



**HAL**  
open science

## Collections de référence d'arthropodes vecteurs en France

Jean-Michel Berenger, Catherine Bourgouin, Christophe Daugeron, Claire Garros, Gilbert Le Goff, Olivier Plantard, Laurence Vial

► **To cite this version:**

Jean-Michel Berenger, Catherine Bourgouin, Christophe Daugeron, Claire Garros, Gilbert Le Goff, et al.. Collections de référence d'arthropodes vecteurs en France. [0] 2014, pp.97. hal-02795528

**HAL Id: hal-02795528**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02795528>**

Submitted on 5 Jun 2020

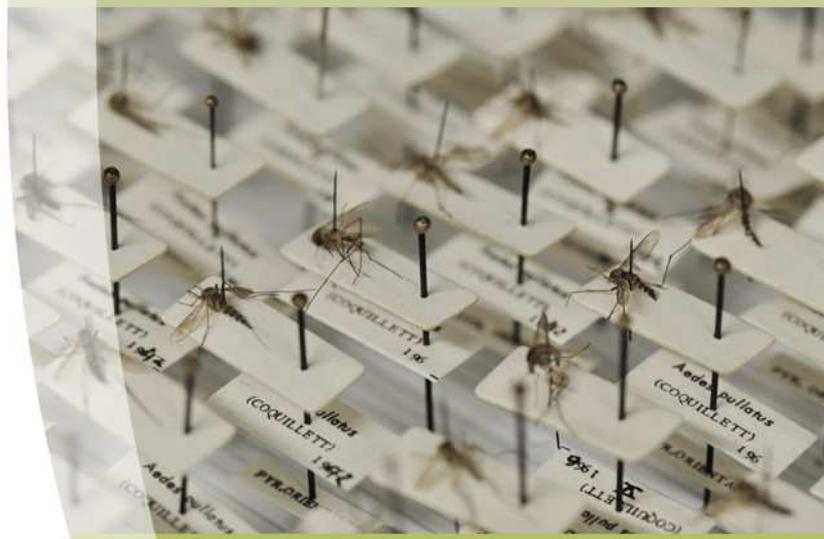
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

## Collections de référence d'arthropodes vecteurs en France



**Version 1.2.** actualisée en février 2014.

**Citation proposée :**

Centre national d'Expertise sur les Vecteurs. 2014. Collections de référence d'arthropodes vecteurs en France.

## Composition du Groupe de travail

---

Jean-Michel BERENGER, UMR URMITE, IRD-CNRS-Inserm-Université Aix-Marseille,

Catherine BOURGOUIN, Institut Pasteur à Paris,

Christophe DAUGERON, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris,

Claire GARROS, UMR CMAEE, CIRAD 15/INRA 1309, co-présidente du groupe de travail.

Gilbert LE GOFF, UMR MIVEGEC, IRD-CNRS-Montpellier 1-Montpellier 2,

Olivier PLANTARD, UMR BIOEPAR, INRA-Oniris,

Laurence VIAL, UMR CMAEE, CIRAD 15/INRA 1309, co-présidente du groupe de travail.

## Contributeurs

---

Thierry BALDET, CIRAD, UMR CMAEE, CIRAD 15/INRA 1309 (relecture du rapport).

Philippe BOUSSES, UMR MIVEGEC, IRD-CNRS-Montpellier 1-Montpellier 2 (contribution à l'élaboration de la fiche « Culicidae »)

David CHAVERNAC, UMR CMAEE, CIRAD 15/INRA 1309 (contribution à la réalisation de l'enquête et à son exploitation)

Jean-Bernard DUCHEMIN, CSIRO (contribution à l'élaboration de la fiche « Siphonaptera »)

Gérard DUVALLET, Université Paul Valéry – Montpellier III, UMR CEFE, CNRS 5175 – UM2 (relecture du rapport et contribution à l'élaboration de la fiche « Brachycera »)

Jean-Charles GANTIER, Professeur Honoraire des Universités (relecture du rapport et contribution à l'élaboration de la fiche « Phlebotominae »)

Didier FONTENILLE, UMR MIVEGEC, IRD-CNRS-Montpellier 1-Montpellier 2 (relecture du rapport)

Bruno MATHIEU, Institut de Parasitologie et Pathologie Tropicale de Strasbourg, Faculté de Médecine de Strasbourg (contribution à l'élaboration de la fiche « Ceratopogonidae »)

Jorian PRUDHOMME, UMR MIVEGEC, IRD-CNRS-Montpellier 1-Montpellier 2 (contribution à l'élaboration de la fiche « Phlebotominae »)

Nil RAHOLA, UMR MIVEGEC, IRD-CNRS-Montpellier 1-Montpellier 2 (contribution à l'élaboration de la fiche « Phlebotominae »)

Vincent ROBERT, UMR MIVEGEC, IRD-CNRS-Montpellier 1-Montpellier 2 (relecture du rapport)

Vincent SMITH, Natural History Museum, London (contribution à l'élaboration de la fiche « Phthiraptera »)

Frédéric STACHURSKI, CIRAD, UMR CMAEE, CIRAD 15/INRA 1309 (relecture du rapport, contribution à l'élaboration de la fiche « Ixodida »)

Céline TOTY, UMR MIVEGEC, IRD-CNRS-Montpellier 1-Montpellier 2 (contribution à l'élaboration de la fiche « Culicidae »)

## Remerciements

---

Henri-Pierre ABERLENC, UMR CBGP, INRA-IRD-CIRAD-Montpellier SupAgro,

Emma ARTIGE, UMR CBGP, INRA-IRD-CIRAD-Montpellier SupAgro,

Elisabeth FERQUEL, Institut Pasteur à Paris

Eric PIERRE, UMR CBGP, INRA-IRD-CIRAD-Montpellier SupAgro,

Paul REITER, Institut Pasteur à Paris

Philippe ROBERT, AgroCampus Ouest,

Laurent SOLDATI, UMR CBGP, INRA-IRD-CIRAD-Montpellier SupAgro,

A l'ensemble des personnes et institutions qui ont accepté de répondre au questionnaire relatif aux collections d'arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire disponibles en France.

## Coordination de l'expertise

---

Frédéric JOURDAIN, Centre National d'Expertise sur les Vecteurs,

Yvon PERRIN, Centre National d'Expertise sur les Vecteurs.

# Sommaire

Glossaire .....	5
Introduction.....	6
Contexte.....	7
I. Inventaire et typologie des collections d'arthropodes vecteurs en France.....	9
II. Politique et stratégies de gestion des collections de référence.....	20
III. Méthodes d'organisation et de conservation des collections de référence.....	28
IV. Identification taxonomique et référentiels pour les collections de référence.....	40
V. Accès aux collections d'arthropodes vecteurs et diffusion de l'information associée....	45
CONCLUSION GENERALE .....	55
ANNEXE 1 : liste des collections identifiées lors de l'enquête .....	57
ANNEXE 2 : outils de référence pour l'identification d'arthropodes vecteurs .....	64

# Glossaire

<b>Allotype</b>	exemplaire du sexe opposé à l'holotype.
<b>Diachronique</b>	qui est relatif à l'évolution d'un fait dans le temps.
<b>Holotype</b>	spécimen unique et légal conservé et accessible dans un grand musée, ayant permis la description d'une espèce.
<b>Lectotype</b>	spécimen unique, sélectionné a posteriori parmi les syntypes, et devenant le type parmi les syntypes.
<b>Minutie</b>	aiguille très fine, généralement en acier, utilisée pour le montage de petits insectes.
<b>Neotype</b>	nouveau type sélectionné lorsque l'holotype est perdu ou détruit (correspond à la description et provient si possible de la localité type).
<b><i>Nomen dubium</i></b>	(au pluriel <i>nomina dubia</i> ) nom d'espèce pour laquelle la description est douteuse ou ambiguë.
<b><i>Nomen nudum</i></b>	(au pluriel <i>nomina nuda</i> ) espèce pour laquelle il n'y a pas de description.
<b>Paedotype</b>	specimen préimaginal de l'espèce (larves, nymphes).
<b>Paillette</b>	pièce de carton montée sur une épingle entomologique et permettant de coller un spécimen.
<b>Paralectotype</b>	parmi les syntypes, specimen autres que le lectotype.
<b>Paratype</b>	autres spécimen de la série ayant permis la description (peuvent être déposés dans d'autres instituts), après désignation des holotype et allotype.
<b>Syntype</b>	chaque spécimen d'une série ayant permis la description d'une espèce en l'absence d'holotype.
<b>Voucher</b>	spécimen représentatif de l'espèce considérée dans le cadre d'une étude (spécimen de collecte pour une étude écologique ou spécimen à l'origine d'une séquence ADN dans le cadre d'une étude biomoléculaire). Ces vouchers permettent de confirmer l'identification de l'espèce étudiée.

# Introduction

En 2011, dans le cadre du Centre National d'Expertise sur les Vecteurs (CNEV), un groupe de travail sur les collections de référence a été mis en place afin de proposer des recommandations pour le maintien, le développement et la valorisation des collections d'arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire, disponibles en France (métropole et départements d'outremer). Ses objectifs spécifiques sont (1) d'établir un inventaire et une typologie des principales collections d'arthropodes, (2) de préciser les intérêts généraux et spécifiques de telles collections et (3) de mettre en exergue les difficultés qu'elles peuvent rencontrer et de proposer des recommandations.

Cet ouvrage est la synthèse de ce travail sur les collections de référence d'arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire. Il s'adresse tout d'abord aux décideurs et au public pour faciliter une prise de conscience de l'intérêt des collections d'arthropodes vecteurs en tant que valeur patrimoniale et source d'information pour la lutte antivectorielle et la santé publique. Ce manuel s'adresse aussi aux agents de la lutte antivectorielle pour les informer de l'existence de ces ressources et leur donner les clefs pour les utiliser. Enfin, cette synthèse est aussi écrite pour les institutions et chercheurs qui souhaitent développer une collection de référence ou améliorer la gestion de leur collection existante pour qu'elle soit visible et utile.

## Contexte

Les collections d'arthropodes vecteurs en France constituent des outils d'aide à la lutte antivectorielle d'importance capitale. Leur utilisation pourrait en effet être résumée de la manière suivante : « *Mieux connaître pour mieux lutter* ». Toute lutte antivectorielle efficace passe par une connaissance précise des espèces impliquées dans la transmission. Pour les identifier, il est indispensable de pouvoir les comparer à des spécimens de référence dont l'identification ne souffre d'aucun doute. A ce titre, l'épizootie de fièvre catarrhale ovine survenue en Europe ces dernières années illustre parfaitement l'intérêt de disposer de références pour l'identification d'espèces (en l'occurrence des espèces du genre *Culicoides*, vecteurs de cette maladie virale animale, dont la systématique n'était pas très bien connue, avec de nombreuses espèces cryptiques et jumelles) dont le rôle vectoriel était jusqu'alors inconnu. Un système vectoriel n'étant pas fixe mais au contraire en perpétuelle évolution, de même que les techniques mises à disposition de la systématique, le maintien sur le long terme de collections peut permettre de régulières révisions sur l'identification et la classification des vecteurs. Par exemple, il est pour l'instant difficile, voire impossible, d'identifier les tiques molles ornithodores vecteurs de peste porcine africaine (PPA) par le seul examen des caractères morphologiques des adultes (stade trouvé le plus souvent en pratique sur le terrain) ; toutefois, le développement actuel de nouvelles approches d'identification moléculaire (barcoding) ou d'analyse de profil protéique (MALDI-TOF-MS), applicables à des spécimens types ou vouchers de collection, pourraient pallier cette difficulté. Cependant, ces nouvelles approches doivent être considérées comme complémentaires à l'utilisation des données morphologiques et ne pourront jamais se substituer complètement à la comparaison à du matériel biologique de référence. En outre, les collections constituent aussi des témoignages, représentatifs d'une époque ou d'une région et d'intérêt national mais aussi mondial du fait de l'origine souvent variée des spécimens. En termes de recherche appliquée à la lutte antivectorielle, les collections constituent des séries diachroniques capitales pour étudier l'évolution des invasions de vecteurs ou encore l'évolution du portage potentiel de pathogènes, des résistances aux insecticides ou des préférences d'hôtes. On peut citer par exemple le cas de la polémique sur l'émergence de la maladie de Lyme (*Borrelia burgdorferi*) découverte dans les années 1970-80 aux Etats-Unis mais que certains auteurs considéraient comme pré-existante à cette découverte. L'examen de tiques conservées dans des muséums a montré que la *Borrelia* était déjà présente dans les années 1940 dans les spécimens collectés à cette période (Persing *et al.* 1990). Enfin, quelle que soit la nature de la collection, celle-ci peut être un outil de formation pour les techniciens et cadres de santé publique et les services opérationnels de lutte antivectorielle du moment qu'elle est correctement référencée. Ces collections constituent ainsi une richesse pour la science et, de manière plus générale, pour la société dans de nombreux domaines tels que la santé publique (humaine et vétérinaire), le suivi des changements globaux et de leurs impacts, la systématique (Suarez & Tsutsui, 2004)...

On peut définir les collections d'arthropodes vecteurs comme le produit d'une (ou plusieurs) collecte(s) de spécimens, l'apport de spécimens se faisant en continu pour enrichir la collection ou ayant été stoppé précédemment. Les spécimens sont ainsi regroupés dans un même endroit géré par

des experts en entomologie ; de manière idéale, ces personnes sont responsables de l'identification des spécimens, référencent les conditions de collecte et les données afférentes aux spécimens et les rendent accessibles. On parlera de collection de référence dès lors qu'elle remplit les deux premières conditions et qu'on lui donne un sens, c'est-à-dire qu'elle présente un intérêt en termes de représentativité géographique, diachronique, taxonomique, biologique ou dans le cadre d'études sur la biodiversité d'un groupe. Une collection constitue un objet de recherche de par ses qualités de référence. Une collection de référence est donc associée à au moins une expertise taxonomique pour sa gestion, à des données de collecte et à de la bibliographie. En pratique, une collection de référence correspond le plus souvent à des collections dites historiques (mais pouvant encore être régulièrement alimentées) de spécimens morts. Toutefois, dans ce manuel, un autre type de collections sera traité : les collections dites de travail, c'est-à-dire servant encore à des applications de recherche mais pouvant à terme intégrer ou devenir des collections de référence. Enfin, la question de savoir si les banques d'ADN peuvent être considérées comme des collections de référence peut être posée. Le doute sur leur pérennité et le problème de leur identification taxonomique préalable ne semblent pas permettre pour l'instant de les intégrer aux collections de référence. Toutefois, les techniques de typage et de conservation évoluent si vite que ce point de vue sera peut-être remis en cause dans les prochaines années. Dans ce cas, il serait possible de proposer la notion élargie de «banques d'arthropodes» qui incluraient des spécimens mais aussi toutes leurs données connexes dont leur ADN.

Si l'intérêt des collections de référence apparaît évident comme outil pour la lutte antivectorielle, nombre d'entre elles rencontrent des difficultés quant à leur gestion et sont finalement peu ou mal utilisées. Leur coût de gestion, en particulier pour le recrutement et le maintien de personnel qualifié et formé en taxonomie pour identifier les spécimens entrants, gérer les informations connexes et les rendre accessibles ainsi qu'enrichir la collection à l'aide d'échantillons de terrain, est non négligeable mais pourtant souvent sous-estimé par l'institution responsable de la collection. L'existence d'un espace réservé pour conserver la collection est aussi un point critique puisqu'il nécessite des conditions environnementales particulières pour la préservation des spécimens et des capacités minimales pour permettre l'observation des spécimens. Les priorités institutionnelles sont souvent malheureusement définies à court terme alors que le maintien et la valorisation d'une collection ne peuvent s'envisager que sur le long, voire très long terme. Enfin, la méconnaissance de l'utilité des collections de référence par certaines institutions et décideurs peut mener à la perte pure et simple de certaines collections et de leurs informations connexes alors qu'elles constituaient un patrimoine unique.

#### **Références :**

Persing DH, Telford SR, Rys PN, Dodge DE, White TJ, Malawista SE, Spielman A. 1990. Detection of *Borrelia burgdorferi* DNA in museum specimens of *Ixodes dammini* ticks. *Science* 249: 1420-1423.

Suarez AV & Tsutsui N. D. 2004. The value of museum collections for research and society. *BioScience*, 54(1), 66-74.

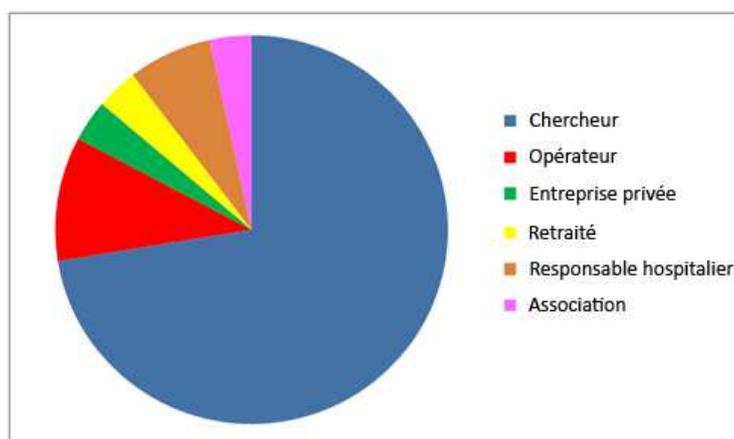
# I. Inventaire et typologie des collections d'arthropodes vecteurs en France

Afin d'établir un état des lieux des différentes collections d'insectes vecteurs existant en France, un questionnaire a été diffusé auprès d'opérateurs de démoustication, de laboratoires de recherche, de facultés de médecine et de pharmacie, d'écoles vétérinaires, de sociétés savantes ainsi que par le biais de différents réseaux en entomologie. Le questionnaire a également été proposé en ligne via le site du CNEV. Ce sont ainsi plus de 300 adresses électroniques, dont certains collectives ou génériques, qui ont été ciblées par cet envoi. Cet inventaire vient compléter d'autres initiatives à l'échelle de la France métropolitaine et ultramarine dans le domaine spécifique de l'entomologie médicale et vétérinaire (Cuisance & Rioux, 2004 ; Agropolis International, 2013).

La liste des 24 collections d'arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire ainsi identifiées est proposée en annexe 1.

## I) Activités des répondants

29 réponses ont été reçues au 1<sup>er</sup> septembre 2012, ce qui semble relativement satisfaisant. Cependant des manques ont été identifiés au niveau d'opérateurs d'outre-mer et de métropole ainsi que de certaines personnes retraitées. En outre, seulement deux personnes de milieux hospitaliers et/ou d'universités de pharmacie et de médecine ont. Enfin, aucun amateur n'a répondu malgré une communication ciblée vers les sociétés d'amateurs mais peut-être aussi parce que peu d'entomologistes amateurs s'intéressent aux arthropodes vecteurs. La figure 1 montre les activités des différentes personnes ayant répondu au questionnaire.

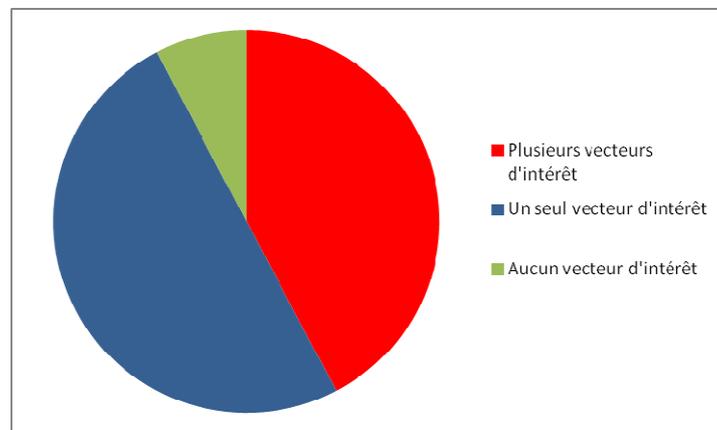


**Figure 1.** Activités des répondants au questionnaire.

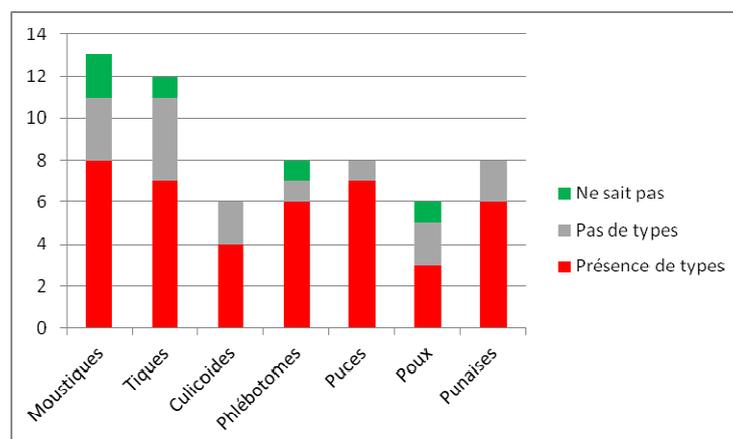
## II) Nature des collections

26 réponses concernaient des collections de spécimens morts et 3 des collections dites vivantes (élevages d'arthropodes vecteurs). Parmi ces 26 collections, la presque totalité (23) sont des propriétés institutionnelles et sont consultables par le public.

