



Entomologie médicale et vétérinaire



Éditeurs scientifiques

Gérard Duvallet
Didier Fontenille
Vincent Robert



Entomologie médicale et vétérinaire

Entomologie médicale et vétérinaire

Éditeurs scientifiques

Gérard Duvallet

Didier Fontenille

Vincent Robert

*Cet ouvrage a été publié avec le soutien du Fonds Inkermann
sous l'égide de la Fondation de France.*

IRD Éditions

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Éditions Quae

CIRAD, IFREMER, INRA, IRSTEA

Marseille, Versailles, 2017

Coordination et préparation éditoriale

Corinne Lavagne

Maquette intérieure, mise en page et infographie

Aline Lugand – Gris Souris

Maquette de couverture

Michelle Saint-Léger

Correction

Sylvie Hart

Suivi de fabrication

Jean-Paul Langénieux

Photos p. 1 de couverture de haut en bas

© Aix-Marseille Université/J.-M. Bérenger – Tique *Amblyomma*.

© IRD/N. Rahola – Moustique *Aedes aegypti*.

© IRD/V. Jamonneau – Pose de pièges à glossines.

© IPM/ J.-B. Duchemin – Puce *Pulex irritans*.

© IRD/V. Robert – Mouches sur cheval.

© IRD/N. Rahola – Nycteribiidae : *Phthiridium tectum*.

Photos p. 4 de couverture de haut en bas

© IRD/Y. Goudineau – « Fixé » sous verre réalisé par le peintre Gadjigo, Dakar, 2000.

© S. A. Marshall – Simulie *Simulium bicoloratum*.

La loi du 1^{er} juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD, Quae, 2017

ISBN IRD : 978-2-7099-2376-7

ISBN Quae : 978-2-7592-2677-1

Sommaire

Préface	9
<i>François Rodhain</i>	
Avant-propos	13
<i>Gérard Duvallet, Didier Fontenille, Vincent Robert</i>	

PARTIE 1

CONCEPTS ET MÉTHODES

Chapitre 1. Arthropodologie générale	19
<i>Gérard Duvallet</i>	
Chapitre 2. Introduction à l'entomologie médicale et vétérinaire	37
<i>Vincent Robert</i>	
Chapitre 3. Concepts et méthodes d'identification des espèces d'arthropodes	61
<i>Didier Fontenille, Lionel Almeras, Claire Garros</i>	
Chapitre 4. Collections et autres ressources	79
<i>Yvon Perrin, Frédéric Jourdain</i>	
Chapitre 5. La lutte antivectorielle	89
<i>Jérémy Bouyer, Ludovic de Gentile, Fabrice Chandre</i>	

PARTIE 2

HISTOIRE, SANTÉ PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT

Chapitre 6. La genèse de l'entomologie médicale et vétérinaire. Une histoire en chantier	125
<i>Anne-Marie Moulin</i>	
Chapitre 7. Importance des maladies à transmission vectorielle dans le monde	133
<i>Didier Fontenille</i>	
Chapitre 8. Changements globaux et émergence d'infections à transmission vectorielle ...	145
<i>Renaud Lancelot, Guy Hendrickx, Hélène Guis</i>	

PARTIE 3

LES ARTHROPODES D'IMPORTANCE MÉDICALE OU VÉTÉRINAIRE

Chapitre 9. Généralités sur les diptères (Diptera)	165
<i>Gérard Duvallet</i>	
Chapitre 10. Les anophèles (Diptera : Culicidae : Anophelinae)	181
<i>Vincent Robert, Diego Ayala, Frédéric Simard</i>	
Chapitre 11. Culicinae (Diptera : Culicidae)	243
<i>Didier Fontenille, Christophe Paupy, Anna-Bella Failloux</i>	
Chapitre 12. Les phlébotomes (Diptera : Psychodidae : Phlebotominae)	295
<i>Jérôme Depaquit, Nicole Léger</i>	
Chapitre 13. Les simulies (Diptera : Simuliidae)	321
<i>Peter H. Adler, John W. McCreadie</i>	
Chapitre 14. Les culicoïdes (Diptera : Ceratopogonidae)	345
<i>Claire Garros, Thomas Balenghien</i>	
Chapitre 15. Les glossines (Diptera : Glossinidae)	367
<i>Philippe Solano, Issa Sidibe, Brice Rotureau</i>	
Chapitre 16. Stomoxyini (Diptera : Muscidae : Muscinae)	391
<i>Gérard Duvallet, Frédéric Baldacchino, Marc Desquesnes</i>	
Chapitre 17. Hippoboscidae, Nycteribiidae et Streblidae (Diptera)	405
<i>Gérard Duvallet, Frédéric Baldacchino</i>	
Chapitre 18. Les tabanides (Diptera : Tabanidae)	413
<i>Frédéric Baldacchino, Marc Desquesnes, Gérard Duvallet</i>	
Chapitre 19. Les diptères myiasigènes (Diptera)	425
<i>Gérard Duvallet, Philippe Jacquiet</i>	
Chapitre 20. Les poux (Phthiraptera)	439
<i>Amina Boutellis, Jean-Michel Bérenger, Didier Raoult</i>	
Chapitre 21. Les puces (Siphonaptera)	451
<i>Jean-Bernard Duchemin, Idir Bitam</i>	
Chapitre 22. Les cimicides (Hemiptera : Cimicidae)	485
<i>Pascal Delaunay, Jean-Michel Bérenger</i>	
Chapitre 23. Triatominae (Hemiptera : Reduviidae)	497
<i>Jean-Pierre Dujardin</i>	

