
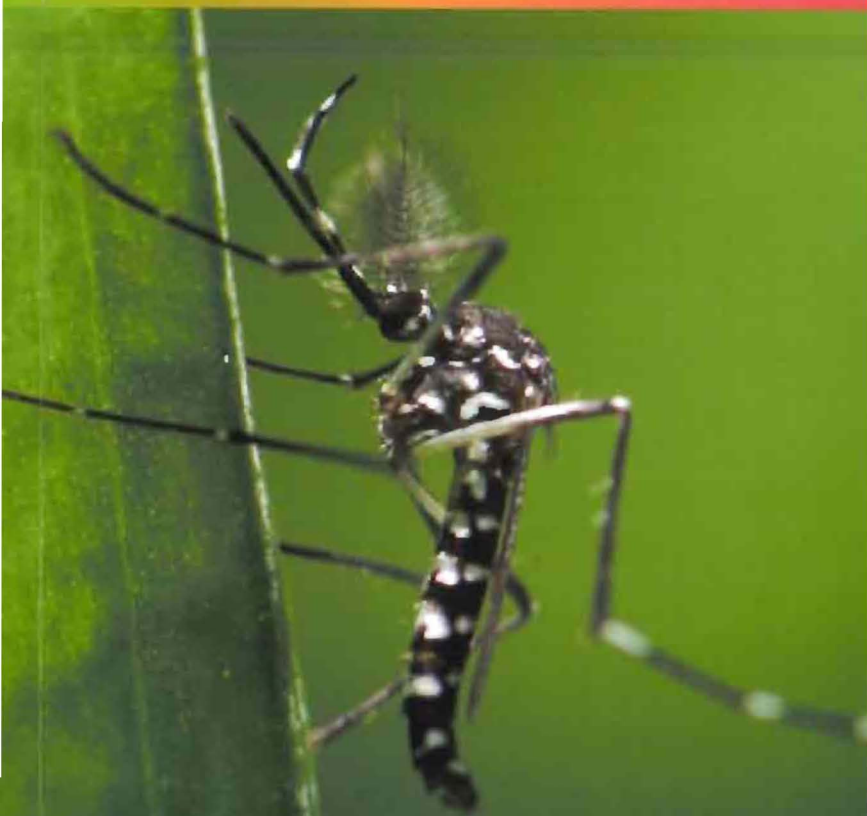
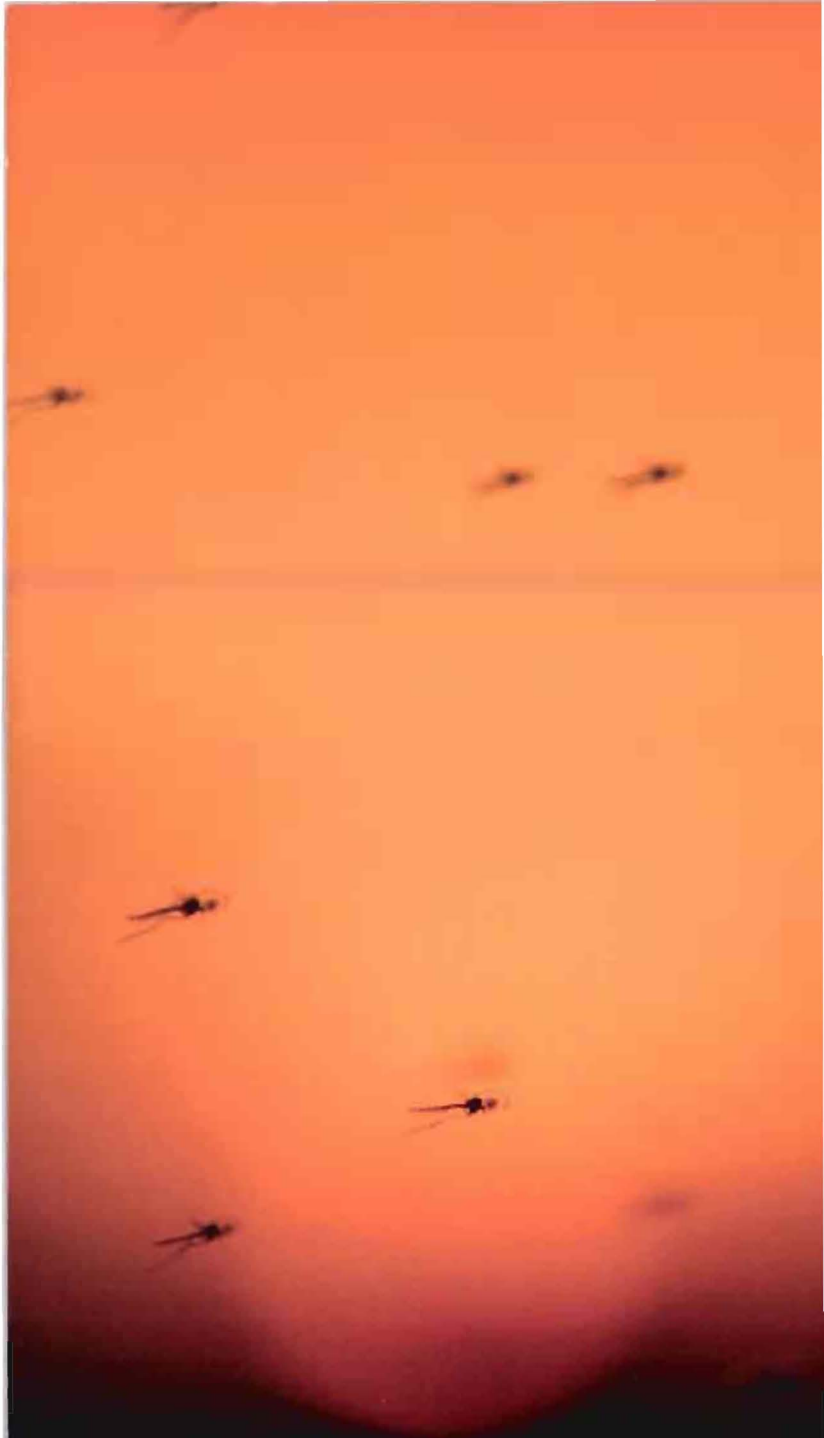


Alerte aux moustiques?

 Frédéric Simard
Editions Laurence Farraudière
André Yébakima



scit
éditions 



En couverture :

On reconnaît le mâle à ses antennes très velues.

Contrairement à la femelle, il est inoffensif, car il ne pique pas.



Alerte aux moustiques ?

Vieux comme le monde	3
Les moustiques	5
Une bonne mère de famille	8
Les moustiques vecteurs	16
Moustiques, microbes et maladies infectieuses . .	23
Virus, bactéries et parasites	26
Transmission et épidémies	29
Un risque à l'échelle mondiale	34
Il faut connaître son ennemi pour le combattre . .	43
La prévention individuelle	50
La lutte antivectorielle	58
C'est l'affaire de chacun	65
Les moustiques, acteurs de l'histoire	68
Les principales maladies dues aux moustiques . .	70
Pour en savoir plus	79

Moustiques et arbovirus

Les moustiques sont de petits insectes appartenant à l'embranchement des arthropodes, à l'ordre des Diptères – ils ont deux ailes – et à la famille des Culicidae.

Cet embranchement comprend aussi les Chélicérates, dont les arachnides – les tiques et les acariens – et les Mandibulates, chez qui on trouve, entre autres, les crustacés, les myriapodes (les « mille-pattes ») et les insectes, qui ont six pattes.

Les arbovirus sont un type de virus transmis par des arthropodes suceurs de sang comme les moustiques, les tiques et les phlébotomes. Ce nom provient de la contraction de l'expression anglaise *arthropod-borne viruses*. On compte dans cette catégorie les flavivirus, responsables de la dengue, de la fièvre jaune, de la fièvre du Nil occidental (*West-Nile*) ou encore du zika, ainsi que les alphavirus, comme le chikungunya.

Chaque année, cette collaboration d'une redoutable efficacité avec les virus et d'autres microbes fait des moustiques les animaux les plus meurtriers pour l'homme.



Palmarès des responsables de décès humains par an. Les moustiques occupent la première place, avant l'homme lui-même (source OMS/FAO).



Vieux comme le monde

Depuis que l'homme est homme, les maladies infectieuses transmises par les insectes ont exercé un poids considérable sur sa santé et celle de ses animaux domestiques.

Parmi eux, les moustiques, qui souvent nous dérangent par leur nuisance, sont surtout responsables de la transmission de nombreux virus parmi les plus dangereux pour l'homme. *Mosquito*, *Zanzara*, *Maringoin*, *Mbu*, *Ngungui*... ils sont présents sous toutes les latitudes.

Il a fallu du temps pour associer les moustiques aux affections qui faisaient des ravages dans les régions humides, réputées depuis toujours comme inhospitalières. Il n'y a pas si longtemps, le paludisme régnait encore en maître dans de nombreuses régions d'Europe, y compris en France. Mais à l'époque, on attribuait les épidémies à la mauvaise qualité de l'air (d'où le nom de « *malaria* » – mauvais air – qui désigne également le paludisme).

Dans la Caraïbe et la plupart des Outre-Mer, ils ont toujours été une préoccupation des autorités sanitaires à cause des maladies qu'ils pouvaient véhiculer. En effet, le climat tropical est propice au développement quasi permanent des insectes.

Moustique conservé dans l'ambre, résine de conifère fossilisée. Ce spécimen, retrouvé sur les rives de la mer Baltique, est daté d'environ 40 millions d'années.

Le DDT, dichloro-diphényl-trichloro-éthane, est certes d'une efficacité redoutable, mais terriblement dangereux pour l'environnement. Polluant organique persistant, il s'accumule dans la chaîne alimentaire, et est de surcroît capable de voyager sur de longues distances (on a retrouvé du DDT jusque dans l'Antarctique, où il n'a jamais été utilisé).

Le paludisme existe encore à Mayotte et en Guyane, même s'il a été éradiqué à la Réunion, à la Martinique et à la Guadeloupe. La fièvre jaune, qui décima les troupes de Napoléon sur l'île d'Hispaniola (partagée aujourd'hui entre Haïti et la République dominicaine), fit également de très nombreuses victimes lors de la construction du canal de Panama. La dengue, endémique aux Antilles et dans plus de 100 pays, était signalée à Philadelphie aux États-Unis dès 1780. La filariose de Bancroft est également transmise à l'homme par un moustique.

Un temps oubliées, ces maladies resurgissent à la faveur de la mondialisation et des changements environnementaux. La découverte des propriétés insecticides du DDT, dans les années 1940, avait fait croire à une résolution rapide et définitive du problème. Mais c'était sans compter sur la formidable capacité d'adaptation des moustiques, qui ont développé des résistances à ce produit.

Parfaitement adaptés à notre monde « 2.0 » de plus en plus urbain, de plus en plus rapide, de plus en plus interconnecté, les moustiques représentent aujourd'hui une menace nouvelle, qui découle directement de notre action sur l'environnement. Cette menace, il va nous falloir apprendre à la gérer, au même titre que le réchauffement climatique ou l'érosion de la biodiversité.

Les temps modernes sont marqués par une succession d'épidémies, et les défis à relever sont énormes, à la mesure de la variété des moustiques et des microbes pathogènes qui en sont responsables.

C'est pourquoi l'heure est venue de lancer cette « Alerte aux moustiques », appel à une vigilance éclairée face aux moustiques et aux

maladies – émergentes et ré-émergentes – que ceux-ci propagent dans notre monde désormais ultra-globalisé!





Les moustiques

Apparus il y a plus de 250 millions d'années, les moustiques – les « Culicidae » pour les scientifiques – sont présents sur tous les continents. On les trouve partout, y compris dans les régions très arides du globe, comme le désert du Sahara, la vallée du Rift en Afrique... ou très froides, comme le Canada et la Sibérie. On en recense aujourd'hui plus de 3 500 espèces dans le monde, dont environ 300 piquent l'homme.

Certaines espèces sont spécifiques d'un continent ou d'un territoire donné, tandis que d'autres ont une répartition beaucoup plus vaste (espèces cosmopolites ou pan-tropicales). D'autres encore sont restreintes à des habitats très particuliers, comme les rizières ou les mangroves, alors que certaines, à caractère invasif, colonisent chaque année de nouvelles régions.

La plupart des moustiques sont des animaux sauvages qui vivent dans la nature, loin de l'homme. Ils se nourrissent de sucre et du sang de vertébrés sauvages, oiseaux ou reptiles. Une proportion minime d'entre eux, que l'on qualifiera de « domestiques » ou d'« urbains », s'est adaptée à nos conditions de vie moderne: ils colonisent

Moustique adulte juste après l'émergence, phase délicate de son développement, au cours de laquelle l'insecte passe d'une vie aquatique à une vie aérienne. De nombreuses larves et nymphes sont visibles dans l'eau.

nos villes, nos villages et nos campagnes, où ils piquent l'homme, de jour comme de nuit. Souvent responsables de fortes nuisances par leur piqure douloureuse, c'est également en nous piquant qu'ils peuvent nous transmettre les microbes qui provoquent diverses maladies parmi les plus meurtrières au monde.

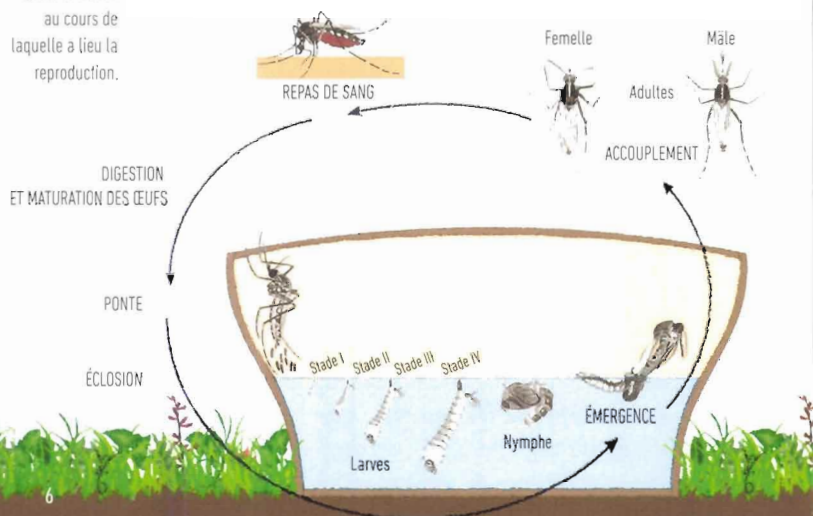
Les moustiques peuvent ainsi, à juste titre, être considérés comme les animaux les plus dangereux pour l'homme, loin devant les grands fauves d'Afrique ou d'Amérique du Sud et d'autres animaux traditionnellement considérés comme « féroces ».

De l'œuf à l'adulte

La vie d'un moustique commence par un œuf que la femelle dépose sur un support humide ou directement à la surface de l'eau. Son développement débute par une phase aquatique, et se poursuit par une phase aérienne au stade adulte. C'est sous cette forme qu'il nous est le plus familier.

Les différents stades du développement sont séparés par des mues et des métamorphoses complètes, qui vont radicalement changer son aspect. Pour cette raison, les moustiques sont dits « holométaboles ». Tout comme un asticot donnera une mouche et qu'une chenille deviendra

Le cycle de développement du moustique alterne une phase juvénile aquatique (larves et nymphe) et une phase adulte aérienne au cours de laquelle a lieu la reproduction.



papillon, la larve de moustique deviendra moustique après être passée par le stade intermédiaire de la nymphe, également appelée puppe.

Les larves et les nymphes sont fragiles et ne se développent qu'en eau calme. Incapables de respirer sous l'eau, elles doivent fréquemment remonter à la surface et se noient facilement dans l'eau courante ou agitée. Les eaux stagnantes ou dormantes sont, par conséquent, plus propices à leur développement : marais, étangs, flaques, anses calmes des ruisseaux et rivières, empreintes d'animaux, creux d'arbres ou de rochers, aisselles de feuilles engainantes, broméliacées... mais aussi puisards, latrines, égouts, citernes ou fûts de stockage d'eau, autrement dit tout récipient, naturel ou artificiel.

Le moustique adulte

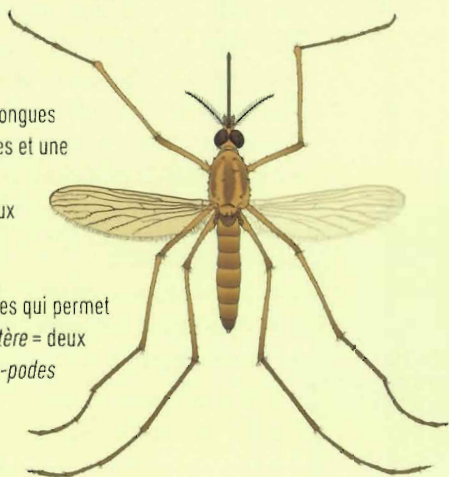
La tête du moustique porte deux yeux composés et la trompe, également appelée proboscis, qui est l'appareil par lequel il pique et se nourrit. La trompe est entourée d'une paire de palpes et de deux antennes, plus velues chez le mâle que chez la femelle. Cette différence peut aider à les identifier : c'est le mâle qui porte la moustache !

Le thorax porte trois paires de longues pattes articulées, une paire d'ailes et une paire d'haltères, qui sont des sortes d'ailes atrophiées. Ces deux appendices servent à équilibrer l'animal pendant son vol.

C'est la présence de ces deux ailes qui permet d'identifier les moustiques (*di-ptère* = deux ailes), parmi les insectes (*arthro-podes* = pattes articulées, les insectes en ont 6).

L'abdomen, divisé en 8 à 11 segments, se termine par les organes reproducteurs. Il héberge l'ensemble de l'appareil digestif du moustique (estomac, intestin et autres structures spécifiques intervenant en particulier dans la digestion et l'immunité de l'animal).

Comme tous les insectes, le moustique a un squelette externe, la cuticule. Ses organes internes baignent dans un liquide physiologique transparent, l'hémolymphe.





Femelle *Aedes aegypti* en train de prendre un repas de sang sur un hôte vertébré. Son abdomen se dilate à mesure qu'elle absorbe le précieux liquide.

Une bonne mère de famille

Comme tous les êtres vivants sur la planète, la raison d'être d'un moustique est de se reproduire afin d'assurer la survie de son espèce. Cette fonction vitale est assurée dès les premières heures de sa vie adulte. La maturité sexuelle atteinte, peu après l'émergence et après avoir puisé les forces nécessaires dans la végétation environnante (nectar de fleurs, fruits, voire miellat de pucerons), Monsieur et Madame moustique vont s'accoupler. C'est en vol que se fait la rencontre et les points de rendez-vous sont variables selon l'espèce.

L'accouplement

Les moustiques utilisent deux stratégies pour leurs rencontres amoureuses : il y a les adeptes du « resto tranquille » et ceux de la « boîte de nuit ».

● Resto ou boîte de nuit ?

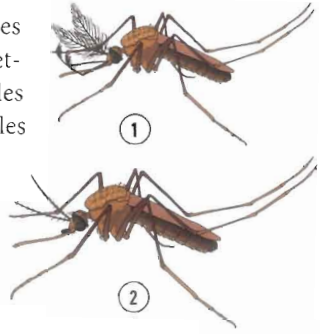
Chez les *Aedes* ou les *Culex*, on est plutôt « resto » : les mâles attendent les femelles à proximité des gîtes larvaires qui les ont vus naître, ou autour des hôtes, victimes potentielles d'une piqûre à venir. Au crépuscule ou à l'aube, il n'est pas rare d'observer, quelques centimètres au-dessus de la tête de certaines personnes, notamment

aux cheveux foncés, de petits nuages de moustiques animés de va-et-vient verticaux: ce sont des mâles qui paradednt en quête de femelles avec qui s'accoupler.

Chez les *Anopheles*, les agrégations de mâles sont plus importantes et de véritables essaims se forment, généralement au crépuscule. À proximité des gîtes larvaires ou dans des environnements ouverts, dans les villages ou en lisière des zones agricoles, on peut souvent les observer pendant plusieurs jours d'affilée, au même endroit et à la même heure, dansant dans un joyeux désordre: c'est la stratégie « boîte de nuit ».

Ce qui motive ce comportement, ainsi que la nature des marqueurs et des *stimuli* utilisés par les mâles pour se regrouper, reste un mystère. Les femelles vierges savent localiser ces essaims, qu'elles vont traverser à la recherche d'un géniteur pour leur descendance.