Deux collections ne possèdent aucun vecteur dit d'intérêt pour le CNEV (c'est-à-dire de groupes taxonomiques considérés comme vecteurs avérés de pathogènes humains ou animaux sur le territoire français, outre-mer inclus) et ne seront donc plus prises en compte dans le reste de l'analyse. 13 collections possèdent un seul groupe de vecteur, pour 11 comportant plusieurs groupes de vecteurs (Figure 2). Sur ces 24 collections contenant des arthropodes d'intérêt médical ou vétérinaire, la majorité présente des types (holotypes, paratypes...) pour un ou plusieurs groupes taxonomiques d'intérêt et sont donc de grande valeur (Figure 3).



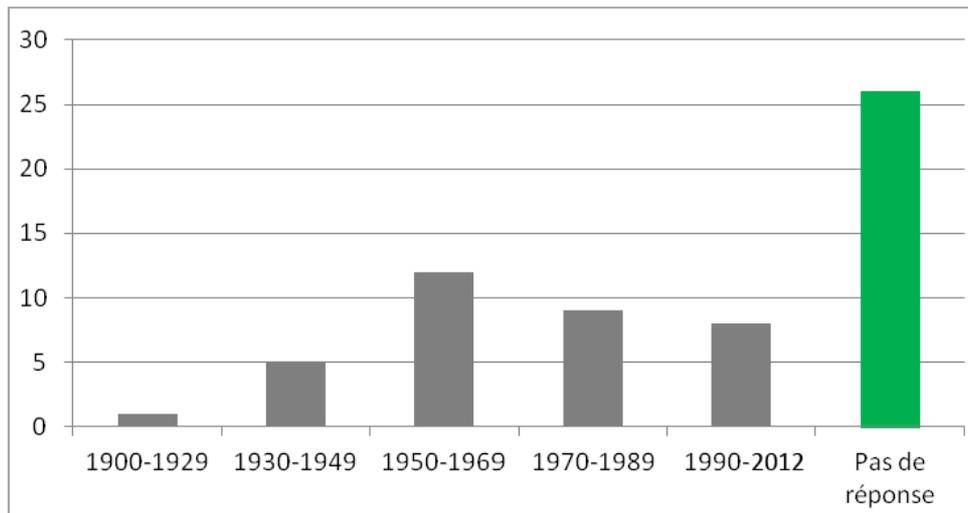
**Figure 2.** Nombre de groupes de vecteurs d'intérêt pour le CNEV présents dans la collection.



**Figure 3.** Nombre de collections disposant de types par groupe de vecteurs.

### III) Année de création des collections

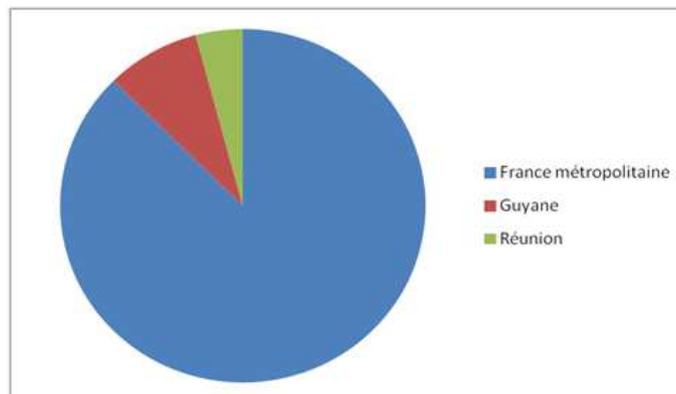
Beaucoup de collections sont historiques et ont été créées dans les années 1950-1960 au moment des grandes campagnes d'exploration. Toutefois, on note la création récente de collections pour des groupes taxonomiques suite à des émergences ou réémergences (*Culicoides* par exemple) (Figure 4).



**Figure 4.** Année de création des collections.

### IV) Localisation des collections

La majorité des collections sont localisées en France métropolitaine (21) (figure 5).



**Figure 5.** Localisation des collections

## V) Groupes taxonomiques - composition spécifique et numérique des collections

Les moustiques (13 collections) et les tiques (12 collections) sont les vecteurs les plus représentés dans les collections recensées (Figure 6). Cependant, les autres groupes possèdent aussi un bon taux de représentation. Pour presque tous les groupes taxonomiques, au moins une des collections analysées présente une importante diversité spécifique permettant de couvrir la majorité des espèces connues dans le monde, excepté pour les phlébotomes, les puces et les poux où la représentativité spécifique semble beaucoup plus faible (Figure 7). La majorité des collections présente une quantité de spécimens suffisante pour permettre de représenter la variabilité phénotypique d'une espèce (Figure 8).

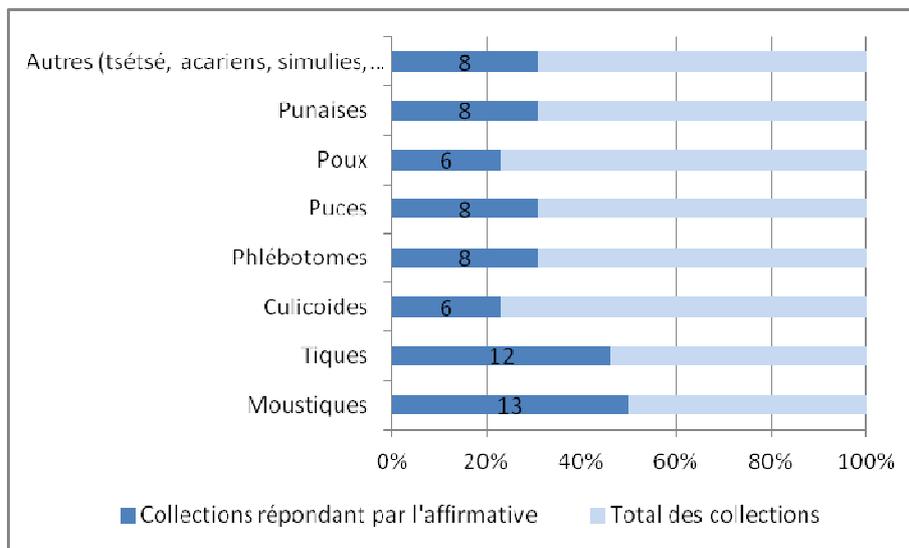


Figure 6. Groupes de vecteurs présents dans les collections (nombre total de collections concernées).

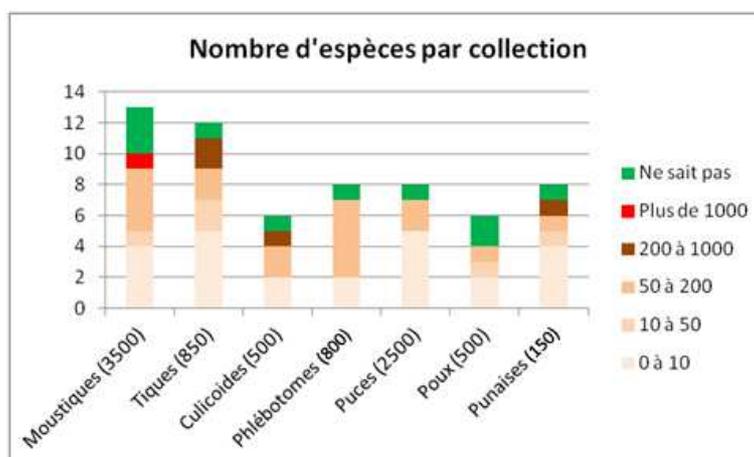
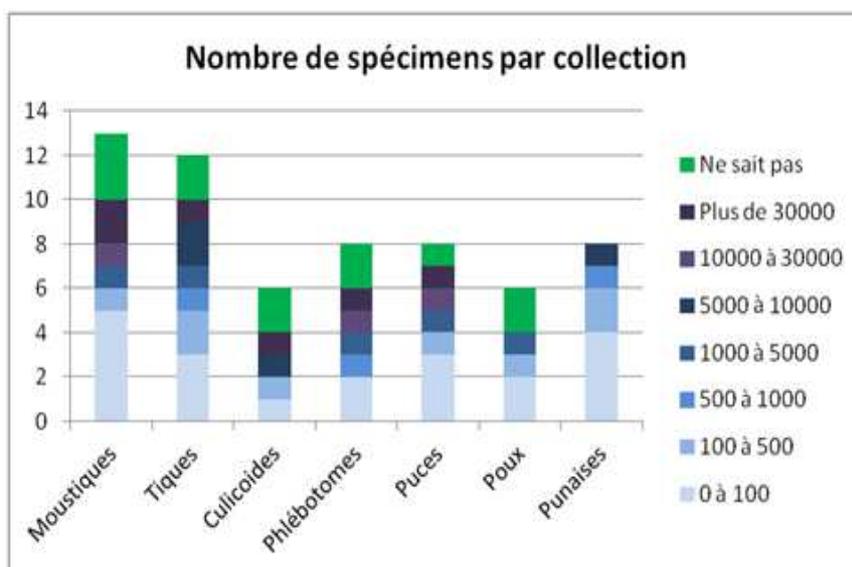


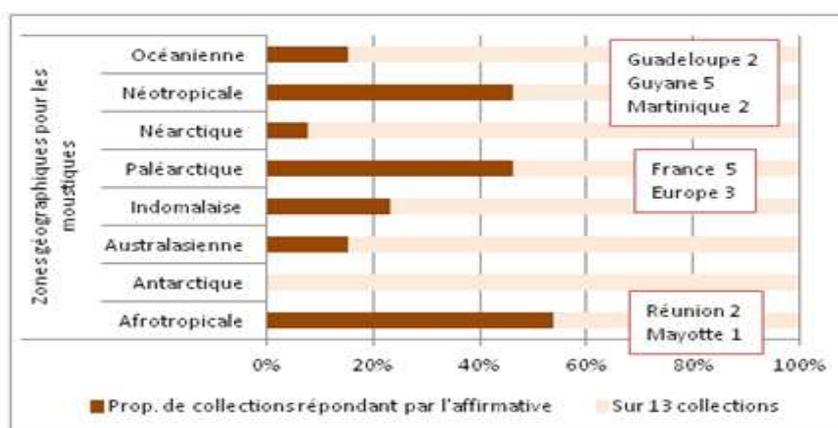
Figure 7. Nombre d'espèces par collection (le nombre indiqué entre parenthèses après le groupe taxonomique correspond au nombre d'espèces connues dans le monde).



**Figure 8.** Nombre de spécimens par collection.  
L'axe des ordonnées situé à gauche représente le nombre de collections.

## VI) Origines géographiques des spécimens de collection

Les principales origines des spécimens de collections sont les zones afrotropicale, paléarctique et néotropicale, avec des variantes selon les groupes taxonomiques considérés. Toutefois, pour les groupes taxonomiques répartis dans le monde entier, l'ensemble des collections est représentatif de l'ensemble des écozones. Dans les encadrés sont indiqués pour chaque groupe taxonomique les territoires français et le nombre de collections ayant des spécimens pour ces territoires (Figures 9 à 15).



**Figure 9.** Origine géographique des moustiques en collection.

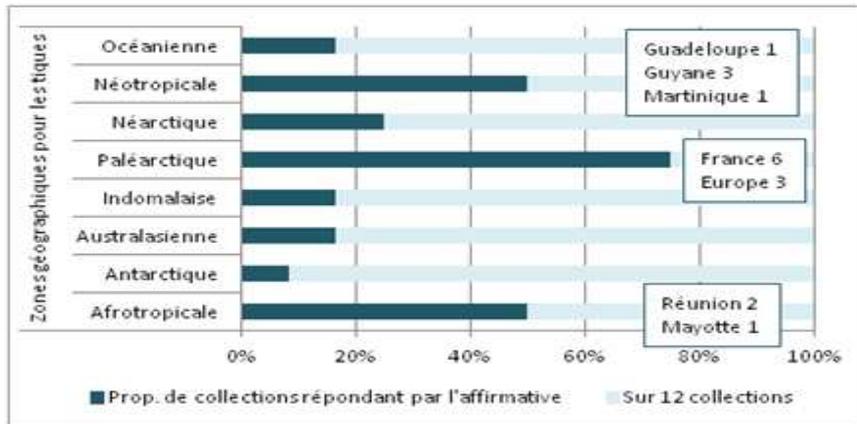


Figure 10. Origine géographique des tiques en collection.

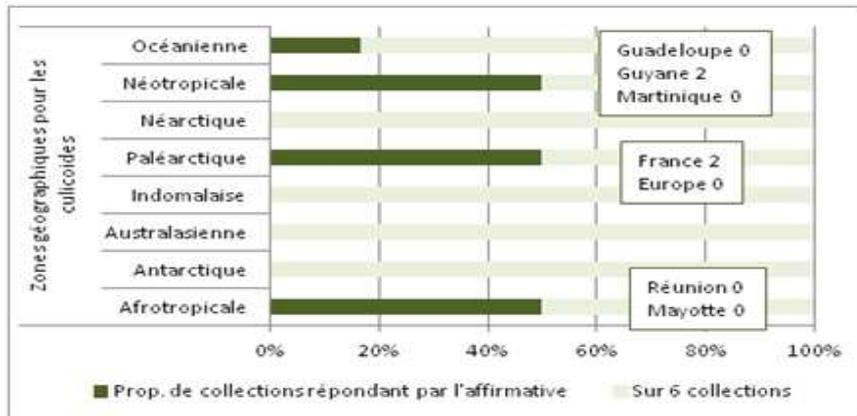


Figure 11. Origine géographique des *Culicoides* en collection.

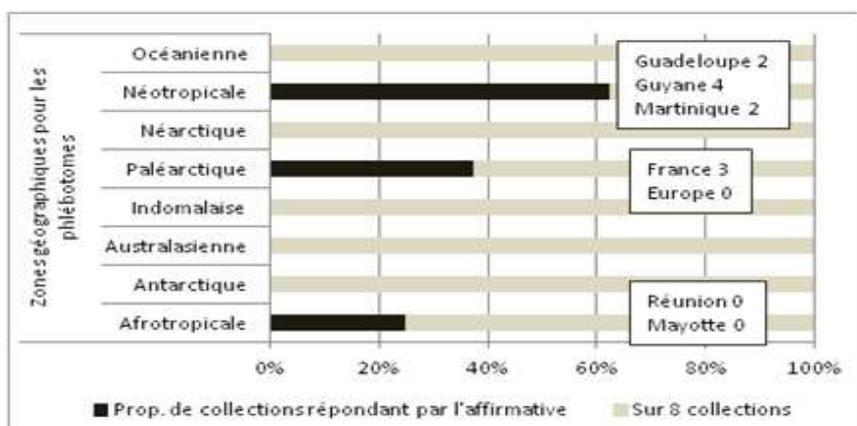


Figure 12. Origine géographique des phlébotomes en collection.

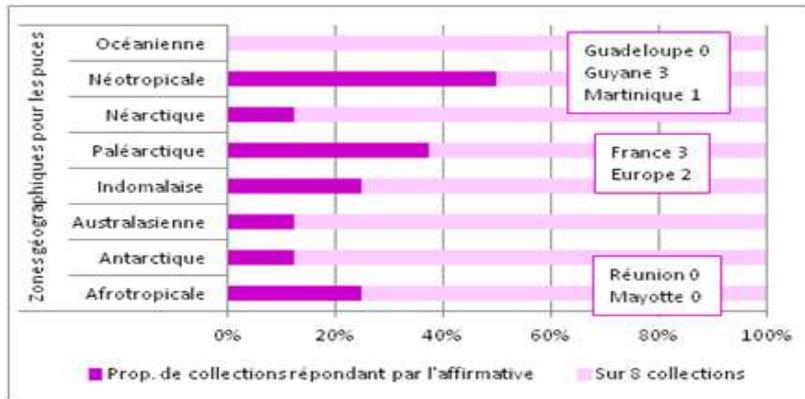


Figure 13. Origine géographique des puces en collection.

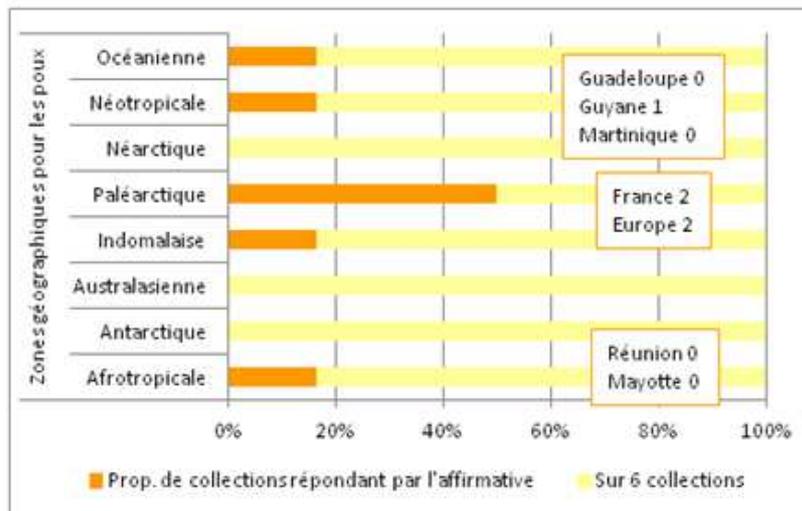


Figure 14. Origine géographique des poux en collection.

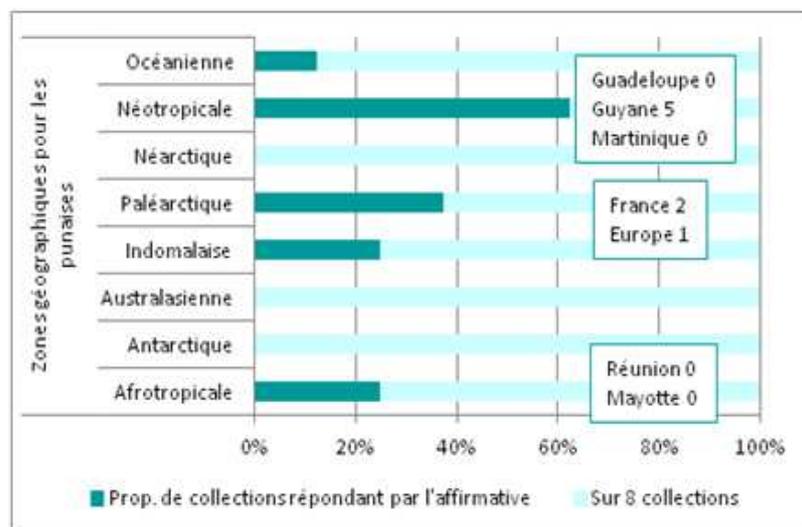


Figure 15. Origine géographique des punaises en collection.

## VII) Gestion des collections

Pour la majorité des collections, les identifications sont généralement considérées comme d'assez bonne qualité (Figure 16) et leur état de conservation est convenable voire bon au moins pour la moitié d'entre elles (Figure 17), ce qui montre l'importance de ces collections comme références pour la systématique. Par contre, l'entretien et le suivi des collections est presque toujours insuffisant, ce qui pourrait mettre en danger l'avenir de ces collections (Figure 18).

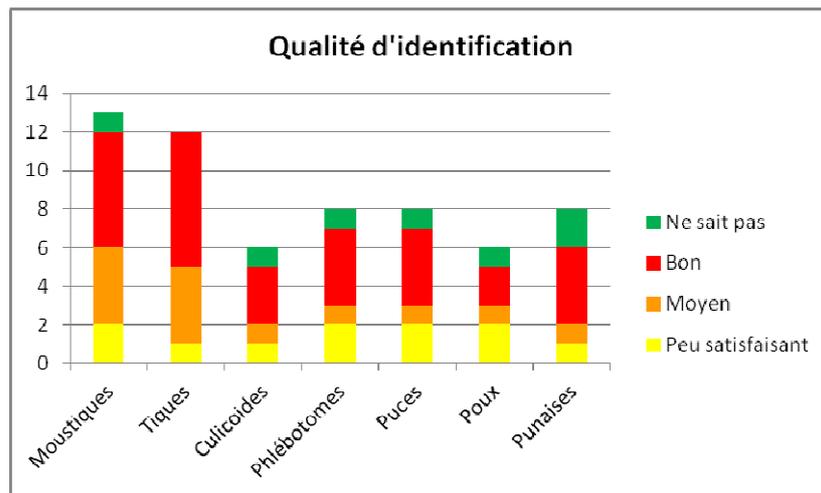


Figure 16. Qualité des identifications des spécimens en collection.