Chapitre 24. Les acariens non tiques (Acari)	523
<i>Lise Roy, Arezki Izri</i>	
Chapitre 25. Les tiques (Acari : Ixodida)	553
<i>Nathalie Boulanger, Karen McCoy</i>	
Chapitre 26. Les crustacés (Crustacea : Copepoda et Pentastomida)	597
<i>Jean-Philippe Chippaux</i>	
Chapitre 27. Arthropodes venimeux, allergisants, urticants, vésicants et nuisants	609
<i>Gérard Duvallet</i>	
Glossaire	627
Index	645
Liste des auteurs	675
Table des matières	677

Préface

Depuis plus d'une trentaine d'années, j'ai l'habitude de répéter que l'entomologie médicale et vétérinaire est la plus belle des disciplines. Je le pense toujours et je dois m'en expliquer. Il y a au moins trois raisons à cela.

En premier lieu, ce domaine appliqué de la science entomologique – l'autre aspect appliqué est constitué par l'entomologie agricole et forestière – constitue *une discipline passionnante* parce qu'il s'agit de se pencher sur un système inextricable d'interactions qui met en jeu non seulement l'agent pathogène et le vecteur, mais encore le milieu physique, le climat, l'accès à l'eau, le type de développement économique, les spécificités culturelles, les modes de pensée, etc. L'entomologie médico-vétérinaire se situe au point de rencontre entre la science des insectes et les sciences de la santé, mais pas seulement ; elle conduit *ipso facto* à aborder nombre d'autres champs de recherche, aussi intéressants que variés, qui s'interpénètrent et s'enrichissent mutuellement : l'écologie, la systématique, la biologie animale et l'hydrobiologie, la génétique des populations, la microbiologie, l'épidémiologie et le sous-développement, les sciences de l'agriculture et de l'élevage, les sciences sociales comme la démographie et l'économie, l'histoire et la géopolitique, ou encore la génomique et les biomathématiques, et bien d'autres. Aujourd'hui, être attentif à l'apport des autres disciplines est souvent jugé comme une dispersion de mauvais aloi, alors que c'est précisément là que se situent l'originalité et l'ouverture, face à l'hyperspécialisation précoce très en vogue parmi les jeunes

scientifiques. Entre des disciplines qui vivent côte à côte sans même se connaître, séparées qu'elles sont par des frontières aussi rigides qu'arbitraires, il m'a toujours paru essentiel de jeter des ponts, ce qui conduit à une confrontation interdisciplinaire particulièrement apte à ouvrir les esprits. Là comme ailleurs, nous devons faire tomber les barrières élevées arbitrairement entre les disciplines, qui cloisonnent le savoir. Il n'est d'ailleurs pas rare que des avancées marquantes résultent de la mise en œuvre conjointe d'approches et d'expériences provenant d'autres champs du savoir.

En deuxième lieu, l'entomologie médico-vétérinaire constitue *un domaine scientifique vaste et complexe*, le lecteur de cet ouvrage en sera vite convaincu.

L'entomologie médicale et vétérinaire ne se limite pas à l'étude systématique des arthropodes vecteurs, même si certains voudraient la réduire à cela. Son domaine s'étend, ce qui est bien différent, à l'épidémiologie des maladies à vecteurs.