On a pu montrer qu'un dialogue s'instaurait entre le mâle et la femelle, qui sont capables de synchroniser leurs battements d'ailes sur la même fréquence en prélude à l'accouplement. Une fois le contact établi, c'est en vol que celui-ci s'effectue. Le couple, attaché par le bout de l'abdomen, s'éloigne alors gauchement de l'essaim pour aller



Différences morphologiques entre:

1. le mâle (antennes velues) et
 2. la femelle (antennes fines).
- Chez les *Culex* et les *Aedes*, les palpes sont plus développés chez les mâles que chez les femelles.

Essaim d'*Anopheles* mâles au crépuscule.



se poser dans la végétation environnante. Là, le risque est grand pour lui d'attirer l'attention de prédateurs voraces tels que les libellules, les oiseaux ou les chauves-souris insectivores qui raffolent de ces friandises qu'annoncent les essaims de mâles. Une fois au sol, les amants se séparent et l'accouplement est terminé.

● Chacun de son côté

Son devoir accompli, le mâle se met en quête d'un repas sucré pour reconstituer ses réserves en vue de participer aux essaims le soir suivant. S'il est chanceux, il se reproduira à nouveau en fécondant une autre femelle. En fonction des espèces, un mâle adulte vit entre 10 et 20 jours et pourra ainsi féconder jusqu'à une vingtaine de femelles.

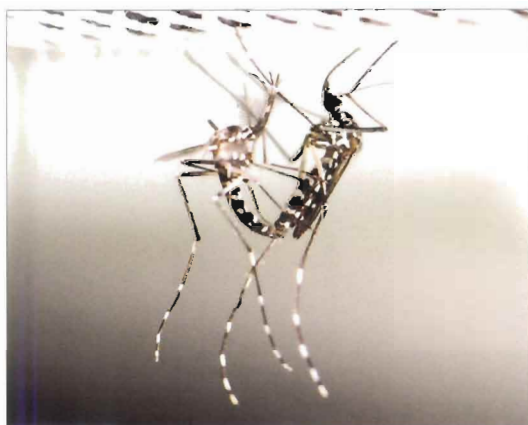
La femelle, dans la plupart des cas et chez la plupart des espèces, ne s'accouple qu'une fois dans son existence, au début de sa vie d'adulte. Lors de cet unique accouplement, elle stocke le sperme reçu du mâle dans un organe spécifique, la spermathèque, situé dans son abdomen, à proximité de l'appareil génital. Les spermatozoïdes sont maintenus en vie dans cet organe et c'est la femelle qui fécondera elle-même tous les œufs qu'elle pondra par la suite.

La piqûre du moustique

L'accouplement modifie complètement le comportement de la femelle : vierge, elle est à la recherche

Spermathèque : organe de stockage du sperme, au même titre que dans une bibliothèque on range des livres.

Accouplement de moustiques tigres dans une cage en laboratoire. Le mâle (antennes velues, à gauche) et la femelle (plus grosse, à droite) sont attachés l'un à l'autre par leurs organes sexuels situés au bout de l'abdomen. La femelle ne s'accouple généralement qu'une seule fois dans sa vie.



d'un mâle, mais une fois fécondée, elle se met à la recherche d'un hôte à piquer. Or, comme le mâle, elle pourrait parfaitement vivre « de sucre et d'eau fraîche », car l'un comme l'autre n'ont besoin de rien d'autre pour survivre. On peut donc se demander ce qui motive ces dames à nous harceler, souvent au péril de leur vie. La réponse est simple, c'est l'instinct maternel qui les y pousse ! Quant aux mâles, exempts de toute obligation parentale, ils ne piquent jamais et n'occasionnent aucune nuisance.

● Elle pique pour se reproduire

En effet, Madame moustique est bien incapable de synthétiser elle-même, ou de trouver dans sa nourriture végétale, tous les nutriments nécessaires à la fabrication et à la maturation de ses œufs. Elle est hématophage : le sang des vertébrés, riche en protéines, en acides aminés mais aussi en sucres, lui fournit ces précieux éléments.

Pour cela, elle devient la redoutable machine à piquer que l'on sait. La vie de Madame moustique n'est donc pas un long fleuve tranquille. Elle doit trouver un hôte à piquer, et ce faisant, il est vital pour elle de passer inaperçue de celui-ci le temps d'accomplir sa besogne.

La stratégie consiste à anesthésier son hôte pendant la piqûre tout en rendant son sang plus facile à pomper. Elle est aidée en cela par sa salive, qu'elle injecte à chaque piqûre.



Femelle
*Anopheles
atroparvus* en
train de prélever
du sang. Elle
n'a pas encore
livré sa ponte et
les œufs sont
visibles dans
son abdomen
ainsi que les
restes du repas
précédent encore
incomplètement
digéré.



À la différence des abeilles, des guêpes, des frelons ou autres scorpions, le moustique ne pique pas pour se défendre, donc il n'injecte pas de venin. Chauffer la plaie n'est par conséquent pas une solution pour soulager les démangeaisons dues à la piqûre.

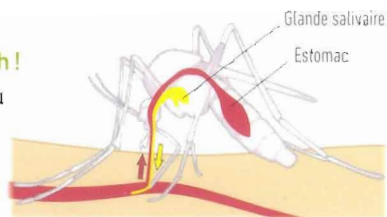
Au moment où sa trompe affûtée vient se loger directement dans les capillaires sanguins périphériques de l'hôte, les anticoagulants contenus dans la salive de l'insecte fluidifient le sang tandis que des anesthésiants inhibent la douleur associée à la piqûre. C'est pourquoi il arrive souvent que, lorsque l'on ressent celle-ci, la coupable est déjà hors de portée. En effet, ce n'est qu'à ce moment que le corps va commencer à réagir, notamment par une réaction immunitaire dirigée contre la salive. C'est une réaction de type allergique, qui se traduit la plupart du temps par l'apparition d'un bouton et de démangeaisons plus ou moins fortes.

Les « peaux à moustiques »

Face à la piqûre de moustique, nous sommes inégaux. Certaines personnes sont plus attractives que d'autres, notamment en fonction de leur état physiologique : l'activation du métabolisme due à la consommation d'alcool, ou l'augmentation de la chaleur corporelle chez les femmes enceintes par exemple. Dans les deux cas, une température corporelle inhabituellement élevée offre les conditions favorables à l'augmentation de l'activité bactérienne à la surface de la peau... donc des odeurs émises, donc de l'attractivité pour les moustiques. C'est aussi le cas des malades qui ont de la fièvre. En revanche la pilosité n'est en rien un facteur d'inégalité : quelle que soit son importance, le moustique trouvera toujours sa voie vers les zones les plus accessibles. Certaines espèces particulièrement voraces, comme le moustique tigre, piquent même à travers les vêtements, surtout lorsqu'ils sont portés près du corps. En outre, le fréquent sentiment d'injustice qu'ont certains d'entre nous d'être plus particulièrement visés vient souvent de leur plus grande réactivité aux piqûres.

● **Une trompe « aïe »-tech !**

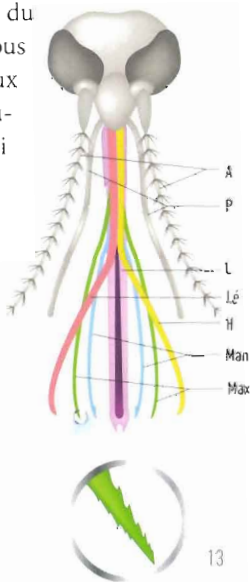
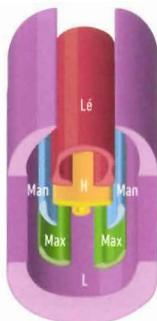
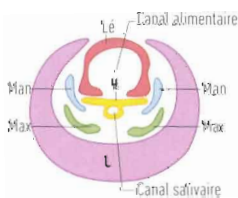
C'est un véritable couteau suisse que Madame moustique utilise pour nous piquer. Sa trompe, le proboscis, se compose du labium, sorte de carquois souple et épais, qui sert de fourreau à six stylets affûtés comme des lames. Ensemble, ils forment l'instrument idéal dont rêvent toutes les infirmières. Imaginez une seringue indolore qui permettrait d'effectuer des prélèvements tout en injectant des médicaments !



- ◆ La piqûre: deux maxilles latérales, aux dents si acérées que leur action est totalement indolore, percent la peau.
- ◆ Deux mandibules servent alors de forceps pour maintenir la plaie ouverte tandis que le labre, long spaghetti souple et creux, du diamètre d'un cheveu, se faufile jusqu'à un vaisseau sanguin. Le tube est relié à une pompe, située dans le thorax, qui déclenchera instantanément le prélèvement de sang dès que le labre aura perforé un vaisseau.
- ◆ La sixième lame du couteau, la plus dangereuse, est l'hypopharynx, soudé au labre dont il forme la partie basale. L'hypopharynx est percé du canal salivaire par lequel l'insecte nous injecte sa salive, précieux liquide aux propriétés anesthésiantes et anticoagulantes, qui rend le travail si efficace et si sûr. Mais c'est aussi par là que passent les agents pathogènes éventuellement accumulés dans les glandes salivaires de la femelle infectieuse !

L'appareil piqueur

- A : Antennes
- P : Palpes
- L : Labium
- Lé : Labre-épipharynx
- H : Hypopharynx
- Man : Mandibules
- Max : Maxilles



La trompe du mâle est beaucoup plus rudimentaire. Ses mandibules et ses maxilles sont très réduites: c'est un organe de type « suceur » alors que celle de la femelle est dite « vulnérante ».

Heureusement, plus on est piqué, plus le corps s'habitue à ce « corps étranger » que représente la salive d'une espèce donnée, et avec le temps les réactions s'atténuent. Mais cette immunité est spécifique, et la piqûre d'une espèce différente peut de nouveau provoquer une réaction importante.

Une chasse à l'hôte impitoyable

Lors de la chasse au vertébré à piquer, c'est par le dioxyde de carbone (CO_2) rejeté par la respiration de celui-ci que Madame moustique localise sa proie. Son flair est considérable: elle est capable de détecter une émission de CO_2 sur des distances de l'ordre de la dizaine, voire de la centaine de mètres, et de s'orienter pour remonter à sa source.

Une fois dans les parages de la cible, c'est le cocktail complexe de composés volatils, spécifiques de l'espèce, voire de l'individu qui les émet, qui la renseigne sur l'identité de celui-ci. Ces odeurs proviennent des bactéries présentes à la surface de la peau, qui produisent des acides gras insaturés fortement volatils, dont elle raffole. Si la victime est répertoriée dans son menu, elle poursuit son approche.

Une fois à proximité, c'est par la vision, dans le visible ou l'infrarouge, qu'elle localise plus précisément son hôte et, sur celui-ci, la zone la plus propice pour se poser. Ensuite, c'est la chaleur corporelle de la victime qui va déclencher la piqûre.

Culex pipiens
en phase
d'atterrissage
sur une main.
À ce moment,
les ailes du
moustique
battent à une
fréquence de 600
battements par
seconde!



Ces comportements sont très variables en fonction des espèces. Les plus gourmandes piquent à peu près tout ce qui leur passe à portée de trompe. D'autres se comportent en véritables gourmets, au point de manifester des préférences strictes pour telle ou telle espèce ou groupe d'animaux: reptiles, oiseaux, mammifères, etc. Les plus dangereuses pour nous, comme *Anopheles gambiae*, vecteur du paludisme en Afrique, sont spécialisées sur l'homme: l'anophèle est capable de survoler tout un troupeau, sans s'y intéresser une seconde, pour aller piquer le berger!



Femelle *Aedes aegypti* prenant son envol après son repas de sang.

La ponte ou « oviposition »

Une fois gorgée de sang, la femelle voit son poids doubler, voire tripler. Son aptitude à voler s'en trouve altérée d'autant, et c'est dans cet équipage qu'elle part à la recherche d'un endroit calme et frais pour sa digestion, de préférence pas trop éloigné. Arrivée en lieu sûr, elle digère le sang récolté, qui contribue à la maturation des œufs qu'elle pondra quelques jours plus tard.

En environnement tropical, l'intervalle entre la piqûre et la ponte dépasse rarement 48 heures. Ensuite, la femelle se met en quête d'un gîte propice au développement de sa progéniture. Elle pond, puis se met à la recherche d'un nouvel hôte à piquer, ce qui aura pour effet de relancer un cycle de production d'œufs.

Ces cycles se succèdent jusqu'à la fin de sa vie, soit un à deux mois. Une femelle *Aedes aegypti* prend un repas de sang tous les 4 à 5 jours.



Femelle de *Culex* en train de pondre sous la forme d'un radeau déposé directement à la surface de l'eau. Un seul radeau peut comporter jusqu'à 200 œufs qui éclosent quelques heures après avoir été pondus.



Femelle du
moustique
commun,
*Culex quinque-
fasciatus*.

Les moustiques vecteurs

Parmi les 300 espèces qui piquent l'homme, une centaine est impliquée dans la transmission des agents infectieux les plus dangereux pour lui, mais une dizaine seulement est responsable de l'essentiel de cette transmission. Elles appartiennent toutes aux genres *Aedes*, *Anopheles* ou *Culex*, nos « meilleurs ennemis ».

Les autres espèces sont responsables de nuisances plus ou moins importantes, mais elles ne sont pas directement associées à un risque sanitaire majeur.

***Aedes aegypti*,** **« the Yellow Fever Mosquito »**

Aedes aegypti est le vecteur historique de la fièvre jaune. C'est une espèce originaire d'Afrique, où il en subsiste encore une forme ancestrale, essentiellement sauvage. L'*Aedes aegypti* contemporain s'est graduellement adapté à l'homme, au fur et à mesure de son évolution, jusqu'à devenir totalement domestique. Désormais, il vit et se reproduit dans les villes et les villages, souvent même à l'intérieur des habitations. Il pique préférentiellement les humains et pond ses œufs partout

ils stockent de l'eau ou favorisent son accumulation. À la faveur de ses avancées technologiques, notamment dans le domaine des transports, il a pu suivre l'homme dans ses déplacements, de plus en plus loin et de plus en plus vite. C'est ainsi que ce moustique a pu envahir de nouveaux continents.

Aux ^{xvii}^e et ^{xviii}^e siècles, c'est en véritable pirate qu'il a traversé l'océan Atlantique pour conquérir les îles de la Caraïbe et le continent américain, au plus fort du commerce triangulaire. Embarqués sur les côtes d'Afrique avec les esclaves, les moustiques trouvaient à bord des bateaux l'ensemble des ressources nécessaires à leur développement : des citernes remplies d'eau et des hommes à piquer à profusion.

Aedes aegypti est aujourd'hui présent dans toute la zone intertropicale, entre 35° de latitude nord et 35° de latitude sud : depuis le sud des États-Unis – de la Californie à la Floride – jusqu'au nord de l'Argentine, en passant par l'ensemble des îles de la Caraïbe. Il est aussi dans tous les pays d'Afrique subsaharienne, en Inde et dans l'océan Indien, en Chine et dans toute l'Asie du Sud-Est, jusqu'en Australie et en Polynésie. Autour de la Méditerranée, on le retrouve en Égypte et, autour de la mer Noire, en Russie, en Turquie et en Géorgie. Seul l'hiver l'arrête.



Aedes aegypti : petit moustique de 7 à 8 mm aux pattes rayées noir et blanc. Il pique essentiellement pendant la journée, à l'intérieur comme à l'extérieur des habitations. Signe distinctif : un dessin en forme de lyre blanche sur fond noir sur le thorax. Origine : Afrique.

***Aedes albopictus*, l'invasif « Moustique tigre »**

Son cousin, *Aedes albopictus*, ressemble beaucoup à *Aedes aegypti*, et transmet les mêmes virus.

Ses origines asiatiques et ses rayures noires et blanches généralement plus contrastées que celles de son parent africain, lui ont valu le surnom de « moustique tigre ».

Il y a encore quelques années, on le trouvait uniquement en Chine et au Japon, ainsi que dans quelques îles de l'océan Indien, comme la Réunion et Madagascar. Puis, à la fin du xx^e siècle, *Aedes albopictus* est parti à la conquête de l'Europe, de l'Amérique et de l'Afrique, avec une rapidité et une efficacité sans égales.

En Asie, l'espèce est essentiellement forestière. Voraces, les femelles ne font guère la fine bouche et piquent tous les animaux à sang chaud, l'homme compris, surtout lorsque celui-ci devient l'espèce majoritaire et incontournable dans l'environnement.

Dans la forêt, *Aedes albopictus* pond dans divers gîtes naturels, généralement de petit volume, comme les trous d'arbre, les aisselles de feuilles engainantes de plantes tropicales, les coques de fruits, etc. Dans les plantations d'hévéa, très répandues en Asie depuis le début du xx^e siècle,

Aedes albopictus:
petit moustique
de 5 à 6 mm
aux pattes
rayées de noir
et blanc; il pique
essentiellement
pendant la
journée, plutôt
à l'extérieur
des habitations.
Signe distinctif:
un trait blanc
sur fond noir
sur le thorax.
Origine: Asie
(Chine, Japon).



c'est dans les cupules de collecte du latex que les larves pullulent et les adultes se nourrissent du sang des nombreux ouvriers qui travaillent dans les plantations. Tout comme *Aedes aegypti* en Afrique, *Aedes albopictus* s'est adapté à l'homme, à ses environnements artificiels et a pu bénéficier de son aide pour coloniser la planète.



Les cupules utilisées pour récolter la sève de l'hévéa sont d'excellents gîtes larvaires pour le moustique tigre.

En ville, il utilise les mêmes types de gîtes larvaires que *Aedes aegypti* et, dans les zones où elles sont toutes deux présentes, il n'est pas rare de trouver les deux espèces dans le même gîte. Cependant, on constate que le moustique tigre remplace peu à peu *Aedes aegypti* dans les nouvelles zones envahies.

Deux stratégies pour envahir le monde

● La résistance à la dessiccation

Les *Aedes* pondent dans des gîtes larvaires de petit, voire de très petit volume. Dans ces conditions, le risque majeur pour les larves est que l'eau s'évapore avant qu'elles n'aient terminé leur développement pour pouvoir s'envoler sous la forme d'adultes ailés. La parade imaginée par la femelle pour sécuriser le développement de sa progéniture est de pondre ses œufs non pas directement sur l'eau, mais juste au-dessus, sur le support humide : de cette manière, c'est uniquement quand le gîte se remplira à la faveur d'une nouvelle pluie (ou d'un arrosage) que l'œuf mis en eau éclore. Dans le cas contraire, le gîte s'asséchera temporairement, et l'embryon attendra patiemment sa mise en eau avant de sortir de l'œuf sous forme d'une larve de premier stade. Les œufs de *Aedes* ont ainsi été sélectionnés, au fil des générations, pour résister à la dessiccation pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois.

L'accumulation d'eau dans les aisselles des feuilles et des fleurs telles que ces becs-de-perroquet est propice au développement des larves.

Cette propriété leur permet de voyager sur de très longues distances dans des conditions drastiques.



● La diapause

Chez *Aedes albopictus*, l'autre stratégie consiste à passer la saison défavorable dans un état de vie ralentie, la diapause.

C'est au Japon, où les hivers sont rudes, que le moustique a acquis ce moyen de survie extrêmement efficace. À la façon des ours et des marmottes, qui hibernent lorsque la durée du jour descend sous un certain seuil, les œufs sont programmés pour n'éclore qu'au printemps suivant, quand les conditions redeviennent favorables. Le mécanisme de ce phénomène reste encore largement incompris.

Pour les moustiques du sud de la France, on situe cette limite autour de treize heures d'éclairement par jour, ce qui correspond au début de l'automne.

En environnement tempéré, la durée du jour est en effet un indicateur beaucoup plus fiable que la température pour annoncer l'arrivée de l'hiver, surtout en ces temps de dérèglement climatique...