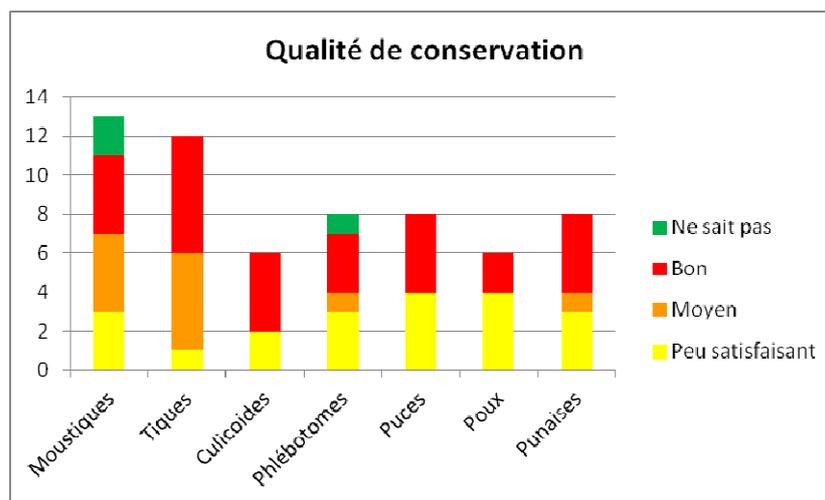
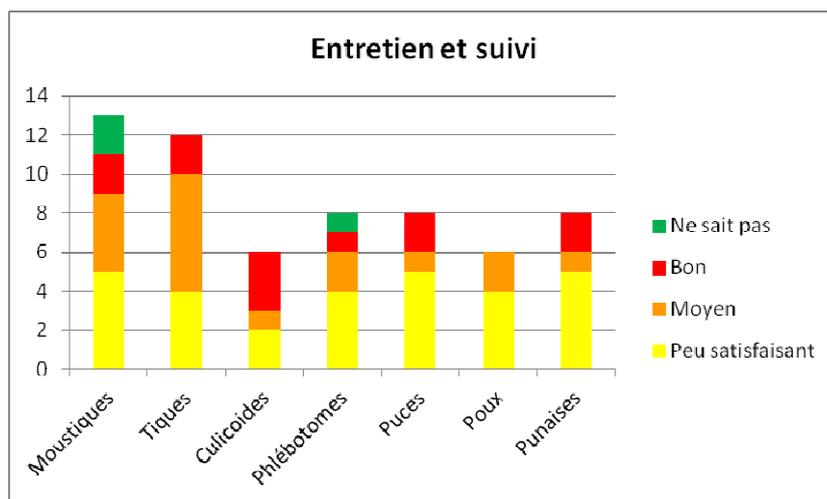
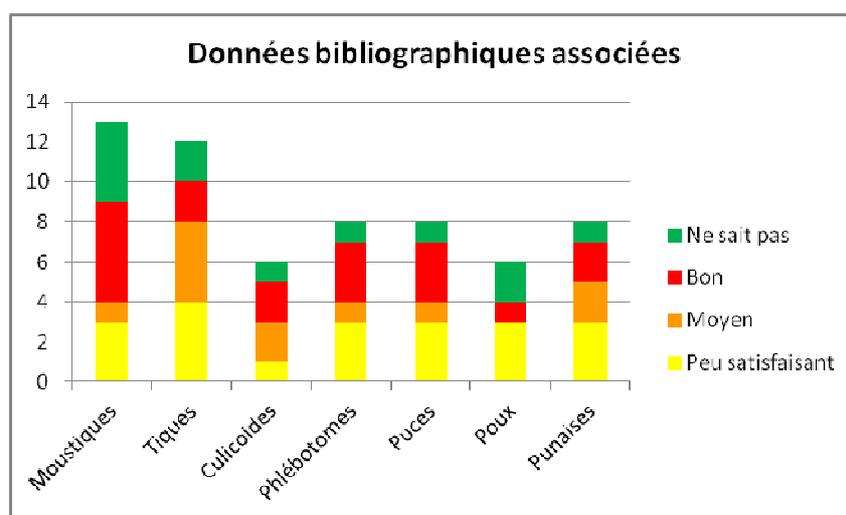


Figure 17. Qualité de conservation des collections.



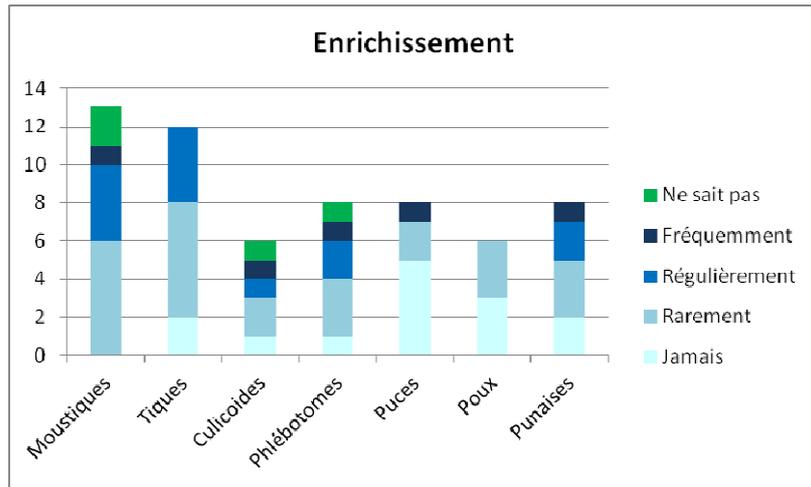
**Figure 18.** Entretien et suivi des collections.

L'existence et la qualité des données bibliographiques associées à la collection sont très hétérogènes d'une collection à une autre et d'un groupe taxonomique à un autre : elles dépendent de la politique institutionnelle à conserver les documents d'archives (Figure 19).



**Figure 19.** Importance de la bibliographie associée aux collections.

Le faible taux d'enrichissement par de nouveaux spécimens issus de collectes de terrain (Figure 20) peut être considéré comme un indicateur de leur sous-utilisation.



**Figure 20.** Fréquence d'enrichissement des collections.

Cet inventaire s'inscrit dans la continuité de l'évaluation de l'état de l'entomologie médicale et vétérinaire en France conduite par Cuisance et Rioux (2004). Cette évaluation soulignait notamment l'importance des collections à des fins d'identification, de classification et recommandait à cet effet un recensement des collections d'arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire. Une autre conclusion de cet état des lieux s'attachait à alerter sur la perte d'expertise en matière de systématique et de taxonomie. Or, de telles compétences restent indispensables pour faire vivre, voire maintenir, les collections.

Bien que quelques collections d'importance semblent ne pas être répertoriées, nécessitant un effort d'enquête, cette première analyse permet de montrer que les collections d'arthropodes vecteurs en territoire français présentent plusieurs intérêts pour la lutte anti-vectorielle : (i) une couverture de l'ensemble des groupes de vecteurs, (ii) une importante représentativité spécifique et numérique ainsi que l'abondance de types et une bonne qualité d'identification taxonomique, (iii) une importante représentativité géographique (référence pour les vecteurs présents sur le territoire français mais aussi pour les vecteurs à risque invasif), (iv) un état de conservation convenable à bon, au moins pour la moitié d'entre elles (utilisation et valorisation possibles).

Au total, l'enquête a permis d'identifier 24 collections comportant des arthropodes d'intérêt médical et/ou vétérinaire, sachant qu'un même organisme peut héberger et gérer différemment plusieurs collections. La France semble par conséquent bien dotée en termes de collection. Plusieurs de ces collections sont d'intérêt mondial de par le nombre d'espèces qu'elles regroupent ou de types (exemple : collection Morel pour les tiques ; Ducornez *et al.* 2002). Les différents groupes d'intérêt pour la France métropolitaine et d'outre-mer sont représentés (moustiques, tiques, puces, phlébotomes, *Culicoides*, punaises, poux). 79% de ces collections (n=19) comportent du matériel type.

Toutefois, beaucoup de ces collections ne sont plus enrichies par l'apport de nouveaux spécimens de terrain, restent très peu consultées et parfois même ne sont plus gérées. L'enquête a également permis de mettre en évidence l'existence de collections « orphelines » c'est-à-dire des collections potentiellement riches et d'intérêt mais sans personnel pour assurer leur gestion. Enfin, l'existence de collections chez des particuliers, contenant parfois du matériel type, engendre un risque important de perte définitive du patrimoine biologique. Les détenteurs de ces collections (collections orphelines ou individuelles) sont par conséquent fortement encouragés à envisager le legs au sein d'institutions dédiées (muséum) ou de collections de référence au regard des taxons représentés.

#### Références :

Cuisance D, Rioux JA. Current status of medical and veterinary entomology in France: endangered discipline or promising science? *Comp Immunol Microbiol Infect Dis.* 2004 Sep; 27(5):377-92.

Agropolis International. Dossier Agropolis International n°17. Collections taxonomiques, collections vivantes et ressources génétiques pour la biodiversité. 2013.

Ducornez S, De Garine-Wichatitsky M, Barre N, Uilenberg G, Camicas JL, 2002. Tick reference collection of the late Dr. P.C. Morel: a tool for tick taxonomists and veterinarians. *Ann N Y Acad Sci* 969: 318-22.

## II. Politique et stratégies de gestion des collections de référence

Une politique de gestion décrit les lignes de conduite qui orientent le développement des collections. Elle permet ainsi de préciser comment doivent être conservés les spécimens, la façon de les enregistrer et de les documenter et définit les interventions à prioriser quant à leur maintien. Outre l'aspect strictement patrimonial des collections, deux questions doivent être posées lors de la définition d'une politique de gestion : à quoi et à qui servent ces collections ?

Les procédures de gestion doivent permettre d'envisager des acquisitions, suivant différentes possibilités (collectes de terrain, dons, legs, échanges, achats). Cette politique de gestion est d'autant plus facile à intégrer au fonctionnement de l'institution ou de l'organisme à qui elle s'adresse, qu'elle est claire, simple, accessible, connue, respectée, acceptée de tous, notamment du propriétaire et/ou du curateur de la collection et finalement adaptable au contexte dans lequel elle évolue. En outre, cette politique ne peut être effective que si l'intérêt des collections d'arthropodes vecteurs est reconnu au niveau national et que les moyens nécessaires pour l'application de cette politique sont mis en œuvre. Le constat actuel est que les collections d'arthropodes vecteurs sont principalement des collections de recherche, établies progressivement au cours de diverses études scientifiques dans des instituts de recherche, ou lors de campagnes de surveillance par des opérateurs de lutte antivectorielle ou dans des universités pour la formation d'étudiants. Ces institutions n'ont pas, comme les muséums, pour vocation de protéger, documenter et promouvoir le patrimoine que représentent ces collections et n'adoptent généralement aucune politique particulière de gestion des collections, sauf initiative individuelle et donc ponctuelle. Il est également utile de souligner une attitude héritée du 19<sup>e</sup> siècle sur la propriété des collections. Beaucoup de chercheurs ont ainsi considéré qu'elles leur appartenaient en propre et ont parfois quitté leur activité professionnelle en emportant les collections constituées au cours de leur carrière.

Ces différents constats rendent incertain l'avenir des collections, pourtant dites de référence, pour certains groupes taxonomiques. Compte tenu de cette situation, une politique de gestion des collections d'arthropodes vecteurs ne peut pas suivre strictement le code de déontologie pour les musées du Conseil International des Musées (ICOM 2006). Ce même constat a été fait au Canada et aux États-Unis et a donné lieu dans ces pays à l'écriture de recommandations spécifiques quant à la garde, l'entretien, la propriété et le transfert des collections d'histoire naturelle (Biological Survey of Canada 1991, SPNHC 1994, CRSNG 1999). En France, aucune approche comparable n'est connue à ce jour.

Le groupe de travail sur les collections de référence du CNEV se propose donc de prendre exemple sur le Canada et les États-Unis et d'élaborer une première ébauche de ce qui pourrait être un code de gestion au service des collections d'arthropodes vecteurs. Ce code devra servir à : (i) faire préciser les attentes des ministères concernés (agriculture, écologie, recherche, santé, ...) relativement à la gestion des collections acquises grâce aux financements publics, (ii) fournir un cadre aux établissements détenteurs de collections afin qu'ils élaborent leur propre politique relative à la garde

et la propriété de leurs collections, (iii) donner des conseils aux chercheurs ou chargés de collections concernant la garde à long terme des collections en évaluant l'état de conservation de leurs collections, en amorçant un dialogue avec leurs institutions de rattachement et en prévoyant le transfert, à un moment ultérieur, de certains spécimens à un dépôt d'archives adéquat et pérenne.

### **I) Responsabilités gouvernementales face aux collections d'arthropodes d'intérêt médical**

En amont, il est indispensable que la société et les décideurs prennent conscience de la valeur de patrimoine culturel et scientifique que les collections d'arthropodes vecteurs représentent : outil de travail pour la reconnaissance des vecteurs avec la représentation de toute la diversité géographique et temporelle existante ; témoin d'un travail de recherche mené à son terme par la publication d'ouvrages incluant des listes actualisées d'espèces, des révisions systématiques d'un groupe d'insectes ou des monographies plus complètes ; un outil didactique pour l'enseignement de la taxonomie des vecteurs et du fonctionnement des systèmes vectoriels. Idéalement, ces collections devraient pouvoir être préservées comme tout bien national et bénéficier d'un soutien financier constant permettant leur gestion sur le long terme.

Si les collections d'arthropodes vecteurs sont considérées comme bien national, la contrepartie est que les décideurs devraient être régulièrement informés de leur qualité, leur état de conservation, et être en mesure de décider de leur avenir sur le long terme et de leur utilisation comme outil d'aide à la lutte antivectorielle. Pour ce faire, il est essentiel qu'un inventaire exhaustif des collections soit réalisé afin de faire remonter ces informations et créer un réseau à l'échelle nationale. Toutefois, de nombreuses collections de référence sont aussi des collections de recherche et un échange permanent devra se faire entre décideurs et institutions propriétaires des collections pour permettre ce retour d'information.

### **II) Responsabilités des institutions détenant des collections d'arthropodes d'intérêt médical**

Chaque institution devrait pouvoir mettre en place une politique et des procédures de gestion de la collection qu'elle héberge. Dès lors qu'elle souhaite être responsable d'une collection, ses responsabilités sont les suivantes :

- Déterminer le propriétaire de la collection : tout matériel collecté grâce à des fonds publics devrait être propriété de l'état. Toutefois, beaucoup d'instituts de recherche financent leurs activités sur des financements publics internationaux privés obtenus lors de réponses à des appels d'offre et peuvent donc considérer que le matériel obtenu est leur propriété. A l'extrême, certains chercheurs considèrent que s'ils ont consacré leur vie à la mise en place et au maintien d'une collection, elle leur appartient au point de l'emporter avec eux lors de leur départ en retraite (souvent pour éviter sa destruction après leur départ). Enfin, lorsque le matériel a été prélevé en pays étranger, il suit aussi les conditions associées aux licences d'exportation/importation et aux droits d'exploitation du

matériel dans le cadre de la convention de 1992 sur la protection de la biodiversité<sup>1</sup> en droit international. Une collection peut aussi être le fruit d'adjonctions de matériel de différentes origines et de différentes campagnes de financements. La propriété d'une collection doit donc être abordée au cas par cas et faire l'objet d'ententes écrites entre l'institution l'hébergeant et les parties ayant contribué à sa mise en place. Cet aspect est crucial à des moments clés comme le devenir au long terme de la collection et son transfert potentiel dans un dépôt d'archives (voir infra). Il ne doit pas se limiter qu'à la collection en tant que telle mais aussi à ses documents connexes.

- Définir des personnes ressources et préciser les responsabilités de chacun : d'après la Société américaine pour la Préservation des Collections d'Histoire Naturelle (SPNHC), plusieurs missions doivent être assurées : (i) personne-ressource au service administratif pour toute question touchant aux collections, (ii) gestionnaire de collection ayant une culture théorique et pratique suffisamment large sur les pratiques muséales pour organiser toutes les activités autour de la collection, (iii) curateur en charge de l'identification des spécimens, de l'organisation de la collection et de sa documentation, (iv) conservateur en charge de la conservation des spécimens et de l'organisation des activités des préparateurs. Pour les collections de taille modeste (hors muséums) ou les collections de recherche, il est rare qu'autant de personnes soient en charge d'une collection (il est parfois difficile d'attribuer ne serait-ce qu'une personne à temps plein à ces activités). Toutefois, cet organigramme permet de définir les différentes tâches et responsabilités nécessaires à la gestion et à la préservation des collections. Ainsi, *a minima*, il est important d'identifier une personne (généralement un scientifique) capable de réaliser la plupart des tâches dédiées à la conservation.

- Fournir les moyens nécessaires à la gestion de la collection : la gestion d'une collection nécessite du temps consacré par le chercheur ou le technicien à l'entretien de la collection. Elle nécessite aussi des moyens financiers pour payer les consommables de conservation et le matériel d'identification, entretenir la diffusion de l'information, assurer la formation continue du personnel en charge, ou renouveler voire digitaliser la documentation. Enfin, il faut un endroit spécialement dédié au stockage de la collection, à l'identification et la préparation des spécimens. Cet endroit devra répondre aux conditions adéquates de conservation en termes principalement de température, d'hygrométrie et de luminosité afin de réduire les risques de détérioration, notamment dans les zones tropicales.

- Statuer sur les moyens de conservation de la collection : l'institution doit établir des priorités quant à la conservation de la collection dans son ensemble ou de spécimens ou préparations ayant une valeur particulière. Cette conservation doit être régie par le respect de l'intégrité physique, scientifique, historique, culturelle des spécimens, de leurs préparations et des documents associés. Elle doit suivre les meilleurs standards dernièrement en vigueur, au fur et à mesure des progrès techniques réalisés. Toute préparation de spécimens doit être réfléchié collégialement et être un compromis entre objectifs d'utilisation et de préservation. Lorsqu'il n'est pas possible d'anticiper les utilisations futures des spécimens, les méthodes de conservation choisies doivent être les moins invasives possibles.

---

<sup>1</sup> En 2010 a été signé le Protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation à la Convention sur la diversité biologique, qui remplit un des trois objectifs de cette convention de 1992.

- Encourager l'enrichissement de la collection : l'institution doit être consciente qu'une collection perd de l'intérêt si elle n'est pas régulièrement enrichie afin de conserver sa représentativité, qu'elle soit géographique, diachronique, taxonomique... Ceci peut se faire soit par l'organisation de collectes de terrain soit par des systèmes d'échanges/dons avec d'autres collections. Toutefois, le problème qui existe souvent pour les collections d'arthropodes vecteurs est que leur enrichissement dépend beaucoup des programmes de recherche en cours et qu'il est rare que les chercheurs alimentent de leur propre chef la collection avec une partie de leurs échantillons, non par refus de principe mais souvent par manque de temps et d'intérêt. L'institution, d'autant plus si elle a pour vocation la recherche, doit mettre en place une politique commune invitant très fortement les chercheurs à déposer des spécimens dans la collection, avec l'aide bien sûr du curateur qui les orientera dans leur dépôt, tout en respectant les règles déontologiques de prélèvement de matériel biologique et les règlements nationaux et internationaux sur la biodiversité.

- Statuer l'accès à la collection et son utilisation : la valorisation d'une collection passe par son accès et par la diffusion des informations associées. Pour faciliter l'accès, les établissements et les chercheurs responsables de la collection ont intérêt à créer des dossiers numériques de données sur les spécimens et faire connaître via un site web l'existence et le contenu de leur collection. Toutefois, certaines informations peuvent demeurer confidentielles, être en accès limité ou leur diffusion être reportée dans le temps pour certains spécimens (renseignements en cours de valorisation, validation partielle de certaines données, préparations ou modes de conservation présentant un risque sanitaire). Un accès direct à la collection doit être raisonnable pour minimiser les risques de détérioration. Le souci de conservation ne doit pas se faire au détriment de la mise à disposition de ces collections pour des utilisations scientifiques ou de formation. La réflexion menée quant à l'accès et l'utilisation doit prendre en compte la valeur des spécimens, avec un dépôt à long terme et préservatif pour les spécimens types ou de référence et des conditions d'accès et d'utilisation plus souples pour les autres. Une politique concernant les modalités de don, de prêt ou d'élimination de spécimens doit être élaborée par l'institution hébergeant la collection. De même des règles sont nécessaires sur l'utilisation de tout ou partie de spécimens pour analyse génétique ou protéomique.

- Décider du devenir à long terme de la collection : selon le contexte, l'institution hébergeant une collection pourra prendre la décision de la transférer à un dépôt d'archives à long terme (en général lorsque les moyens de gestion de cette collection ne peuvent être mis en place ou maintenus). Le dépôt devra être désigné à l'avance afin de définir conjointement les modalités de transfert et de conservation au long terme et de profiter de la présence de personnel encore qualifié pour organiser le transfert. Cette stratégie n'est pas la seule solution possible mais doit être envisagée plutôt que de perdre une collection de qualité. Le devenir à long terme d'une collection peut aussi passer par la destruction de certain matériel remplaçable ou renouvelable utilisé à des fins d'enseignement et de formation. Cette décision doit être prise collégialement entre l'institution et les personnes en charge de la collection.

### **III) Responsabilités des chercheurs ou des chargés de collection**

Ordinairement, un petit nombre de personnes (parfois même pas une personne à temps plein) est en charge de la gestion et de la conservation des collections dites de recherche.

Des obligations et responsabilités leur incombent :

- Avoir les qualifications suffisantes pour savoir identifier, organiser et conserver des spécimens de collection et entretenir le niveau de ses connaissances par la veille bibliographique et la formation continue sur les différents aspects du travail de collection (aspects légaux et éthiques, gestion et organisation, aspects sanitaires et risques, conditions environnementales et méthodes de conservation, informatisation et diffusion de l'information, nouvelles utilisations et valorisations...).
- Etablir un dialogue permanent avec l'institution hébergeant la collection et la tenir informée des questions émergentes relatives à sa gestion, sa conservation, son utilisation ou sa valorisation et concernant les besoins matériels et théoriques pour maintenir le niveau de conservation.
- Entretenir régulièrement en routine la collection (maintenir le niveau de conservation, renouveler certaines préparations non pérennes, intégrer de nouveaux spécimens, réaliser des préparations...) et pouvoir à tout moment évaluer le statut de la collection par des indicateurs prédéfinis collégialement avec l'institution hébergeant la collection (indicateurs de consultation, de prêts ou de dons, qualité des identifications, indicateurs de conservation...).
- Documenter régulièrement la collection au fur et à mesure des avancées en systématique, des apports de nouveaux spécimens et des traitements réalisés sur la collection. Ces renseignements rehaussent la valeur des spécimens en collection, facilitent l'accès de ceux-ci aux chercheurs ou aux étudiants et peuvent constituer la seule preuve permanente de l'existence de ces spécimens dans l'éventualité où ceux-ci se détérioreraient ou seraient détruits.