Les virus, les bactéries, les protozoaires sont des organismes dont les origines sont très anciennes. Les insectes et les acariens ne datent pas non plus d'hier – ils sont présents depuis plus de 400 millions d'années. Les uns et les autres ont eu tout le temps nécessaire pour faire connaissance et nouer de multiples relations, aboutissant à des systèmes biologiques d'une subtile complexité dont l'étude, nous l'avons vu, nécessite l'association de compétences variées.

De ces relations souvent étroites entre microbes et insectes ont résulté des associations non moins étroites parmi les chercheurs, entre entomologistes et microbiologistes, entre généticiens et écologistes, etc. L'entomologiste isolé témoigne d'une époque révolue.

De plus, nous avons affaire à des situations épidémiologiques qui évoluent en permanence, ne serait-ce qu'en raison des changements du climat et des modifications écologiques très profondes qui se manifestent partout, que nous subissons mais aussi que nous provoquons puisqu'elles résultent en grande partie de notre croissance démographique et des activités développées par l'Homme depuis le Néolithique. Depuis au moins huit millénaires, il nous a fallu consacrer toujours plus d'espace à l'agriculture et à l'élevage, et on a vu les environnements progressivement se transformer ; les écosystèmes naturels ont fait place à des agrosystèmes, à des milieux de plus en plus anthropisés. Nous continuons à chercher en permanence à adapter notre environnement à nos besoins et à nos souhaits.

Rien n'est donc statique, immuable. « Rien n'est permanent hormis le changement », nous disait déjà Héraclite d'Éphèse il y a quelque 25 siècles. Et ces changements ne sont pas pour simplifier le travail des épidémiologistes. Dans ce contexte, certaines maladies ont fortement régressé, mais d'autres ont malheureusement progressé et de « nouvelles » maladies surgissent. Il apparaît de plus en plus clairement que les émergences de maladies infectieuses humaines, qui constituent aujourd'hui une préoccupation majeure pour les responsables de santé publique, sont dans leur grande majorité d'origine animale. L'épidémiologie des maladies infectieuses ne saurait être abordée sans considérer ce qui se passe chez l'animal puisqu'il s'agit le plus souvent de zoonoses. C'est dire combien il est essentiel d'associer médecins et vétérinaires pour comprendre les mécanismes en cause et tenter de faire face à ces menaces. Ces deux mondes n'en font qu'un. Le concept *One Health* est devenu une évidence et, dans ce contexte, entomologie médicale et entomologie vétérinaire sont indissociables.

Par ailleurs, il convient de préciser que, si le rôle de vecteurs d'agents infectieux joué par les arthropodes hématophages constitue bien l'aspect majeur de l'entomologie médico-vétérinaire, la discipline est plus vaste puisqu'elle recouvre l'ensemble des relations entre les arthropodes et la santé de l'Homme et des animaux. À ce titre, l'importance des espèces parasites, venimeuses, urticantes et allergisantes ne saurait être passée sous silence ; partout dans le monde, des araignées, des scorpions, des hyménoptères sont responsables d'un grand nombre d'accidents et de décès.

Troisième raison enfin : *cette discipline est utile*. Par les ravages qu'ils exercent sur nos élevages, par le poids des endémies qu'ils propagent, les insectes et les acariens apparaissent comme des adversaires redoutables. Il suffit, pour s'en convaincre, de considérer l'importance cruciale que revêtent les maladies humaines et animales dont les agents sont transmis par des arthropodes hématophages. La seule énumération de certaines des maladies « à vecteurs » suffit pour qu'en soient évoqués les terribles ravages ; les épouvantables épidémies de fièvre jaune, de peste ou de typhus, les multiples facettes de la maladie de Lyme, la progression de la fièvre catarrhale ovine et de la dengue, la déchéance entraînée par la maladie du sommeil, les mutilations résultant des leishmanioses, la disparition de tant d'enfants victimes du paludisme, les monstrueux éléphantiasis des filarioses lymphatiques, le désespoir des éleveurs aux prises avec les maladies dévastatrices que sont les babésioses, la fièvre de la Vallée du Rift et la peste équine, et la brusque arrivée des virus West Nile et Chikungunya sur le continent américain sont là pour nous rappeler que ces affections figurent souvent parmi les plus redoutables auxquelles l'Homme et les animaux domestiques se trouvent exposés. Les insectes ont tué beaucoup plus d'hommes que toutes les guerres réunies. Ils ont toujours joué un rôle majeur dans le contrôle démographique des populations humaines. Aujourd'hui, l'impact de ces affections demeure considérable ; un récent rapport de l'Organisation mondiale de la santé

estime que 17 % de tous les cas de maladies infectieuses de l'Homme relèvent de maladies à vecteurs.