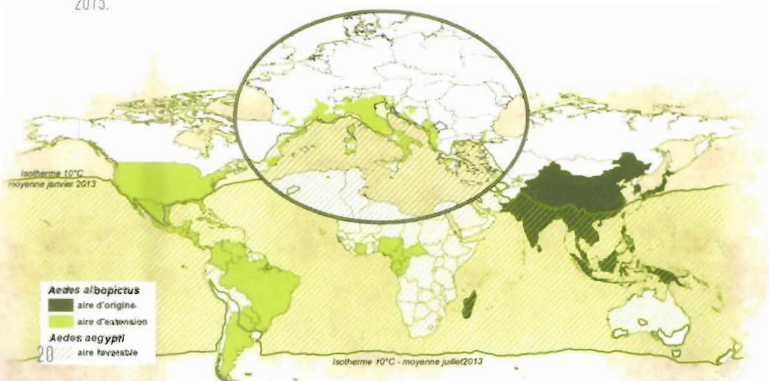
Ainsi, pendant tout l'hiver, même immergé, l'œuf n'éclore pas et l'embryon survit, à l'abri de toute agression extérieure, y compris des insecticides. Ce sont ainsi des milliers de petites bombes à retardement que le moustique tigre répand chaque

automne dans les régions tempérées du globe où il est maintenant bien implanté, et qui n'attendent que les beaux jours pour exploser en masse.

Les œufs d'*Aedes*, pondus sur un support humide, sont capables d'attendre pendant de longs mois d'être mis en eau par une pluie ou un arrosage. Chez *Aedes albopictus*, les œufs pondus à l'automne passeront l'hiver en diapause.



Répartition mondiale d'*Aedes aegypti* (zone hachurée) et d'*Aedes albopictus* en 2015.



L'anophèle, le moustique du paludisme

Chez les *Anopheles*, une quarantaine d'espèces sont impliquées dans la transmission des parasites du genre *Plasmodium* qui provoquent le paludisme. Chaque continent ou grande zone biogéographique de la planète héberge sa propre biodiversité anophélienne. La maladie tue encore plusieurs centaines de milliers de personnes par an, essentiellement en Afrique subsaharienne, où les moustiques *Anopheles gambiae* et *Anopheles funestus* sont responsables de l'immense majorité de la transmission.



***Anopheles gambiae* :**
moustique au corps long et élancé, d'environ 1 cm, au vol rapide et discret, il pique la nuit, à l'intérieur comme à l'extérieur des habitations. Signe distinctif : ailes tachetées d'écaillés sombres et claires, pattes mouchetées. Origine : Afrique.

Culex, le visiteur nocturne

Chez les *Culex*, l'espèce impliquée est le moustique commun, *Culex quinquefasciatus*, que l'on retrouve dans le monde entier, aussi bien en zone urbaine, où il est responsable de nuisances nocturnes, qu'en zone agricole ou naturelle où il est impliqué dans la transmission de nombreux virus qui peuvent parfois toucher l'homme, tel que le virus *West-Nile*. C'est également le vecteur de la filariose de Bancroft en Afrique, et dans la Caraïbe où le terme « gros pied » désigne l'éléphantiasis, une des manifestations cliniques de la filariose.



***Culex quinquefasciatus* :**
moustique de 7 à 8 mm d'aspect général marron jaunâtre, aux ailes grises, il pique la nuit, à l'intérieur comme à l'extérieur des habitations. Signe distinctif : très commun partout en ville. Origine : Afrique probablement, mais répandu sur l'ensemble des continents.

Ochlerotatus, le nuisant côtier

Les moustiques *Ochlerotatus* sont très proches des *Aedes*, tant morphologiquement que biologiquement. Comme eux, ils piquent la journée et sont généralement très agressifs pour l'homme.

Ochlerotatus taeniorhynchus : moustique très sombre, de 6 à 8 mm, à l'abdomen strié de bandes claires, il pique essentiellement pendant la journée jusqu'en début de soirée, et uniquement à l'extérieur des habitations. Signe distinctif : très commun dans les mangroves des côtes américaines. Origine : Amérique.



Ils sont communs dans les mangroves et les prés-salés, où leurs pontes sont mises en eau lors des grandes marées. Cela donne lieu à l'émergence de véritables nuées de moustiques quelques jours plus tard. Mieux vaut éviter de fréquenter plages et mangroves à cette période, au risque de se faire littéralement dévorer ! C'est surtout pour sa nuisance infernale que ce moustique est connu, et combattu, même s'il peut être impliqué dans la transmission de certaines arboviroses peu répandues, comme le virus Mucambo et, quelquefois, contribuer à la transmission de filaires.

Dans l'ensemble de la Caraïbe, c'est *Ochlerotatus taeniorhynchus* le responsable de l'essentiel de la nuisance. Sur le littoral méditerranéen, ce sont *Ochlerotatus caspius* et *Ochlerotatus detritus* que l'on rencontre le plus souvent.

Mangrove
en Nouvelle-
Calédonie.





Moustiques, microbes et maladies infectieuses

Il est fréquent que l'on confonde le moustique et la maladie. Ce n'est pas qu'une question de vocabulaire, car cette distinction est importante pour comprendre les enjeux et les risques en cas d'épidémies.

Pour dire les choses simplement, une maladie est la manifestation d'un ensemble de symptômes liés à un dérèglement de l'organisme. Celles que transmettent les moustiques sont des maladies infectieuses : elles sont dues à une infection par un microbe – dans le jargon médical un agent infectieux pathogène – qui peut être un virus, une bactérie ou un parasite. Le rôle du moustique, pour fondamental qu'il soit, se borne à transporter ce microbe d'un hôte à l'autre.

D'une façon générale, un agent infectieux pathogène peut être transmis d'une personne malade à une personne saine par l'eau, l'air (aérosol), le sol, la nourriture, ou encore par contact direct ou par voie sexuelle. Mais l'une des voies principales est ce « vecteur », qui joue le rôle d'intermédiaire entre une personne malade et une personne saine.

Au laboratoire, les moustiques sont élevés dans des plateaux protégés par des tulles moustiquaires

Depuis la nuit des temps, les moustiques ont ainsi été impliqués dans la transmission d'agents infectieux pathogènes pour l'homme. Et aujourd'hui, ils continuent de permettre leur propagation.

Le moustique : un « vecteur » qui propage le microbe

C'est donc bien involontairement que les moustiques sont associés à ces terribles maladies, d'autant qu'eux-mêmes, bien qu'infectés, ne sont pas malades à proprement parler.

Le moustique, tout comme les autres vecteurs – tiques, puces ou encore moucheron hémato-phages, eux aussi impliqués dans la transmission de divers agents infectieux pathogènes pour l'homme – se contamine à son insu. En piquant une personne infectée, il ingère avec son sang l'agent infectieux qu'il contient.

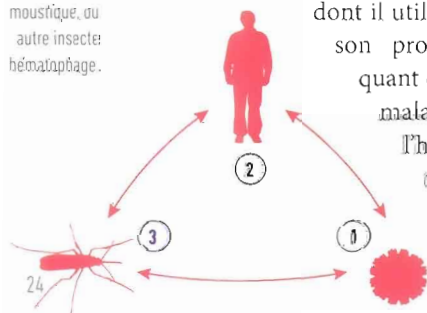
La plupart du temps, celui-ci est digéré en même temps que le sang mais, dans certains cas, le microbe va pouvoir traverser la paroi de l'estomac de son vecteur, se multiplier dans son corps et s'accumuler dans ses glandes salivaires. Dès cet instant, chaque nouvelle piqûre l'inocule à une nouvelle victime par l'intermédiaire de la salive de l'insecte.

Le microbe : un « agent infectieux » qui provoque la maladie

Pour survivre et se reproduire, le virus, la bactérie ou le parasite a besoin d'un « hôte », c'est-à-dire d'un organisme au sein duquel se développer et se multiplier. Cela se fait au détriment de celui-ci, dont il utilise les ressources pour son propre bénéfice, provoquant ce que l'on appelle une maladie. En affaiblissant l'hôte, la consommation indésirable de ses ressources peut être la cause de divers dérèglements

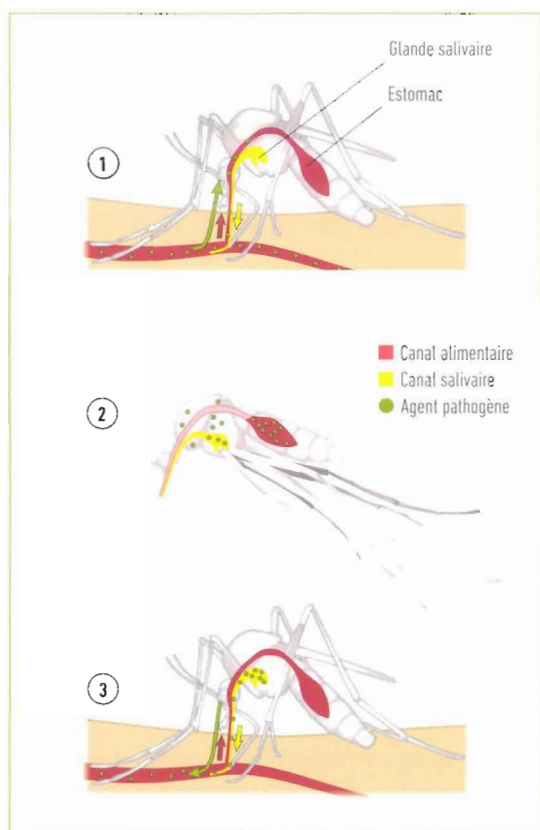
La transmission vectorielle des maladies met en jeu trois acteurs :

1. un agent pathogène infectieux : parasite-virus-bactérie ;
2. un hôte vertébré : homme ou animal ;
3. un vecteur : moustique, ou autre insecte hématophage.



de son organisme, qui sont autant de symptômes caractéristiques des maladies provoquées par l'infection.

L'intérêt de l'agent infectieux n'est pas de tuer son hôte mais plutôt de s'adapter à ce dernier, en réduisant sa virulence de manière à pouvoir compléter son développement et être transmis à un nouvel hôte. En effet, s'il est trop agressif, au point de le tuer, il se prive par la même occasion de son garde-manger et de son moyen de transport.



La transmission d'un (arbo)virus par un (moustique) vecteur

1. En piquant un homme malade (ou un animal) porteur du virus, le moustique ingère le virus en même temps que le sang contaminé.
2. Pendant qu'il digère le sang prélevé, le virus traverse son estomac et se multiplie partout dans son corps. Les nombreux virions qui échappent

à la réponse immunitaire du moustique viennent s'accumuler dans ses glandes salivaires.

3. Le moustique dont les glandes salivaires sont infectées transmettra alors le virus à toute nouvelle personne qu'il piquera, par la salive qu'il lui injectera au cours de la piqûre.



Un technicien recueille des larves de moustiques dans un bac d'élevage en laboratoire.

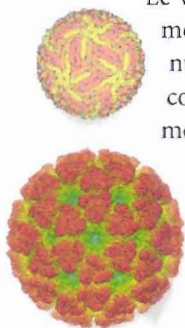
Virus, bactéries et parasites

Ces trois appellations désignent trois formes différentes de micro-organismes.

Les virus

Le virus est une forme de vie extrêmement rudimentaire. Constitué d'un court brin d'acide nucléique (ADN ou ARN) encapsulé dans une coque rigide appelée capsid et entouré d'une membrane protéique, le virus utilise la machinerie enzymatique des cellules de l'insecte ou du vertébré qu'il infecte pour se répliquer et se multiplier dans son hôte.

La dengue, la fièvre jaune, le chikungunya ou le zika sont des maladies dues à une infection par un virus transmis par les moustiques du genre *Aedes*. Il n'y a généralement pas de traitement spécifique aux infections virales.



Les virus zika
Ø : 40 nm
et chikungunya
Ø : 70 nm
(1 nm = 10⁻⁹ m)

Les bactéries

Une bactérie est un être vivant microscopique, unicellulaire, relativement simple, sans noyau (procaryote) ni organites (pas de mitochondries ni de chloroplastes par exemple), mais plus élaboré qu'un virus. Certaines provoquent des maladies, d'autres sont bénéfiques à notre organisme.

Les bactéries pathogènes se développent au détriment de l'organisme qui les héberge, en piratant ses ressources par exemple, ou en synthétisant des toxines. La bactérie *Borrelia burgdorferi*, transmise par des tiques, provoque ainsi la borréliose, connue sous le nom de maladie de Lyme.

Les infections bactériennes peuvent être traitées par antibiotiques, mais il existe de nombreux phénomènes de résistance qui rendent ceux-ci inefficaces.



La bactérie *Borrelia burgdorferi*, agent de la maladie de Lyme.
L : 5-20 μm
 \varnothing : 0,5 μm
Elle est d'une taille voisine de celle de *Plasmodium*.
(1 μm = 10^{-6} m)

Les parasites

Un parasite est un organisme qui vit et se développe aux dépens d'un autre organisme, appelé l'hôte. Il s'y nourrit et s'y reproduit, ce qui peut créer des troubles plus ou moins graves chez l'hôte. Ils peuvent être uni- ou pluricellulaires et se développer à l'intérieur ou sur leur hôte.

Le parasite est dépendant de son hôte, qui lui fournit à la fois le gîte et le couvert, mais aussi un moyen de transport efficace et gratuit.

Dans son acception la plus large, le terme peut s'appliquer aux virus et aux bactéries qui partagent ce mode de vie, mais il est d'usage de le réserver aux organismes supérieurs, animaux, végétaux ou champignons (organismes procaryotes dont l'ADN est encapsulé dans un noyau).

La plupart des parasites se sont spécialisés au cours du temps et ne sont capables d'infecter qu'une ou quelques espèces d'hôtes : on parle de coévolution hôte-parasite.



Ver parasite *Wuchereria bancrofti*, responsable de la filariose, et microfaires dans le sang
Mâle L : 4 cm
 \varnothing : 0,01 cm
Femelle 6-10 cm
 \varnothing : 0,03 cm
(1 cm = 10^{-2} m)

Par exemple, *Plasmodium falciparum* est spécifiquement et uniquement transmis à l'homme par des moustiques du genre *Anopheles*.

On peut lutter contre ces organismes par des médicaments antiparasitaires spécifiques, mais là aussi, de nombreux phénomènes de résistance en limitent l'efficacité dans certains contextes, ou face à certaines souches parasitaires.

La maladie de Lyme

La maladie de Lyme est due à une infection par la bactérie *Borrelia burgdorferi*, qui est transmise par la morsure d'une tique du genre *Ixodes*. Il s'agit notamment d'*Ixodes ricinus*, qui est très répandue dans tout le nord et l'est de la France.

Les tiques ne sont pas des insectes mais des acariens. Ils se nourrissent de sang à chaque stade de leur développement (larve, nymphe, adulte), et chaque repas peut durer plusieurs jours.


Dans l'hémisphère nord, la borréliose de Lyme est la maladie vectorielle la plus répandue : 12 000 à 15 000 nouveaux cas sont ainsi diagnostiqués chaque année en France. La bactérie infecte naturellement les rongeurs et les cervidés qui peuplent les forêts et c'est la tique qui va la transmettre au promeneur ou à l'agent forestier qui aura le malheur d'entrer dans sa ligne de mire. D'une patience inépuisable, les tiques chassent à l'affût, et sont capables d'attendre pendant plusieurs mois le passage d'un animal à sang chaud dans leur rayon d'action.

Les effets d'une infection chez l'homme vont de simples manifestations cutanées à des atteintes articulaires, neurologiques ou cardiaques parfois très incapacitantes. Celles-ci peuvent survenir plus de 10 ans après la morsure.

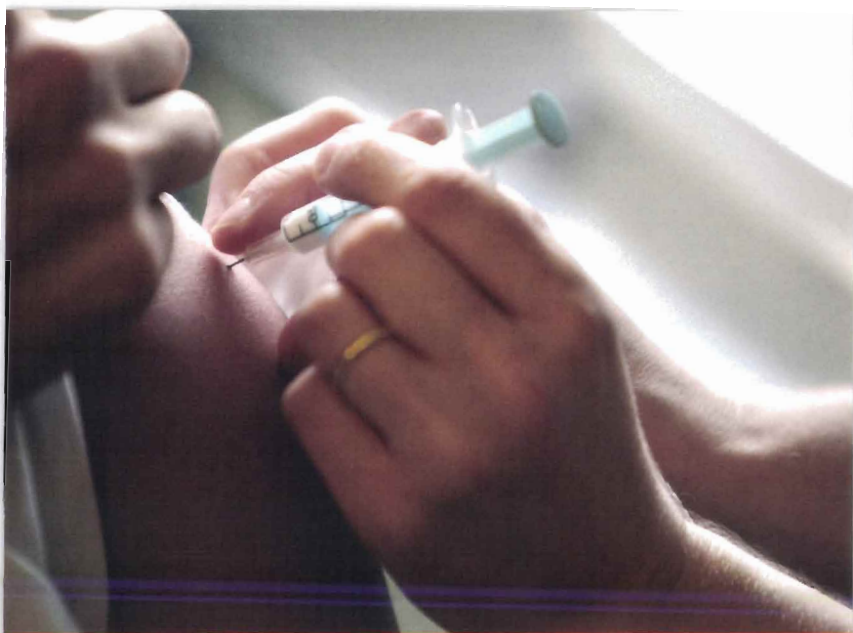
Malgré sa forte prévalence et son augmentation en flèche ces dernières années, la maladie et les facteurs qui déclenchent l'apparition de ses différentes complications restent encore mal connus, et trop peu étudiés. Le traitement de la borréliose par antibiotiques est long et difficile, et il y a toujours des séquelles.

Là aussi, la vigilance et la mobilisation pour éviter de favoriser le développement des tiques et pour se protéger de leur morsure sont de rigueur.

Un Plan national de lutte contre la maladie de Lyme et les maladies transmises par les tiques a été lancé le 29 septembre 2016 par le ministère de la Santé.



Les tiques (ici, *Ixodes ricinus*) chassent à l'affût. Perchées dans la végétation ou tapies sur le sol, elles peuvent attendre parfois pendant plusieurs mois le passage d'un animal à sang chaud.



Transmission et épidémies

C'est donc l'infection par l'agent pathogène qui provoque la maladie, et c'est le vecteur qui va assurer le passage de celui-ci d'un hôte à l'autre: un trajet en première classe au cours duquel il bénéficie du gîte et du couvert. Son efficacité dépend ensuite de plusieurs facteurs.

Cela fonctionne quand les deux partenaires sont génétiquement compatibles. Il faut une « co-adaptation », autrement dit une forme de complicité entre eux.

L'intensité de la transmission dépend du couple vecteur-microbe, de l'accessibilité en hôtes pour les vecteurs et pour les microbes, et des conditions environnementales dans lesquelles cette transmission a lieu.

L'harmonie du couple vecteur-pathogène

Les moustiques sont loin d'être de simples seringues volantes: toutes les espèces ne sont pas vectrices de n'importe quel agent pathogène, et les couples moustique-microbe sont très spécifiques, des interactions très complexes s'établissant entre le vecteur et le microbe qu'il transmet.

Du grec *epi*, « au-dessus » et *demos*, « peuple », l'épidémie est une augmentation soudaine et rapide de la prévalence d'une maladie (le nombre de cas dans la population) à un moment donné en un endroit donné. Lorsque l'épidémie touche plusieurs continents, on parle de pandémie (du grec *pan* « tous »).

En effet pour survivre, sans être digéré, à son trajet jusqu'aux glandes salivaires de l'insecte, le microbe doit être capable de déjouer le système immunitaire du vecteur.

♦ *Anopheles gambiae* par exemple, excellent vecteur de *Plasmodium* en Afrique, ne sait pas transmettre les virus de la dengue ou du zika, et à l'inverse *Aedes aegypti*, vecteur majeur de ces virus, est incapable de transmettre *Plasmodium*.

♦ *Aedes aegypti* est le vecteur historique de la fièvre jaune, de la dengue, du chikungunya et du zika partout sous les tropiques.

À ce titre, il est responsable de la mort de centaines de millions de personnes au cours des ans. Aujourd'hui encore, ces maladies tuent près de 100 000 personnes par an dans le monde, et plus du tiers de la population mondiale est directement menacé.

♦ *Aedes albopictus* est un excellent vecteur du virus chikungunya, mais il peut également transmettre la dengue et le zika à peu près partout où il est présent.

C'est le responsable de l'épidémie de chikungunya à la Réunion en 2005-2006, qui toucha la moitié de la population locale, soit environ 300 000 cas,

avant de s'étendre aux îles voisines. Au Gabon (Afrique centrale), peu après sa détection dans le pays, il fut impliqué dans des épidémies au cours desquelles les trois virus ont circulé de manière conjointe, notamment à Libreville en 2008.

