

# Préface

---

**Moustiques.** Un mot générique bien pratique pour simplifier une grande diversité biologique, écologique, sanitaire, sociale, économique et historique. Les moustiques, *Culicidae* de leur nom scientifique, regroupent les 3600 espèces décrites sur terre, plus toutes celles non encore décrites. Si la nature a horreur du vide, les moustiques aussi. On les trouve sur tous les continents, dans tous les écosystèmes, et ce, depuis bien plus longtemps que les humains.

Mais, lecteur humain, tu n'en as pas conscience. Seul te préoccupe le moustique qui empêche de dormir, de profiter de la soirée en plein air et, selon le lieu où tu vis, le moustique responsable de maladies dans ta famille ou chez tes animaux domestiques.

**Émergence.** Ce mot est devenu à la mode ces dernières années. Les humains ont pris conscience que des maladies pouvaient émerger. Charles Nicolle dans *Destin des maladies infectieuses* écrivait déjà en 1933 : « il y aura des maladies [infectieuses] nouvelles. C'est un fait fatal ». Certaines de ces maladies, qui émergent de foyers sauvages, à l'issue de changements environnementaux, climatiques, démographiques, sociétaux, culturels, sanitaires, économiques, etc. sont à transmission vectorielle, et parfois les moustiques en sont les responsables en inoculant virus et parasites.

Les moustiques sont des insectes, mais leur étude et leur contrôle vont bien au-delà de l'entomologie (*entoma*, l'insecte en grec ancien). De nombreuses disciplines complémentaires sont mobilisées, de la taxonomie à la santé publique. La télédétection et la modélisation spatiale en font partie et sont maintenant des composantes indispensables de l'entomologie médicale et vétérinaire, mais aussi agricole.

Hippocrate, philosophe et médecin grec, fait déjà, au v<sup>e</sup> siècle avant notre ère, le lien entre environnement et maladies. Il décrit des fièvres ayant la symptomatologie du paludisme et observe une association entre les marais et ces fièvres dans son traité *Des airs, des eaux et des lieux*. Évidemment, à l'époque, si on se plaignait probablement des moustiques, le lien de causalité avec le paludisme était impossible à faire. Plus proche de nous, sur l'actuel territoire hexagonal, la Vendée, la Sologne, les Dombes, la Camargue étaient envahies de moustiques et les fièvres y étaient fréquentes jusqu'au début du xx<sup>e</sup> siècle. La construction du château de Versailles, avant canalisation des eaux de surfaces, a été le théâtre de nombreux décès probablement dus au paludisme.

C'est seulement à l'aire pastorienne, donc très récemment, que les liens de causalité entre milieux, climat, moustiques, microbes et maladies ont été précisés. Depuis 20 ans nous sommes maintenant capables d'aller beaucoup plus loin dans la compréhension de ces associations, grâce aux nouvelles techniques de génomique, mais aussi grâce à la télédétection, à l'analyse spatiale des phénomènes biologiques, moustiques compris, et à la modélisation des risques sanitaires.

La diversité biologique des moustiques est extraordinaire. Les 3 600 espèces sont particulièrement bien adaptées à des milieux et biotopes spécifiques. Certaines espèces ne se trouvent, à l'état larvaire, que dans des gîtes très particuliers, comme des phytotelmes arborés ou des urnes de plantes carnivores comme les népenthès. D'autres sont moins exigeantes et se développent dans des lacs, des marécages, des bords de rivières; d'autres enfin se trouvent presque uniquement dans des collections d'eau artificielles créées par les humains. Certaines espèces ne sont connues que dans une seule zone (*Aedes pia* à Mayotte) et d'autres, profitant de l'environnement urbain, se retrouvent sur tous les continents (*Aedes albopictus*). Certaines se nourrissent du sang de nombreux animaux, dont l'humain (*Anopheles arabiensis*), alors que d'autres ont des régimes alimentaires très stricts (miellat de fourmis pour *Malaya* sp.). Plusieurs espèces sont capables de passer la saison sèche ou froide sous forme d'œufs en diapause (*Aedes*) ou sous forme adulte au repos dans des abris, dont les maisons ou les étables. Mais tous ont besoin d'eau pour pondre leurs œufs et permettre le développement des larves et des nymphes. L'eau, par sa présence, sa qualité, ses caractères physico-chimiques et biotiques (plantes, nourriture, prédateurs), est donc un paramètre essentiel de la biologie des moustiques. Toute approche visant à décrire, analyser et corrélérer les paramètres liés à l'eau (pluviométrie, aménagements, végétation, etc.) permet de mieux estimer, voire prédire, la présence et l'abondance des différentes espèces et populations de moustiques, et les risques afférents.