### **IV) Les différents niveaux de collections et les priorités de gestion**

Les priorités en matière de gestion et de conservation d'une collection sur le long terme ne peuvent être déterminées qu'en fonction de l'état actuel de la collection ; mais définir l'état actuel d'une collection n'est pas simple : quels sont les problèmes de conservation auxquels est confrontée la collection d'intérêt ? Comment comparer l'état d'une collection avec celui d'une autre ? Dans quelle mesure la collection est-elle utilisable par la communauté scientifique ?

#### **Les niveaux de collection**

Pour cela nous proposons d'utiliser le système d'évaluation d'une collection tel qu'il a été défini par McGinley (1992). Ce système d'évaluation permet de définir une série de niveaux de collection à partir desquels la mise en place de priorités en matière de gestion et de conservation devient possible. Les niveaux de collection sont résumés ci-dessous :

**Niveau 0. Lots divers.** Matériel encore non préparé, à sec ou en alcool, provenant des collectes et missions, classé par régions géographiques.

**Niveau 1. Problèmes de conservations.** Matériel préparé soumis à risques : attaques de parasites, évaporation du liquide de conservation, ou à perte d'information (étiquettes absentes, insuffisantes, numéros associés à des carnets...).

**Niveau 2. Matériel non identifié, non trié.** Matériel classé par grands groupes (ordres), ne pouvant être envoyé tel quel aux spécialistes.

**Niveau 3. Matériel non identifié, trié et disponible.** Matériel trié de rang taxonomique faible (famille, genre), prêt à être communiqué pour étude.

**Niveau 4. Matériel identifié à l'espèce, à intégrer.** Matériel renvoyé ou déposé par des spécialistes, mais non encore inclus dans la collection générale.

**Niveau 5. Matériel identifié, hors standards.** Matériel identifié et incorporé dans la collection générale, mais non encore vérifié grâce aux monographies récentes, ou non mis aux normes (absence d'étiquettes imprimées, d'étiquettes de fond de boîtes, de codage biogéographique).

**Niveau 6. Gestion achevée du matériel.** Matériel identifié, intégré, contrôlé, mis aux normes, prêt à être augmenté (espace disponible).

**Niveau 7. Gestion achevée du matériel, inventaire complet.** Matériel de niveau 6, catalogué quant au nombre de spécimens et à leur répartition géographique, assorti éventuellement de remarques diverses, d'ordre systématique ou autre.

**Niveau 8. Gestion achevée du matériel, données saisies par spécimens.** Ne concerne généralement que les grandes collections (types primaires, spécimens de référence), et les collections spécialisées du personnel et des collaborateurs.

**Niveau 9. Gestion achevée du matériel, toutes données saisies.** Matériel intégré en base de données (nombre et sexe, localités, renseignements écologiques, systématiques...), y compris documents graphiques (photothèques, illustrations systématiques).

### **Les priorités de gestion sur le long terme**

Il est possible de définir principalement deux catégories de priorités en relation avec les niveaux de collections. D'une part, des priorités de gestion et de conservation et, d'autre part, des priorités de recherche ou liés à des services associés (biodiversité, applications dans divers domaines - médical, agricole - éducation, expositions...).

#### A. Les priorités de gestion sont de quatre ordres :

##### 1. La conservation

La priorité de conservation concerne avant tout les collections de niveaux 0 et 1. L'objectif ici est de mettre en œuvre les moyens nécessaires pour faire passer ces collections au niveau 2 (matériel pour lequel les risques de conservation sont limités).

##### 2. L'accessibilité

La seconde priorité est de faire en sorte que le matériel devienne accessible aux spécialistes pour étude. Cette priorité concerne donc les collections de niveau 2, avec pour objectif le niveau 3.

##### 3. L'organisation physique de la collection

Ici il s'agit d'optimiser et de rationaliser l'organisation physique de la collection de telle sorte qu'elle atteigne le niveau 6.

##### 4. L'inventaire des espèces

La quatrième priorité de gestion est de réaliser un inventaire de la collection pour en mesurer sa richesse, son intérêt scientifique, son utilité en termes d'étude de la biodiversité....

#### B. Les priorités de recherche

Les priorités en relation avec les projets scientifiques sont avant tout liées à la collecte et à l'informatisation des données relatives aux spécimens. Il s'agit donc ici de créer et gérer les bases de données afférentes aux collections accompagnées d'un maximum d'informations afin de favoriser certains travaux de recherche. Le temps nécessaire à la saisie de telles données peut être considéré comme trop important au regard des enjeux de gestion des collections et relève plus d'un travail de recherche (y compris taxonomique) que de celui d'un gestionnaire de collection.

Les collections d'arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire constituent une richesse patrimoniale et scientifique. Ces collections peuvent également être mobilisées à des fins d'expertise en réaction à des enjeux d'ordre sanitaire ou économique. Ces différents constats plaident pour la mise en place d'une véritable politique de conservation et de gestion et impliquent différents niveaux de responsabilités : une responsabilité gouvernementale, une responsabilité des institutions détentrices de collections et une responsabilité des personnes en charge de la conservation des collections.

La pérennisation et l'amélioration de l'accès aux collections nécessitent de mobiliser des ressources humaines et matérielles, dont notamment des infrastructures adaptées, des procédures et outils de gestion ainsi que du personnel compétent et dédié. D'un point de vue du fonctionnement, l'exemple du Natural History Museum de Londres est à considérer. La plateforme « Collections » mise en place par le Centre de Biologie et de Gestion des Populations (CBGP) constitue également une expérience remarquable.

La mise en œuvre d'une politique de gestion implique par ailleurs de pouvoir évaluer l'intérêt et la qualité des différentes collections existantes en France. A cet effet, l'inventaire des différentes collections est une première étape incontournable. Il importe néanmoins d'aller au-delà des aspects quantitatifs des collections (comme par exemple le nombre de spécimens, le nombre d'espèces en collections) et de disposer d'indicateurs qualitatifs permettant d'apprécier l'état d'une collection. Les niveaux proposés par le « Department of Entomology Collections Management Policy » du Smithsonian Institute (Washington, USA) visent ainsi à fournir un outil permettant d'apprécier (i) la conservation du matériel biologique, (ii) l'accessibilité aux spécimens en collection et (iii) les données associées (McGinley, 1992). Un tel outil pourrait être utilisé en France pour compléter l'inventaire proposé au sein du premier chapitre de ce document, à des fins d'aide à la décision dans la priorisation du soutien à apporter aux collections françaises d'intérêt.

#### **Références :**

Biological Survey of Canada (1991). The importance of research collections of terrestrial arthropods. 10pp. Available at <http://www.biology.ualberta.ca/bsc/briefs/brimportance.htm>.

Conseil International des Musées (ICOM) (2006). Code de déontologie de l'ICOM pour les musées.16 pp. Available at <http://www.icom.museum>.

Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada (CRSNG) (1999). Cadre à l'intention des chercheurs travaillant avec les collections universitaires. 9 pp. Available at [http://www.nserc-crsng.gc.ca/NSERC-CRSNG/Politiques-Politiques/frameworkresearchers-cadrechercheurs\\_fra.asp](http://www.nserc-crsng.gc.ca/NSERC-CRSNG/Politiques-Politiques/frameworkresearchers-cadrechercheurs_fra.asp).

Mc Ginley R.J., Miller D.R. & Thompson F.C. 1992. Systematic entomology meeting, Washington, DC, April 30-May 3, 1991. Insect Collection News, 7 : 1-4.

Society for the Preservation of Natural History Collections (SPNHC) (1994). Guidelines for the care of natural history collections. 9 pp.

Available at <http://cool.conservation-us.org/byorg/spnhc/spnhc1.html>.

### III. Méthodes d'organisation et de conservation des collections de référence

L'organisation et la conservation d'une collection de référence sont essentielles et constituent un des éléments importants pour juger la valeur d'une collection. La collection ne peut être exploitable que si les spécimens sont correctement conservés afin de permettre leur observation morphologique et leur utilisation, par exemple pour la production de séquences moléculaires ou profils protéiques. De même, les informations relatives à la collecte et à l'identification des spécimens sont indispensables pour utiliser les données issues de la collection ; ces dernières sont avant tout rapportées par l'étiquetage de la collection. Enfin, la documentation de la collection incluant les clefs d'identification utilisées en routine pour la gestion de la collection, les descriptions d'espèces réactualisées et certaines publications concernant des caractéristiques écologiques particulières d'espèces en collection, fait partie intégrante de l'organisation d'une collection (l'identification taxonomique et les référentiels pour les collections de référence seront traités dans le chapitre IV).

Les méthodes présentées dans ce chapitre regroupent les techniques employées pour l'euthanasie des spécimens sur le terrain, leur transport jusqu'au laboratoire où ils seront traités puis celles de mise en collection, étiquetage inclus. Ces méthodes dépendent du groupe taxonomique concerné, de son stade de développement mais aussi de la durée de conservation – temporaire ou définitive – envisagée et de l'utilisation ultérieure des spécimens. Concernant ce dernier aspect, les méthodes employées peuvent s'avérer antagonistes, les unes privilégiant la conservation à long terme des critères morphologiques et des couleurs caractéristiques et les autres préservant plutôt la qualité biochimique des tissus pour des études moléculaires. Si un consensus n'est pas possible, deux types de collection complémentaires pourront être alors envisagés : une collection « classique », dite de référence taxonomique, et une collection « de travail » en vue d'y adjoindre des éléments de systématique moléculaire. Notre propos concerne avant tout la constitution d'une collection de référence qui servira à la détermination, voire à la description morphologique des spécimens collectés. Les méthodes de collecte sur le terrain ne seront par contre pas abordées puisqu'elles ne contraignent pas à proprement parler une mise en collection.

#### **I) Méthodes d'euthanasie et de conditionnement temporaire**

Une fois les arthropodes collectés, il est nécessaire de les euthanasier et de les conditionner temporairement jusqu'à ce qu'ils soient montés ou préparés pour leur mise en collection. Toutefois, il sera parfois utile de garder une partie des spécimens vivants pour les placer en élevage et obtenir par élevage ou par reproduction des séries complètes de développement (œufs, larves, nymphes et émergences d'adultes correspondants - mâles et femelles) s'avérant très utiles lors de l'exploitation taxonomique de ces récoltes. C'est le cas de certains complexes d'espèces de moustiques ou de tiques Argasidae.

- **Immersion dans l'éthanol à 70% ou 95% (parfois, bain d'eau chaude à 50-60°C pour une mort rapide évitant les distorsions du corps puis immersion dans l'alcool)** : cette pratique convient à presque tous les groupes et stades de vecteurs (essentiellement ceux qui seront au long terme conservés en alcool) sauf les moustiques adultes, les triatomes et les taons. L'éthanol à 70% permet de ne pas trop déshydrater les spécimens (examen morphologique plus aisé sur des spécimens gardant une certaine souplesse) mais l'éthanol à 95% évite un début de dégradation de l'ADN par l'eau (ce qui facilite le génotypage ultérieur) et constitue ainsi un milieu qui devrait être privilégié à des fins de préservation des spécimens (Moreau *et al.*, 2013). L'eau permettant la dilution de l'éthanol doit être si possible distillée afin d'assurer un pH neutre et bien homogénéisée avec l'éthanol. L'éthanol doit être pur et ne pas contenir d'additifs. Parfois, une à deux gouttes de glycérine peut être ajoutée pour améliorer la souplesse, l'élasticité des spécimens déshydratés et ralentir l'évaporation de l'alcool dans les tubes de stockage. Il faut généralement placer 1 volume de spécimens dans 9 volumes de liquide de conditionnement pour permettre une bonne fixation des spécimens par l'éthanol, en particulier lorsque la mise en collection est différée de plusieurs mois et qu'il est envisagé de réaliser ultérieurement des analyses moléculaires sur les spécimens. Des tubes en verre ou en polypropylène de 1,5 ou 2 mL peuvent être utilisés indifféremment. Pour éviter toute évaporation, il est recommandé d'utiliser des bouchons à vis et joints hermétiques. Les bouchons en liège, caoutchouc ou néoprène qui étaient couramment utilisés par le passé sont à éviter car ils se dégradent au contact de l'éthanol. Il est préférable de ne pas utiliser de tubes avec un goulot qui contrarie la sortie des spécimens hors du tube. Les tubes doivent être placés en position verticale dans des boîtes de rangements fermées afin qu'ils ne soient pas exposés à la lumière qui risque de dénaturer les couleurs des spécimens. Ils peuvent être conservés à température ambiante mais il ne faut pas que celle-ci soit trop élevée (par exemple en zone tropicale) sous peine de dénaturer les spécimens voire leur ADN. Les vibrations sont à bannir pendant le transport jusqu'au lieu de mise en collection pour ne pas risquer de perdre des appendices importants pour la détermination. Enfin, il est prudent de stocker les tubes dans un espace aéré et sans source de feu pour éviter tout risque d'incendie favorisé par l'alcool volatil. Pour un stockage à plus long terme, voire définitif, les tubes secs de type Vacutainer® de 4-6 ml apportent une excellente garantie (spécimens dans l'éthanol à 70%). En effet, il est possible de remplir de liquide la totalité du tube et de s'affranchir de toute bulle d'air, évitant aux spécimens de s'entrechoquer et au tube de s'ouvrir lors des transports, notamment lors des transports aériens.

- **Insectes gardés à sec** : Une fois collectés, les insectes gardés à sec en collection (moustiques adultes, triatomes, taons,...) sont conservés sur le terrain, tout comme pour le transport jusqu'au laboratoire, dans des tubes secs correspondant à leur taille : tube à hémolyse pour les moustiques, tube à essai pour les taons ou bien pot plastique d'une contenance minimum de 30 à 50 cm<sup>3</sup> pour des triatomes. Le conditionnement se fait de préférence en tube individuel pour éviter les chocs, les frottements et une suractivité qui endommagerait leur ornementation externe en écailles et en soies. Ces tubes sont conservés à l'abri de la lumière. Sur le terrain, les prélèvements peuvent également être conservés au frais sur une couche de vessies de glace (ice pack) dans une glacière, ce qui aura pour effet de les engourdir, de ralentir leur métabolisme sans les tuer. L'euthanasie des spécimens se fera au laboratoire, même si celui-ci a été improvisé sur le terrain. Pour tuer les insectes ailés conservés à sec dans les collections, deux méthodes sont employées : par le froid ou

bien par les vapeurs de produits chimiques. Pour tuer les insectes par le froid, il suffit de les déposer au congélateur à -20°C (pour les tiques, une température de -80°C est également rapportée) durant un laps de temps proportionnel à leur taille : une trentaine de minutes pour des moustiques et plus d'une heure pour des triatomes. Les individus euthanasiés par cette méthode conservent leur souplesse, leur aspect et ne sont pas tétanisés, ce qui facilite le montage en double épingle des petits insectes. La durée du séjour au froid doit être suffisamment longue pour tuer le spécimen, tout en veillant à ce qu'il n'y ait pas de condensation sur les bords des parois du tube. Pour la seconde méthode, les spécimens sont totalement tués après un bref passage de quelques minutes dans une chambre asphyxiante. Les moustiques sont assez rapidement tétanisés. Si la concentration en produit chimique est trop forte, ils prendront un aspect rigide, notamment au niveau des pattes, ce qui gênera le montage. C'est particulièrement le cas avec le chloroforme, qui est un anesthésique très puissant, mais aussi avec l'acétate d'éthyle qui est le poison pour insectes le plus utilisé. En attendant, le montage définitif et sa mise en collection, l'insecte mort est conservé à sec, en veillant absolument à ce qu'il n'y ait pas de développement de moisissure.

Enfin, certains spécimens peuvent toutefois être conservés en alcool mais ce mode de conservation est réservé pour des études de biologie moléculaire et/ou pour montage des génitalia mâles ou encore des études de morphométrie. Pour étudier l'ADN, l'anesthésie des spécimens par le chloroforme ou l'acétate d'éthyle est déconseillée. Bien entendu, les spécimens adultes (moustiques surtout) conservés dans des tubes contenant de l'alcool éthylique à 70% auront perdu une grande partie de leur ornementation et seront inutilisables pour des études de morphologie classique à l'exception notable de la chétotaxie des génitalia mâles.

#### **- Conservation de l'ADN**

L'extraction et la purification des acides nucléiques sont les premières étapes dans la plupart des études de biologie moléculaire. La qualité et la pureté des acides nucléiques comptent parmi les facteurs les plus critiques pour l'analyse PCR. Afin d'obtenir des acides nucléiques de bonne qualité, la conservation des tissus avant et après extraction est importante. Le formol fixe les tissus mais affecte la qualité de l'ADN. La méthode la plus efficace pour conserver des tissus pour des extractions futures d'ADN est de mettre en suspension les tissus dans une solution d'éthanol à 90 ou 70% puis à -80°C, ou à défaut à température ambiante à l'abri de la lumière. La conservation à long terme est d'autant meilleure que la température est basse, car les ribonucléases (RNAses) sont actives aux températures supérieures à -70 °C et dégradent les prélèvements à long terme. De nombreux travaux ont évalué différentes méthodes utilisées pour la préservation de l'ADN de certains groupes d'arthropodes (Dillon *et al.*, 1996 ; Mtambo *et al.*, 2006 ; Nagy, 2010 ; Moreau *et al.*, 2013, par exemple).

#### **- Conservation pour études du profil protéique**

La spectrométrie de masse de type MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization – Time of Flight) permet de caractériser un échantillon à partir du spectre de masse moléculaire des différentes protéines présentes. Cette technique étant assez récente, il n'existe pas pour le moment de standard pour la conservation des échantillons. L'idéal semble d'utiliser des échantillons secs, par exemple issus de collections, frais ou conservés au congélateur. Les échantillons conservés dans

l'alcool pendant plusieurs mois sont difficilement utilisables (Kaufmann *et al.*, 2011). Il est possible d'éliminer l'alcool par des bains successifs de dix minutes à dilution croissante pour faciliter la lecture. Pour les insectes de taille importante (tiques, triatomes...), on peut n'utiliser que les pattes. Pour les insectes plus petits, le corps entier est utilisé, en ôtant au préalable l'abdomen afin d'éviter les biais liés à un repas de sang éventuel.

## **II) Méthodes de préservation sur le long terme**

La méthode de préservation sur le long terme doit permettre de garder intact les caractères morphologiques nécessaires à l'identification du genre et de l'espèce. Ainsi, comme pour le conditionnement sur le terrain, il n'est pas recommandé de garder en éthanol les moustiques adultes car ces derniers perdent presque entièrement leurs ornements externes, essentielles à leur détermination. Pour les autres vecteurs et quel que soit leur stade de développement, il est au contraire recommandé de les placer en éthanol au risque qu'ils se distordent s'ils sont conservés à sec. Pour les vecteurs de petite taille tels que les poux, puces, phlébotomes ou *Culicoides*, ou pour les stades immatures, il peut aussi être utile de les préserver entre lame et lamelle (entiers ou partiellement après dissection) afin d'observer à l'aide d'un microscope les caractères morphologiques permettant leur identification. Pour les autres vecteurs tels que les tiques ou les punaises, on a aussi parfois recours à la dissection et au montage entre lame et lamelle de certaines parties du corps telles que les génitalia ou les pièces buccales. Les principales méthodes de conservation pour les principaux groupes d'arthropodes d'intérêt médical sont proposées dans le tableau 1.

- Préservation en éthanol à 70% ou 95% : Le procédé classiquement utilisé pour la mise en collection est un système de doubles contenants emboîtés. De petits tubes en verre fermés par un morceau de coton contiennent de l'éthanol et les spécimens, puis ces derniers sont placés dans un gros pot en verre (type pot de conserve avec joint) contenant lui-même de l'éthanol. Pour éviter l'évaporation de l'éthanol, le gros pot est scellé avec du parafilm® et le niveau d'éthanol est surveillé régulièrement. Des spécimens collectés à la même date, au même endroit et sur un même hôte ou dans un même habitat (même piège, même terrier...) sont placés ensembles dans le même petit tube en verre. Sont généralement réunis dans un même gros pot, les petits tubes en verre contenant la même espèce mais issus de collectes différentes (date ou localisation différentes). La collection doit être maintenue sous une température entre 15 et 20°C et une hygrométrie de l'ordre de 50%, afin d'éviter de fortes évaporations et le dessèchement des joints. On évitera aussi la lumière directe sur les pots. Enfin, avant de placer les spécimens en collection, il est recommandé de les nettoyer à l'aide d'un pinceau fin humidifié afin de décrocher les saletés empêchant de voir correctement les caractères morphologiques.

Avec la commercialisation de nouveaux matériaux, certaines collections récentes préservent leurs spécimens dans de simples tubes en propylène remplis d'éthanol avec bouchon à vis et joint hermétique placés dans des boîtes de rangement et conservés au congélateur -20°C. Cette option permet d'éviter au maximum la dégradation de l'ADN au cours du temps (collection à but de barcoding) mais ne permet plus d'observer facilement les spécimens à travers leurs tubes de

rangement (collection régulièrement consultée pour observation). Si la quantité de spécimens le permet, l'alternative est peut-être de réaliser des aliquotes et d'opter pour les deux méthodes selon les buts d'utilisation de la collection.