C'est lui aussi qui provoqua les quelque 300 cas de chikungunya répertoriés en Émilie-Romagne, en Italie du Nord en 2007.

Et, depuis son installation dans le sud de la France, il est régulièrement impliqué dans la transmission ponctuelle de quelques cas de dengue (deux à Fréjus en 2010, deux à Nîmes en 2015) et de chikungunya (onze à Montpellier en 2014).



En haut : Statue à la mémoire des morts des épidémies de fièvre jaune. Île de Gorée au Sénégal.

En bas : Stèle commémorative au cimetière d'Oaklawn à Tampa, Floride.

La disponibilité en hôtes susceptibles à l'infection

Pour que la transmission soit efficace, le vecteur ne doit pas se tromper d'hôte: si par exemple un anophèle infecté par *Plasmodium* pique un bœuf, les parasites injectés lors de sa piqûre sont voués à une mort certaine car ils ne pourront ni se développer dans cet hôte, ni s'en échapper. Cela peut arriver quand les humains se protègent par des moustiquaires. Les opportunités naturelles de repas pour les moustiques étant limitées, ils finissent par jeter leur dévolu sur d'autres vertébrés.

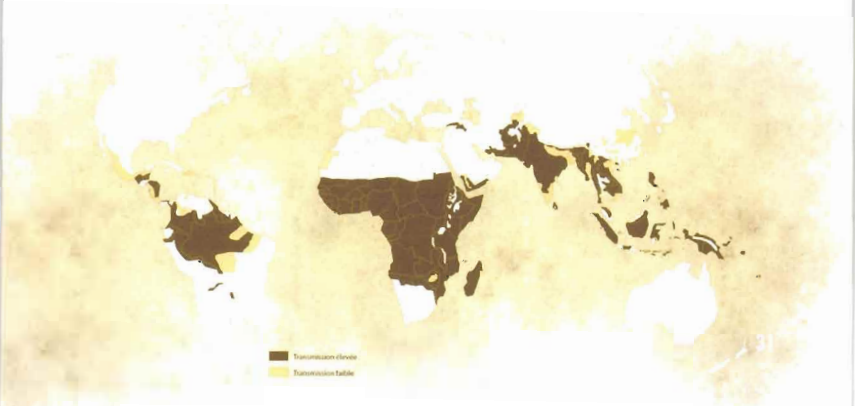
Enfin, et surtout, pour qu'une épidémie se déclenche et se développe, la population doit être susceptible au pathogène. Notre corps est armé de robustes mécanismes de défense contre les microbes pathogènes – la réponse immunitaire – mais pour être efficace, celle-ci doit être entraînée: c'est le principe de la vaccination, qui rend l'hôte résistant à l'infection. Si ce n'est pas le cas, elle peut se laisser prendre de vitesse par un nouvel intrus.

D'une manière générale, une première exposition à un arbovirus a souvent le même effet qu'une vaccination: on ne peut pas les attraper deux fois. Une fois qu'il a été infecté, le corps les reconnaît et les maîtrise à toute nouvelle tentative d'intrusion.



Mission anti-paludisme de l'Armée française en mai 1917, à Salonique.

Transmission du paludisme dans le monde en 2015.



Le climat

Le climat est aussi un facteur clé de l'intensité de la transmission. Il impacte la longévité du moustique – plus un moustique vit vieux, plus il a de « chances » de s'infecter et de retransmettre ensuite le pathogène – mais aussi le temps nécessaire au pathogène pour atteindre les glandes salivaires de son vecteur.

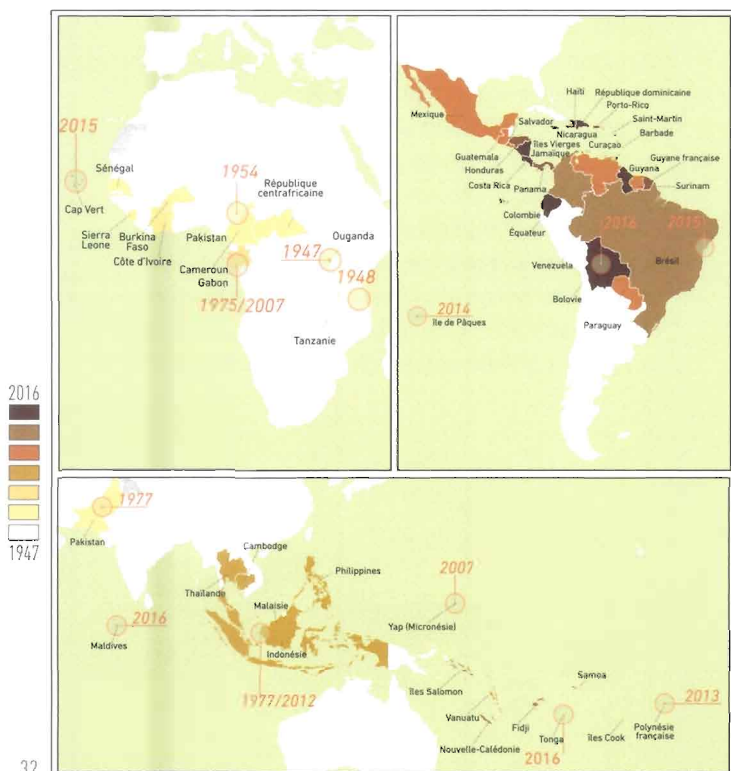
Dans le cas du paludisme, on a pu montrer qu'en dessous d'une température moyenne de 16 °C, le parasite est incapable de se développer dans son vecteur, et la transmission est stoppée.

L'épidémie

Une épidémie commence dès qu'un pathogène est introduit et se répand au sein d'une population d'hôtes sensibles, chez lesquels il provoque une maladie. Aujourd'hui, avec l'augmentation du trafic aérien, un virus, une bactérie ou un parasite

C'est en profitant des hivers rigoureux pour agir que l'on a pu éradiquer le paludisme quasiment partout en Europe.

Circulation du virus zika dans le monde (2015, source OMS).



contracté en un endroit du monde peut rapidement être exporté, par le malade qui voyage, et souvent à son insu. Si à destination la population est immunologiquement naïve, autrement dit n'a jamais été exposée, les individus sont hautement susceptibles à l'infection. Il suffit que le malade soit piqué à l'arrivée par le vecteur adéquat pour que la transmission puisse commencer. C'est ce qui s'est passé à la Réunion en 2005 avec le chikungunya, et c'est également ce qui s'est passé avec le zika au Brésil en 2015 : quand tous les ingrédients sont réunis, le cocktail est explosif.

À partir de là, le nombre de cas nouveaux découlant du cas « index » – le voyageur infecté – peut augmenter rapidement jusqu'à atteindre un pic de prévalence, qu'on appelle l'acmé de l'épidémie.

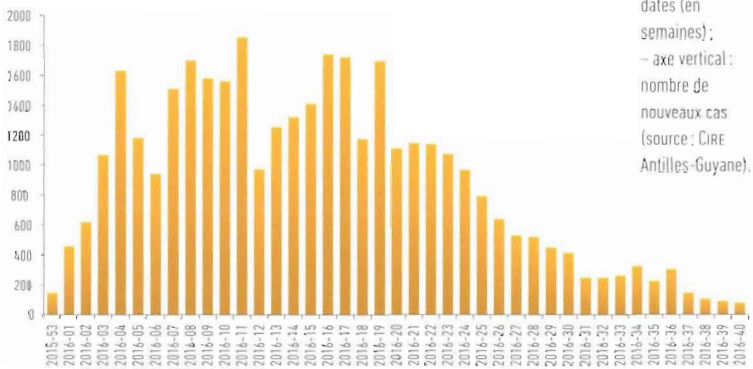
Au bout d'un temps plus ou moins long, le nombre de nouveaux cas diminue. Soit parce que l'on a mis en place un contrôle efficace par la vaccination de la population, le contrôle des vecteurs ou l'utilisation de médicaments prophylactiques, soit par épuisement du réservoir d'hôtes sensibles susceptibles d'être infectés. L'épidémie s'éteint alors d'elle-même.

Dans un cas comme dans l'autre, plus de la moitié de la population totale de ces îles ayant été infectée, il n'y avait plus assez d'individus sensibles pour permettre au virus de trouver de nouvelles personnes à infecter, les autres ayant été vaccinées naturellement après avoir contracté la maladie.

La prévalence d'une maladie est le nombre de cas dans la population à un moment donné en un endroit donné.

Suivi de l'épidémie de zika en Martinique en 2016 :

– axe horizontal : dates (en semaines) ;
– axe vertical : nombre de nouveaux cas (source : CIRE Antilles-Guyane).





Porte-conteneurs
dans le canal de
Panama.

Un risque à l'échelle mondiale

Généralement, les moustiques se cantonnent à leur « zone de confort » définie à la fois par la présence d'hôtes à piquer et la disponibilité en gîtes larvaires, ainsi qu'en lieux de repos. De ce fait, les adultes ne s'éloignent que très peu des habitations, à proximité desquelles ces conditions sont facilement remplies. La distance qu'ils peuvent parcourir depuis leur lieu d'éclosion est variable selon les espèces: cela va d'une centaine de mètres en moyenne chez les *Aedes* à quelques kilomètres au maximum chez les *Anopheles* et les *Culex*.

Leurs déplacements actifs, par le vol, seront principalement liés à la nécessité de trouver un hôte à piquer, un abri où se reposer et un gîte pour pondre. Si tout est disponible « sur place », en milieu urbain par exemple, alors le moustique reste sédentaire.

En revanche, il peut être transporté de manière passive sur de longues distances par le vent, ou en profitant des moyens de transport que l'homme met à sa disposition: c'est par exemple de cette manière que s'est faite la colonisation des îles de

l'océan Indien par les anophèles, et c'est en profitant de nos bateaux, puis de nos avions, de nos trains et de nos voitures que certains *Aedes* et *Culex* ont pu coloniser l'ensemble de la planète.

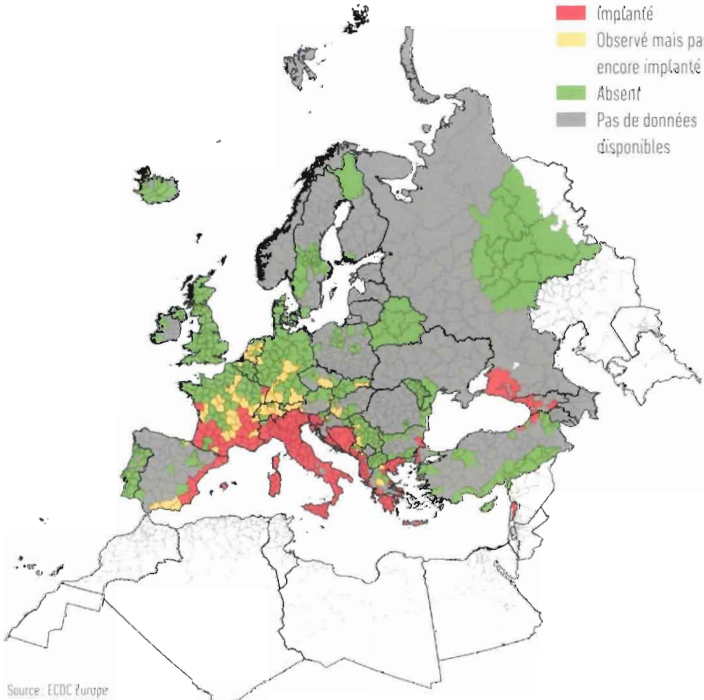
Les moustiques nous suivent à la trace

Depuis l'aube de l'humanité, le moustique voyage dans le sillage des hommes et s'adapte à son mode vie: c'est un avantage pour lui, car quand on trouve un homme, espèce sociale et grégaire, on en trouve 100, on en trouve 1 000. Mieux vaut se spécialiser sur ce type d'hôte abondant et ubiquitaire, que sur des animaux sauvages dont la rencontre est aléatoire et la chasse fastidieuse!

La résistance de leurs œufs face à la dessiccation a permis aux *Aedes*, *aegypti* d'abord et *albopictus* ensuite, de coloniser l'ensemble de la planète à partir de leurs régions d'origine, l'Afrique pour le premier, l'Asie pour le second, à la faveur des échanges internationaux.

Aedes albopictus
en Europe en 2016

- Implanté
- Observé mais pas encore implanté
- Absent
- Pas de données disponibles



Source: ECDC Europe



Le commerce international favorise la libre circulation des vecteurs.

Ces espèces pondent dans tout type de contenant susceptible de recueillir de l'eau. Dans cette catégorie, les pneus sont parmi les meilleurs candidats. Ils voyagent non emballés et abritent d'innombrables anfractuosités où les œufs trouvent un refuge salubre. À l'arrivée, il suffit d'une bonne pluie et ce sont des milliers de moustiques invasifs qui sont relâchés.

Une fois débarquées sur un nouveau continent, les femelles vont coloniser petit à petit de plus en plus d'espace. En suivant les hommes la journée pour les piquer, elles pénètrent dans les véhicules, y pratiquent leur rituel de piqûre et se font ensuite déposer à l'occasion d'une halte sur une aire de repos, dans une gare ou un terminal routier. La progression se fait en « tache d'huile », à partir du point

d'entrée sur le continent. C'est de cette façon que procède le moustique tigre en Europe, ainsi que d'autres moustiques également candidats à l'invasion. *Aedes japonicus* ou *Aedes koreicus*, originaires eux aussi d'Asie et présents en Europe, au Benelux, en Suisse et dans le nord de la France, sont en pleine expansion vers le sud.

Ils s'installent là où nous sommes

Si jadis les moustiques nous ont empêchés de nous installer dans des contrées sauvages, aujourd'hui c'est de l'intérieur qu'ils nous attaquent. Non seulement nous facilitons leurs déplacements tout autour de la planète et multiplions ainsi pour eux les opportunités d'envahir de nouveaux territoires et continents, mais en plus, nous leur préparons une arrivée en douceur, en terrain connu, dans nos villes. En effet, pour un moustique, rien ne

ressemble plus à une ville qu'une autre ville: on y trouve des hommes en quantité, des refuges et de l'eau. On y est quasiment seuls: très peu de prédateurs et très peu de compétiteurs se développent en ville, par rapport aux environnements plus naturels. Cerise sur le gâteau, les villes tamponnent les aléas du climat: elles fournissent aux insectes des refuges frais quand il fait chaud, des abris lorsqu'il pleut fort ou encore des endroits chauds quand il fait froid. L'écosystème urbain est de ce fait une véritable aubaine pour les espèces de moustiques qui ont réussi à s'y adapter. Ils s'y sentent bien et y pullulent rapidement une fois introduits.

Et nous leur fournissons les pathogènes

Aujourd'hui, en plus de nous déplacer toujours plus vite à la surface de la planète, nous pénétrons de plus en plus souvent et de plus en plus loin dans les derniers sanctuaires naturels pour chasser, cultiver, nous y établir ou tout simplement pour y faire un peu d'écotourisme. Dans ces environnements, de nombreux virus circulent et un individu exposé à la piqûre d'un insecte infecté par un virus ou un parasite inconnu pour lui pourra non seule-



Avec le fleurissement des tombes, les cimetières sont des refuges rêvés pour les moustiques en milieu urbain.
En haut: à Lyon.
En bas: à la Réunion.



En pénétrant dans les derniers sanctuaires de la vie sauvage, l'homme s'expose à de nouveaux virus.

ment tomber malade mais si, à son retour chez lui, il se trouve en contact avec l'insecte adéquat, susceptible de s'infecter et de transmettre le pathogène, il pourra en plus contaminer son entourage, voire constituer le premier cas (cas index) d'une épidémie à l'autre bout du monde.

C'est par conséquent, notre mode de vie le principal responsable de la dispersion des vecteurs et des pathogènes, de leur rencontre et de leur implantation durable. Et pour peu que le système de santé soit peu efficace ou défaillant, des épidémies de grande ampleur peuvent se déclarer.

L'expansion mondiale du moustique tigre

● En Amérique

Son introduction s'est faite aux États-Unis en 1986 par le biais du trafic des pneus usagés en provenance d'Asie. À partir de là, le moustique tigre a rapidement colonisé de nombreux pays d'Amérique centrale et d'Amérique latine comme le Mexique, puis le Brésil.

● En Afrique

Le moustique tigre est d'abord identifié en Afrique du sud en 1991, au Nigeria en 1993, puis au Cameroun en 2000, en Guinée équatoriale en 2003, au Gabon en 2007 et dans toute l'Afrique centrale où il pullule désormais dans les grandes villes comme Brazzaville ou Kinshasa. Il est présent au Maghreb mais n'a pas encore été détecté en Afrique de l'Ouest. Peu de données sont disponibles sur son éventuelle présence en Afrique de l'Est. Il est aussi présent dans de nombreuses îles du Pacifique ainsi qu'en Australie.

● Dans la Caraïbe

Aedes albopictus est présent dans plusieurs pays dont Haïti, Saint-Domingue, et Cuba. Jusqu'en 2016, il n'a pas été identifié en Guyane, ni en Guadeloupe, ni à la Martinique.

À la différence de son cousin *Aedes aegypti*, l'atout supplémentaire de la diapause lui a permis de coloniser les zones tempérées de la planète.

● En Europe

Les premières populations de *Aedes albopictus* ont été détectées en 1979 en Albanie. À cette époque, le pays appartenait encore à l'ancien bloc communiste, et échangeait uniquement avec la Chine, donc il est resté cantonné à ce pays pendant plusieurs années.

En 1999, il est signalé en Italie, où il s'implante durablement, introduit *a priori* des États-Unis. Une première détection est également rapportée à la même époque en France métropolitaine, dans un dépôt de pneus en Charente-Maritime et dans l'Orne d'où il a été efficacement éliminé par les services de démoustication.

● En France

C'est en 2004 qu'il réapparaît à Menton, dans la continuité de son expansion italienne. En dix ans, il colonise l'ensemble des départements du pourtour méditerranéen, atteint Marmande à l'ouest et Lyon au nord, et s'étend jusque dans le sud de l'Espagne. En 2016, il est implanté dans 30 départements : la moitié sud de la France est colonisée, la couronne parisienne est touchée et 20 départements supplémentaires font état d'interceptions fréquentes du moustique.

...Et des pathogènes associés

Dans la zone tropicale, et en Afrique en particulier, après avoir colonisé villes et villages jusqu'à la lisière des forêts équatoriales, le moustique pénètre maintenant de plus en plus dans celles-ci, où il retrouve ses habitudes sauvages ancestrales.

Dans la nature sauvage, excellent compétiteur vis-à-vis des autres moustiques qui partagent son environnement, et vorace vampire qui fait feu de



Village en bordure de forêt (Guinée).

tout bois, il interagit avec ses congénères locaux. Il pique la faune sauvage et s'infecte avec des virus zoonotiques, qui infectent les primates, les équidés, les rongeurs ou encore les chauves-souris, pour lesquels nous sommes immunologiquement naïfs. Virus qu'il ne se privera pas de transmettre à tout humain qui passera à sa portée...

● Les maladies émergentes

Ainsi, l'expansion mondiale de *Aedes albopictus* prépare le terrain à l'émergence ou à la réémergence de virus, qu'ils soient nouveaux pour l'homme ou déjà connus de celui-ci. Le développement de vaccins et de nouvelles méthodes de lutte contre les vecteurs, mais aussi la surveillance de la circulation des virus animaux dans les zones tropicales, sont la clé d'une prévention efficace de ces menaces nouvelles.

Le risque sanitaire dans l'Hexagone

L'installation et la progression du moustique tigre en France métropolitaine sont une préoccupation des autorités sanitaires. Celles-ci craignent l'apparition d'épidémies de dengue, chikungunya ou zika dans les agglomérations telles que Paris, Marseille, Lyon, Montpellier, Toulouse, Bordeaux, etc. Le vecteur, qui occupe chaque année de plus en plus de territoires vers le nord et l'ouest fait planer un risque de transmission de ces virus partout où il est présent, si d'aventure il venait à piquer

Montpellier, où
a été localisé le
premier foyer
de transmission
locale du virus
chikungunya
en 2014.



une personne revenant infectée d'une zone tropicale.