Ces risques ne sont pas anodins. L'histoire est riche de destins contrariés par les moustiques, de la mort d'Alexandre le Grand attribuée au paludisme (*Anopheles*) ou à la fièvre West Nile (*Culex*), au creusement du canal de Panama freiné par le paludisme et la fièvre jaune (*Aedes*), jusqu'à l'abandon récent, par leurs habitants, d'immeubles végétalisés envahis de moustiques-tigres en Chine. La liste des agents infectieux transmis aux humains et aux animaux par les différentes espèces de moustiques est impressionnante. Près de 100 maladies humaines sont attribuables aux moustiques. Certaines sont encore rares, comme la fièvre de Mayaro en Amérique du Sud. D'autres sont trop fréquentes comme le paludisme, qui tue près de 400 000 enfants par an en Afrique, ou la dengue, qui touche, d'après l'OMS, plus de 300 millions de personnes par an sur tous les continents.

Les enjeux sanitaires, sociaux et économiques liés aux moustiques sont donc colossaux, mais les enjeux écologiques le sont également. Si les moustiques ont bien leur place dans les chaînes trophiques et sont une composante de la biodiversité, il n'en reste pas moins que le contrôle des quelques espèces responsables de grandes maladies humaines (et animales) est nécessaire. Ce contrôle doit être rationalisé, intégré, ajusté, durable, accepté et le moins impactant possible sur l'environnement. L'ère de l'usage intensif d'insecticides se termine. D'autres méthodes plus ciblées, y compris géographiquement, sont en développement. Les approches de téledétection, d'analyse spatiale et de modélisation sont devenues indispensables, bien qu'encore insuffisamment utilisées dans l'aide à la décision pour atteindre ces objectifs.

Les exemples pris dans cet ouvrage — *Anopheles* et risques de paludisme en Camargue, en Guyane française, en Asie ou à Madagascar; *Aedes* et risques de dengue en Thaïlande, au Brésil ou dans l'océan Indien — démontrent que la téledétection et la modélisation spatiale, appliquées aux moustiques et aux maladies dont ils peuvent être responsables, sont indispensables. Ils démontrent également que l'interdisciplinarité

est nécessaire. Des modèles bâtis sur des données biologiques mal documentées, non seulement sont sans intérêt, mais peuvent donner de faux espoirs à ceux qui les utiliseront. Inversement, un travail d'échantillonnage de terrain rigoureux restera mal exploité sans une bonne modélisation spatiale.

Chaque communauté scientifique a ses concepts et son langage. Se tromper de symposium spécialisé peut devenir un calvaire si on n'en maîtrise pas les codes. Lâchez un entomologiste dans un congrès sur la télédétection, ou un géomaticien au meeting annuel de la Société d'écologie des vecteurs, il n'est pas certain que les mots ou acronymes comme réflectance, fauchée, exophile, sternite, univoltin, mode raster, diapause, signature spectrale, gonotrophique, MODIS, NDVI et autre NDWI, soient perçus comme ils le méritent. Seul le mot vecteur sera peut-être compris par tous, mais avec deux sens bien différents : biologique et géomatique. Le mérite de ce livre écrit par des spécialistes ayant pu se confronter, voire appartenant, aux deux communautés est de rendre accessibles ces concepts à l'aide d'exemples concrets bien documentés. Merci et félicitations aux auteurs. Cet ouvrage sera une référence très utile pour tous ceux qui, conscients de la nécessité d'une approche globale, spatiale et environnementale, pour étudier les moustiques (et au-delà les autres vecteurs) et documenter leur biologie, leurs distributions, leurs impacts et leur contrôle, sont à la recherche d'exemples pour comprendre et utiliser la télédétection et la modélisation spatiale.

Ce livre est un pont entre les communautés invitant les entomologistes à « prendre de la hauteur », et les télédétecteurs et géomaticiens à découvrir le monde fascinant des moustiques.

*Didier Fontenille*  
*Entomologiste médical, directeur de recherche*  
*IRD, UMR MIVEGEC (université de Montpellier, IRD, CNRS)*