Groupe de vecteurs	Méthodes de préservation sur le long terme	
<b>Diptera</b>		
Culicidae	Adultes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préservation à sec, montage sur minutie, collage</li> <li>- Montage des génitalia entre lame et lamelle</li> </ul>
	Stades préimaginaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préservation en alcool 70% (avant montage)</li> <li>- Montage entre lame et lamelle</li> </ul>
Ceratopogonidae		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préservation en alcool 70%,</li> <li>- montage entre lame et lamelle (entier ou certaines parties)</li> </ul>
Psychodidae (Phlebotominae)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préservation en alcool 70% (avant montage)</li> <li>- Montage entre lame et lamelle (tête, génitalia, spermathèque, ailes, pattes)</li> </ul>
Muscidae	Adultes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- préservation à sec, montage sur minutie</li> </ul>
	Stades préimaginaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- préservation en alcool 70%</li> </ul>
Tabanidae	Adultes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- préservation à sec, montage sur minutie</li> </ul>
	Stades préimaginaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- préservation en alcool 70%</li> </ul>
<b>Hemiptera</b>		
Reduviidae (Triatominae)	Adultes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adultes : préservation à sec, montage sur minutie</li> <li>- Génitalia dans de la glycérine, placés dans un petit tube sur l'épingle</li> </ul>
	Immatures	<ul style="list-style-type: none"> <li>- préservation en alcool à 70%</li> </ul>
Cimicidae	Adultes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préservation en alcool 70%,</li> <li>- Ou montage à sec sur minutie</li> </ul>
	Immatures	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préservation en alcool 70%,</li> </ul>
<b>Phthiraptera</b>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montage entre lame et lamelle</li> </ul>
<b>Siphonaptera</b>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préservation en alcool 70%,</li> <li>- Ou montage entre lame et lamelle</li> </ul>
<b>Ixodida</b>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préservation en alcool à 70% ou 95%</li> </ul>

**Tableau 1.** Principales méthodes de conservation pour les principaux groupes d'arthropodes d'intérêt médical

Pour certains groupes taxonomiques comme les tiques, il était par le passé recommandé d'euthanasier/conditionner, voire de préserver, les spécimens dans un liquide contenant une plus faible proportion d'éthanol ou un autre alcool (éthanol additionné de glycérine ou éthanol à 70% ou liquide de Pampel ou liquide de Kahle), afin de garder la souplesse du spécimen (importance pour les tiques molles Argasidae non sclérifiées) et, dans le cas où il y avait du formol, de mieux fixer les couleurs du scutum (en particulier pour certaines tiques dures dites « émaillées »). Cette pratique a tendance à être abandonnée surtout en raison du formol que contient le liquide de Pampel ou de Kahle car il empêche ensuite toute utilisation de l'ADN des spécimens, exceptés s'ils subissent un traitement particulièrement fastidieux et de succès variable. De plus, le formol (comme l'alcool pur) durcit très fortement les tissus.

Liquide de Pampel :     Ethanol 95° (750 mL)  
                              Eau distillée (1 375 mL)  
                              Formol 40% (250 mL)  
                              Acide acétique glacial (125 mL)

Liquide de Kahle :     Isopropyl ou n-propyl alcool 99% (15 volumes)  
                              Eau distillée (30 volumes)  
                              Formol (6 volumes)  
                              Acide acétique glacial (1 volume)

- Montage entre lame et lamelle : chaque groupe taxonomique requiert une technique particulière de préparation et de montage. Toutefois, les différentes étapes restent similaires et sont les suivantes :

1) Nettoyage et éclaircissement : les tissus internes sont détruits et évacués de l'enveloppe chitineuse à l'aide de la dissection ou de la macération pour que le spécimen devienne translucide. La macération permet aussi d'éliminer les sécrétions externes qui peuvent gêner la détermination. L'immersion du spécimen pendant plusieurs heures (4-35 heures) à température ambiante dans de l'hydroxyde de potassium (KOH) à 5%, 10% ou 20% est la technique la plus souvent utilisée mais elle peut parfois endommager les spécimens, ce qui nécessite un contrôle régulier du processus de macération. On utilise aussi souvent l'hydroxyde de sodium, l'acide lactique, le chloralphenol, le lactophenol ou le liquide de Marc-André qui est beaucoup moins corrosif et peut permettre une macération jusqu'à 72 heures à température ambiante. La réaction de macération peut être accélérée en chauffant le spécimen dans le produit de macération (10-30 minutes dans le KOH ou le Marc-André à 60°C). Le succès de macération peut être accru en perçant finement le spécimen sans perdre les critères morphologiques d'identification.

Liquide de Marc-André (d'après Abonnenc 1972) :     Eau distillée (30 mL)  
  Hydrate de chloral (40 g)  
  Acide acétique cristallisable (30 mL)

2) Rinçage : le matériel doit être rincé pendant 30-40 minutes pour stopper la réaction de macération. L'eau ou l'éthanol à 70%, additionné de quelques gouttes d'acide acétique pour neutraliser le pH alcalin et stopper la réaction de macération (utilisation possible du vinaigre), est suffisant.

3) Teinture ou blanchiment : si besoin, le matériel devenu translucide est coloré à l'aide de teinture élémentaire (fuchsine à 1 pour 1 000) pendant 8-16 heures à température ambiante. Le matériel resté brun peut être blanchi au peroxyde d'hydrogène. Après teinture, le spécimen doit être trempé dans plusieurs bains successifs d'éthanol à 70% pour stopper la réaction de teinture.

4) Déshydratation : si le milieu de montage n'est pas soluble dans l'eau comme c'est le cas pour le baume du Canada, le spécimen est déshydraté à l'aide de concentrations croissantes d'acide acétique ou d'éthanol (30%, 50%, 90% et 96%, à 10-15 minutes d'intervalle) afin de prévenir les distorsions.

5) Nettoyage : l'éthanol à 96% peut être remplacé par de l'huile de clou de girofle pure où le spécimen sera immergé pendant au moins 24 heures, afin de perdre les surplus de teinture et de placer le spécimen dans un milieu intermédiaire, miscible à la fois dans l'éthanol et le baume du Canada. Pour les larves de moustiques, la créosote de hêtre était classiquement utilisée en bain après trempage pendant 3 à 5 minutes dans l'éthanol à 96% pour favoriser l'éclaircissement du spécimen lorsque celui-ci est compact. La créosote est un mélange complexe de phénols divers et d'éthers phénoliques obtenu à partir de la distillation sèche du bois. La créosote de hêtre est un liquide incolore avec une odeur âcre très caractéristique de fumé dont la composition chimique diffère fortement de celle de la créosote de charbon. La créosote de hêtre était un excellent antiseptique autrefois utilisé dans le traitement des infections dentaires ou respiratoires mais aujourd'hui, l'Union Européenne a interdit la vente de bois traité à la créosote et son utilisation en entomologie est complètement prohibée compte tenu de sa toxicité avérée. La créosote pourrait être remplacée par de l'essence de lavande qui aurait tout ou partie des priorités de la créosote de hêtre : compléter la déshydratation, faciliter le passage entre l'alcool et le milieu de montage et enfin un effet d'éclaircissement de la préparation sur le long terme.

6) Montage : le spécimen est transféré dans une goutte de produit de montage sur une lame en verre et est recouvert d'une lamelle circulaire de diamètre inférieur à celui de la goutte. Le baume du Canada, additionné de xylène pour le rendre moins sirupeux (50 mL de xylène pour 100 mL de baume pur), est un milieu classiquement utilisé pour les montages permanents ; il présente une grande réfringence, une transparence parfaite et une avidité pour l'oxygène, ce qui permet de résorber les bulles d'air lors du montage. L'Euparal est toutefois préféré au baume du Canada pour le montage permanent des larves de moustiques. Ce milieu de montage, de couleur légèrement jaune, présente l'avantage en microscopie d'avoir un indice de réfraction assez bas (1,483) et d'être beaucoup moins sensible à l'eau que le baume du Canada. L'acide lactique ou la gomme au chloral peuvent être utilisés pour des montages rapides et temporaires et favorisent l'observation en contraste de phase de structures internes telles que les spermathèques qui apparaissent très réfringentes ; cependant, la gomme au chloral a tendance à se rétracter après un certain temps et les structures internes tendent à s'effacer au bout du compte. Pour l'observation temporaire, il est parfois recommandé d'utiliser une simple goutte de glycérine entre lame et lamelle, cette substance pouvant même servir au

stockage à long terme de ces structures dans un tube. Lorsque le milieu de montage est hydrosoluble, la lamelle devra être scellée avec du vernis à ongle incolore ou du baume du Canada, afin de prévenir la déshydratation et la décoloration. D'autres produits de montage tels que la gomme de Fauré, le baume phénol ou le liquide de Berlese sont parfois utilisés pour certains groupes taxonomiques ou pour certains stades de développement plus ou moins épais et plus ou moins colorés.

Gomme au chloral (d'après Madulo-Leblond 1983) :

- Eau distillée (10 mL)
- Hydrate de chloral (74 g)
- Gomme arabique pulvérisée (8 g)
- Sirop de glucose 98% (5 g)
- Acide acétique cristallisable (3 mL)

7) Pause et séchage : Pour chaque groupe taxonomique, le positionnement du spécimen pourra changer. Les larves de moustiques, par exemple, seront le plus souvent positionnées pour permettre l'observation de la face dorsale, mais l'abdomen devra être sectionné, idéalement au niveau du septième segment (en conservant intact le huitième segment abdominal), afin que le siphon puisse être basculé et observé latéralement. Bien que le spécimen puisse être observé dès la fin du montage, il est recommandé d'attendre que celui-ci soit complètement sec et solidifié. Juste après le montage, un poids est posé sur la lamelle pour toute une nuit afin que le montage se consolide suffisamment. Ensuite, le séchage dure 6 mois à température ambiante et peut être accéléré par le passage au four à 50-55°C pendant 2 à 3 semaines. La chaleur va aussi favoriser l'élimination d'éventuelles bulles d'air emprisonnées sous la lamelle.

8) Stockage : les montages sont conservés dans des boîtes à lames rangées verticalement pour que les lames soient horizontales avec le spécimen au-dessus de la lame support.

- Montage à sec sur épingle ou sur minutie : cette pratique concerne essentiellement les brachycères, les moustiques adultes et les triatomes. Le montage en double épingle est une technique de conservation très couramment employée pour les moustiques. Elle permet de monter sur une paillette cartonnée ou un petit morceau de polypore, une minutie de diamètre 0,15 mm (extrêmes : 0,10–0,20 mm). Le moustique est piqué par une minutie, préférentiellement face ventrale, entre la première et la deuxième paire de pattes, jusqu'à ce que la pointe de la minutie dépasse de 1 à 2 mm au maximum le dos du spécimen. Certains spécimens très richement ornementé sur le scutum seront également piqués latéralement afin de préserver des frottements l'ornementation du dos du moustique. Il suffit ensuite de retourner la paillette, de la poser sur le bord d'une plaque d'émailène (mousse réticulée en polyéthylène) et d'enfoncer l'épingle entomologique jusqu'à une hauteur préalablement définie à l'aide d'un gabarit (bloc à piquer). Les épingles entomologiques, mesurent en général 38 mm de hauteur et leur diamètre est croissant de la taille 000 à la taille 6. Pour un montage en double épingle, par exemple à l'aide d'une paillette rectangulaires n°5 (6x17 mm), les épingles numéros 2 ou 3, correspondant à un diamètre de 0,45 ou 0,50 mm, sont idéales. Faute de minutie, les spécimens peuvent également être directement collés sur une paillette ou un petit bout de bristol. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser des paillettes pointues ou bien d'avoir coupé un côté en biseau et d'utiliser une colle soluble dans l'eau ou un vernis à ongle incolore. Si l'insecte a été

gardé à sec depuis la collecte, il pourra très facilement être réhydraté dans une chambre servant de ramollissoir-humidificateur juste avant son montage définitif.

En pays tempéré, la conservation d'insectes piqués à sec n'est pas trop risquée. Une inspection de temps à autre, voire un traitement insecticide préventif permet de parer au développement de moisissures et à d'éventuelles invasions de ravageurs. Dans tous les cas, une fréquence trop élevée de traitements insecticide ou bien un traitement opéré par des personnes non initiées à la conservation des insectes ira à l'encontre de l'effet recherché : endommagement voire perte d'appendices du matériel biologique, étiquette noyée devenue illisible, fonds synthétique des boîtes à collection attaqué par le diluant chimique, etc. sont autant de risques à redouter lors de ce type d'opération si elle est mal préparée. Pour un traitement insecticide à grande échelle, les pyréthrinoïdes de synthèse, tel que la deltaméthrine (à une concentration de 50 mg m.a. /m<sup>2</sup>, par exemple), peuvent convenir et l'imprégnation du fond des boîtes sera efficace durant plusieurs années : entre 5 et 10 ans pour des boîtes hermétiques et visitées occasionnellement. Auparavant, certaines substances chimiques telles que la créosote de hêtre ou le lindane étaient utilisées. Celles-ci sont dorénavant prohibées en raison de leur toxicité. Désormais, certains entomologistes utilisent à des fins préventives un mélange à doses égales d'huiles essentielles : citronnelle, cannelle de Ceylan, thym blanc, sarriette, clou de girofle, origan et, éventuellement, essence de lavande. Ce mélange peut être mis en fiole de Sauvinet, ou imprégné sur un tampon de coton placé dans un tube ouvert piqué dans la boîte (H.-P. Aberlenc, comm. pers.). Le froid est de plus en plus utilisé, à la fois de manière préventive et curative :

- Préventif : conservation de la collection dans une pièce climatisée à 15°C,
- Curatif : congélation des boîtes pendant une semaine, puis température ambiante pendant une semaine et enfin congélation à nouveau pendant une semaine (les deux phases de congélation permettent la gestion de ravageurs de collections qui pourraient être présents à différents stades de développement). Les boîtes sont emballées dans du plastique pour éviter la condensation lors de la décongélation.

En milieu tropical, tous les moyens sont bons pour préserver la collection d'insectes : conserver les boîtes dans une pièce climatisée, congélation régulière des boîtes, mais aussi mettre quelques boules de répulsifs (type anti-mites)<sup>2</sup> au fond des boîtes de collection. L'élément essentiel pour préserver le matériel biologique mort en milieu tropical sera probablement l'étanchéité de la boîte à collection. A cet effet, il peut être conseillé de fermer systématiquement les boîtes par du ruban adhésif (style ruban de protection de peinture) pour lutter contre l'attaque des nuisants (larves d'anthrènes, dermestes, fourmis...).

Certains gestionnaires de collection ont également mis en place des procédures visant à éviter l'introduction de ravageurs au sein des salles climatisées dédiées aux collections lors du prêt ou de l'utilisation des spécimens de la collection. Ainsi, les boîtes sortant de la salle des collections plus d'une journée repassent obligatoirement par une étape de congélation.

---

<sup>2</sup> A noter que le paradichlorobenzène, fréquemment utilisé dans les boules anti-mites, est désormais interdit dans le cadre de la réglementation européenne sur les biocides.

NB : Le travail de préparation de spécimens de collection en laboratoire requiert souvent la manipulation de produits chimiques qui peuvent être toxiques, irritants ou allergisants, et qui nécessitent une précaution d'utilisation. Conformément aux règlements de santé et de sécurité, les techniques brièvement décrites ci-dessus doivent être accomplies sous une hotte chimique, muni d'un équipement de protection adéquat (*a minima* port de blouse, de lunettes et de gants). Une hotte chimique est un dispositif qui permet l'extraction des vapeurs toxiques des produits utilisés lors de manipulations. Les vapeurs doivent rester confinées dans le volume de travail. Sa fonction première est de protéger le manipulateur et l'environnement. Les hottes à filtration sur charbons actifs, sans raccordement sur l'extérieur, fonctionnant sur le principe de l'adsorption chimique sont recommandées. Elles permettent d'éliminer les rejets directs de polluants dans l'atmosphère et contribue ainsi à la protection de l'environnement, contrairement aux hottes chimiques à recyclage permanent comme les sorbonnes. La protection du préparateur restera parfois partielle lorsqu'il se penche à l'intérieur de la hotte pour travailler à l'aide d'un stéréomicroscope réalisera la réalisation de ses préparations.

### **III) Etiquetage**

La valeur scientifique d'un insecte capturé et naturalisé repose sur les données qui lui sont associées. Il est donc indispensable de l'étiqueter en y associant les informations sur son origine et son identité. Ainsi, chaque insecte, avant son entrée en collection, devra porter une ou des étiquettes indiquant sa provenance et les conditions qui ont permis sa capture. L'information de la détermination sera ajoutée lorsque le spécimen aura été identifié. Toutes les informations inhérentes à un spécimen doivent rester associées à ce spécimen et non être rapportées uniquement dans une base de données qui pourra parfois être perdue ou détruite. Les techniques d'étiquetage doivent donc être choisies pour résister au temps.

Pour l'étiquetage des tubes de conditionnement et/ou de préservation contenant de l'éthanol, le feutre indélébile classiquement utilisé pour marquer les tubes en plastique est à proscrire puisqu'il est effacé par l'éthanol. Une étiquette collée sur les tubes et pots de rangement est aussi à éviter car la glue ne résiste pas bien au temps. Mieux vaut adopter un étiquetage papier introduit directement dans le tube. Le papier doit être suffisamment résistant et non acide. L'encre utilisée doit contenir de la gomme végétale (encre de chine) qui semble être plus stable à long terme dans l'éthanol, ce qui contre-indique généralement des étiquettes éditées à l'aide d'imprimantes à jet d'encre ou d'imprimantes laser. Le crayon à papier résiste bien à l'éthanol mais risque de produire sous l'effet de l'alcool des substances pouvant inhiber l'extraction et l'amplification d'ADN.

Pour l'étiquetage des montages entre lame et lamelle, on observe classiquement une étiquette à l'extrémité droite de la lame et parfois une étiquette de chaque côté avec alors l'indication de l'espèce à gauche et les indications relatives aux conditions de collecte à droite. L'étiquetage des montages peut se faire à l'aide d'un feutre indélébile puisque l'inscription ne sera jamais en contact

avec un produit alcoolique. Toutefois, là encore, certaines encres résistent plus ou moins bien à l'air au risque de s'effacer avec le temps.

Lorsque l'insecte est conservé à sec, les étiquettes sont piquées sur l'épingle qui soutient le spécimen et placées en dessous de l'insecte à des hauteurs régulières, favorisant une présentation régulière et plus esthétique. S'agissant des étiquettes à piquer sur une épingle, elles seront constituées d'un petit rectangle de bristol dont le format dépend de la taille de l'insecte et de sa position sur l'épingle : lorsque plusieurs étiquettes accompagnent un insecte monté sur épingle, les étiquettes situées en dessous pourront être un peu plus grandes que celles situées au-dessus. Les rectangles de papier cartonné devront être suffisamment solides, rigides et le support devra être non acide pour l'encre : le papier bristol blanc uniforme d'un grammage de 205 g convient parfaitement et son pH, proche de la neutralité, évitera qu'il ne jaunisse avec le temps. La taille d'une étiquette n'excédera pas 9x20 mm pour un insecte ailé de petite taille comme un moustique et atteindra la taille maximum de 15x25 mm pour un triatome. Ces étiquettes peuvent être écrites à la main et dans ce cas elles le seront à l'encre de chine ou bien être imprimées, en caractères gras, à l'imprimante laser. Les informations peuvent être écrites sur plusieurs lignes : généralement sur 3 lignes (maximum 4 lignes). Des gabarits spéciaux existent pour ajuster la hauteur des étiquettes sur l'épingle. Les informations seront toutes apparentes sur une même étiquette ou pourront être réparties entre deux étiquettes épinglées l'une en dessous de l'autre (première étiquette située juste au-dessous de l'insecte - taille 8x16 mm par exemple – et seconde étiquette située plus bas - taille 9x20 par exemple). Enfin, la préparation doit impérativement présenter une étiquette complémentaire dans le cas où il s'agit d'un type nomenclatural (holotype, allotype, lectotype, paratype, néotype, paedotype, paralectotype,...). Dans ce cas, l'étiquette est écrite à l'encre noire sur un bristol de couleur rouge. Elle est nécessairement placée en première position, directement sous l'insecte et perpendiculaire aux autres étiquettes situées au-dessous.

Les informations associées au spécimen de collection doivent être les suivantes :

- le lieu précis de collecte ou capture (pays, région, localité, voire coordonnées géographiques plus précises puisqu'elles ne changent pas au cours du temps contrairement aux noms des localités) ;
- la date de collecte indiquée selon le modèle suivant « 22.i.2012 » (jamais de chiffres arabes pour le mois) ;
- le nom du récolteur suivi de l'abréviation « rec » et celui de la personne ayant identifié le spécimen suivi de l'abréviation « det » (pas plus de deux pour des raisons pratiques) ;
- le code du spécimen au sein de la collection, référencé dans un catalogue ou une base de données ;
- parfois l'hôte/l'habitat sur/dans lequel le spécimen a été collecté ;
- parfois l'identification suivant le Code International de Nomenclature Zoologique (genre espèce).

Les différentes techniques de conservation présentées dans ce document doivent permettre une conservation optimale des spécimens destinés à être placés en collection. Cependant, cette liste ne saurait être exhaustive. De nombreux laboratoires utilisent des techniques « maisons », adaptées à leurs pratiques, leur matériel et à l'objectif recherché lors de la mise en collection.

Il est donc nécessaire d'identifier clairement l'utilisation qui sera faite d'un spécimen avant de choisir la méthode de conservation la plus adaptée tout en gardant à l'esprit qu'il n'est pas toujours possible d'anticiper l'utilisation qui pourra être faite d'un spécimen en collection (recherche de pathogènes a posteriori, développement ultérieur de nouvelles techniques d'identification).