Qu'on le veuille ou non, la situation alarmante évoquée ci-dessus ne fera que s'aggraver : la démographie va poursuivre son évolution, l'urbanisation mal conçue va continuer à se développer de même que les transports et les agrosystèmes tandis que les structures sanitaires des pays pauvres risquent d'être de moins en moins aptes à « gérer » des situations qui, probablement, ne cesseront de se dégrader.

Or, comment espérer comprendre les modalités épidémiologiques d'une affection à transmission vectorielle sans connaître l'identité des vecteurs en cause, sans progresser dans notre connaissance de leur bioécologie qui demeure encore trop fragmentaire et superficielle, et sans avoir éclairci les relations d'interdépendance qu'ils entretiennent avec les vertébrés réservoirs et avec l'Homme et les animaux que nous avons le devoir de protéger ? Et comment espérer définir des moyens adéquats de prévention, seule méthode envisageable pour une réelle efficacité ? Il arrive même que la seule action médicale disponible repose exclusivement sur le contrôle des populations de vecteurs. L'entomologiste apparaît alors comme l'homme-clé en termes de santé publique.

Mais le temps n'est plus où l'objectif était l'éradication complète des vecteurs. Dans le contexte actuel, nous devons apprendre à partager la biosphère avec les insectes. C'est dire qu'une prévention éco-sanitaire réellement efficace devient, plus que jamais, indispensable.

Cependant, malgré son importance véritablement cruciale pour le développement de nos sociétés, force est de reconnaître que l'entomologie médicale et vétérinaire demeure fort mal connue ; elle est ignorée du public, ce qui est compréhensible, mais aussi des professionnels de santé et des entomologistes, ce qui est plus surprenant. Certes, beaucoup des affections en question s'observent dans des zones rurales de contrées lointaines, et bien des Européens ne sentent guère concernés – du moins jusqu'à ce

que l'un des agents infectieux en cause en vienne à créer la surprise en s'implantant dans un pays qui, à tort, s'en croyait protégé. En réalité, les maladies à vecteurs concernent tout le monde, y compris dans nos pays, y compris même en milieu urbain auquel nombre de vecteurs se sont adaptés. N'oublions jamais qu'un agent infectieux, fût-il « à vecteur », émergeant en un point quelconque de la Terre peut surgir très rapidement à l'opposé du globe pour peu qu'il y trouve un vecteur compétent, et même s'y installer si les conditions bioclimatiques le permettent. Ce n'est là que l'un des nombreux aspects de la globalisation.

L'édifice construit pas à pas par les entomologistes médicaux a eu des applications qui, malgré d'inévitables échecs, ont permis de sauver des millions de vies et d'améliorer le sort d'une bonne partie de l'humanité. L'histoire de cette science comporte des pages qui sont parmi les plus belles de l'histoire de la médecine. Arbitrairement, l'entomologie médicale est née en 1877. Lorsque Patrick Manson observa cette année-là le développement des larves de la filaire de Bancroft chez les moustiques, il ne se doutait pas qu'il signalait l'acte de naissance de l'entomologie médicale ; ce qui confère aujourd'hui à notre discipline l'âge respectable de 140 ans. Mais elle reste jeune et belle.

Les progrès enregistrés dans les sciences de la vie laissent décontenancés les anciens qui voient leur monde se transformer, leurs repères s'évanouir. Comme les autres disciplines biologiques, l'entomologie médico-vétérinaire a rapidement et profondément évolué durant les vingt dernières années, grâce aux développements technologiques que permettent les avancées conjointes des techniques d'analyse des génomes et d'étude du polymorphisme génétique, de l'écologie, de la modélisation mathématique, de l'imagerie satellitaire et de bien d'autres applications de la recherche. Sans oublier la systématique qui, elle aussi, fait d'énormes progrès. L'état de la discipline n'est plus ce qu'il était il y a vingt ou trente ans et, dans vingt ou trente ans, il ne sera plus ce qu'il est aujourd'hui. De nouveaux germes seront identifiés, les situations épidémiologiques

auront changé, de nouvelles armes de lutte antivectorielle auront été élaborées, nos connaissances des inter-relations parasites-vecteurs comme de la génétique des populations de vecteurs se compléteront et s'affineront ; notre compréhension des réactions de défense mises en jeu par les arthropodes s'amplifiera ; et on peut raisonnablement penser que nous serons capables de prévoir à temps la plupart des mutations susceptibles de conduire à des émergences et donc de les prévenir. Grâce à une meilleure appréciation du risque épidémiologique, nous devrions être en mesure de prendre à temps les mesures préventives nécessaires, et non pas de nous contenter de toujours répondre après coup, c'est-à-dire trop tard. Tout cela est porteur d'espoir.