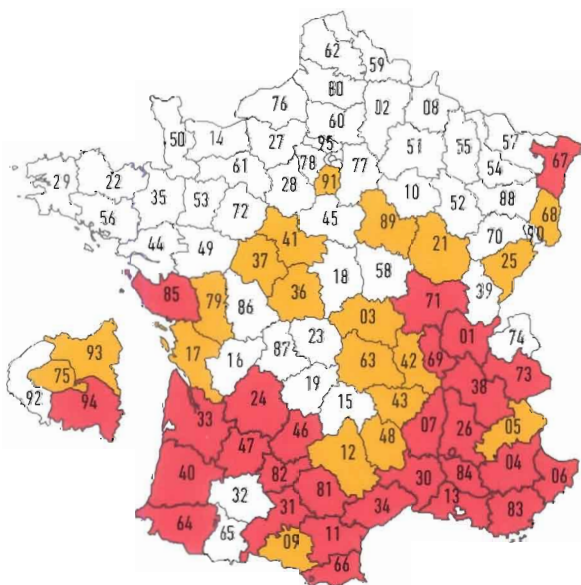
Et en effet, de nombreux cas de dengue, de chikungunya ou de zika sont régulièrement identifiés dans l'Hexagone, chez des personnes rentrant des Antilles-Guyane, de l'océan Indien ou d'ailleurs.

À titre d'exemple, pour l'année 2014, on a recensé dans les seuls 20 départements où *Aedes albopictus* était considéré comme établi, pas moins de 163 cas importés de dengue, 443 de chikungunya et 6 personnes qui portaient dans leur sang les deux virus à la fois.

En 2010, deux cas autochtones (c'est-à-dire chez des personnes qui n'ont pas voyagé) de dengue ont été identifiés dans la région de Nice. En 2014, on assista pour la première fois à une transmission autochtone du virus chikungunya sur le sol de la



En haut :
Lyon, une des dernières villes colonisées en 2015 par le moustique tigre.
En bas :
Marseille, la première ville majeure colonisée par *Aedes albopictus* dans l'Hexagone.



Aedes albopictus en France hexagonale en 2016

■ Implanté
■ Observé mais pas encore implanté





Dans les Outre-Mer français, les autorités sanitaires maintiennent la surveillance et veillent à l'information du public. En haut : à la Martinique. En bas : en Guyane.

métropole, à Montpellier, qui toucha 11 personnes qui n'avaient pas voyagé mais qui habitaient dans le voisinage direct d'une personne récemment rentrée d'un pays d'Afrique où elle avait contracté le virus. Le moustique tigre local venait de frapper !

Cette même année, 4 cas de dengue ont également été recensés dans le sud de la France, en Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA), là aussi provoqués par la piqûre de moustiques infectés localement. En 2015, ce sont 5 cas de dengue qui furent diagnostiqués à Nîmes, à la suite de l'introduction du virus depuis

la Polynésie. Le risque est donc bien réel et avéré. Cependant, tant qu'ils ne se trouvent pas au contact du moustique, le malade et son virus n'ont aucune chance de provoquer une épidémie.

C'est une vérité que les habitants des zones tropicales connaissent bien et il va être important dans les années à venir, de tirer profit de l'expérience des régions tropicales en matière de prévention, et de développer une culture du risque associé à la présence encore nouvelle dans l'Hexagone du moustique tigre.





Il faut connaître son ennemi pour le combattre

Bufflesse sous moustiquaire en Inde.

Sur l'ensemble de la planète, le contexte entomologique, la biodiversité des moustiques et leurs comportements changent à grande vitesse. Le risque de transmission de virus – déjà connus ou restant à découvrir – évolue dans les mêmes proportions. Personne n'est à l'abri, et les plus exposés demain ne sont pas forcément ceux que l'on croit. Dans ce contexte, où l'incapacité à contrôler une épidémie en un point de la planète peut rapidement se transformer en une menace globale pour la santé publique, l'expérience des pays et des régions tropicales en matière de lutte et de prévention contre les vecteurs pourrait bien être un atout majeur.

Collecte de moustiques dans la région de Nanoro au nord-ouest du Burkina Faso.

La prévention concerne deux problématiques distinctes : la nuisance et la propagation de maladies. Si la première touche à notre confort, la seconde relève de la santé publique. Elles restent liées, cependant, car un moustique nuisant reste un vecteur potentiel. Par exemple, le même *Culex*, qui



est considéré comme nuisant à la Martinique est le vecteur principal du virus *West-Nile* en Europe et en Amérique du Nord, et des filaires en Afrique.

Dans les deux cas, pour limiter la nuisance tout comme le risque de transmission d'agents pathogènes, il est essentiel de limiter la pullulation des moustiques par une action qui sera d'abord menée contre les stades précoces de développement des insectes, les larves aquatiques. Savoir distinguer les espèces et connaître leur mode de vie permet alors à chacun de mettre en place une stratégie individuelle adaptée à l'endroit où il se trouve.

Le cycle de développement du moustique

Les stratégies de lutte et de prévention seront différentes selon le stade de développement.

● L'œuf

L'œuf de moustique a une forme en double ogive, ovale, d'une taille inférieure au millimètre. Il est entouré d'une membrane dure et solide, opaque et étanche, le chorion, qui protège l'embryon des agressions extérieures et le rend très résistant aux variations de température, à la dessiccation ou à tout traitement insecticide.

Chez certaines espèces, comme les *Anopheles*, il peut être muni de flotteurs latéraux qui lui permettent de se maintenir à la surface du gîte larvaire jusqu'à l'éclosion.

Les moustiques pondent de 10 à 300 œufs par ponte qui, selon les espèces, peuvent être déposés à la surface de l'eau ou sur les parois humides du gîte.

Ils sont déposés soit un par un (chez les *Aedes* et les *Anopheles*), soit tous ensemble, sous la forme d'un radeau (chez *Culex*). Deux

ou trois jours après, ils éclosent et donnent naissance à des larves.

En haut : œufs d'*Aedes pondus* isolément.
En bas : œufs de *Culex pondus* en radeau.



● Les larves

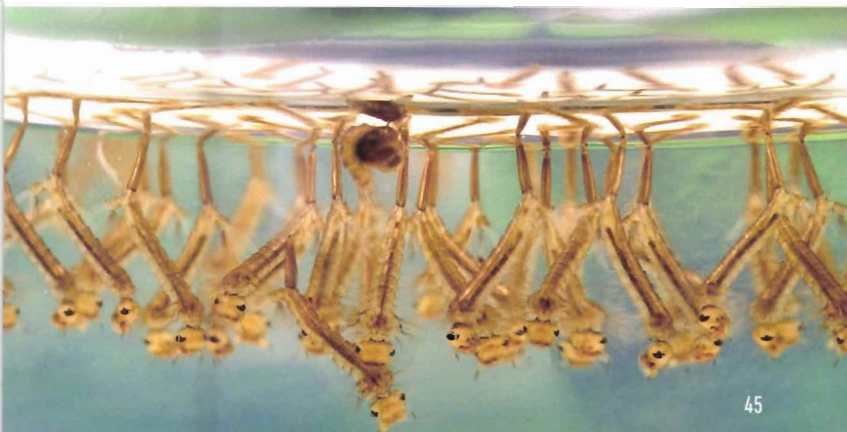
Elles mesurent de 5 mm à 20 mm. Formées d'une tête globuleuse surplombant un thorax massif prolongé par un long abdomen à plusieurs segments, elles ressemblent à de petits clous. Bien qu'aquatiques, elles ne peuvent respirer sous l'eau et doivent monter à la surface pour cela. Elles y passent le plus clair de leur temps, mais plongent rapidement en cas d'alerte, en se dandinant de tout leur corps dans un mouvement saccadé, très caractéristique.

Elles se nourrissent de matières organiques en suspension dans l'eau, débris végétaux, algues et micro-organismes.

Le développement s'effectue en quatre stades successifs (I à IV), séparés par des mues. Dans la plupart des cas, lorsque les conditions de développement sont optimales, la vie larvaire dure entre quatre et dix jours. Cependant, certaines espèces des régions froides sont capables d'hiberner et dans ce cas, la larve peut survivre de plusieurs semaines à plusieurs mois sous la glace, dans un état de vie ralentie. La dernière mue larvaire donne naissance à une nymphe à l'aspect radicalement différent.



Les larves respirent grâce à des organes spécialisés : le siphon respiratoire chez les *Aedes* et les *Culex*, et les spiracles chez les *Anopheles*.



L'émergence de l'adulte

La nymphe se positionne juste sous la surface de l'eau. Sa cuticule se fend dorsalement, et l'adulte déjà formé commence à s'extirper de son enveloppe nymphale.



Les pattes et les ailes se déplient à mesure que l'insecte poursuit son émergence.

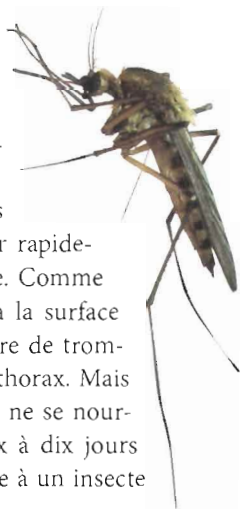


L'adulte fraîchement émergé reste un instant à la surface de l'eau avant de s'envoler vers la végétation avoisinante.

L'exuvie nymphale, enveloppe vide, reste dans l'eau, seule trace de la vie aquatique de l'insecte.



Les nymphes, également aquatiques, ont une forme générale en « virgule » : la tête et le thorax sont fusionnés et prolongés par un abdomen très fin, recourbé et terminé par une paire de palettes natatoires qui leur permettent de se déplacer rapidement de la surface au fond du gîte. Comme les larves, les nymphes respirent à la surface de l'eau, cette fois grâce à une paire de trompettes respiratoires plantées sur le thorax. Mais contrairement à elles, les nymphes ne se nourrissent pas. Leur vie dure de deux à dix jours avant qu'elles ne donnent naissance à un insecte adulte.



L'adulte émerge de la nymphe comme un papillon sort de sa chrysalide. La nymphe se fend sur la partie apicale du thorax et l'adulte s'extrait peu à peu de son enveloppe. C'est une période à très haut risque dans la vie du moustique, pendant laquelle il est particulièrement vulnérable aux prédateurs. En quelques minutes, le moustique adulte émerge et l'insecte passe d'un mode de vie aquatique à un mode de vie terrestre et aérien. Les premières 24 à 48 heures de sa vie aérienne sont consacrées au repos, pour solidifier sa cuticule nouvellement formée, déplier ses ailes et acquérir sa capacité de vol.

Selon l'espèce, des habitudes différentes

● Les larves et les gîtes larvaires

Les *Aedes*, et en particulier *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*, sont connus pour être des « moustiques de containers » : ils présentent particulièrement les abris involontairement fabriqués pour eux par l'homme : coupelles de pots de fleurs, seaux, citernes, fûts de stockage d'eau, vieux pneus et déchets de toute sorte, pourvu qu'ils retiennent l'eau. *Aedes albopictus* se sent particulièrement à son aise dans les poches d'eau stagnantes des rivières à la Réunion, tandis que *Aedes aegypti* colonise volontiers les fosses septiques dans la Caraïbe



et les stations d'épuration aux îles du Cap Vert. Cependant on peut aussi les trouver dans les trous d'arbres ou de rochers en milieu naturel.

D'une façon générale, *Aedes albopictus* investit plus volontiers les gîtes naturels, tandis que *Aedes aegypti* reste généralement cantonné aux habitats plutôt urbains. En ville, un certain nombre de gîtes liés au bâti (buses d'évacuation d'eau de pluie, toits en terrasse, plots de signalisation, coffres et bornes électriques, etc.) fournissent également pléthore de possibilités de développement pour ces moustiques.

Les Culex, qui sont également très communs en ville, préfèrent des eaux plus riches en matières organiques, et la pollution urbaine ne les dérange pas: on les trouvera donc principalement dans des latrines, puisards, égouts, etc., où la densité larvaire peut parfois être impressionnante.

Les anophèles, quant à eux, sont des moustiques essentiellement ru-

raux, qui se développent dans les flaques, les mares et les rivières à courant lent. Ils supportent mal la pollution même si on rapporte de plus en plus une adaptation rapide aux milieux fortement anthropisés, en particulier en Afrique subsaharienne où le paludisme fait des ravages.

Ci-dessus: Les siphons bouchés, fûts de stockage d'eau, citernes ou fosses septiques fournissent d'excellents gîtes larvaires aux différentes espèces de moustiques.

Ci-contre: Troncs de bambous coupés: gîtes d'*Aedes albopictus* à la Réunion.



● Les adultes

Tous ne piquent pas à la même heure : si on a le sentiment de se faire piquer du matin au soir, il s'agit en réalité de différentes espèces dont les préférences et habitudes se chevauchent. Les moustiques du genre *Aedes* sont diurnes : ils piquent pendant la journée, avec une activité souvent plus importante à l'aube et au crépuscule. Les *Culex* et les *Anopheles* quant à eux ont une activité essentiellement nocturne avec une agressivité maximale en milieu de nuit.

Mais, même si une espèce donnée a son pic d'activité à un moment donné de la journée, il peut arriver qu'elle pique à d'autres moments.

Ils ne piquent pas non plus au même endroit : Alors que *Aedes aegypti* pique indifféremment à l'intérieur et à l'extérieur des habitations, *Aedes albopictus* est plutôt à craindre à l'extérieur. Mais ils ne se privent pas de pénétrer dans les habitations, même s'ils n'y séjournent pas.

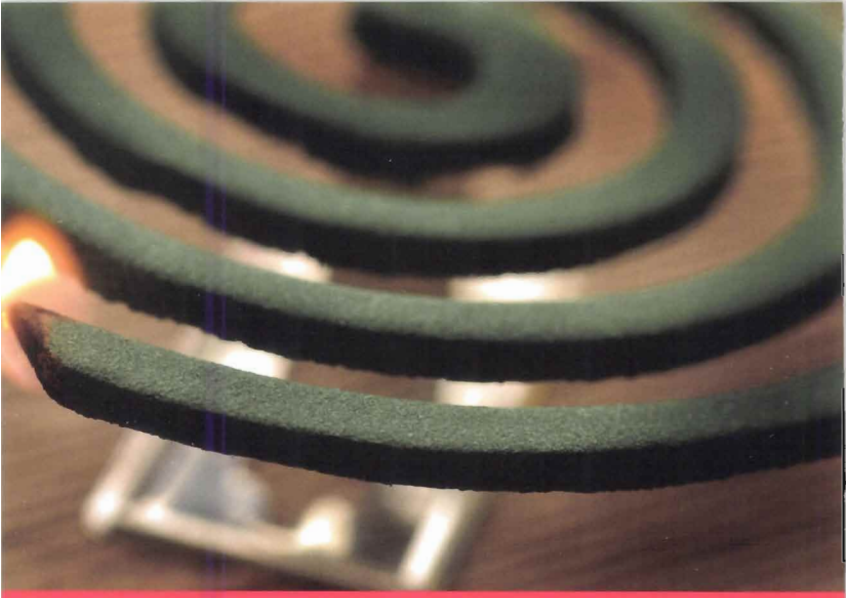
Quant aux multiples autres espèces, dont la présence reste agaçante, elles s'activent en journée ou en début de soirée, lorsque l'on se trouve dans leur habitat : mangroves, plaines inondées, etc.

Aux Antilles, c'est plutôt la journée qu'il faudra craindre les piqûres des moustiques, dans la mesure où ils sont potentiellement porteurs de virus. La nuit, il s'agira principalement de nuisances.



Flaques, mares et ruisseaux à courant lent sont particulièrement propices au développement des *Anopheles*.

	Matin	Après-midi	Soirée	Nuit
Ville	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>	<i>Culex</i>
Village	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i> <i>Anopheles</i>	<i>Culex</i> <i>Anopheles</i>
Zone agricole	<i>Aedes albopictus</i>	<i>Aedes albopictus</i>	<i>Aedes albopictus</i> <i>Anopheles</i>	<i>Culex</i> <i>Anopheles</i>
Littoral	<i>Ochlerotatus</i>	<i>Ochlerotatus</i>	<i>Ochlerotatus</i> <i>Anopheles</i>	<i>Culex</i> <i>Anopheles</i>



Spirale antimoustique qui diffuse un insecticide par combustion. À utiliser en extérieur.

La prévention individuelle

Détruire les gîtes larvaires

C'est dans la phase aquatique de leur développement que les moustiques sont le plus faciles à atteindre : les larves peuvent se cacher, mais pas s'échapper. Il est donc recommandé d'être particulièrement vigilant sur les gîtes larvaires qui les abritent, d'autant que cette phase ne dure que de quatre à six jours après l'éclosion de l'œuf.

À l'intérieur des maisons, il faudra surveiller les récipients qui contiennent de l'eau : vases à fleurs, égouttoirs à vaisselle, etc. Ce sont les plus faciles à contrôler, mais encore faut-il y penser !

Dans la maison, les vases à fleurs sont souvent envahis par les larves d'*Aedes* si l'on n'y prend garde.



À l'extérieur, l'existence de ces gîtes est en revanche en grande partie liée aux précipitations. Ce sont, le plus souvent, des récipients abandonnés qui se remplissent d'eau quand il pleut : boîtes de conserve, vieux pneus, carcasses de voitures, etc.

Les fûts de stockage d'eau de pluie et les citernes sont également concernés : les œufs pondus sur les gouttières arrivent dans les citernes avec l'eau et les larves se développent à l'abri des regards. Une fois émergés, il ne reste plus aux moustiques adultes qu'à emprunter les conduits pour sortir à l'air libre.

Dans la nature, c'est surtout la végétation qui fournit des abris propices à leur développement : mangrove, terrains inondables, aisselles de feuilles et fleurs, arbres du voyageur, trous de rochers, bambous, feuilles de bananier au sol, coques de fruits... Il est bien entendu beaucoup plus difficile, et même souvent impossible, d'éliminer ces gîtes naturels.

Lorsque l'on vide un gîte larvaire, il est important de renverser l'eau sur une surface absorbante, de terre ou de sable, pour assécher le milieu. En effet, très peu d'humidité suffit pour que le cycle se poursuive. *A fortiori*, renverser dans un évier l'eau infestée de larves d'un vase à fleurs revient à changer leur gîte, sans pour autant les détruire.

Dans tous les cas, il faut nettoyer soigneusement le gîte (pot de fleurs, dessous de pot, etc.) pour décoller les œufs éventuellement collés sur les parois.

Ci-dessous :
Divers gîtes à
Aedes aegypti.



Recommandations

- ◆ Éliminer les endroits où l'eau peut stagner : petits détritifs, encombrants, pneus usagés (vous pouvez les remplir de terre ou de sable si vous ne voulez pas les jeter), déchets divers.
- ◆ Changer l'eau des plantes et des fleurs une fois par semaine. Si possible, supprimer les soucoupes des pots de fleurs, ou les remplir de sable. Celui-ci maintiendra l'humidité sans permettre l'accumulation d'eau.
- ◆ Vérifier le bon écoulement des eaux de pluie et des eaux usées et nettoyer régulièrement gouttières, regards, caniveaux, etc.
- ◆ Couvrir les réservoirs d'eau avec un voile moustiquaire ou un simple tissu : bidons d'eau, citernes, bassins.
- ◆ Couvrir les piscines hors d'usage et évacuer l'eau des bâches, ou traiter l'eau avec de l'eau de Javel ou un galet de chlore.

Se protéger des piqûres

Il est difficile de se protéger efficacement de la piqûre des moustiques qui piquent pendant la journée.

L'utilisation de répulsifs, qui perturbent et désorientent les moustiques, reste le meilleur moyen de les tenir à distance. Mais attention, seules quatre molécules ont une efficacité réellement prouvée contre les plus agressifs, alors sachez scruter les étiquettes !

Certaines spirales à brûler sont efficaces, mais nombre de produits n'en indiquent pas la composition. Ces spirales sont à utiliser exclusivement en

Les 4 molécules
répulsives
recommandées :
IR 35/35 ou
35/35, DEET,
Icaridine, PMD
(ou Citridiol®).

Il faut couvrir les
réserves d'eau
avec un voile
moustiquaire ou
un simple tissu.



extérieur. À l'intérieur, on préférera les diffuseurs d'insecticides.

Les moustiquaires, placées au-dessus des lits et des berceaux, ainsi que les écrans aux portes et aux fenêtres constituent la meilleure des protections, à condition de veiller à ce que le moustique ne soit pas déjà caché à l'intérieur, et qu'ils soient en bon état...