#### Références :

Collecting and preserving insects and mites: techniques and tools. Schauff ME Eds. Systematic Entomology Laboratory, USDA National Museum of Natural History, NHB-168, Washington. 68 pp. Available at [http://www.ars.usda.gov/Main/site\\_main.htm?docid=10141&page=13](http://www.ars.usda.gov/Main/site_main.htm?docid=10141&page=13)

Commission Internationale de Nomenclature Zoologique. Code International de Nomenclature Zoologique (4ème édition – texte français). The International Trust for Zoological Nomenclature ed., The Natural History Museum of London (1999), pp. 1–306. [Code International de Nomenclature Zoologique.pdf](http://www.iczn.org/iczn/index.jsp)  
<http://www.iczn.org/iczn/index.jsp>

Dillon, N., Austin, A. D., & Bartowsky, E. (1996). Comparison of preservation techniques for DNA extraction from hymenopterous insects. *Insect Molecular Biology*, 5(1), 21-24.

Kaufmann C, Ziegler D, Schaffner F, Carpenter S, Pflüger V, Mathis A. 2011. Evaluation of matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry for characterization of *Culicoides nubeculosus* biting midges. *Med Vet Entomol.* (1):32-8. doi: 10.1111/j.1365-2915.2010.00927.x. Epub 2010 Dec 1.

Matile L., 1993. Les diptères d'Europe occidentale. Tome 1. Introduction, techniques d'étude et morphologie, nématocères, brachycères orthorrhaphes et aschizes. Editions N. Boubée. Paris, 439 pp.

Moreau, C. S., Wray, B. D., Czekanski-Moir, J. E., & Rubin, B. E. 2013. DNA preservation: a test of commonly used preservatives for insects. *Invertebrate Systematics*, 27(1), 81-86.

Mtambo, J., Van Bortel, W., Madder, M., Roelants, P., & Backeljau, T. (2006). Comparison of preservation methods of *Rhipicephalus appendiculatus* (Acari: Ixodidae) for reliable DNA amplification by PCR. *Experimental & applied acarology*, 38(2-3), 189-199.

Nagy, Z. T. (2010). A hands-on overview of tissue preservation methods for molecular genetic analyses. *Organisms Diversity & Evolution*, 10(1), 91-105.

Oldroyd H., 1970. Collecting, preserving and studying insects. Hutchinson, 2<sup>nd</sup> Edition, London, 336 pp.

SAFRINET. 2000. Collecting and preserving insects and arachnids. Millar IM, Uys VM & Urban RP Eds. Plant Protection Research Institute, Pretoria, South Africa. 105 pp.

## IV. Identification taxonomique et référentiels pour les collections de référence

Les études et travaux visant à développer les connaissances relatives à certaines espèces ou groupes d'espèces font principalement appel à deux types d'outils : (i) les outils d'identification et (ii) les référentiels taxonomiques.

### I) Outils d'identification

#### *Pourquoi a-t-on besoin d'outils d'identification ?*

D'une manière générale, les outils d'identification sont nécessaires pour caractériser précisément tout spécimen récolté sur le terrain.

Une fois ces spécimens identifiés, ceux-ci peuvent notamment être intégrés à une collection, voire initier celle-ci. La qualité d'une collection dépendra, entre autre critères, de la qualité de l'identification des individus qui la composent. Idéalement, ceci nécessite la mise en place d'un véritable contrôle qualité des échantillons entomologiques. Un tel contrôle qualité peut notamment être mis en œuvre en procédant, de manière régulière, à des vérifications d'ordre taxonomique sur un échantillon représentatif de la collection. Ce type de vérification doit, si possible, être réalisé par un expert autre que celui ayant procédé à l'identification initiale.

Les outils d'identification permettent en outre de réviser l'identification de spécimens déjà en collection, en cas de révision de la systématique ou de doutes sur la qualité de l'identification initiale par exemple. Enfin, ils sont également utiles lors de la description de nouvelles espèces.

Les collections vivantes peuvent également bénéficier de l'apport des techniques d'identification récentes (moléculaires), notamment pour des élevages d'espèces appartenant à un complexe.

#### *Introduction sur les techniques d'identification*

Les outils d'identification sont avant tout **basés sur des critères morphologiques**. Les plus utilisés, notamment en routine, sont les clés de détermination, basées sur une méthode analytique, qui identifie un spécimen en reconnaissant explicitement ses caractères. Cette première analyse conduisant à l'identification doit toutefois être confrontée à une fiche analytique la plus complète possible de l'espèce. Ainsi, dans le cas d'une mise en collection, il est pertinent de confronter les spécimens collectés à des documents plus complets tels que l'article princeps de description de l'espèce considérée ou encore à des monographies de synthèse. *A minima*, il pourra en particulier être utile de vérifier également certains caractères secondaires, non utilisés dans la clé. Ces outils peuvent être utilisés à tous les stades de développement pour la plupart des groupes de vecteurs.

L'approche morphologique reste aujourd'hui le principal outil d'identification des vecteurs issus de collectes de terrain. L'une des raisons principales est que toutes les techniques d'identification plus récentes nécessitent à la base une expertise morphologique. Dans la plupart des cas, une séquence d'ADN ne peut être assignée à une espèce que si cette séquence a été obtenue à partir d'un individu dûment identifié sur des critères morphologiques.

Chez les arthropodes d'intérêt, bien qu'ils fassent partie des groupes les mieux décrits morphologiquement, la découverte de l'existence d'espèces jumelles aux compétences vectorielles différentes a remis en question certaines identifications réalisées grâce à la taxonomie morphologique classique. Avec le développement des outils moléculaires et de leurs applications, un nouveau champ disciplinaire s'est développé : **la taxonomie moléculaire**, où les caractères morphologiques classiques sont remplacés par des marqueurs moléculaires ou enzymatiques (voir Collins & Paskewitz, 1996 et Walton *et al.*, 1999b). Les méthodes d'identification moléculaire de tout type ont été largement utilisées notamment chez les anophèles des régions afrotropicale (Cohuet *et al.*, 2003; Fettene & Temu, 2003; Kengne *et al.*, 2003; Koekemoer *et al.*, 2002; 1999), orientale (Kengne *et al.*, 2001; Manguin *et al.*, 2002; Sharpe *et al.*, 1999; Singh *et al.*, 2004a; Van Bortel *et al.*, 2000; Walton *et al.*, 1999a), paléarctique (Linton *et al.*, 2002a) et australasienne (Beebe *et al.*, 1999; 2001; Beebe & Saul, 1995). En plus de leur bonne précision, les outils moléculaires sont faciles à mettre en œuvre, peu onéreux, requièrent une faible quantité de matériel biologique quel qu'il soit, et permettent un grand nombre d'identifications journalières. L'utilisation d'amplifications espèce-spécifiques avec combinaison des lots d'amorces dans une seule réaction de PCR a été largement adoptée pour le développement d'outils d'identification moléculaire.

Dans le cadre de la réalisation de ce manuel, un état des lieux des principaux outils et ressources destinés à l'identification des vecteurs a été établi en essayant de distinguer les différentes régions géographiques d'intérêt. A cet effet, différentes fiches sont proposées en annexe 2 par groupe de vecteurs.

Parmi les nouveaux outils d'identification, on peut citer la spectrométrie de masse de type MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization – Time of Flight). Cette technique permet de caractériser un échantillon à partir du spectre de masse moléculaire des différentes protéines présentes. Des travaux récents ont montré que cet outil pouvait permettre d'identifier des spécimens d'arthropodes vecteurs au niveau de l'espèce voire infra-spécifique. Cet outil est décrit comme présentant de nombreux avantages en termes de coût, de rapidité d'analyse, et ne nécessitant pas de compétences particulières en taxonomie. Il est cependant nécessaire de disposer d'une banque de spectres des espèces qui pourront ainsi être identifiées. Actuellement, les groupes de vecteurs sur lesquels l'efficacité de la technique a été démontrée sont les moustiques (Steinmann *et al.*, 2013, ; Müller *et al.*, 2013 ; Yssouf *et al.*, 2013a), les tiques (Karger *et al.*, 2012 ; Yssouf *et al.*, 2013b), les cératopogonidés du genre *Culicoides* (Kaufmann *et al.*, 2011 ; Kaufmann *et al.*, 2012a ; Kaufmann *et al.*, 2012b ; Steinmann *et al.*, 2013) et les glossines (Hoppenheit *et al.*, 2013).

La morphométrie consiste à étudier et analyser la taille et la forme d'objets ainsi que les relations entre ces deux caractéristiques géométriques (allométrie). Les domaines d'application sont nombreux (anthropologie, cytologie, géologie, paléontologie, évolution...). En entomologie médicale, la morphométrie est principalement appliquée à l'étude des traits d'histoire de vie, de la biologie des

populations, de la systématique. Une des applications possibles de la morphométrie permet ainsi l'identification d'espèces et en particulier d'espèces cryptiques. La morphométrie a en effet connu des avancées notables avec la morphométrie moderne ou géométrique. Celle-ci permet de considérer les coordonnées des différents points d'intérêt (*landmarks* en anglais) et d'appréhender ainsi quantitativement non seulement la taille mais également la forme d'objets, indépendamment de la taille. L'analyse des modifications de forme permet alors de déceler de très petites variations morphologiques, qui n'auraient pas forcément été perçues par des approches morphologiques traditionnelles. La morphométrie a ainsi été utilisée en entomologie médicale et vétérinaire pour distinguer des espèces cryptiques de Triatominae, Culicidae, Phlebotominae. En matière de taxonomie, les approches morphométriques ont également permis de proposer certaines synonymies ou d'appréhender les frontières d'espèces. Pour une approche plus complète et des références détaillées de la morphométrie appliquée à l'entomologie médicale et vétérinaire le lecteur pourra utilement consulter la revue proposée par Dujardin (2011). Des références concernant l'utilisation de la morphométrie aux principaux groupes de vecteurs sont également proposées au sein de l'annexe 2.

## **II) Référentiels taxonomiques**

Les référentiels taxonomiques visent à fournir les noms valides (contenu nomenclatural) des espèces valides (contenu taxonomique) et d'indiquer à quel nom valide correspondent les autres noms également employés (synonymes) (MNHN, 2003). Ils proposent ainsi des listes d'espèces présentes au sein d'une zone géographique donnée. Ces référentiels vont ainsi permettre de désigner des espèces sans ambiguïté et constituent à ce titre des outils de choix pour la structuration, la diffusion et l'accès aux informations relatives à la biodiversité, voire à l'inter-opérabilité entre bases de données. Cette information n'est pas seulement d'ordre biologique mais également écologique car prenant en compte l'environnement (connaissance des milieux, des hôtes par exemple). En matière de collections, ils apparaissent par conséquent comme des outils essentiels voire incontournables. Ces référentiels taxonomiques vont en particulier permettre de mettre à disposition de l'ensemble des acteurs une liste de référence des groupes d'intérêt, d'agrégier des données d'observation, de fournir un outil pour les études taxonomiques et de faciliter ainsi l'intégration de toute évolution taxonomique ou nomenclaturale, de conférer une stabilité dans la nomenclature, de faciliter l'élaboration de base de données et donc la diffusion de l'information disponible au sein des collections (cf. chapitre suivant).

Les utilisateurs de ces référentiels sont nombreux. L'ensemble des personnes, institutions administrations impliquées dans la connaissance du vivant (de manière transversale ou thématique) peuvent potentiellement avoir recours à ces outils : chercheurs, autorités sanitaires en santé publique et vétérinaire (évaluateurs de risques, décideurs), gestionnaires de collections.

Le code de l'environnement, et notamment son article L. 411-5, définit les responsabilités en matière d'inventaire du patrimoine naturel national. L'Etat en assure ainsi la conception, l'animation et l'évaluation. Les collectivités territoriales peuvent contribuer à la réalisation d'inventaires locaux. L'article mentionné précédemment précise également que ces inventaires sont conduits sous la

responsabilité scientifique du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). C'est dans ce cadre et au travers de [l'Inventaire National du Patrimoine Naturel](#), que le MNHN élabore et diffuse un référentiel taxonomique sur la faune, la flore et la fonge, marine et terrestre, de France métropolitaine et d'outre-mer (Gargominy *et al.*, 2012). Ce référentiel taxonomique, dénommé TAXREF, a pour but de lister et d'organiser les noms scientifiques de l'ensemble des êtres vivants recensés sur le territoire. Le référentiel TAXREF est consultable et téléchargeable sur le site internet de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel. A l'heure actuelle, l'inventaire des arthropodes vecteurs d'agents pathogènes humains et vétérinaires au sein de TAXREF ne reflète que partiellement la connaissance disponible tant en matière de présence que de distribution.

Dans le cadre de la réalisation de ce manuel, un état des lieux des principaux outils et ressources destinés à l'identification des vecteurs a été établi (cf. annexe 2).

#### Références:

Dujardin JP. 2011. Modern morphometrics of medically important insects. *In* Genetics and Evolution of Infectious diseases. Edited by Tibayrenc M. Elsevier. Chapter 16, 473-501.

Gargominy, O., Terceirie, S., Daszkiewicz, P., Régnier, C., Ramage, T., Dupont, P. & Poncet L. 2012. TAXREF v5.0, référentiel taxonomique pour la France : mise en oeuvre et diffusion. Rapport SPN 2012 – 32. 75 pp.

Hoppenheit A, Murugaiyan J, Bauer B, Steuber S, Clausen PH, Roesler U. 2013. Identification of Tsetse (*Glossina* spp.) using matrix-assisted laser desorption/ionisation time of flight mass spectrometry. *PLoS Negl Trop Dis*. 2013 Jul 11;7(7):e2305

Karger A, Kampen H, Bettin B, Dautel H, Ziller M, Hoffmann B, Süß J, Klaus C. 2012. Species determination and characterization of developmental stages of ticks by whole-animal matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. *Ticks tick Borne Dis*. 3(2):78-89. doi: 10.1016/j.ttbdis.2011.11.002. Epub 2012 Jan 5

Kaufmann C, Steinmann IC, Hegglin D, Schaffner F, Mathis A. 2012a. Spatio-temporal occurrence of *Culicoides* biting midges in the climatic regions of Switzerland, along with large scale species identification by MALDI-TOF mass spectrometry. *Parasit Vectors*. 5:246. doi: 10.1186/1756-3305-5-246.

Kaufmann C, Schaffner F, Ziegler D, Pflüger V, Mathis A. 2012b. Identification of field-caught *Culicoides* biting midges using matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry. *Parasitology*. 139(2):248-58. doi: 10.1017/S0031182011001764. Epub 2011 Oct 19.

Kaufmann C, Ziegler D, Schaffner F, Carpenter S, Pflüger V, Mathis A. 2011. Evaluation of matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry for characterization of *Culicoides nubeculosus* biting midges. *Med Vet Entomol*. (1):32-8. doi: 10.1111/j.1365-2915.2010.00927.x. Epub 2010 Dec 1.

Müller P, Pflüger V, Wittwer M, Ziegler D, Chandre F, Simard F, Lengeler C. 2013. Identification of cryptic anopheles mosquito species by molecular protein profiling. *PLoS One*. 2013;8(2):e57486. doi: 10.1371/journal.pone.0057486. Epub 2013 Feb 28.

MNHN, 2003. Muséum national d'Histoire naturelle. Référentiels taxonomiques disponibles de la faune et de la flore de France.

MNHN, 2013. Muséum national d'Histoire naturelle. Inventaire national du Patrimoine naturel, site Web : <http://inpn.mnhn.fr>. Le 3 avril 2013.

Steinmann IC, Pflüger V, Schaffner F, Mathis A, Kaufmann C. 2013. Evaluation of matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry for the identification of ceratopogonid and culicid larvae. *Parasitology*. 140(3):318-27. doi: 0.1017/S0031182012001618. Epub 2012 Oct 19.

Yssouf A, Socolovschi C, Flaudrops C, Ndiath MO, Sougoufara S, Dehecq JS, Lacour G, Berenger JM, Sokhna CS, Raoult D, Parola P. 2013a. Matrix-assisted laser desorption ionization - time of flight mass spectrometry: an emerging tool for the rapid identification of mosquito vectors. *PLoS One*. 2013 Aug 15;8(8):e72380. doi: 10.1371/journal.pone.0072380.

Yssouf A, Flaudrops C, Drali R, Kernif T, Socolovschi C, Berenger JM, Raoult D, Parola P. 2013b. Matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry for rapid identification of tick vectors. *J Clin Microbiol*. 51(2):522-8. doi: 10.1128/JCM.02665-12. Epub 2012 Dec 5.

## V. Accès aux collections d'arthropodes vecteurs et diffusion de l'information associée

L'enquête menée sur les collections d'arthropodes vecteurs en France montre que certaines collections de référence manquent de visibilité, que plusieurs ne sont pas enrichies, et que l'information scientifique issue de ces collections est parfois inutilisée ou sous-utilisée, voire perdue ou détruite. Pourtant, beaucoup de ces collections présentent un intérêt systématique (présence de spécimens types et bonne qualité d'identification) et écologique (nombreuses localités et périodes de collecte représentatives de l'ensemble de l'aire de distribution de certains groupes taxonomiques, large panel de dates d'échantillonnage, phénologie retraçant l'histoire d'une espèce ou d'un groupe d'espèces).

Alors qu'auparavant l'accès aux collections était le plus souvent direct, impliquant un déplacement de la personne intéressée pour y observer les spécimens, le développement des technologies informatiques et numériques permet maintenant d'interroger une collection, voire de la visualiser, à distance. Les outils disponibles sont nombreux et vont de la simple application en interne permettant de recenser et trier les spécimens en collection à des approches beaucoup plus abouties proposant des outils de gestion et de recherche par critères, en interne ou à distance via internet, ainsi que de la bibliographie, des photographies de certains spécimens avec visualisation des critères morphologiques spécifiques, des informations connexes comme des séquences moléculaires. Concernant les collections d'arthropodes vecteurs en France, malheureusement peu d'entre elles possèdent ne serait-ce qu'un catalogue de collection. L'informatisation des données rendant possible leur consultation à distance est encore plus rare.

Un meilleur accès aux collections de référence pourrait aussi passer par une centralisation géographique de certaines collections ou de certains spécimens d'intérêt dans un lieu dédié à leur gestion et leur observation. A court et moyen termes, cette option est difficilement envisageable compte tenu des débats sur la propriété des collections et de leur double utilisation en tant que référence taxonomique et outil de recherche. Une institution, même lorsqu'elle n'exploite pas sa collection, est souvent peu encline à la léguer à un centre de référence car cette collection peut plus tard servir à la recherche ou être considérée comme un outil d'affichage. L'informatisation des collections et la mutualisation des informations semblent donc de bonnes alternatives.

L'objectif de ce chapitre est d'une part de faire l'inventaire et l'analyse critique des outils informatiques existants pour la gestion et la diffusion des collections entomologiques, et d'autre part d'émettre des recommandations quant à la bonne gestion d'une base de données pour une collection de référence. Enfin, la possibilité de développement d'un outil générique d'interrogation à distance de l'ensemble des collections d'arthropodes vecteurs en France sera discutée en termes d'intérêt pour les agents de la lutte antivectorielle et de faisabilité avec les ressources disponibles actuellement.

## **I) Intérêt d'informatiser et de numériser les collections d'arthropodes vecteurs en France**

La création de bases de données de collections de référence et leur informatisation sont des étapes essentielles qui permettent de :

1. Sécuriser la collection et simplifier les activités curatoriales. Elles permettent de connaître la réelle importance d'une collection en automatisant le comptage des spécimens types, ou en cartographiant les zones géographiques couvertes par la collection par exemple. Cela permet aussi de faciliter les activités de prêt en traçant en temps réel le statut des spécimens. La création d'une base de données avec des prises de vues numériques des spécimens d'une collection permet aussi de protéger les spécimens des manipulations qui peuvent endommager les individus et de limiter le déplacement des individus à haute valeur taxonomique.
2. Maintenir la visibilité aux scientifiques et aux opérationnels des collections existantes et ainsi consolider l'expertise taxonomique.
3. Rendre accessible la collection de référence pour des activités de formation ou de recherche (types). L'informatisation et parfois la numérisation de collection et notamment la mise en ligne sur internet permettent une large diffusion, un accès et une utilisation des données à une audience internationale.
4. Enrichir les collections existantes par les projets de recherches ou de veille épidémiologique.
5. Développer de nouveaux produits d'aide à l'identification ou à la vulgarisation au grand public (guide de terrains, aides didactiques, clé d'identification).
6. Evaluer l'apport des collections aux communautés par le suivi et la quantification des consultations.

## **II) Analyse de l'existant en termes d'informatisation et de gestion de collections entomologiques**

### **a) Analyse des bases de données (BDD) répertoriées en France**

Plusieurs institutions disposent d'une base de données permettant la consultation de leur collection d'arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire (liste non exhaustive : Cirad, Institut Pasteur, IRD, MNHN).

L'analyse des caractéristiques de ces bases de données connues, associées aux collections principales, permet de dégager les principales fonctionnalités attendues pour ce genre d'outils :

- Convivialité des fonctions de recherche et souplesse du niveau taxonomique pouvant être ciblé,
- Qualité de l'information taxonomique et nomenclaturale associée ; en particulier, indicateur de fiabilité d'identification, informations sur les échantillons (origine, date, collecteur),

- Présence et qualité de la littérature associée à la collection,
- Qualité de l'information iconographique et géographique,
- Présence d'une notice d'utilisation de la base de données,
- Qualité de la présentation de restitution des requêtes et possibilité d'extraction des requêtes,
- Interface proposée dans différentes langues.