Le métier de chercheur en entomologie a, lui aussi, connu d'importants changements. Le temps est loin où l'amateur d'insectes était caricaturé en un doux rêveur courant la campagne un filet à papillons à la main. Certes, pour aborder ces systèmes complexes dans leur globalité, l'entomologiste médical se doit d'être un bon naturaliste. L'approche du terrain demeure fondamentale dans la mesure où la transmission des agents infectieux est avant tout une question d'écologie ; nous ne comprendrons jamais rien aux maladies infectieuses si nous ne les abordons pas avec l'œil de l'écologiste. Mais, comme dans les autres disciplines biologiques, nos collègues se heurtent aujourd'hui à bien des difficultés qui réduisent leur liberté et freinent les initiatives. Malgré tout, heureusement, les vocations ne manquent pas. À nous de prendre garde, dans ce contexte qui peut paraître parfois quelque peu dissuasif, à ne pas les laisser se détourner de cette belle discipline. Un ouvrage tel que celui-ci peut justement y contribuer.

C'est pourquoi il était utile de présenter une vue d'ensemble de l'état actuel de l'entomologie médicale et vétérinaire. Il est bon, de temps à

autre, de s'arrêter quelque peu et de faire le point. D'autant plus que le dernier ouvrage général en langue française, au demeurant bien succinct, remontait à... trente ans ! Il convient d'être reconnaissant aux coordonnateurs du présent livre de s'être attelés à cette entreprise rendue très difficile par l'évolution rapide de la science. Pour nécessaire qu'elle soit, la rédaction d'un tel ouvrage était une gageure ; le résultat est à la hauteur de leur engagement. Ils ont mis toute leur énergie et tout leur talent pour mener à bien ce projet en réunissant une équipe de spécialistes expérimentés. À travers les concepteurs, c'est aussi l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et les universités qui doivent être complimentés. Les félicitations doivent enfin être adressées à un éditeur qui a réussi à assurer la qualité de cette production en réalisant un ouvrage dont le volume demeure raisonnable.

Les entomologistes professionnels, chercheurs et techniciens spécialisés, seront heureux d'avoir entre les mains une telle mise au point, mais je retiens en particulier que cet ouvrage est de nature à attirer l'attention des étudiants vers cette discipline. Nous avons besoin de bons entomologistes, qui ne soient pas trop tôt spécialisés, ayant l'expérience du terrain mais qui soient néanmoins à même, en nouant les collaborations nécessaires, d'aborder les aspects les plus fondamentaux des relations entre arthropodes et micro-organismes. Mon souhait, qui est aussi, je n'en doute pas, celui des coordonnateurs et des auteurs de ce livre, est de voir des étudiants et des chercheurs se tourner vers l'entomologie médico-vétérinaire. C'est une voie semée d'embûches et de difficultés, mais qui procure beaucoup de joies et de satisfactions. C'est une belle voie.

Dr François Rodhain
Professeur Honoraire à l'Institut Pasteur

Avant-propos

Parmi les raisons nous ayant amenés à nous lancer dans l'édition scientifique du présent ouvrage, trois considérations ressortent :

– il n'existe plus de livre de référence en langue française pour l'entomologie médicale et vétérinaire depuis qu'est épuisé le *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire* de François Rodhain et Claudine Perez (1985) ;

– l'entomologie médicale et vétérinaire reste un sujet de préoccupation d'importance considérable. Il est clair, pour ne citer que quelques exemples, que le paludisme continue à tuer, que l'impact de la dengue croît sans cesse en nombre de cas et en aire de distribution, et que les arthropodes, nuisants ou vecteurs, continuent à entraver le développement des filières de production animale. L'importance des agents pathogènes transmis par les arthropodes et des maladies associées est de plus en plus prise en compte en santé publique, mais elle reste associée au constat du manque de moyens de lutte antivectorielle suffisamment efficaces et respectueux de l'environnement. D'où la nécessité de mener des recherches innovantes ;