Ventilateurs et systèmes de climatisation, parce qu'ils peuvent gêner ou ralentir la progression des moustiques, sont de bons compléments aux méthodes précédentes. Mais leur efficacité reste toute relative.

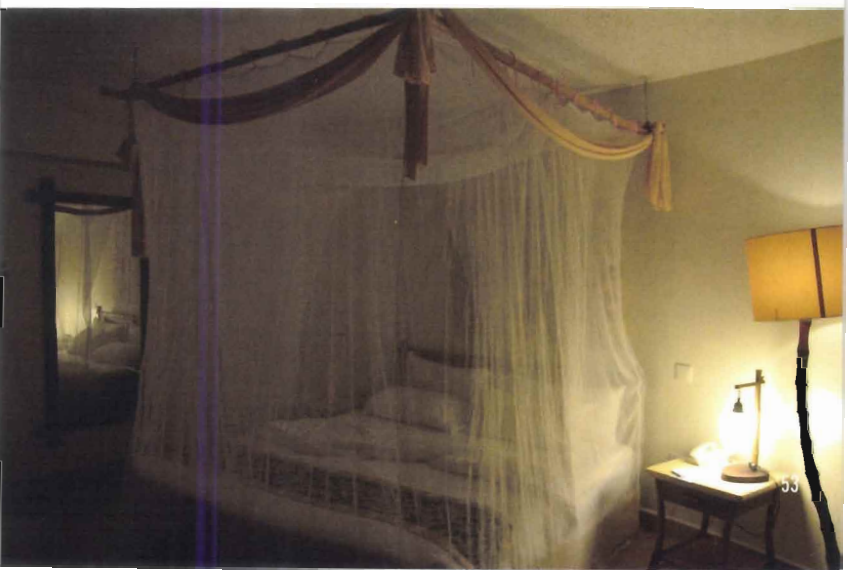
En revanche, aucune preuve scientifique de l'effet répulsif ou attractif des ultrasons n'a jamais pu être avancée. Et, si les essences végétales sont effectivement répulsives pour les moustiques, sur les bracelets qui en sont imprégnés, elles s'évaporent tellement vite que la protection disparaît généralement avant même que celui-ci ne se referme autour du poignet !

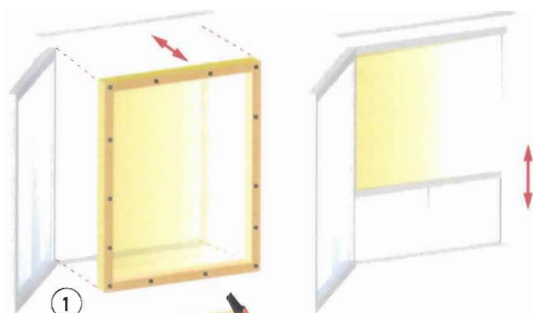
Ne vous croyez pas protégés si vous utilisez l'un ou l'autre, pas plus qu'il ne faut espérer diminuer les nuisances en plantant quelques pieds de citronnelle ici où là dans le jardin.



Ochlerotatus est capable de piquer à travers les vêtements.

Moustiquaire de lit dans un hôtel en Tanzanie. Le dispositif est composé d'un simple cadre fixé au plafond. Pratique et efficace, c'est un exemple à suivre.

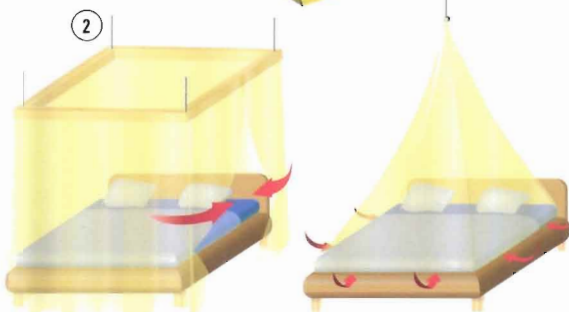




1

1. Comment fabriquer soi-même un écran antimoustiques à placer aux portes et aux fenêtres.

2. Comment mettre en place une moustiquaire de lit : il faut veiller à la fermer de façon hermétique.



2

Recommandations

- ◆ Appliquer sur la peau des produits antimoustiques pendant la journée et pendant la nuit. Les médecins et les pharmaciens peuvent vous conseiller des produits spécifiques à utiliser pour les enfants et les femmes enceintes.
- ◆ Porter des vêtements couvrants et amples.
- ◆ Protéger les berceaux avec une moustiquaire imprégnée.
- ◆ Utiliser des diffuseurs d'insecticides à l'intérieur et des serpentins à l'extérieur.

Lutter contre les adultes

En dehors des moments où ils sont à la recherche d'un hôte à piquer, les moustiques adultes se réfugient dans ce que l'on appelle des « gîtes de repos ». Ils varient aussi selon l'espèce, mais ont en commun d'être situés à l'ombre et au frais.

Aedes aegypti se retrouve essentiellement à l'intérieur des maisons : préférentiellement derrière, ou sous les meubles, au fond des placards, dans la

Pour tuer un moustique agressif, le meilleur outil reste la main !

salle de bains, etc. En général, dans les endroits plutôt sombres où il peut être tranquille.

Aedes albopictus se cache plutôt à l'extérieur des habitations, dans les buissons et les jardins.

Les *Culex* et les *Anopheles* préfèrent des gîtes de repos abrités constitués par la végétation, les terriers de rongeurs, les fentes et les fissures des arbres ou du sol, les grottes. En Afrique, les plus dangereux vecteurs du paludisme se reposent à l'intérieur même des habitations et en Europe, les *Culex* sont nombreux à hanter caves et greniers.



Les raquettes à moustiques : elles sont à la fois efficaces et sans danger pour les insectes que l'on souhaite préserver.

Recommandations

Pour limiter les lieux de repos des moustiques adultes :

- ◆ débroussailler et tailler les herbes hautes et les haies ;
- ◆ élaguer les arbres ;
- ◆ ramasser les fruits tombés et les débris végétaux ;
- ◆ réduire les sources d'humidité (limiter l'arrosage) ;
- ◆ entretenir le jardin.

Les raquettes à moustiques sont des dispositifs électriques à batteries rechargeables ou à piles, que l'on trouve dans les supermarchés pour un budget de 10 à 20 euros. Elles permettent, après activation, de tuer par électrocution les moustiques qui viennent au contact du tamis de la raquette.

L'utilisation des insecticides est déconseillée, car les insectes s'y adaptent, même quand on augmente les doses. À la longue, on finit par faire plus de mal que de bien, d'autant qu'il n'existe pas sur le marché de produits suffisamment sélectifs pour tuer les moustiques et épargner les autres insectes, comme les abeilles, les papillons, etc.



Le rôle des papillons et des abeilles dans la pollinisation est fondamental pour notre survie.

Les prédateurs des moustiques

Face à ces inconvénients, on peut légitimement se poser la question d'une lutte écologique contre les moustiques. Des prédateurs existent, mais ils sont peu nombreux, souvent fragiles et, face à l'ampleur du problème, leur utilisation reste limitée.

L'utriculaire, plante carnivore dont le nom latin, *utriculus*, signifie « petite outre », en référence aux petits sacs qui la composent, gobe les larves.



La gambusie, petit poisson d'eau douce ou saumâtre très friand de larves, a été utilisée dans la lutte contre les moustiques et peut très efficacement limiter la pullulation de larves dans un bassin... mais pas dans une flaque.



Les notonectes, insectes aquatiques communs des eaux dormantes, se nourrissent aussi de larves de moustiques, tout comme les larves de libellules qui en sont un terrible prédateur. Mais, s'ils peuvent très rapidement nettoyer un fût de toutes ses larves, ce sont des insectes ailés qui vont rapidement voir ailleurs dès que celles-ci sont éliminées.



La méduse d'eau douce, *Craspedacusta sowerbyi* est aussi un excellent moyen de lutte biologique.

Certains moustiques, qui sont eux-mêmes prédateurs de larves, n'hésitent pas à attaquer celles de leur propre espèce.

À l'âge adulte, le danger vient surtout des libellules, chauves-souris et nombreux oiseaux insectivores, sans oublier les araignées et les fourmis, responsables de véritables hécatombes chez les moustiques adultes au repos.

Toutefois, même si cela représente une piste intéressante, aucun prédateur des adultes n'a été utilisé à ce jour dans la lutte contre les moustiques.



**Les prédateurs
des moustiques**

Notonecte
(punaise
aquatique)
dévorent une
larve d'anophèle.



Nymphe d'Agrion
capturant une
nymphe de
moustique.



Saltique
immature
(*Phlegra
fasciata*)
sautant sur
un moustique.



Collecte de larves de moustiques sur le terrain, en Martinique.

La lutte antivectorielle

La lutte antivectorielle comprend la lutte et la protection contre tous les arthropodes hématophages, insectes et acariens, vecteurs d'agents pathogènes ainsi que leur surveillance. Elle inclut la lutte chimique, la lutte biologique, l'action sur l'environnement, l'éducation sanitaire, la mobilisation sociale et l'évaluation permanente de toutes ces méthodes.

Les méthodes d'intervention

● Les insecticides

Pour diminuer la densité de moustiques, on peut lutter contre les larves et/ou contre les adultes. Les méthodes diffèrent en fonction du stade d'intervention mais, malgré leur nocivité, les insecticides restent à ce jour l'outil principal des opérateurs publics chargés de la démoustication. Ils sont de deux catégories :

- ◆ les neurotoxiques, qui provoquent chez l'insecte adulte une paralysie mortelle sous 24 heures ;
- ◆ les régulateurs de croissance, qui agissent sur le développement des stades larvaires.

Les plus utilisés sont :

- ◆ en lutte anti-larvaire, le BTi, insecticide d'origine biologique tiré de la bactérie *Bacillus thuringiensis israelensis*, qui lui a donné ses initiales.
- ◆ contre les adultes, les pyréthrinaïdes : ce sont des insecticides chimiques dérivés du pyrèthre, issus de plantes voisines de chrysanthèmes, que l'on utilise en pulvérisation ou en imprégnation sur différents tissus pour tuer les adultes : moustiquaires, rideaux ou encore uniformes.

Aujourd'hui, cependant, l'utilisation des insecticides en santé publique est de plus en plus sujette à controverse, notamment du fait de leur manque de sélectivité : ils sont toxiques pour d'autres insectes.

● **La résistance aux insecticides se développe**

À ces inconvénients s'ajoute le développement, préoccupant et rédhibitoire à l'échelle mondiale, de la résistance aux insecticides. Par des modifications physiologiques, génétiques ou comportementales, les insectes parviennent à survivre à une dose d'insecticide en principe fatale, et au fil des générations, les individus résistants deviennent majoritaires.

On dénombre plus de 500 espèces d'insectes résistants aux insecticides, dont le quart serait des moustiques. De plus, la plupart des moustiques les plus dangereux sont aujourd'hui multirésistants : ils ont développé des résistances à l'ensemble des insecticides utilisables en santé publique !



En Angola :
aspersion
d'insecticide
par thermo-
nébulisation
(émission
d'un brouillard
très fin de
microparticules
de produits
biocides).

Le travail sur le terrain

L'utilisation d'insecticides est par conséquent très strictement réglementée et réservée à des situations particulières.

● La lutte contre les larves

La lutte anti-larvaire par BTi n'est pas utilisable ni efficace partout. Si elle marche bien contre les *Culex* en milieu urbain et périurbain, qui ont des gîtes larvaires relativement faciles à identifier, ou contre les *Ochlerotatus* qui, jadis, hantaient le littoral méditerranéen et en interdisaient l'accès aux touristes, elle est inadaptée contre les *Aedes*. En effet, la multiplicité de leurs gîtes larvaires nécessiterait que l'on dépose un peu d'insecticide dans chaque creux d'arbre, chaque fût, chaque « contenant » où ils peuvent déposer leurs œufs.

● La chasse aux adultes

L'utilisation d'adulticide est, quant à elle, réservée aux situations où une transmission locale est imminente ou avérée.

En métropole, ce n'est que dans le cadre du plan anti-dissémination de la dengue, du chikungunya et du zika que les services de démoustication interviennent ainsi. Dans un rayon de 300 mètres autour de la maison d'une personne détectée porteuse du virus, ils pulvérisent de l'insecticide deltaméthrine, le seul autorisé en France dans le cadre de la lutte antivectorielle. L'objectif est de tuer les moustiques adultes qui auraient pu s'infecter en piquant le malade.

Si cet effort d'organisation semble aujourd'hui inimaginable, rappelons-nous que c'est bien en procédant pas à pas, à saupoudrer de l'insecticide dans chacun de ses gîtes, qu'on a pu éliminer *Aedes aegypti* d'un grand nombre de territoires où il s'était implanté en Amérique du Sud, dans les années 1940.

Aspiration à l'intérieur d'une habitation en Martinique.



En Martinique, les moustiques sont sous surveillance et le virus n'est jamais bien loin. Des actions de pulvérisation de ce même insecticide peuvent être programmées lorsque leur densité dépasse un seuil considéré, par expérience, comme alarmant.

● L'opération Coup-de-poing

En période épidémique, le travail des équipes de terrain est renforcé par des campagnes de sensibilisation ciblant toute la population, notamment lors de ce que les Martiniquais connaissent sous le nom d'opération coup-de-poing (OCP).

C'est une action ciblée sur un week-end, afin de toucher le maximum de personnes dans un rayon de 300 mètres autour de la maison du malade. Elle consiste à confiner la zone pour réduire le risque de transmission et éteindre le foyer en détruisant le maximum de gîtes larvaires.

Les équipes d'intervention pulvérisent de l'insecticide à l'intérieur des habitations ou aspirent les moustiques adultes si l'habitant s'oppose à la pulvérisation. Cependant, l'aspiration est loin d'être aussi efficace que la pulvérisation, et n'écarte pas complètement le danger de contamination dans la zone concernée.

● L'éducation sanitaire

Cette opération est complétée par des actions de communication et d'éducation sanitaire pour sensibiliser et former les habitants aux gestes simples de prévention.

En effet, pour réussir à lutter efficacement contre les *Aedes*, qui se reproduisent non seulement dans l'espace public, mais aussi dans nos cours et nos terrasses, sur nos balcons, dans nos gouttières, nos pots à fleurs, etc., la participation du plus grand nombre est nécessaire. Chacun peut contribuer à son échelle à diminuer efficacement la source de production des moustiques que sont les gîtes larvaires.

Si, dans l'Hexagone, les campagnes d'information peinent encore à motiver les comportements responsables, aux Antilles, l'expérience de la « mobilisation sociale » est déjà ancienne.

Le rayon maximal de vol d'un moustique *Aedes aegypti* est de trois cents mètres.

La mobilisation sociale : « Ensemble contre le Moustique »

En Europe, la Toussaint signe la fin de la période de pullulation des moustiques et l'entrée dans l'hiver. Aux Antilles, au contraire, elle correspond à la pleine saison des pluies.

● L'opération Toussaint

La forte tradition autour de cette fête en fait une période à risque mais aussi une excellente occasion de sensibiliser la population.

Vaste opération de communication, également très médiatisée aux Antilles françaises et en Guyane, son objectif est d'inciter les habitants à remplir de sable les pots et les vases à fleurs qu'ils déposeront sur les tombes de leurs proches.

Recommandations

- ◆ Remplir à ras bord avec du sable les vases à fleurs naturelles : dans le sable humide, les fleurs se conservent quasiment aussi longtemps que dans l'eau.
- ◆ Compléter à ras bord avec du sable le remplissage des vases à fleurs artificielles achetés dans le commerce.
- ◆ Percer les pots pour permettre l'évacuation de l'eau de pluie.

Les pots de fleurs artificielles vendus dans le commerce présentent souvent un espace vide au-dessus de la couche de matériau de remplissage, dans lequel l'eau peut s'accumuler.



- ◆ Protéger les bougies en verres de la pluie et jeter les contenants une fois la cire consommée.

● En Martinique

L'opération « Fête des mères » : la Fête des mères est une bonne occasion de réitérer le message, et lors de la Journée de lutte contre le moustique,

chacun est invité à participer aux opérations de sensibilisation et de prévention sur le terrain menées par les agents du Service de démoustication, aux côtés des mairies et des écoles.

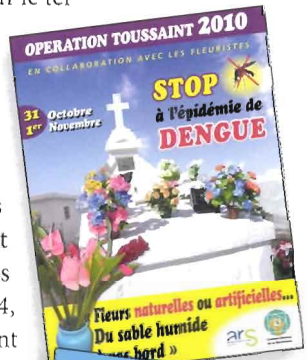
Les opérations ciblées : d'autres opérations, bien que plus ponctuelles, sont également proposées pour maintenir la vigilance partout où le moustique est présent. Les opérations « déCHIKtaj », en 2014, et « déZIKAge », en 2016, ont mobilisé des centaines d'acteurs pour procéder à des visites domiciliaires et détruire les gîtes larvaires.

● En Guadeloupe

Les journées de prévention contre le chikungunya et la dengue « *Si dlo ka domi, moustik pa ka domi* » invitent l'ensemble de la population, acteurs socio-professionnels, établissements scolaires, associations, communautés religieuses, etc., à s'approprier les mesures de prévention. Il s'agit d'appliquer les consignes de protection, de nettoyage et d'élimination des gîtes larvaires, tout en s'informant sur la maladie et ses symptômes.

● À la Réunion

C'est à l'approche de l'été austral, en novembre-décembre, que l'opération « *Kass moustik* » mobilise à la fois l'État, les associations, les communes et les institutions pour convaincre la population de l'efficacité des gestes de prévention. Sur une semaine, de nombreuses actions sont organisées sur l'ensemble du territoire : porte-à-porte, animations (concours d'affiches, expositions, etc.) et nettoyages collectifs de ravines ou de quartiers.



Opération Toussaint à la Martinique

À l'instar de la ville de Rivière-Pilote, les communes se mobilisent pour informer et inciter les habitants à rester vigilants face aux moustiques.



Dans tous les cimetières, du sable est mis à disposition des visiteurs qui fleurissent les tombes de leurs proches.



En remplissant les pots de sable, on préserve l'humidité nécessaire pour maintenir de belles plantes tout en limitant le risque d'accumulation d'eau propice au développement des moustiques.





C'est l'affaire de chacun

Le monde d'aujourd'hui n'a plus grand-chose à voir avec celui du siècle dernier : l'essentiel de l'humanité vit en ville, dans un monde de plus en plus interconnecté, et le « *bug* (insecte, en anglais) de l'an 2000 », tant redouté lors du changement de millénaire, est sans conteste un moustique !

Petit vampire qui nous menace depuis la nuit des temps, le moustique nous place aujourd'hui face à nos contradictions : si fragile, mais pourtant si résistant, si petit et pourtant si important dans l'histoire de notre humanité... Alors on l'avait cru facilement éliminable, il réapparaît, plus fort que jamais, là où on ne l'attendait pas, au cœur même de nos cités, de ces environnements artificiels bâtis par l'homme pour l'homme.

C'est un comble, à l'heure où l'on se désole de contribuer si lourdement à la perte de la biodiversité, de ne pouvoir se réjouir que quelques espèces au moins nous suivent dans notre évolution et s'adaptent à notre mode de vie.

C'est parce que les moustiques nous dérangent par leur piqûre, mais aussi et surtout à cause des pathogènes qu'ils nous transmettent et qui nous tuent, qu'une guerre sans merci nous oppose.

À Singapour, une amende, parfois lourde, est infligée aux négligents, particuliers ou entreprises, en cas de découverte de foyers de larves de moustiques.

Si la menace n'est pas nouvelle, elle s'étend aujourd'hui de la campagne à la ville, du Sud au Nord, touchant toutes les strates d'une population en grande majorité susceptible à de nouvelles infections. C'est une menace globale qu'il convient de traiter comme telle : globale car elle touche toutes les régions du globe, mais globale aussi car elle menace tout le monde, toutes couleurs, toutes origines et tous milieux sociaux confondus.

Les microbes, comme les moustiques, ne font pas de différence. Si les chercheurs en virologie et en entomologie, les médecins et les spécialistes de la santé sont à pied d'œuvre pour mettre au point des vaccins, des médicaments et des méthodes innovantes, on sait déjà qu'il n'existera pas de solution miracle applicable partout.

La prévention concerne chacun d'entre nous, et c'est l'action commune qui aura du sens, comme quand il s'agit d'économie d'énergie ou de tri des déchets.

