'un million d'espèces) sont inoffensifs pour l'homme et rendent de précieux services écologiques. Certains, tels les syrphes (mouches butineuses), les tipules (ou cousins) ou les chironomes (diptères à antennes plumeuses) ressemblent à des insectes piqueurs, mais n'en sont pas.



sang, liquide riche en eau et en nutriments, impose nombre de contraintes, dont la coagulation. Et, de fait, toutes les salives d'hématophages sont anticoagulantes. Ensuite, des pompes aspirantes fonctionnent pour ingérer le bol alimentaire, et des sortes de valves empêchent le reflux du liquide ingéré. Aussitôt, le bol alimentaire est concentré, ce qui permet d'augmenter le volume ingéré.

La transmission par un animal vecteur est souvent obligatoire pour les agents infectieux. C'est le cas pour les *Plasmodium*, agents unicellulaires du paludisme, qui sont uniquement transmis par la piqûre d'un moustique anophèle femelle (mise à part leur transmission non naturelle lors de transfusions de sang contaminé). Il en va de même pour les trypanosomes, agents de la maladie du sommeil, transmis en Afrique par la piqûre des mouches tsé-tsé (ou glossines).

Parfois, la transmission vectorielle n'est pas le seul mode de transmission possible. Il en est ainsi de l'encéphalite européenne à tiques, pour laquelle coexistent deux modalités de passage du virus à l'homme : une transmission vectorielle par piqûre de la tique et une transmission orale par ingestion de lait non pasteurisé. Cette grave maladie due à un arbovirus sévit principalement en Europe de l'Est, jusqu'à l'Est de

	MOUSTIQUES VECTEURS	<i>Anopheles</i> et <i>Culex</i> (piquent du coucher au lever du soleil)	<i>Aedes</i> (piquent surtout le jour)
	MALADIES TRANSMISES	Paludisme, encéphalite japonaise, filariose...	Dengue, chikungunya, fièvre jaune...
MOYENS DE PROTECTION	Moustiquaire (imprégnée d'insecticide)	++++	+
	Pulvérisation dans le domicile d'insecticides rémanents	+++	+
	Diffuseur électrique d'insecticide (intérieur)	++	++
	Moustiquaires de fenêtres et de portes	++	++
	Climatisation	+	+
	Ventilation	+	+
	Répulsifs cutanés	++	+++
	Vêtements imprégnés d'insecticide	++	++
	Serpentins fumigènes (extérieur)	+	+

3. EFFICACITÉ RELATIVE DES MOYENS DE PRÉVENTION disponibles contre les piqûres de moustiques. Certaines mesures d'appoint, tels les appareils à ultrasons ou les comprimés de vitamine B₁, dont l'inefficacité a été prouvée, ne figurent pas ici.

D'après G. Duvallet et L. de Gennille, Protection personnelle antivectorielle, IRD Éditions, 2012, p. 306

Comment les moustiques détectent leurs victimes

Les moustiques choisissent leurs hôtes à piquer en fonction de la chaleur, du gaz carbonique et des odeurs qu'elles émettent. Savoir ce qui les attire ou les éloigne est essentiel pour les inciter à s'approcher (pour les piéger) ou pour les repousser (et éviter ainsi des piqûres).

Des recherches actives sont en cours sur l'olfaction des insectes. Plusieurs familles de récepteurs olfactifs localisés sur les

antennes du moustique ont été identifiées. Ces récepteurs sont reliés à des nerfs sensoriels qui réagissent quand une molécule attractive s'y fixe.

Il existe des dizaines de molécules attractives, notamment des odeurs caractéristiques des humains comme l'ammoniac, l'acide lactique ou l'aminobutane. Selon les espèces de moustiques, ce sont les composés volatils émis dans la respi-

ration qui sont attractifs (CO_2 notamment), ou dans la sueur avec une forte participation de la microflore cutanée. En fonction du cocktail olfactif et des espèces de piqueurs présentes, certains individus ou types d'individus (femmes enceintes, personnes ayant bu de l'alcool...) sont davantage piqués que d'autres (voir « Y a-t-il des "peaux à moustiques" ? », *Pour la Science*, juillet 2012).

la France. Le vecteur est une tique du genre *Ixodes*. Le réservoir de virus est constitué de nombreux animaux (rongeurs et oiseaux, notamment). Le bétail est aussi susceptible d'héberger le virus, qui survit longtemps dans le lait des animaux, d'où la possibilité d'une transmission par voie orale.