– enfin, les arthropodes, de par leur importance, nous proposent une salutaire leçon de modestie. Les insectes sont incontestablement les champions de la biodiversité terrestre (1,3 million d'espèces décrites, 40 000 espèces d'insectes recensées en France métropolitaine, et en réalité probablement bien davantage). Ils seraient apparus il y a plus de 400 millions d'années. À titre de comparaison, pour le genre *Homo*, cette apparition daterait

d'environ 2,8 millions d'années, et pour l'espèce *Homo sapiens*, c'est-à-dire « nous », d'il y a 200 000 ans. Par ailleurs, les insectes sont les plus anciens animaux à s'être adaptés à la vie terrestre et les premiers à avoir utilisé le vol pour se déplacer. Certains services écosystémiques sont assurés presque exclusivement par les insectes, qui sont de très loin les premiers agents pollinisateurs des cultures. D'autres insectes, avec des acariens, jouent un rôle essentiel parmi la faune des métazoaires du sol qui entretient l'humus. De plus, on a maintenant des preuves croissantes que la mise en place du couple insecte-agent infectieux est antérieure à l'intrusion d'un vertébré (qui peut être un Homme) en tant que troisième protagoniste, permettant dès lors l'existence d'une triade vectorielle. Pour dire la même chose autrement, les ancêtres des *Plasmodium* et *Trypanosoma* actuels avaient pour hôtes des arthropodes ; secondairement, ils ont acquis de nouveaux hôtes vertébrés.

Le projet de réaliser une présentation de l'essentiel de l'entomologie médicale et vétérinaire constitue cependant un vrai défi. Il n'est pas aisé de prendre en compte le caractère complexe de la discipline scientifique et le contexte changeant des maladies à vecteurs. C'est pourquoi il nous a semblé que seul un collectif d'auteurs pouvait s'acquitter du travail de réalisation d'un ouvrage d'entomologie médicale et vétérinaire, au moins dans un intervalle de temps raisonnablement court entre l'initiation du projet et le rendu du manuscrit complet à un éditeur.

En effet, les concepts de vecteurs, d'agents pathogènes, les divers modes de transmission, l'écologie des systèmes vectoriels, l'impact des changements globaux, les méthodes de la lutte antivectorielle ne s'imposent pas d'emblée à l'esprit et, pour être compris, doivent être exposés et discutés en profondeur.

Ensuite, le caractère évolutif du contexte rend cet exposé plus délicat encore. Au cours des dernières décennies, souvent en lien avec ce qu'il est convenu d'appeler la mondialisation, les pestes invasives (nuisantes ou vectrices) se sont multipliées. À titre d'exemple, on peut citer l'invasion de l'est des États-Unis par le moustique *Aedes japonicus*, celle de l'Europe du Sud par le moustique *Aedes albopictus*, associée à l'apparition des premiers cas autochtones de dengue et de chikungunya, et l'expansion de l'aire de circulation de nombreux virus (chikungunya dans les îles de l'océan Indien, Zika dans les îles de l'océan Pacifique).

Les aspects de classification, contrairement à ce que les non-spécialistes supposent, sont eux-mêmes changeants. La systématique doit en effet découler autant que possible de la phylogénie, induisant parfois, comme ce fut le cas récemment au sein des moustiques Aedini, de profonds bouleversements affectant la nomenclature binomiale de nombreuses espèces.

La surveillance entomologique et la lutte antivectorielle sont aussi des domaines évoluant rapidement, recourant en permanence à de nouvelles techniques et à de nouveaux produits. Certains insecticides perdent leur efficacité du fait de l'apparition de résistances ; d'autres restent efficaces, mais ne sont plus utilisables pour des raisons écologiques ou réglementaires, notamment dans la zone Europe.

Enfin, parmi les changements récents, au-delà de la discipline scientifique, il apparaît que c'est le regard qui est porté sur l'entomologiste



Figure 1 – Conférence de presse du 26 mars 2013 à l'occasion du passage du département des Pyrénées-Orientales en niveau 1 du Plan national anti-dissémination de la dengue et du chikungunya, à la suite de la détection de populations implantées et actives d'*Aedes albopictus*.

De gauche à droite de face : entomologiste expert de l'Entente interdépartementale pour la démoustication du littoral méditerranéen, responsable de la cellule de veille d'alerte et de gestion sanitaires de l'Agence régionale de Santé, présidente du conseil général des Pyrénées-Orientales, préfet du département, vice-président du conseil général et administrateur de l'EID Méditerranée.