Chacun peut faire beaucoup en veillant à éliminer les gîtes larvaires potentiels autour de chez lui, sur son lieu de travail, de loisirs ou de vacances, et chacun peut aussi éviter, par des mesures simples, de servir de « passeur » aux microbes et aux moustiques lors de ses déplacements.

C'est donc bien l'affaire de tous que de prévenir, autant que possible, la pullulation des moustiques dans notre environnement.

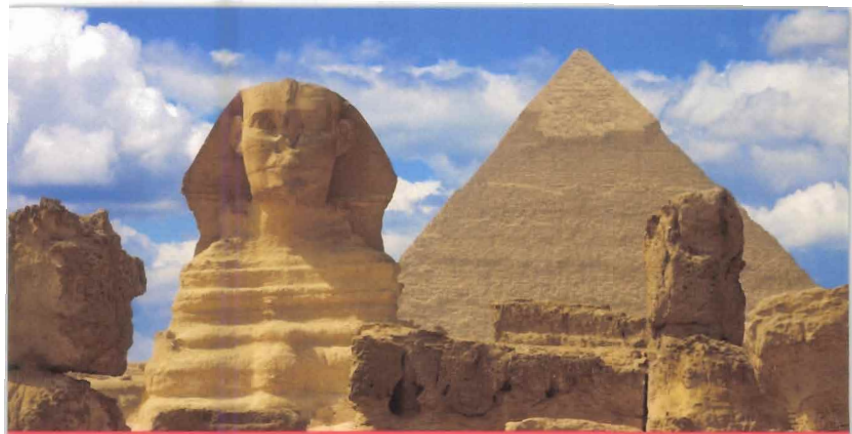


La lutte antivectorielle en France

Sur le territoire français, dans l'Hexagone comme dans les Outre-Mer, la lutte antivectorielle est organisée par la Direction générale de la santé (DGS) par l'intermédiaire de ses Agences régionales de santé (ARS). D'autres acteurs publics (agences, ententes ou services de démoustication, communes, départements, etc.) interviennent également. Le CNEV (Centre national d'expertise sur les vecteurs) conseille les décideurs, les opérateurs et les particuliers sur la meilleure conduite à

Miscellanées





Les moustiques, acteurs de l'histoire

> 1 000 000 av. J.-C. : Afrique – Les ancêtres de nos ancêtres font leurs premiers pas. Les moustiques commencent déjà à les infecter avec le paludisme.

1327 av. J.-C. : Égypte – Le pharaon Toutânkhamon était atteint de paludisme au moment de son décès : l'ADN de sa momie a parlé et les moustiques sont bien en cause.

500 av. J.-C. : Inde – Les médecins Charaka et Sushruta associent paludisme et moustiques. On ne les croira que 2 400 ans plus tard.

410 av. J.-C. : Rome – Les Wisigoths mettent un terme à l'Empire romain, déjà grandement affaibli par une énorme épidémie de paludisme. Peu après, Alaric, le chef des Wisigoths, est également écarté du pouvoir par une piqûre de moustique et meurt, lui aussi, de paludisme.

323 av. J.-C. : Babylone – Alexandre le Grand semble avoir été vaincu par un moustique : il meurt de paludisme à l'âge de 33 ans. Son rêve d'unifier l'empire grec s'éteint avec lui, et la propagation du paludisme contribuera d'ailleurs grandement à la fin de l'hégémonie de la Grèce en Méditerranée.

1482 : Afrique – Les navigateurs portugais atteignent les côtes du Congo et de l'Angola et y installent les premières missions catholiques. Tout au long des siècles suivants, la médiane de survie des missionnaires n'y dépassera pas six mois, en raison essentiellement du paludisme. Ce n'est qu'après 1850, avec l'invention de la quinine de synthèse puis la codification de son usage pendant la conquête de l'Algérie, que l'intérieur de l'Afrique noire pourra être colonisé par les puissances européennes.

1593 : Amériques – Les moustiques transmettent le paludisme et la fièvre jaune, importés avec les esclaves, déclenchant des épidémies fatales à la fois aux colons et aux populations indigènes. Celles-ci auront d'importantes répercussions sur la géopolitique de toute la Caraïbe.

1649 : France – Louis XIV est sauvé d'une fièvre tenace grâce à de la poudre d'écorce de quinquina que les pères Jésuites lui rapportent du



Pérou. À partir de cette poudre sera plus tard isolée la quinine. À cette époque, le paludisme fait des ravages dans tous le pays, notamment dans les marais de Sologne.

1658 : Angleterre – Piqué par un moustique, Oliver Cromwell meurt du paludisme, ce qui facilitera grandement le retour de la monarchie au Royaume-Uni.

1698 : Panama – En tuant près de 70 % des 2 500 Écossais envoyés au Panama pour y établir un comptoir commercial, la fièvre jaune et le paludisme impactent sérieusement l'économie du pays. Les moustiques ont ainsi favorisé l'union de l'Écosse à l'Angleterre pour former la Grande-Bretagne en 1707.

1780 : Amérique – Les moustiques qui transmettent le paludisme aux troupes anglaises aident les révolutionnaires américains, exposés depuis leur enfance et donc mieux immunisés contre la maladie, à gagner leur indépendance sur le front sud, plus de la moitié des troupes britanniques souffrant de paludisme.

1804 : Amériques/Saint-Domingue – Paludisme et fièvre jaune déciment les troupes de Napoléon envoyées en Haïti pour mettre fin à une rébellion d'esclaves. Dépité, l'Empereur cède la Louisiane aux Américains pour une bouchée de pain, et Haïti devient une république indépendante.

1878 : Algérie – Le parasite du paludisme est découvert en Algérie par un médecin militaire français, Alphonse Laveran, alors en poste à l'hôpital de Constantine.

1889 : Panama – Les moustiques ruinent les ambitions françaises pour la construction du canal de Panama. Plus de 20 000 ouvriers y laissent la vie, emportés par le paludisme ou la fièvre jaune. Le chantier sera repris quelques années plus tard par les Américains, et finalisé en 1914, grâce à un ambitieux programme de lutte antivectorielle.

1942 : Japon – Des troupes japonaises prennent le contrôle des îles qui fournissent la majeure partie de la quinine du monde, qui est alors la seule thérapie fiable pour guérir le paludisme. Ils espèrent que les moustiques deviendront leurs alliés contre les forces alliées. Près d'un demi-million de soldats américains basés dans les îles du Pacifique sont hospitalisés à cause du paludisme entre 1942 et 1945.

1963 : France – Élimination des moustiques (création de l'EID) en vue de développer le littoral du Languedoc et construire – entre autres – la Grande Motte. La Camargue n'est pas traitée, ce qui permet aux moustiques camarguais de continuer à protéger ce milieu naturel contre les constructions touristiques.

1965-1975 : Vietnam – Les troupes américaines souffrent du paludisme qui porte grandement atteinte à leur efficacité sur le terrain.

1993 : États-Unis – *Jurassic Park*. De l'ADN est extrait de l'abdomen d'un moustique fossile (ayant piqué un dinosaure avant d'être fossilisé), afin de recréer un dinosaure. Le film montre un moustique mâle (qui ne pique pas), incohérence qui n'a pas empêché le succès du film, avec plus de 6 millions de spectateurs en France...





Larves et nymphes de moustiques tigres dans une bouteille.

Les principales maladies dues aux moustiques

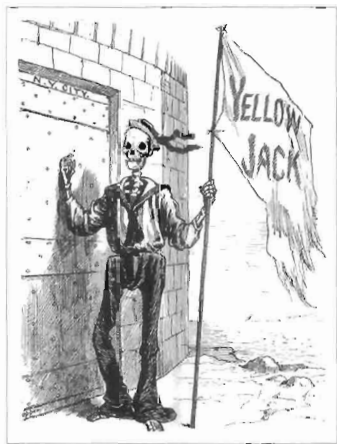
Les maladies provoquées par des virus transmis par les moustiques *Aedes*, *aegypti* et *albopictus*, sont des arboviroses pour lesquelles il n'existe aucun traitement spécifique.

Yellow Jack, le spectre de la fièvre jaune.

On ne sait pas détruire ces virus et tout ce que l'on peut faire, c'est limiter les manifestations cliniques, autrement dit les symptômes. On utilise pour cela des antalgiques et des anti-inflammatoires non stéroïdiens, la prise d'aspirine étant déconseillée à cause du risque d'hémorragie.

Heureusement pour nous, ces infections sont souvent bénignes – voire totalement asymptomatiques – et notre corps se débarrasse généralement tout seul de ces virus en quelques jours. Mais des complications peuvent apparaître; elles sont plus ou moins graves

et plus ou moins fréquentes selon les virus. Elles entraînent parfois de longues séquelles et certaines, peuvent être fatales au malade.



La fièvre jaune

Le virus de la fièvre jaune, appelé aussi virus amaril, est originaire d'Afrique. Il a été introduit dans les Amériques pendant la traite des esclaves il y a environ 400 ans, en même temps que son vecteur, le moustique *Aedes aegypti*. À l'heure actuelle, la fièvre jaune est endémique dans les régions tropicales d'Amérique du Sud et en Afrique. Bien qu'il existe un vaccin efficace, peu onéreux et bien distribué, elle constitue encore un danger de santé publique dans certains pays, notamment en Afrique.

Ainsi, à la fin de l'année 2015, une épidémie a éclaté en Angola, avant de gagner la République démocratique du Congo et en particulier la ville de Kinshasa avec ses 13 millions d'habitants. De nombreux cas ont par ailleurs été signalés dans d'autres pays d'Afrique centrale et de l'est. Lors de cette épidémie, la campagne massive de vaccination envisagée n'a pas pu avoir lieu comme prévu car les 8 millions de doses de la réserve mondiale de vaccin se sont avérées insuffisantes.

Symptômes et complications

L'infection par le virus amaril passe inaperçue chez de nombreuses personnes qui ne développeront pas de symptômes. Quand ils se manifestent, entre 3 et 6 jours après la piqûre par un moustique porteur du virus, ils incluent de la fièvre, des douleurs musculaires, des maux de tête et des nausées qui disparaissent généralement en 3 à 4 jours. Mais, dans une petite proportion de cas, – inférieure à 5 % –, les malades entrent dans une phase plus sévère de la maladie qui va toucher des organes vitaux, provoquant un ictère, jaunissement de la peau et des yeux, accompagné d'une fièvre intense, de vomissements et de production d'urine sombre, bientôt suivis de saignements du nez, de la bouche, des yeux... La moitié des malades présentant ces symptômes meurt dans les 7 à 10 jours, même si une prise en charge médicalisée (transfusion, etc.) peut augmenter le taux de survie.

Immunité

Une seule dose du vaccin provoque une immunité à vie, sans besoin de rappel. Il en va de même d'une première infection par le virus amaril : on ne peut pas contracter la fièvre jaune deux fois.

La fièvre jaune en chiffres

Endémique dans 47 pays : 34 en Afrique et 13 en Amérique du Sud.
85 000 à 170 000 cas sévères et on estime à 30 000 le nombre de décès par an.
Plus de 105 millions de personnes vaccinées en Afrique depuis 2006.
Mais en 2016, plus de 200 morts en Angola et en République démocratique du Congo.

C'est un chercheur cubain, Carlos Finlay, qui démontra pour la première fois au XIX^e siècle le rôle du moustique dans la transmission du virus de la fièvre jaune.

La dengue

La dengue en chiffres

3 milliards d'habitants en zone à risque :
400 millions d'infections annuelles :
50 000 décès par an.

La dengue est due à quatre virus très apparentés, que l'on appelle des sérotypes, nommés DENV-1, DENV-2, DENV-3 et DENV-4. Décrite depuis la fin du XVIII^e siècle, elle a connu une expansion fulgurante au cours des 50 dernières années.

Présente dans plus de 125 pays, elle sévit principalement dans les zones tropicales et subtropicales, en milieu urbain et périurbain.

Les zones les plus touchées sont les Amériques, l'Asie du sud-est et le Pacifique occidental. Par ses formes sévères (ou hémorragiques), elle constitue un problème majeur de santé publique.

Symptômes et complications

L'infection par les DENV est, elle aussi, asymptomatique dans 50 % à 85 % des cas. Mais elle peut se manifester par un éventail de symptômes de gravité variable, qui apparaissent entre 2 et 15 jours après la piqûre infectante. La forme classique de la dengue se manifeste par un syndrome pseudo-grippal comprenant une fièvre élevée, supérieure à 38,5 °C, d'apparition brutale, associée à des maux de tête, des douleurs articulaires et rétro-orbitaires, des courbatures et/ou des éruptions cutanées : rougeurs, rash (en anglais « éruption ») ou boutons, et parfois de conjonctivite. La convalescence peut être longue, avec une fatigue persistante pendant plusieurs mois. Mais la maladie peut aussi évoluer, dans 1 % à 5 % des cas, en une forme sévère, hémorragique, et souvent mortelle.

Immunité

L'infection par un sérotype de dengue entraîne une immunité à vie. Mais il n'existe pas d'immunité croisée entre les 4 sérotypes. Au contraire, une première infection, asymptomatique ou guérie, semble favoriser les complications et l'évolution vers une dengue sévère en cas d'infection ultérieure par un autre sérotype !

Un premier vaccin tétravalent est testé dans plusieurs pays très exposés, mais on sait qu'il ne sera pas parfait : il protège efficacement seulement 6 personnes sur 10, et il n'est pas recommandé chez les enfants de moins de 9 ans et chez les personnes âgées, qui sont justement les plus touchés.



Le rash désigne l'apparition soudaine et passagère de boutons rouges qui surviennent au cours d'une maladie fébrile, elle-même causée par un virus ou un parasite. Il peut aussi venir d'une intolérance à un médicament.

Le chikungunya

La découverte du virus chikungunya (CHIKV), remonte à 1952, sur le plateau Makondé, à la frontière entre la Tanzanie et le Mozambique. Il a depuis été identifié dans une soixantaine de pays d'Afrique, d'Asie, dans la région Amérique et en Europe.

Le terme *chikungunya* signifie « devenir tordu », « marcher courbé », en kimakonde, dialecte bantou parlé localement. Il renvoie à la posture des malades souffrant de fréquentes douleurs articulaires.

Symptômes et complications

L'infection à virus chikungunya entraîne, après un délai d'incubation de deux à dix jours, des atteintes articulaires, souvent très invalidantes, concernant principalement les petites articulations : poignets, doigts, chevilles, pieds. Mais elles peuvent toucher aussi les genoux et, plus rarement, les hanches ou les épaules. À ces symptômes s'associent fréquemment ceux de la dengue classique, souvent accompagnés d'un rash cutané sévère et parfois d'une conjonctivite.

L'épidémie de 2005, survenue sur l'île de la Réunion, a permis de montrer l'existence de formes neurologiques graves, présentant des méningo-encéphalites et des atteintes des nerfs périphériques. Elles sont principalement observées chez des personnes âgées ou au système immunitaire affaibli, ainsi que chez des nouveau-nés infectés *in utero* par leurs mères malades.

Habituellement, la rémission des symptômes cliniques est assez rapide avec la disparition en quelques jours de la fièvre et des manifestations cutanées. En revanche, les signes articulaires peuvent perdurer plusieurs semaines, voire plusieurs mois et même quelques années.

Il ne semble pas que l'infection par le virus chikungunya soit la cause directe des quelques cas mortels rapportés lors des épidémies, principalement chez des personnes âgées.

Immunité

Dans le cas du virus chikungunya aussi, une première infection procure une immunité à vie. C'est de cette manière que s'est éteinte l'épidémie de la Réunion : lorsqu'un grand nombre de personnes furent atteintes, le nombre de personnes encore susceptibles à l'infection n'était plus assez élevé pour maintenir une transmission intense du virus. Aucun vaccin n'est aujourd'hui disponible, ni testé, contre ce virus.

Le chikungunya en chiffres

1952 : découverte du virus.
 2005 : première épidémie dans l'océan Indien. À la Réunion, 40 % de la population est atteinte.
 2007 : première épidémie autochtone en Europe (nord-est de l'Italie, 300 cas)
 2014 : France (Montpellier, 11 cas).
 2014 : le virus atteint la zone Caraïbe.

Le zika

Le virus zika (ZIKV) a été identifié pour la première fois dans la forêt du même nom en Ouganda en 1947, chez des singes. En 1952, il est retrouvé pour la première fois chez l'homme, en Ouganda, en Tanzanie et au Nigeria.

Symptômes et complications

La plupart du temps, les personnes infectées ne vont présenter aucun symptôme. Quand c'est le cas, ils apparaissent 2 à 10 jours après la piqûre infectante. Ils sont similaires à ceux de la dengue, avec toutefois une éruption cutanée caractéristique (exanthème maculopapuleux, prurit) avec ou sans fièvre. Cette similitude rend parfois le diagnostic difficile. Le traitement est symptomatique et, dans la majorité des cas, la guérison intervient au bout de quelques jours.

Cependant, des complications neurologiques peuvent apparaître, notamment le syndrome de Guillain-Barré, caractérisé par une atteinte des nerfs périphériques. Celle-ci se manifeste par une paralysie plus ou moins étendue et plus ou moins durable. Toujours réversible, elle peut nécessiter une hospitalisation d'urgence et la mise sous respiration assistée, notamment quand elle touche le diaphragme.

Des anomalies du développement cérébral ont été observées chez des fœtus et des nouveau-nés issus de mères contaminées lorsqu'elles étaient enceintes. On estime aujourd'hui qu'une infection au cours du premier semestre de la grossesse multiplie par 50 le risque de microcéphalie chez le futur bébé. Celle-ci est visible à l'échographie dès le deuxième trimestre de grossesse.

Immunité

Tout comme avec le virus chikungunya, une première infection procure une immunité à vie. Aucun vaccin n'est encore disponible contre le ZIKV, mais des efforts importants sont faits en ce sens depuis l'épidémie au Brésil.

Le zika en chiffres

1947 : découverte du virus.

Années 1970 : Asie.

2007 : première épidémie, île de Yap, Micronésie.

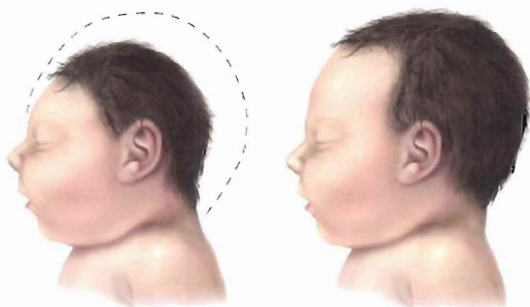
70 % de la population atteinte.

2013-2014 : Polynésie française et Pacifique.

Nouvelle-Calédonie.

2015 : Brésil, Surinam, Guyane française, Martinique et Guadeloupe.

La microcéphalie est une insuffisance de développement cérébral chez le fœtus qui se manifeste par un diamètre crânien anormalement petit.



Le paludisme

Le paludisme, ou malaria, est dû à une infection par un parasite protozoaire (eucaryote unicellulaire), le *Plasmodium*. Cinq espèces de ce parasite peuvent infecter l'homme; les plus dangereuses sont *P. ovale* et *P. falciparum*.

On trouve *Plasmodium vivax* surtout en Asie, en Afrique du Nord et en Amérique du Sud, et *Plasmodium falciparum*, redoutable tueur d'enfants en Afrique subsaharienne, fait encore près de 450 000 victimes chaque année.

Originaire d'Afrique, le parasite est uniquement transmis par la piqûre d'un moustique du genre *Anopheles*.

Le paludisme en chiffres

Plus de 3,2 milliards d'individus exposés dans 95 pays de la zone tropicale. En 2015 : 214 millions de cas dans le monde en 2015 (OMS).

Symptômes et complications

Le paludisme simple se manifeste par un syndrome pseudo-grippal : poussée de fièvre rapide pouvant monter jusqu'à 41 °C, associée ou non à des maux de tête, frissons et vomissements. Le traitement des symptômes, qui apparaissent entre 7 et 30 jours après l'infection, consistera surtout à atténuer la fièvre. Ensuite, les parasites disparaissent rapidement du sang, jusqu'à la prochaine crise, car ils peuvent persister dans le foie sous forme dormante. Le paludisme à *P. falciparum*, en revanche, peut rapidement dégénérer en forme grave, souvent mortelle s'il n'est pas traité dans les 24 heures. Chez les jeunes enfants, le *Plasmodium* détruit rapidement les globules rouges : la mort par anémie est inévitable en l'absence de traitement ou de perfusion. Les globules rouges infectés peuvent également boucher les capillaires sanguins qui irriguent les organes, et notamment le cerveau, provoquant un coma aussi soudain que mortel. Dans tous les cas, l'infection par *P. falciparum* doit être traitée comme une urgence.