La distinction entre nuisants et vecteurs est, comme on l'a vu, parfois malaisée. Mais ce n'est pas qu'une question de biologie théorique : elle a, au moins en France, des implications réglementaires pour les insectes vecteurs de pathogènes pour l'homme. Le texte législatif de référence mentionne en effet que là où « l'existence de conditions entraînant un risque de développement de maladies humaines transmises par l'intermédiaire d'insectes et constituant une menace pour la santé de la population [...], la définition des mesures de lutte nécessaires relève de la compétence de l'État ». À l'égard des arthropodes nuisants qui ne sont pas vecteurs, la définition de la responsabilité des actions de contrôle relève d'autres réglementations désignant, selon les cas, d'autres acteurs (Conseils généraux, communes, particuliers...).

Prévention collective ou personnelle

En pratique, le contrôle des arthropodes nuisants ou vecteurs fait l'objet de deux approches complémentaires.

La première est la « lutte antivectorielle », qui désigne comme cible le vecteur et comme bénéficiaire la collectivité. Elle vise à réduire localement la densité d'arthropodes vecteurs, en mettant en jeu de grands moyens dans des actions dirigées contre les populations de vecteurs ou les milieux où ils se développent (par exemple,

L'AUTEUR



Vincent ROBERT est directeur de recherche à l'IRD (Institut de recherche pour le développement), et travaille au Laboratoire MIGEVIC (unité mixte IRD-CNRS-Université Montpellier 1 et 2) du Centre IRD France-Sud, à Montpellier.



4. QUELQUES MOYENS D'APPOINT vendus dans le commerce : appareil à ultrasons, essence de citronnelle, bracelet anti-moustique, comprimés de vitamine B_1 . L'efficacité de ces dispositifs est soit faible (huiles essentielles, bracelets), soit nulle (appareils à ultrasons, vitamine B_1).

la lutte contre les simuliés en Afrique de l'Ouest pour enrayer la transmission de l'onchocercose, la lutte contre les moustiques à Mayotte qui transmettent le paludisme et des arboviroses, le contrôle des populations de moustiques sur le littoral méditerranéen ou atlantique pour réduire les piqûres, etc.).

La seconde approche est la protection personnelle antivectorielle (PPAV), qui vise plus modestement à protéger la maison, la famille ou l'individu en recourant à des dispositifs ou produits plus simples que ceux mis en œuvre dans la lutte antivectorielle. Abordons cette question de la prévention au quotidien.

Allier efficacité, simplicité, bas coût et absence d'effets négatifs

Idéalement, la protection personnelle antivectorielle doit à la fois être efficace, présenter le moins possible d'effets indésirables, être bon marché et suffisamment simple pour être suivie sur une longue période. Le domicile constitue un cadre privilégié pour envisager une désinsectisation. Encore faut-il respecter quelques principes de base, rappelés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), et qui relèvent du bon sens.

Tout d'abord, une utilisation d'insecticide « à l'aveugle » contre un insecte inconnu est presque toujours inefficace. Il faut la cibler sur un ou des insectes bien identifiés et localisés. Ensuite, toute lutte est d'abord mécanique, c'est-à-dire effectuée sans produit insecticide. Hygiène et propreté en constituent le socle : usage de l'aspirateur, lavage du linge à des températures supérieures à 40°C , entretien des papiers peints, moquettes et tapis, bouchage des fentes dans les murs, pose de grillage moustiquaire aux portes et fenêtres, etc. L'usage d'insecticide chimique, lui-même optionnel, doit toujours être accompagné ou précédé par une lutte mécanique. Enfin, tuer les insectes adultes sans éliminer les larves et les œufs est généralement inefficace à court ou moyen terme.

Du côté des produits chimiques, l'utilisation de répulsifs cutanés (lotions ou crèmes appliquées sur la peau) est l'un des principaux moyens de protection individuelle. Sur le plan réglementaire, ils relèvent des produits biocides. On a longtemps pensé