© EID Méditerranée/C. Lagneau

médical qui a changé, dans un contexte où les insectes d'intérêt médical et vétérinaire sont de plus en plus fréquemment sous les feux de l'actualité. La demande sociale exprimée par le grand public, les médias et les décideurs n'a jamais été aussi forte en termes d'expertise et d'évaluation des risques. Récemment, et à maintes reprises, on a vu en situations de crise que cette demande atteint des niveaux d'exigence particulièrement élevés. L'entomologiste médical est interpellé au titre du service public (fig. 1). Chacun en comprend le bien-fondé, mais la poursuite prévisible de cette exigence est inquiétante à moyen terme, car elle est largement alimentée par les peurs, et donc déconnectée de l'accroissement des connaissances et de la mise à disposition de nouveaux moyens de lutte.

Quoi qu'il en soit, et en dépit de tous ces changements, nous estimons que le cœur de métier de l'entomologiste médical reste, aujourd'hui comme hier, l'étude de la biologie et de l'écologie des arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire. L'élargissement, indiscutable, du domaine de cette discipline par interaction avec de nouvelles approches, méthodologies et disciplines n'a pas déplacé pour autant ce positionnement.

Le dernier aspect que nous souhaitons souligner dans cet avant-propos est celui du choix de la publication d'un ouvrage scientifique original en langue française. Le français est aujourd'hui la 5^e ou 6^e langue la plus parlée dans le monde, mais la reconnaissance de la langue française dépasse ce cadre, puisqu'elle est la 2^e en termes d'échanges internationaux. L'anglais est certes hégémonique dans le domaine des affaires et il est largement dominant en sciences. Mais si l'on comptait, en 2014, 274 millions de locuteurs en français, il y en aura demain, en 2050, 700 millions (conséquence de l'essor démographique des francophones d'Afrique). Si bien que le français sera incontestablement la 5^e langue la plus parlée dans le monde, avant l'espagnol. À sa manière, cet ouvrage reconnaît et alimente cette formidable réalité qu'est la francophonie.

Aujourd'hui, souhaitons à cet ouvrage, *Entomologie médicale et vétérinaire*, de rendre service à ses lecteurs. Souhaitons-lui en particulier de



Figure 2 – Journée portes ouvertes à l'Institut Pasteur de Madagascar. Sensibilisation des scolaires à l'entomologie médicale.

© IRD-IPM/V. Robert

jouer un rôle comme support de formation pour les entomologistes médicaux de demain, professionnels ou amateurs, y compris les plus jeunes (fig. 2). Jusqu'à présent, l'apport des entomologistes amateurs ne s'est pas véritablement concrétisé en entomologie médicale, alors que l'entomologie générale en bénéficie grandement, et depuis longtemps. Peut-être est-ce dû au faible attrait patrimonial des espèces nuisibles ou vectrices, dont beaucoup sont des diptères ? On peut aussi se demander si le potentiel des entomologistes amateurs n'a pas encore été utilisé parce qu'il n'a simplement pas été sollicité de façon appropriée. L'engagement associatif des amateurs, le formidable lien que constitue internet et l'engouement pour les

sciences participatives pourraient ouvrir, souhaitons-le, des perspectives en ce sens, à l'initiative des chercheurs comme des associations, et ainsi jouer à l'avenir un rôle croissant.

Nos remerciements vont d'abord aux auteurs des divers chapitres, tous bénévoles. En tant qu'éditeurs scientifiques, nous leur savons gré d'avoir dans chacun des chapitres traité de l'essentiel, parfois abordé de façon fort novatrice.

Nos remerciements vont aussi à François Rodhain pour la préface, aux nombreux relecteurs de tous les chapitres, et aux Éditions de l'IRD. Enfin, notre reconnaissance va à la Fondation Inkermann, hébergée par la Fondation de France, pour son soutien financier.

Gérard Duvallet
Didier Fontenille
Vincent Robert

Quelques ressources bibliographiques d'importance en entomologie médicale et vétérinaire

Les principaux ouvrages traitant de l'entomologie médicale sont listés ci-dessous. Le lecteur intéressé pourra utilement s'y reporter. Les journaux scientifiques, eux-mêmes le plus souvent adossés à des sociétés savantes, constituent d'autres sources bibliographiques, produisant en continu un nombre impressionnant de nouvelles références ; presque tous sont en langue anglaise. On peut citer, parmi les plus spécialisés : *Journal of Medical Entomology*, *Medical and Veterinary Entomology*, *Journal of Vector Ecology*, *Parasites and Vectors*, *Journal of American Mosquito Control Association*, ainsi que, pour partie, pratiquement tous les journaux traitant d'hygiène, de santé publique, de médecine tropicale ou vétérinaire et de parasitologie.