Compte tenu des investissements passés des institutions concernées pour l'informatisation des collections qu'elles hébergent, il semble illusoire et pharaonique de vouloir uniformiser les bases de données actuelles, ce qui nécessiterait un investissement lourd en ressources humaines (informaticiens). Une analyse au cas par cas peut néanmoins s'avérer utile dans le cas d'architecture similaire. Par contre il semble essentiel d'ajouter à chaque base un lien vers les autres bases facilitant la quête d'information raisonnée.

Pour faciliter les requêtes il est important que les termes de recherche puissent être similaires. Au mieux chaque BDD devrait disposer d'une notice explicative et d'une liste des groupes, familles, genres, espèces accessibles (ex base du Cirad). Les termes de recherches doivent également être précisés (ie/ tique ou ixodida, taon ou tabanides etc..) si l'on envisage que ces BDD soient utilisées par un public large du technicien LAV aux chercheurs non spécialistes.

D'autre part, comme l'ont fait d'autres bases européennes ou internationales, un lien sur la répartition géographique à l'aide des outils développés par le GBIF (voir encadré) serait utile (voir par ex : [http://www.faunaeur.org/full\\_results.php?id=135037](http://www.faunaeur.org/full_results.php?id=135037)). Il s'agit alors de la répartition géographique de l'espèce et non de la localité de collecte. Dans le cadre de l'élaboration du présent document, le groupe de travail a sollicité l'antenne française du GBIF pour appréhender la place des arthropodes vecteurs dans ce système d'information sur la biodiversité à vocation mondiale ainsi que les possibilités de valorisation. Faute de connexion des bases de données des collections françaises, il apparaît que l'embranchement des arthropodes (et notamment les vecteurs) est peu représenté.

Enfin, pour le bénéfice de tous et des acteurs de la LAV en particulier, un effort important pour incrémenter les données des bases existantes est nécessaire. Il s'agit essentiellement de ressources humaines pour entrer les données dans les bases. Une réflexion individuelle, institutionnelle et gouvernementale s'impose pour définir les modes et moyens pour cet objectif.

Note: Il existe de par le monde plusieurs logiciels publics pour la création de BDD (ex : <http://www.bgbm.org/TDWG/acc/Software.htm#Entomological>). Il ne semble pas opportun au niveau des institutions hébergeant des collections de s'investir dans un autre système. Par contre la consultation de ces ressources peut être bénéfique pour améliorer les BDD existantes.

## Le GBIF



Le GBIF (Global Biodiversity Information Facility) est un consortium international lancé à l'initiative de l'OCDE en 2001.

Ce programme a pour objectif d'encourager et de favoriser le libre accès aux données relatives à la biodiversité (outils et résultats) afin d'en améliorer l'étude et l'utilisation.

Afin d'atteindre cet objectif, le GBIF offre un moteur de recherche portant sur les différentes bases de données connectées au GBIF de manière standardisée. Ainsi, les possesseurs de données peuvent connecter tout ou partie de leurs ressources au GBIF, afin de les rendre visibles et interopérables, mais restent maîtres de leurs données, qu'ils continuent à héberger et à utiliser dans le cadre de leur travail.

L'informatisation des collections d'histoire naturelle et d'observations naturelles fait notamment partie des objectifs poursuivis par le GBIF.

Afin d'optimiser l'accès à ces données, le GBIF s'appuie notamment sur des points nodaux mis en place dans les différents pays membres. Ainsi, le GBIF France a principalement pour missions de :

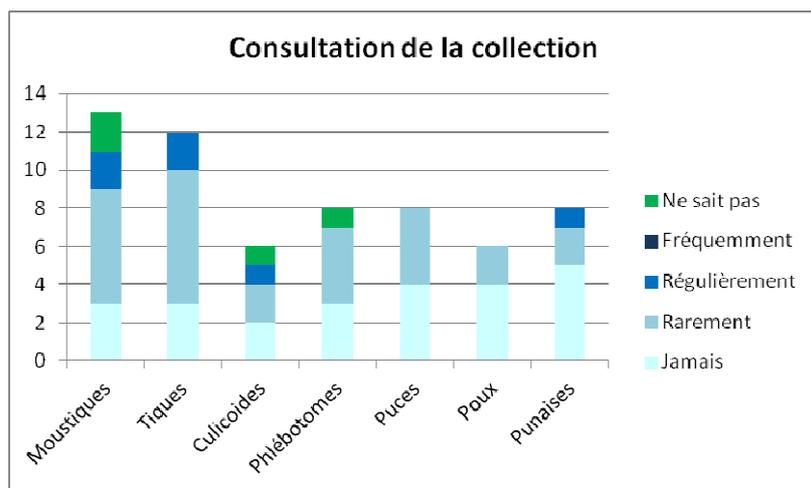
- faire connaître le GBIF et ses activités en France,
- offrir aux chercheurs français les outils développés par le GBIF pour faire connaître leurs données et les mettre en ligne,
- accompagner les fournisseurs de données dans leur travail de connexion au portail central de recherche du GBIF,
- permettre une interopérabilité des bases de données sur la biodiversité (des gènes aux écosystèmes),
- rendre possible de multiples utilisations recourant aux systèmes d'information géographique et à la modélisation géo-spatio-temporelle, par exemple à des fins d'épidémiologie, d'agro-climatologie ou d'aménagement de territoires.

En Janvier 2013, le GBIF mettait en ligne à disposition du public plus de 383 millions de données, spécimens de collections ou observations dans la nature. Ce nombre est en constante augmentation.

Des informations complémentaires sont accessibles sur le [site du GBIF](#) ainsi que sur le [portail du GBIF France](#).

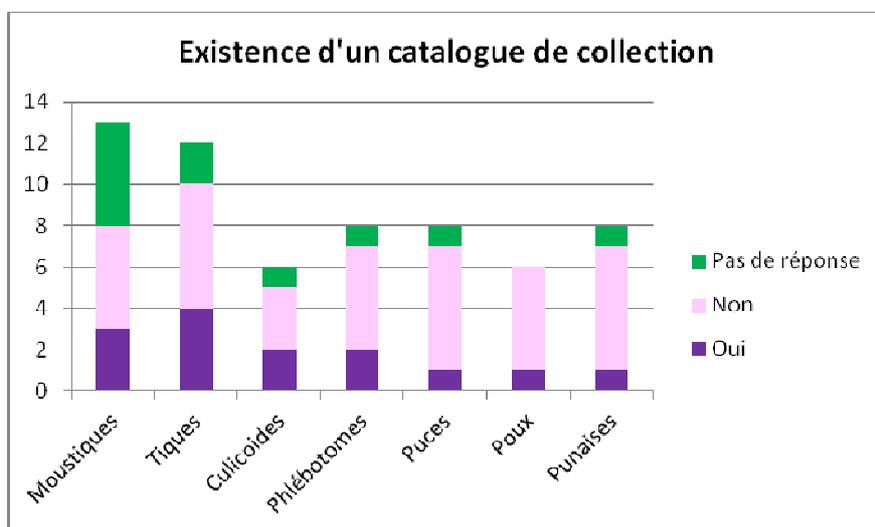
### b) Analyse des réponses au questionnaire sur la consultation des collections

Malgré la valeur des collections analysées, la faible fréquence de consultation des collections (Figure 23) montre leur sous-utilisation.



**Figure 21** Consultation des collections.

Une des explications de cette sous-utilisation est le manque de communication quant à ces collections (au point de ne même pas savoir qu’elles existent) et le manque de dissémination de l’information présente dans ces collections. Peu de collections possèdent ne serait-ce qu’un catalogue de collection (Figure 24) et presque aucune n’est complètement informatisée (Figure 25), ce qui empêche toute consultation à distance (Figure 26).



**Figure 22.** Existence d’un catalogue de collection.

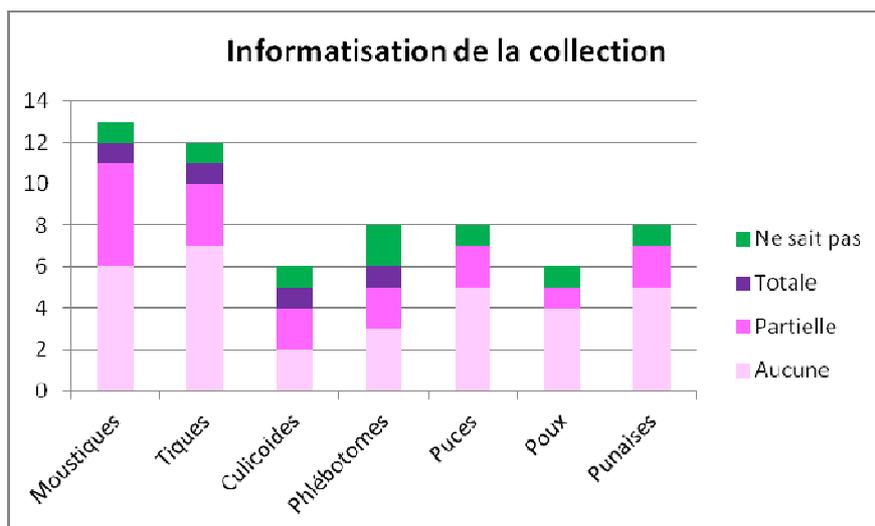


Figure 23. Informatisation des collections.

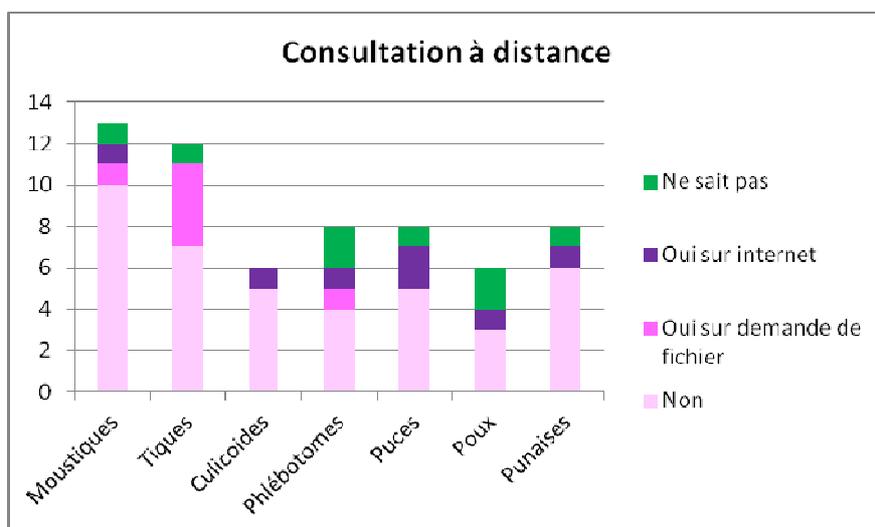


Figure 24. Possibilité de consultation à distance des collections.

### III) Recommandations pour le développement et la gestion de bases de données pour les collections d'arthropodes vecteurs en France

Les projets d'informatisation de collections doivent être encouragés afin de sécuriser les collections et de rendre accessibles les informations de la collection au plus grand nombre. L'informatisation d'une collection permet de saisir, conserver et restituer des informations de qualité.

Il est important de bien définir les besoins en amont, aussi bien institutionnels (état des lieux de la collection, statistiques de consultations, de prêts ou de dons, décisions sur le devenir d'une collection...) qu'individuels (recherche d'un spécimen ou d'un groupe de spécimens selon un critère

prédéfini, gestion des préparations réalisées à partir de spécimens, études de taxonomie comparative pour tester certaines hypothèses évolutives...). Il est aussi essentiel de savoir à quel public s'adresse la collection et son outil de consultation (décideurs, agents de lutte antivectorielle, chercheurs, étudiants...). De là découleront les décisions quant à l'accessibilité qu'on en donne (consultation en interne, en externe, les deux avec accès restreint pour les visiteurs externes...), la langue de gestion utilisée (public national ou international) et le type de gestion (administrateur unique et différents niveaux d'utilisateurs ou plusieurs administrateurs pour diverses collections, gestion sur un serveur ou à distance, droits pour modifier ou annuler des données...), les délais pour l'informatisation (entrée de données en masse et rapide avec risques d'erreurs ou de données hétérogènes ou entrée individuelle des données corrigées).

La création d'une base de données peut s'avérer une tâche tout à fait gérable pour des collections de petite taille, mais cela peut être compliqué à court terme si la collection est plus conséquente. Une stratégie peut être de focaliser les efforts d'informatisation sur une partie de la collection (famille taxonomique, zone géographique) ou sur les spécimens les plus importants (habituellement les types).

Elle doit offrir au minimum des informations sur les spécimens en collections, être une structure souple et ouverte pour la saisie et la consultation, et fournir la possibilité d'emprunter des spécimens. La structure générale de la base de données doit être une base relationnelle de données sur groupes cibles associant un répertoire taxonomique basé sur le schéma systématique communément admis pour le groupe ciblé, un répertoire toponymique pour les sites de captures. On y retrouvera des informations telles que l'identité taxonomique du spécimen, sa provenance (date, lieu et coordonnées, collectionneur), la nature et la localisation de l'échantillon, des données écologiques, etc.

Liste non exhaustive des champs/tables possibles :

- *Informations taxonomiques et nomenclaturales* : nom du taxon, synonymes, auteur et année de description, diagnose réalisée par, type, voucher
- *Informations sur les publications* : référence complète de la description/redescription/mise en synonymie, publications importantes pour le taxon, catalogue de référence
- *Informations sur la collecte* : date et l'identifiant de la collecte, nom du collecteur, remarques et commentaires du collecteur
- *Informations géographiques et spatiales* : description du lieu de collecte, situation géographique du lieu de collecte, données GPS du lieu de collecte
- *Informations sur l'hôte sur lequel le vecteur a été prélevé* : dans le cas des tiques et des puces notamment. Identification de l'espèce d'hôte, du niveau de gorgement
- *Informations iconographiques* : photos, dessins, schémas
- *Informations sur le statut de conservation* : rare, invasif, cosmopolite, en danger
- *Informations sur le donateur* : nom et contact de la personne ou de l'institution donatrice
- *Autres informations descriptives*

Dans le cas de collections historiques à informatiser, se pose la question de la saisie « copie conforme » des données relatives aux spécimens ou de l'interprétation de ces données. Par exemple, les notes du collecteur peuvent comporter des erreurs, des fautes d'orthographe ou ne plus être d'actualité. Par exemple, les noms des pays de collecte des spécimens peuvent avoir changé au cours de l'histoire, ou les noms taxonomiques ne sont plus ou pas valides. La question se pose alors de savoir si les données doivent être rapportées comme elles ont été écrites (donnant une perspective historique aux données), ou bien corrigées pour une interprétation actuelle. Chacune de ces deux méthodes est acceptable tant qu'elle est explicitement documentée quelque part (dans le guide d'utilisation de la base de données) et que la même méthode est appliquée pour le traitement de l'ensemble des données. Dans le cas d'une interprétation des données, il semble important de garder trace de la modification faite en notifiant le changement dans un champ spécifique (commentaires par exemple).

Pour faciliter le travail curatorial, un élément important est un code-barre/identifiant unique pour différencier les échantillons de la collection. Si la collection s'est constituée dans le temps avec différents systèmes de codage, la numérisation peut être le moment adéquat pour standardiser le système de codage.

L'association de prises de vue numériques à une base de données de collection est une plus-value pour une collection de référence. Il peut s'agir de photos d'individus entiers ou de caractères morphologiques diagnostiques.

Une fois la collection informatisée, il est primordial de maintenir un entretien des données. Si les données ne sont pas mises à jour régulièrement, leur pertinence et leur utilité risquent de décroître jusqu'à devenir complètement inutiles. Les données doivent être mises à jour au fur et à mesure que la taille de la collection de référence augmente physiquement, afin de conserver une bonne pertinence de l'ensemble des données pour les activités curatoriales.

Le GBIF propose par ailleurs un cadre méthodologique pour la numérisation des informations contenues au sein des collections (Frazier *et al.*, 2008).

#### **IV) Cahier des charges pour un outil générique d'interrogation à distance de l'ensemble des collections d'arthropodes vecteurs en France**

Le GT Collections recommande la création d'une plateforme qui fonctionnerait comme un guichet unique pour l'accès à toutes les bases de données informatisées pour les collections d'arthropodes vecteurs en France.

Le GBIF (Global Biodiversity Information Facility), consortium international fondé à l'initiative de l'OCDE, est un programme qui tente de rassembler toutes les données issues des collections d'histoire naturelle et de les mettre en commun à la disposition des chercheurs et du grand public (voir encadré).

Le GBIF offre un moteur de recherche portant sur des bases de données connectées au GBIF de manière standardisée. Les possesseurs de données peuvent connecter tout ou partie de leurs ressources au GBIF, afin de les rendre visibles et interopérables, mais restent maîtres de leurs données, qu'ils continuent à héberger et à utiliser dans le cadre de leur travail.

Ce projet répond parfaitement aux objectifs de valorisation des collections d'arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire de France. Un cahier des charges pour la création de ce portail unique a donc été établi en conséquence.

L'objectif de ce portail est de pouvoir interroger l'ensemble des bases de données relatives aux collections d'arthropodes vecteurs disponibles en France. Un préalable indispensable est donc la connexion de l'ensemble des bases de données existantes au GBIF. Cela peut être réalisé en connectant ces dernières grâce à l'outil IPT (Integrated Publishing Toolkit), plateforme logicielle qui vise à faciliter la publication des données sur le web. L'IPT pourrait ainsi permettre de publier les données stockées sur les différentes bases de données locales.

Le GBIF propose également un outil (Nodes Portal Toolkit, ou NPT) qui permet de mettre en place des portails web nationaux, régionaux ou thématiques à partir des données issues du GBIF. La création d'un portail thématique dédié aux collections d'arthropodes vecteurs en France permettrait de valoriser celles-ci et de centraliser l'information.

Il est également à noter que le GBIF lance régulièrement des appels à projet pour financer l'informatisation de bases de données liées aux collections.

L'informatisation des données associées aux collections ainsi que la digitalisation des spécimens constituent l'avenir des collections zoologiques tant en termes d'accessibilité et de conservation du patrimoine biologique.

Les collections françaises d'arthropodes vecteurs n'ont pas su, faute de moyens dédiés, exploiter pleinement l'opportunité que constituent les nouvelles technologies et sciences de l'information.

Si un tel effort est entrepris, il apparaît indispensable que celui-ci s'intègre dans l'effort mondial visant à développer des méthodes et outils standardisés, en particulier au niveau des métadonnées, et à favoriser l'interopérabilité des systèmes. En ce sens, tout développement de ce type devrait s'appuyer sur le Système mondial d'information sur la biodiversité (GBIF).

**Références :**

Frazier, C.K., Wall, J., and S. Grant. 2008. Initiating a Natural History Collection Digitisation Project, version 1.0. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. 75 pp.

## Conclusion générale

Les collections d'arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire constituent un patrimoine national d'une grande richesse qu'il convient de recenser, entretenir, préserver, organiser, développer et faire connaître. Elles constituent un véritable enjeu stratégique pour la conservation et l'étude de la biodiversité mais aussi pour la lutte antivectorielle.

L'émergence ou la réémergence de certains risques ou menaces sanitaires tels que l'introduction d'espèces invasives de vecteurs potentiels (*Aedes japonicus*, *Ae. koreicus*, *Ae. albopictus*..) ou d'agents pathogènes (peste porcine africaine, fièvre catarrhale ovine, *Rickettsia typhi*,...) illustrent l'apport des collections et de l'expertise taxonomique dans l'analyse de ces risques ainsi que dans la définition de mesures de gestion adaptées.

Au vu de l'inventaire réalisé, la France semble bien dotée en termes de collection. Les différents groupes de vecteurs sont en effet bien représentés et de nombreuses collections abritent du matériel de grande valeur scientifique (types par exemple). Cependant, comme déjà souligné par le passé, l'expertise en taxonomie se raréfie. Plusieurs raisons peuvent l'expliquer.

Tout d'abord l'avènement de nouveaux outils (en apparence plus accessibles et plus rapides) a fortement contribué au délaissement de l'approche morphologique de l'identification. Le développement de compétences taxonomiques nécessite de plus un investissement personnel important tant du point de vue de l'acquisition des compétences que du développement des connaissances. Ceci contribue au manque de valorisation et d'attractivité entourant cette discipline. On peut enfin noter une certaine absence de volonté politique de la part des institutions elles-mêmes (pouvoirs publics et organismes de recherche) à maintenir et développer les compétences dans ce domaine.

La mise en place d'une cellule (ou d'un réseau) permettant de mettre en contact les différents gestionnaires de collections peut favoriser la constitution de base de données inventoriant le contenu de chaque collection et leur organisation physique.

A l'heure actuelle, pour la plupart des groupes de vecteurs, il n'existe pas de référentiels taxonomiques pour la majorité des territoires français. Un effort de structuration des connaissances doit donc être encouragé. De plus, les référentiels existants datent parfois de plusieurs décennies. Il est donc nécessaire d'inscrire cet effort de structuration dans une démarche dynamique, permettant de prendre en compte le développement des connaissances et l'évolution de l'aire de distribution des différentes espèces d'arthropodes vecteurs.