Un petit garçon emporte sa moustiquaire neuve dans sa maison. Dzita, village de pêcheurs, district de Keta au Sud Ghana.

Immunité

Le paludisme est une maladie partiellement immunisante : si l'on est sans cesse exposé à de nouvelles piqûres infectantes, ce qui est le cas en zone d'endémie, on développe une immunité qui

permet le portage asymptomatique. Celle-ci se perd rapidement dès que l'on n'est plus exposé, par exemple à la faveur d'un séjour hors de la zone d'endémie. On redevient alors rapidement une personne à risque, susceptible de manifester des complications à la première piqûre, au même titre qu'un nourrisson ou que n'importe quel visiteur arrivant d'une zone non endémique. On ignore encore les secrets de cette réponse immunitaire très particulière face au *Plasmodium*, et c'est pour cette raison qu'aucun vaccin efficace n'a encore été trouvé, malgré des décennies de recherche. On sait aussi que la drépanocytose, qui est due à une malformation héréditaire des globules rouges, protège contre les formes graves de paludisme à *Plasmodium falciparum*.

C'est une maladie génétique particulièrement répandue en Afrique. Par ailleurs, certaines populations sont génétiquement réfractaires à l'infection par *Plasmodium vivax*. Cette particularité est due à une modification de la constitution de leurs globules rouges (Duffy négatif). C'est le cas de la quasi-totalité de la population noire africaine.

Soigner le paludisme

D'importants progrès ont été réalisés dans la lutte contre la maladie depuis les années 2000, notamment avec la distribution à grande échelle de moustiquaires imprégnées d'insecticide pour lutter contre les vecteurs, l'amélioration du diagnostic de l'infection par la mise sur le marché de tests de diagnostic rapide, et la distribution d'un traitement à base d'artémisinine combinée à d'autres molécules. En effet, face aux problèmes de résistance aux médicaments, l'OMS a interdit les traitements en monothérapie (avec un seul médicament) contre *Plasmodium falciparum* depuis 2007.

La quinine, sur laquelle reposaient largement autrefois la prévention et le traitement du paludisme, n'est plus utilisée qu'en traitement hospitalier, et seulement en dernier recours.

1. Campagne de distribution de moustiquaires imprégnées d'insecticide (Bénin).
2. Lavage d'une moustiquaire imprégnée.
3. Écorce de quinquina (*Cinchona officinalis*), dont on extrait la quinine.



Les « rimed-razié », biocides naturels

Près d'une centaine de plantes – les « rimèd-razié » – de l'ethnopharmacopée martiniquaise sont dotées d'activité biocide et plus particulièrement insecticide. Elles figurent à la Pharmacopée française, ce qui est une garantie, pour le corps médical académique, des propriétés biologiques d'une plante et de sa non-toxicité, ce qui permet de la prescrire en toute légalité.

Ceux qui ont découvert la Martinique, les Arawak-Kali'na, étaient constamment attaqués par les insectes. Les autochtones, mais aussi les Africains, les Européens, les Indiens et les Chinois arrivés aux Antilles luttèrent déjà contre le paludisme et bien d'autres fléaux, comme le pian, la chique, etc. Ils savaient les combattre, sinon ils n'auraient pas survécu.

Il existe d'ailleurs tout un secteur informel – apothicaires créoles, pépiniéristes, naturopathes, etc. – qui continue de dispenser ces remèdes, et bon nombre de patients atteints de pathologies plus ou moins graves ont encore le réflexe de l'usage traditionnel.

Lors de l'épidémie du chikungunya à la Martinique, alors que la prescription de paracétamol et autres anti-inflammatoires à base d'ibuprofène ne donnait plus de résultats, les équipes du Dr René-Corail, au Centre hospitalier universitaire de la Martinique, se sont intéressées à cette approche alternative, en vue de formuler une « ordonnance anti-

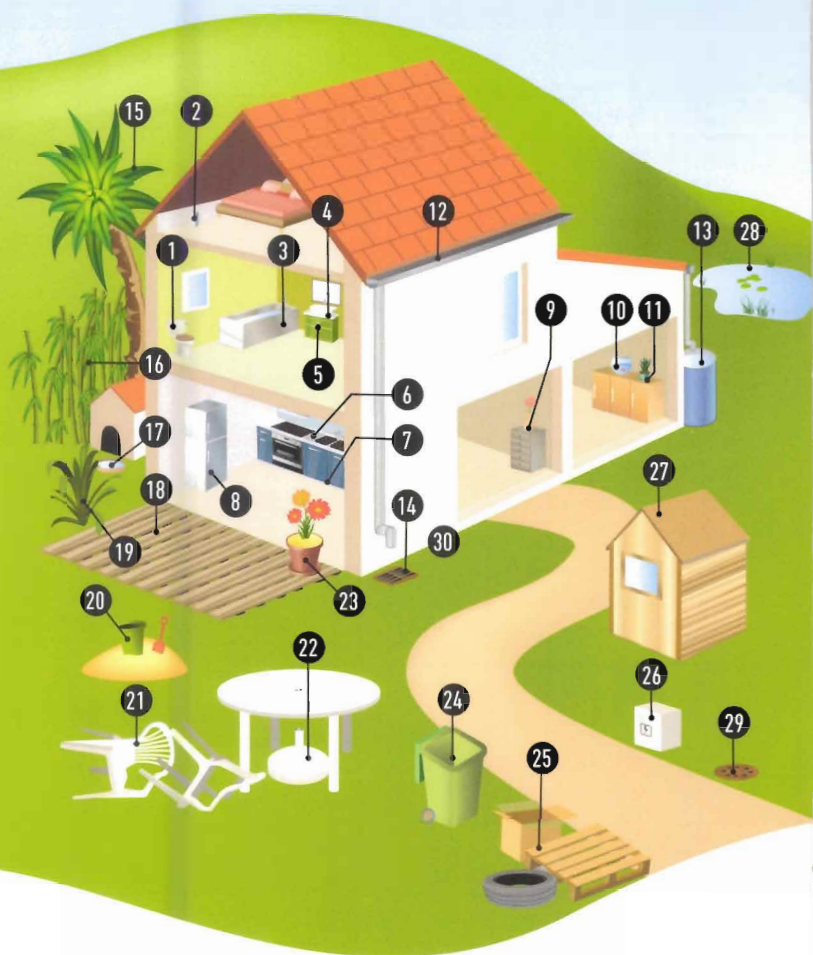
chik » type. Celle-ci a fait le tour des cabinets de soins de l'île et aujourd'hui, nombre de médecins de ville n'hésitent pas à prescrire des rimèd-razié, notamment ceux inscrits à la Pharmacopée française. Des ordonnances avec de l'arada (*Petiveria alliacea*) ou du « zèb-zédjoui » (*Bidens pilosa*) contre les douleurs rhumatismales, ou encore du « chadron-béni » (*Eryngium foetidum*) contre les états fébriles, ont largement circulé dans l'île durant la phase aiguë de l'épidémie.

Certaines plantes médicinales, dont l'effet larvicide anti-*Aedes* a été mis en évidence, sont largement utilisées en fumigation dans la zone circumcaribéenne et ailleurs depuis des lustres, comme à Cuba, en Colombie et au Brésil : *Annona glabra* : « kachiman », *Argemone mexicana* : « zèb-dragon », *Carapa guianensis* : « karapat », *Cordia alliodora* : « maho-blanc », *Lepianthes peltata* : « lanni-Bwa », *Stachytarpheta jamaicensis* : « vèvèn-latjérat ».

L'ethnopharmacopée est donc d'une utilité incontestable contre les maladies transmises par les moustiques. Toutefois, l'avis d'un médecin est fortement recommandé, dans la mesure où dans certains cas, les effets générés par l'usage de ces rimèd-razié pourraient entrer en conflit avec les traitements pétrochimiques modernes, ce qui n'est pas sans poser problème.



Argemone mexicana



Les bons gestes contre les moustiques

À la maison, dans le jardin, dans votre quartier,
les gîtes à moustiques peuvent se situer dans des endroits insoupçonnables

- | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1. Réservoir des toilettes | 11. Dessous de pot | 21. Mobilier de jardin |
| 2. Dispositif d'humidification | 12. Gouttière | 22. Pied de parasol vide |
| 3. Siphon de douche ou de sol | 13. Stockage d'eau de pluie | 23. Pots de fleurs |
| 4. Pot de brosses à dents | 14. Regard d'évacuation | 24. Poubelle ouverte |
| 5. Siphon de lavabo | 15. Branches d'arbres | 25. Déchets |
| 6. Égouttoir à vaisselle | 16. Bambous | 26. Armoire électrique |
| 7. Fuite du siphon sous l'évier | 17. Abreuvoir pour animaux | 27. Rangement |
| 8. Réfrigérateur | 18. Terrasse sur plots | 28. Mare ou flaques d'eau |
| 9. Vase à fleurs | 19. Intérieur des feuilles | 29. Bouche d'égout |
| 10. Aquarium | 20. Jouets | 30. Vide sanitaire |

Pour en savoir plus

Bibliographie sommaire

- BOULANGER N., MACCOY K. – *Tiques et maladies à tiques*, IRD Éditions, 2016
- CARNEVALE P., ROBERT V. – *Les anophèles. Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle*, IRD Éditions, 2009
- DARRIET F. – *Des moustiques et des hommes*, IRD Éditions, 2014
- DUVALLET G., DE GENTILE L. – *Protection personnelle antivectorielle*, IRD Éditions, 2014
- COLLECTIF – *La lutte antivectorielle en France* (bilingue), IRD Éditions, 2009
- RHODAIN F. – *Le parasite, le moustique, l'homme et les autres*, Docis, 2015

Webographie

- Des vecteurs et des maladies, exposition de l'IRD* : www.ird.fr/la-mediatheque/expositions/
- Dossier *Suds en ligne sur le paludisme* : www.suds-en-ligne.ird.fr/Web_suds-en-ligne/paludisme/
- Moustique Tigre. The film* : youtu.be/xGWr81gqfgg

Adresses utiles

- Portail de signalement** : www.signalement-moustique.fr – Pour signaler la présence d'un moustique dans votre région
- CNEV** : www.cnev.fr – Rapports d'experts et informations à jour sur les maladies à transmission vectorielle
- MIVEGEC** : www.mivegec.ird.fr/fr – Unité de recherche spécialisée sur les vecteurs et les maladies à transmission vectorielle
- IRD** : www.ird.fr – Institut de recherche français sur les problématiques de développement au Sud.
- Institut Pasteur** : www.pasteur.fr – Derniers résultats de la recherche.
- Organisation mondiale pour la santé – OMS** : www.who.int/fr
- Bureau régional de l'OMS pour les Amériques** : www.paho.org/hq
Informations générales sur la zone Amérique-Caraïbe.
- Agences régionales de santé (ARS)** : www.ars.sante.fr
- Martinique** : www.ars.martinique.sante.fr
- Guadeloupe** : www.ars.guadeloupe.sante.fr
- Guyane** : www.ars.guyane.sante.fr
- Océan Indien** : www.ars.ocean-indien.sante.fr
- Santé publique France** : www.santepubliquefrance.fr/ – Points épidémiologiques. Règlements nationaux et internationaux
- Ententes interdépartementales de démoustication (EID)** : opérateurs de lutte régionaux avec des informations locales
- Méditerranée** : www.eid-med.org
- Atlantique** : www.eidatlantique.eu
- Rhône-Alpes** : www.eid-rhonealpes.com
- Collectivité territoriale de Guyane** : www.ctguyane.fr – Direction de la démoustication et des actions sanitaires
- Collectivité territoriale de Martinique** : www.collectivitedemartinique.mq
– Centre de démoustication et de recherches entomologiques

Remerciements

Pour leurs contributions diverses, échanges constructifs et relectures critiques, les auteurs tiennent à remercier :

Gérard DUVALLET, professeur émérite à l'université de Montpellier, Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE) ;

Frédéric JOURDAIN et Yvon PERRIN, du Centre national d'expertise sur les vecteurs (CNEV) à Montpellier ;

Emmanuel NOSSIN, pharmacien et ethnobotaniste, coordinateur du réseau TRAMIL, programme de recherche appliquée à l'usage populaire des plantes médicinales dans la Caraïbe ;

Michel RAYMOND, directeur de recherche au CNRS, Institut des sciences de l'évolution de Montpellier (ISEM) ;

Corinne BUSSI-COPIN, de l'Institut océanographique ;

ainsi que, pour son soutien actif au projet et ses conseils éclairés,

Marie-Lise SABRIÉ, directrice de la Mission culture scientifique et technologique du pôle Sciences de l'IRD.

Crédits photographiques

Adobe Stock Photo : 68 ; ARS-CTM : 63 ; Biophoto/Photoshot/George Bernard : 46 ; Biosphoto/Bartomeu Borrell : 15 ; Biosphoto/Bruno Guenard : 57 milieu ; Biosphoto/SPL/George Bernard : 44 haut et bas ; Biosphoto/SPL/Juergen Berger haut : 27 ; Thomas Bresson/CC-BY-SA-2.0 : 28 ; Biophoto/SSPL : 68 ; CTM : 67 ; Biosphoto/CDC SPL : 15 haut ; Adobe Stock/Silvana Comugnero : 50 haut ; IRD/Pierre Carnavale : 59 ; Cayambe/CC-BY-4.0 : 42 bas ; CC-BY-3.0 : 26 bas, 30 bas, 47 ; CC-BY-3.0 : 30 haut ; CDC/Domaine public : 22 haut ; CIRE Martinique (d'après) : 33 ; Biosphoto/Jean-Philippe Delobelle : 56 milieu ; Biosphoto/Stephen Dalton : 14, 56 bas, 57 bas ; IRD/Michel Dukhan : 12, 30 haut, 45 ; Photononstop/AFP Creative/François Guillot : 29 ; SCITEP/Sébastien David : 2, 13 haut et bas, 25, 54, 62, 78 ; Domaine public : 7, 69, 70, 74, 76, 77 ; Biosphoto/Roger Eritja : 1^{re} de couverture, 5, 10, 11, 20 haut, 21 haut ; GraphicObsession/Emotive Images : 19 bas ; ECDC Europa : 35 ; IRD/Adobe Stock Photo/Andreas Edelmann : 37 bas ; Didier Fontenille : 48 bas ; Photononstop/Tetra Images/Fotog : 36 ; Fotolia : 36 ; Biosphoto/Laurent Geslin : 9 et 2^e de couverture ; Biosphoto/Pascal Goetgheluck : 70 ; CDC/James Gathany/CC-BY-2.5 : 8, 45 ; David Goodwill/CC-BY-4.0 milieu : 26 ; GraphicObsession/GO Travel/Greg Dale : 19 ; IRD/Geoffrey Gimondeaux : 43 ; SPCA/Garitan/CC-BY-3.0 : 31 ; IRD/Jean-Marc Hougard : 76 haut ; Adobe Stock Photo/Iznogood : 40 ; IRD (images extraites de l'exposition *Des vecteurs et des maladies*, 2014) : 6, 24, 31 ; IRD/Maxime Jacquet : 18 ; Adobe Stock/Kletr : 4 ; Adobe Stock Photo : 55 ; Adobe Stock Photo/Leekris : 55 bas ; Biosphoto/Jean Lecomte : 56 haut ; IRD/Pierre Laboute : 22 bas ; James Lindsey/CC-BY-SA-3.0 : 53 ; Biosphoto/Quentin Marquet 45 milieu ; Frank C. Müller CC-BY-SA 2.5 : 72 ; IRD/Thibaud Martin : 75, 76 milieu ; Photononstop/Giuseppe Masci/AGF Foto : 34 ; Adobe Stock Photo/Andrei Nekrassov : 41 haut ; OMS (d'après) : 32 ; Adobe Stock Photo/Photocreo Bednarek : 41 milieu ; IRD/Nil Rahola : 17 ; IRD/Olivier Roux : 57 haut ; Biosphoto/imageBROKER/André Skonieczny : 16 ; Biosphoto/Science Photo Library/Sinclair Stammers : 27 bas ; IRD/Jean-François Trape : 39 ; Photononstop/Yvan Travert : 43 ; Biosphoto/Stéphane Vitzthum : 21 bas ; IRD-CNRS/Thibaut Vergoz : 36 bas ; IRD/Guillaume Villegier : 23 ; IRD/Thibaut Vergoz : 26 haut ; Biophoto/SPL/Dirk Wiersma : 3 ; André Yébakima : 37 haut et milieu, 42, 48 haut et milieu, 49, 50 bas, 51, 52, 53, 58, 60, 64, 65, 67.



Frédéric Simard est directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), au sein duquel il dirige l'UMR MIVEGEC (Maladies infectieuses et vecteurs : écologie, génétique, évolution et contrôle) à Montpellier. Entomologiste médical spécialisé sur l'étude des moustiques vecteurs d'agents pathogènes pour l'homme, il a

travaillé pendant quinze ans en Afrique sur le paludisme et les arboviroses. Expert reconnu pour ses travaux sur les moustiques d'Afrique, il fut l'un des premiers à documenter l'installation du moustique tigre sur ce continent, puis en Europe. Ses recherches ont pour objectif de proposer des stratégies de lutte contre les maladies infectieuses émergentes à la fois innovantes et respectueuses de l'environnement, et adaptées à un monde de plus en plus interconnecté.



Laurence Farraudière est une jeune doctorante originaire de La Martinique, où elle a effectué la majeure partie de ses études. Sa thèse préparée sous la codirection d'André Yébakima et Frédéric Simard à l'université de Montpellier, portait sur la bioécologie du moustique vecteur *Aedes aegypti* à la Martinique et son rôle dans la transmission des arbovirus émergents sur l'île, notamment lors des épidémies de dengue et de chikungunya de 2012-2014. Ses recherches combinent des études de terrain (Cedre/LAV) à la Martinique et des analyses de laboratoire conduites à Montpellier.



André Yébakima est entomologiste médical. Il a travaillé pendant dix ans en Afrique sur les mouches simuliées. En Martinique, il a dirigé le service de démoustication pendant trente-quatre ans et créé le Centre de démoustication et de recherches entomologiques/Lutte antivectorielle (Cedre/LAV) de la Martinique, qui dépend à la fois de la Collectivité territoriale (CTM) et de l'Agence régionale de santé (ARS). Il met au point en 1991 un indice portant sur la productivité des gîtes d'*Aedes aegypti*, « indice Yébakima », qui est depuis un outil incontournable d'aide à la décision dans les interventions de contrôle d'*Aedes aegypti*.

Expert reconnu à l'échelle internationale, il intervient à ce titre dans la gestion des épidémies d'arboviroses hors de la Martinique et est régulièrement appelé à participer aux travaux de l'IRD dans l'Hexagone.

Savoirs Courants

Alerte aux moustiques?


Editions

Frédéric Simard
Laurence Farraudière
André Yébakima

Des moustiques et des hommes

Moustiques, microbes et maladies infectieuses

Invasions, transmission et épidémies

Conseils de protection individuelle

La lutte antivectorielle

Les moustiques sont souvent plus nuisants que dangereux, mais ils peuvent véhiculer des maladies mortelles :

ces petits vampires domestiques sont responsables chaque année de près d'un million de décès dans le monde.

Le moustique moderne, citadin et voyageur, parcourt le monde à vitesse de la voiture, du train et de l'avion, suivi de son cortège d'épidémies potentielles. Le moustique tigre s'invite régulièrement à la une de l'actualité en compagnie du zika et du chikungunya.

La meilleure façon de s'en protéger reste une prévention attentive, d'autant plus efficace que l'on sera conscient des gestes simples à accomplir au quotidien. Saviez-vous par exemple qu'il faut changer l'eau des fleurs tous les trois jours ? Toujours fermer l'abattant des toilettes ? Que les œufs de moustique résistent au froid, à la sécheresse et aux insecticides ?

Notre bien-être et notre santé dépendent de choses aussi anodines que ces détails !

13,50 €

ISBN: 979-10-93143-07-1

scitep
éditions

www.scitep-editions.fr