Eldridge, B.F., Edman J.D., Eds, 2004. *Medical entomology. A textbook on public health and veterinary problems caused by Arthropods*. Revised edition. Springer sciences+business media, B.V., Dordrecht, Netherlands, 659 p.

Kettle, D.S., 1995. *Medical and veterinary Entomology*. 2nd edition, CABI, 725 p.

Lehane, M., 2005. *The Biology of Blood-sucking in Insects*. 2nd edition, Cambridge University Press, 321 p.

McCoy, K.D., Boulanger, N., Eds, 2015. *Tiques et maladies à tiques. Biologie, écologie évolutive, épidémiologie*. IRD Éditions, Coll. Didactiques, 336 p.

Mullen, G., Durden, L., Eds, 2009. *Medical and veterinary entomology*. 2nd edition, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 637 p.

Rodhain, F., Perez, C., 1985. *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Notions d'épidémiologie des maladies à vecteurs*. Maloine Éditions, Paris, 458 p.

Rollard, C., Chippaux, J.P., Goyffon, M., Eds, 2015. *La fonction venimeuse*. Lavoisier Tec & Doc, 472 p.

Service, M.W., 2012. *Medical entomology for students*. 5th edition. Cambridge University Press, UK, 303 p.

PARTIE 1

Concepts et méthodes



Prélèvements de sang en cours de séchage sur papier buvard.
© IRD/F. Fournet.

Malgré son nom, l'entomologie médicale et vétérinaire ne s'intéresse pas uniquement aux insectes mais elle prend en compte l'ensemble des arthropodes qui peuvent poser un problème en matière de santé ou de bien-être pour les humains ou les animaux.

D'où la nécessité dans cet ouvrage d'une présentation générale du monde des arthropodes (chapitre 1). Avec près de 2 millions d'espèces décrites, l'embranchement des arthropodes est l'un des plus importants du règne animal.

L'entomologie médicale et vétérinaire (chapitre 2) doit répondre à trois questions fondamentales : quel est cet arthropode ? Est-il nuisant et/ou vecteur d'agents infectieux ? Quelles sont les méthodes de lutte envisageables ? Ce chapitre présente les grands domaines de l'entomologie, définit arthropode nuisant et arthropode vecteur, et aborde les différents modes de transmission d'agents infectieux. La triade vectorielle « agent infectieux-vecteur-hôte » est au cœur de l'épidémiologie des maladies à transmission vectorielle, ainsi que les notions de compétence et capacité vectorielles.

On ne contrôle efficacement que ce que l'on connaît bien. Aussi l'identification des espèces d'arthropodes (chapitre 3) est-elle un préalable indispensable à toute action. Ce chapitre passe en revue les techniques connues d'identification morphologique ou génétique. Il expose aussi les techniques récentes, prometteuses et complémentaires à la morphologie (marqueurs génétiques, MALDI-TOF MS, interférence de couleurs) qui sont en cours de développement et seront de plus en plus utilisées par les entomologistes.

L'étude des arthropodes impose la création de collections (chapitre 4) dont les spécimens constituent des références taxonomiques. Ces collections sont indispensables non seulement pour la taxonomie, mais aussi pour les études de biogéographie et de biodiversité. Ce chapitre montre l'intérêt que ces collections ont eu non seulement d'un point de vue scientifique, mais aussi d'un point de vue opérationnel (par exemple dans le cas de l'épizootie de fièvre catarrhale ovine en Europe, en 2000). Les principales collections disponibles, les différentes méthodes de préparation et de conservation des spécimens et les principaux référentiels taxonomiques sont passés en revue.

Cette première partie de l'ouvrage se termine par une thématique fondamentale en entomologie médicale et vétérinaire, celle de la lutte antivectorielle (chapitre 5). Dans le cas de maladies à transmission vectorielle, lorsque l'on ne dispose pas de vaccin efficace, ou lorsque l'effet des médicaments disponibles est réduit par l'apparition de résistances, la lutte contre le ou les vecteurs (éradication, élimination ou simple contrôle) reste souvent la seule solution. Cette lutte s'impose aussi dans le cas des arthropodes nuisants. Ce chapitre discute les différentes stratégies de lutte, les aspects réglementaires concernant en particulier les produits biocides et les méthodes de lutte disponibles qui ont fait des progrès considérables ces dernières années. Il présente aussi les divers aspects de la protection personnelle antivectorielle et aborde le problème important de la résistance aux insecticides et de sa gestion.