Un effort d'inventaire plus précis du matériel type présent dans les collections françaises semble également nécessaire. Il est en effet essentiel de connaître précisément l'emplacement de ce matériel biologique de grande valeur scientifique afin d'assurer sa conservation à long terme. Le dépôt de spécimens type (idéalement l'holotype) dans des institutions pérennes, qui ont notamment pour vocation le maintien et l'alimentation des collections, participe à cette garantie de conservation. Par exemple, si un organisme détenteur d'une collection n'a plus les moyens matériels et humains pour gérer celle-ci, un don ou un prêt à long terme peut être fait au Muséum National d'Histoire Naturelle, qui prendra en compte les exigences du donateur en termes de gestion et d'utilisation de sa collection. Malgré cela, il reste nécessaire d'inciter les organismes de recherche (Cirad, INRA, Institut Pasteur, IRD) à mettre en place des moyens humains (éventuellement mutualisés) pour les collections d'arthropodes vecteurs.

Afin de faciliter l'accès aux outils d'identification, en particulier pour les opérateurs, la mise en ligne d'identiciels pour l'ensemble des groupes de vecteurs est à promouvoir. Un certain nombre d'identiciels existe déjà (moustiques d'Europe, *Culicoides* de la région paléarctique...), et sont accessibles notamment sur le site du CNEV. L'utilisation de logiciels de type Xper<sup>2</sup> permet de mettre en place facilement ce type d'outils, à condition de disposer de référentiels taxonomiques à jour. Ces outils se doivent par conséquent d'être évolutifs et nécessitent donc une mise à jour régulière en fonction de l'évolution de la taxonomie et de l'aire de distribution des vecteurs. Il convient toutefois de souligner que les outils d'identification ne peuvent en aucun cas remplacer l'expertise par la confrontation aux données de la littérature.

L'avenir et la conservation sur le long terme des collections d'insectes d'intérêt médical et vétérinaire fait partie intégrante de l'entomologie moderne mettant en œuvre un agenda stratégique de recherche. Ils passent par la création de plateformes technologiques performantes en mobilisant des ressources humaines et financières nécessaires.

**ANNEXE 1 : liste des organismes abritant des collections d'arthropodes vecteurs répertoriées en France**

Ne figurent ci-dessous, que les collections dont le détenteur a autorisé la mention.

## Collections abritant des spécimens de brachycères vecteurs

- UMR Intertryp , Campus International de Baillarguet, 34398 MONTPELLIER
  - o Collection de Glossinidae
  - o Présence de matériel type
  - o Contact : Sophie RAVEL, [sophie.ravel@ird.fr](mailto:sophie.ravel@ird.fr)
  
- Faculté de Médecine de Rennes, Laboratoire de Parasitologie et Zoologie Appliquée, 2 avenue du Professeur Bernard, 35043 Rennes
  - o Collection de Tabanidae
  - o Contact : <http://www.medecine.univ-rennes1.fr>
  
- UMR MIVEGEC, Centre IRD-France Sud, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier
  - o Collection de Tabanidae
  - o Contact : Philippe BOUSSES, [philippe.bousses@ird.fr](mailto:philippe.bousses@ird.fr)
  
- Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution, UMR 7205, CP50, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France
  - o Collection de Tabanidae et Glossinidae
  - o Contact : Christophe DAUGERON, [daugeron@mnhn.fr](mailto:daugeron@mnhn.fr)
  
- UMR CEFE, CNRS 5175 – UM2, 1919 route de Mende, 34090 Montpellier
  - o Collection de Tabanidae
  - o Contact : Pierre JAY-ROBERT, [pierre.jay-robert@cefe.cnrs.fr](mailto:pierre.jay-robert@cefe.cnrs.fr)

## Collections abritant des spécimens de Ceratopogonidae

- UMR CMAEE, Campus International de Baillarguet, 34398 MONTPELLIER
  - o Contact : Claire GARROS, [claire.garros@cirad.fr](mailto:claire.garros@cirad.fr)
  
- EID-Méditerranée, 165 avenue Paul Rimbaud, 34184 Montpellier
  - o Contact : Jean-Baptiste FERRE, [jbferre@eid-med.org](mailto:jbferre@eid-med.org)
  
- Faculté de Médecine et de Pharmacie de Besançon, Laboratoire de Parasitologie et Mycologie, 19, rue Ambroise Paré, 25030 Besançon
  - o Contact : Dominique MEILLET, [dominique.meillet@univ-fcomte.fr](mailto:dominique.meillet@univ-fcomte.fr)
  
- UMR MIVEGEC, Centre IRD-France Sud, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier
  - o Contact : Philippe BOUSSES, [philippe.bousses@ird.fr](mailto:philippe.bousses@ird.fr)

- Institut Pasteur de la Guyane, Unité d'entomologie médicale, B.P. 6010, 97306 Cayenne
  - o Contact : Romain GIROD, [rgirod@pasteur-cayenne.fr](mailto:rgirod@pasteur-cayenne.fr)
- Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution, UMR 7205, CP50, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France
  - o Contact : Christophe DAUGERON, [daugeron@mnhn.fr](mailto:daugeron@mnhn.fr)
- Faculté de Médecine de Strasbourg, Institut de Parasitologie et de Pathologie Tropicale, 3 rue Koeberle, 67000 Strasbourg
  - o Contact : Bruno MATHIEU, [bmathieu@unistra.fr](mailto:bmathieu@unistra.fr)

## Collections abritant des spécimens de Culicidae

- EID-Méditerranée, 165 avenue Paul Rimbaud, 34184 Montpellier
  - o Contact : Jean-Baptiste FERRE, [jbferre@eid-med.org](mailto:jbferre@eid-med.org)
- UMR MIVEGEC, Centre IRD-France Sud, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier
  - o Contact : Philippe BOUSSES, [philippe.bousses@ird.fr](mailto:philippe.bousses@ird.fr)
- Laboratoire des Identifications Fongiques et Entomo-Parasitologiques, 4 rue des semailles, 91540 Mennecy
  - o Contact : Jean-Charles GANTIER, [jcgantier16@hotmail.com](mailto:jcgantier16@hotmail.com)
- Faculté de Médecine et de Pharmacie de Besançon, Laboratoire de Parasitologie et Mycologie, 19, rue Ambroise Paré, 25030 Besançon
  - o Contact : Dominique MEILLET, [dominique.meillet@univ-fcomte.fr](mailto:dominique.meillet@univ-fcomte.fr)
- Agence Régionale de Santé Océan Indien, service de LAV de LA Réunion, 2 bis avenue Georges Brassens, 97408 Saint-Denis
  - o Contact Jean-Sébastien DEHECQ, [jean-sebastien.dehecq@ars.sante.fr](mailto:jean-sebastien.dehecq@ars.sante.fr)
- Faculté de Pharmacie de Nancy, laboratoire de Parasitologie, 5 rue Albert Lebrun, 54000 Nancy
  - o Contact : Sandrine BANAS, [sandrine.banas@univ-lorraine.fr](mailto:sandrine.banas@univ-lorraine.fr)
- UMR Ecologie Microbienne, Université de Lyon 1, 43 boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne
  - o Contact : Patrick MAVINGUI, [patrick.mavingui@univ-lyon1.fr](mailto:patrick.mavingui@univ-lyon1.fr)

- Institut Pasteur de la Guyane, Unité d'entomologie médicale, B.P. 6010, 97306 Cayenne
  - o Contact : Romain GIROD, [rgirod@pasteur-cayenne.fr](mailto:rgirod@pasteur-cayenne.fr)
- Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution, UMR 7205, CP50, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France
  - o Contact : Christophe DAUGERON, [daugeron@mnhn.fr](mailto:daugeron@mnhn.fr)
- Institut Pasteur de Paris, 25 rue du Docteur Roux, 75015 Paris
  - o Contact : Paul REITER, [paul.reiter@pasteur.fr](mailto:paul.reiter@pasteur.fr)

## Collections abritant des spécimens d'Ixodida

- USC INRA Bartonelles-tiques, ANSES, 23 avenue du Général de Gaulle, 94700 Maisons-Alfort
  - o Contact : Sarah BONNET, [sbonnet@vet-alfort.fr](mailto:sbonnet@vet-alfort.fr)
- Faculté de Médecine et de Pharmacie de Besançon, Laboratoire de Parasitologie et Mycologie, 19, rue Ambroise Paré, 25030 Besançon
  - o Contact : Dominique MEILLET, [dominique.meillet@univ-fcomte.fr](mailto:dominique.meillet@univ-fcomte.fr)
- Faculté de Médecine de Rennes, Laboratoire de Parasitologie et Zoologie Appliquée, 2 avenue du Professeur Bernard, 35043 Rennes
  - o Contact : <http://www.medecine.univ-rennes1.fr>
- Faculté de Pharmacie de Nancy, laboratoire de Parasitologie, 5 rue Albert Lebrun, 54000 Nancy
  - o Contact : Sandrine BANAS, [sandrine.banas@univ-lorraine.fr](mailto:sandrine.banas@univ-lorraine.fr)
- Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution, UMR 7205, CP50, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France
  - o Contact : Mark JUDSON, [judson@mnhn.fr](mailto:judson@mnhn.fr)
- UMR MIVEGEC, Centre IRD-France Sud, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier
  - o Contact : Philippe BOUSSES, [philippe.bousses@ird.fr](mailto:philippe.bousses@ird.fr)
- UMR Ecologie Microbienne, Université de Lyon 1, 43 boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne
  - o Contact : Patrick MAVINGUI, [patrick.mavingui@univ-lyon1.fr](mailto:patrick.mavingui@univ-lyon1.fr)
- Institut Pasteur de la Guyane, Unité d'entomologie médicale, B.P. 6010, 97306 Cayenne
  - o Contact : Romain GIROD, [rgirod@pasteur-cayenne.fr](mailto:rgirod@pasteur-cayenne.fr)

- UMR CMAEE, Campus International de Baillarguet, 34398 MONTPELLIER
  - o Contact : Laurence VIAL, [laurence.vial@cirad.fr](mailto:laurence.vial@cirad.fr)
- Institut Pasteur de Paris, 25 rue du Docteur Roux, 75015 Paris
  - o Contact : Elisabeth FERQUEL, [elisabeth.ferquel@pasteur.fr](mailto:elisabeth.ferquel@pasteur.fr)
- UMR BioEpar, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes-Atlantique (Oniris), Atlanpole La Chantrerie, Route de Gachet, 44307 Nantes
  - o Contact : Olivier PLANTARD, [olivier.plantard@oniris-nantes.fr](mailto:olivier.plantard@oniris-nantes.fr)

## Collections abritant des spécimens de Phlebotominae

- Laboratoire des Identifications Fongiques et Entomo-Parasitologiques, 4 rue des semailles, 91540 Mennecy
  - o Contact : Jean-Charles GANTIER, [jcgantier16@hotmail.com](mailto:jcgantier16@hotmail.com)
- Faculté de Médecine et de Pharmacie de Besançon, Laboratoire de Parasitologie et Mycologie, 19, rue Ambroise Paré, 25030 Besançon
  - o Contact : Dominique MEILLET, [dominique.meillet@univ-fcomte.fr](mailto:dominique.meillet@univ-fcomte.fr)
- Faculté de Pharmacie de Nancy, laboratoire de Parasitologie, 5 rue Albert Lebrun, 54000 Nancy
  - o Contact : Sandrine BANAS, [sandrine.banas@univ-lorraine.fr](mailto:sandrine.banas@univ-lorraine.fr)
- UMR MIVEGEC, Centre IRD-France Sud, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier
  - o Contact : Philippe BOUSSES, [philippe.bousses@ird.fr](mailto:philippe.bousses@ird.fr)
- Institut Pasteur de la Guyane, Unité d'entomologie médicale, B.P. 6010, 97306 Cayenne
  - o Contact : Romain GIROD, [rgirod@pasteur-cayenne.fr](mailto:rgirod@pasteur-cayenne.fr)
- Institut Pasteur de Paris, 25 rue du Docteur Roux, 75015 Paris
  - o Contact : Paul REITER, [paul.reiter@pasteur.fr](mailto:paul.reiter@pasteur.fr)
- Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution, UMR 7205, CP50, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France
  - o Contact : Christophe DAUGERON, [daugeron@mnhn.fr](mailto:daugeron@mnhn.fr)

## Collections abritant des spécimens de Siphonaptera

- Faculté de Médecine et de Pharmacie de Besançon, Laboratoire de Parasitologie et Mycologie, 19, rue Ambroise Paré, 25030 Besançon
  - o Contact : Dominique MEILLET, [dominique.meillet@univ-fcomte.fr](mailto:dominique.meillet@univ-fcomte.fr)
- Faculté de Médecine de Rennes, Laboratoire de Parasitologie et Zoologie Appliquée, 2 avenue du Professeur Bernard, 35043 Rennes
  - o Contact : Jean-Claude BEAUCOURNU, [jc.beaucournu@gmail.com](mailto:jc.beaucournu@gmail.com)
- Faculté de Pharmacie de Nancy, laboratoire de Parasitologie, 5 rue Albert Lebrun, 54000 Nancy
  - o Contact : Sandrine BANAS, [sandrine.banas@univ-lorraine.fr](mailto:sandrine.banas@univ-lorraine.fr)
- UMR MIVEGEC, Centre IRD-France Sud, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier
  - o Contact : Philippe BOUSSES, [philippe.bousses@ird.fr](mailto:philippe.bousses@ird.fr)
- Institut Pasteur de la Guyane, Unité d'entomologie médicale, B.P. 6010, 97306 Cayenne
  - o Contact : Romain GIROD, [rgirod@pasteur-cayenne.fr](mailto:rgirod@pasteur-cayenne.fr)
- Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution, UMR 7205, CP50, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France
  - o Contact : Christophe DAUGERON, [daugeron@mnhn.fr](mailto:daugeron@mnhn.fr)

## Collections abritant des spécimens de Phthiraptera

- Faculté de Médecine et de Pharmacie de Besançon, Laboratoire de Parasitologie et Mycologie, 19, rue Ambroise Paré, 25030 Besançon
  - o Contact : Dominique MEILLET, [dominique.meillet@univ-fcomte.fr](mailto:dominique.meillet@univ-fcomte.fr)
- Faculté de Médecine de Rennes, Laboratoire de Parasitologie et Zoologie Appliquée, 2 avenue du Professeur Bernard, 35043 Rennes
  - o Contact : <http://www.medecine.univ-rennes1.fr>
- Faculté de Pharmacie de Nancy, laboratoire de Parasitologie, 5 rue Albert Lebrun, 54000 Nancy
  - o Contact : Sandrine BANAS, [sandrine.banas@univ-lorraine.fr](mailto:sandrine.banas@univ-lorraine.fr)
- UMR MIVEGEC, Centre IRD-France Sud, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier

- Contact : Philippe BOUSSES, [philippe.bousses@ird.fr](mailto:philippe.bousses@ird.fr)
- Institut Pasteur de la Guyane, Unité d'entomologie médicale, B.P. 6010, 97306 Cayenne
  - Contact : Romain GIROD, [rgirod@pasteur-cayenne.fr](mailto:rgirod@pasteur-cayenne.fr)
- Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution, UMR 7205, CP50, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France
  - Contact : Christophe DAUGERON, [daugeron@mnhn.fr](mailto:daugeron@mnhn.fr)

## Collections abritant des spécimens d'Hemiptera

- Hôpital Saint-Louis, 1 rue Claude Vellefaux, 75475 Paris
  - Contact : Claudine SARFATI, [claudine.sarfati@sls.aphp.fr](mailto:claudine.sarfati@sls.aphp.fr)
- Faculté de Médecine et de Pharmacie de Besançon, Laboratoire de Parasitologie et Mycologie, 19, rue Ambroise Paré, 25030 Besançon
  - Contact : Dominique MEILLET, [dominique.meillet@univ-fcomte.fr](mailto:dominique.meillet@univ-fcomte.fr)
- Faculté de Pharmacie de Nancy, laboratoire de Parasitologie, 5 rue Albert Lebrun, 54000 Nancy
  - Contact : Sandrine BANAS, [sandrine.banas@univ-lorraine.fr](mailto:sandrine.banas@univ-lorraine.fr)
- Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution, UMR 7205, CP50, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France
  - Contact : Eric GUILBERT, [guilbert@mnhn.fr](mailto:guilbert@mnhn.fr)
- UMR MIVEGEC, Centre IRD-France Sud, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier
  - Contact : Philippe BOUSSES, [philippe.bousses@ird.fr](mailto:philippe.bousses@ird.fr)
- Institut Pasteur de la Guyane, Unité d'entomologie médicale, B.P. 6010, 97306 Cayenne
  - Contact : Romain GIROD, [rgirod@pasteur-cayenne.fr](mailto:rgirod@pasteur-cayenne.fr)
- Jean-Michel Bérenger, [jmberenger@free.fr](mailto:jmberenger@free.fr)

## ANNEXE 2 : outils de référence pour l'identification d'arthropodes vecteurs

GROUPE DE VECTEUR : BRACHYCERA.....	65
GROUPE DE VECTEUR : CERATOPOGONIDAE .....	67
GROUPE DE VECTEUR : CULICIDAE .....	73
GROUPE DE VECTEUR : IXODIDA .....	82
GROUPE DE VECTEUR : PHLEBOTOMINAE.....	85
GROUPE DE VECTEUR : PHTHIRAPTERA.....	90
GROUPE DE VECTEUR : SIPHONAPTERA .....	92
GROUPE DE VECTEUR : TRIATOMINAE .....	94

# GROUPE DE VECTEUR : BRACHYCERA

---

## 1. Ouvrages de référence

### Pour les Stomoxyinae

Zumt F. The Stomoxyine Biting Flies of the World. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1973, VIII + 175 pp.

### Pour les Diptères paléarctiques

Papp L. et Darvas B. (Eds). Contribution to a Manual of Palearctic Diptera. Science Herald, Budapest, 2000, 4 Volumes.

Chvala M., Lyneborg L. et Moucha J. The Horse Flies of Europe (Diptera, Tabanidae). Entomological Society of Copenhagen, 1972, 499 +XVI pp.

Stephen A Marshall, 2012. Flies: The Natural History and Diversity of Diptera. 616 pages, NHBS.

## 2. Clé(s) de référence

Voir Ouvrages de références ci-dessus à compléter par :

### Pour les Stomoxyinae

Garros C., Gilles J., Duvallet G. (2004). Un nouveau caractère morphologique pour distinguer *Stomoxys calcitrans* et *S. niger* (Diptera : Muscidae) : comparaison de populations de l'île de La Réunion. Parasite, 11: 329-332.

Concernant la France : Important pour La Réunion et îles de l'Océan Indien.

Pont A.C., Dsouli N. (2008). A new species of *Haematobosca* Bezzi from Gabon (Diptera, Muscidae) [Eine neue Art der Gattung *Haematobosca* Bezzi aus dem Gabun (Diptera, Muscidae)]. *Studia Dipterologica*, Vol. **15**(1-2) : 259-266.

Braack L. and Adrian C. Pont. Rediscovery of *Haematobosca zuluensis* (Zumt), (Diptera, Stomoxyinae): Re-description and amended keys for the genus. *Parasites & Vectors* 2012, **5**:267 . Nouvelle clé du genre *Haematobosca* pour le monde entier.

### La série des « Faune de France » :

n° 28 : Diptères (Brachycères) : Muscidae Acalypterae et Scatophagidae. Par E. Séguy, Lechevalier, Paris, 1934.

n° 6 : Diptères Anthomyidés. Par E. Séguy, Lechevalier, Paris, 1923.

n° 13 : Diptères (Brachycères) : Stratiomyiidae, Erinnidae, Coenomyiidae, Rhagionidae, Tabanidae, Codidae, Nemestrinidae, Mydidae, Bombyliidae, Therevidae, Omphralidae. Lechevalier, Paris, 1926.

n° 17 : Diptères (Brachycères) : Asilidae. Par E. Séguy, Lechevalier, Paris, 1927.

**3. Autres clés pouvant apporter d'autres éléments (plus détaillée sur une famille ou une région, spécifiques d'un biotope ou d'un type d'hôte...) : intérêts et limites**

Aucun outil pertinent pour les collections de France métropolitaine et d'outre-mer n'a été identifié.

**4. Identiciels existants**

Néant.

**5. Outils morphométriques existants**

Néant.

**6. Outils moléculaires à privilégier (éventuellement par groupe ou complexe d'espèces)**

Néant.

# GROUPE DE VECTEUR : CERATOPOGONIDAE

---

## 1. Ouvrages de référence

### Faune mondiale

Catalogue des espèces de la famille Ceratopogonidae du monde. Ce catalogue est mis à jour régulièrement (version du 28 février 2012).

Borkent A: **World species of biting midges (Diptera: Ceratopogonidae)**. *Belmont University, The Ceratopogonid web page* 2011:236,

Accessible au lien suivant (consulté le 22 janvier 2013) :

<http://www.inhs.illinois.edu/research/FLYTREE/CeratopogonidaeCatalog.pdf>

D'autres ressources générales sont également consultables au lien suivant (consulté le 22 janvier 2013) :

<http://campus.belmont.edu/cienews/cie.html>

### Pour la région paléarctique ouest :

Delécolle. 1985. Nouvelle contribution à l'étude systématique et iconographique des espèces du genre *Culicoides* du Nord-Est de la France, Thèse de doctorat, Université de Strasbourg  
Concerne principalement la faune de France (plutôt région Nord-est) mais aborde également les espèces présentes sur toute la région paléarctique ouest.

Delécolle J.-C., de La Rocque S. (2002) Contribution à l'étude des *Culicoides* de Corse. Liste des espèces recensées en 2000/2001 et redescription du principal vecteur de la fièvre catarrhale ovine: *C. imicola* Kieffer, 1913 (Diptera, Ceratopogonidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 107 (4): 371-379.

Redescription de *C. imicola*, espèce invasive en région méditerranée depuis la région afrotropicale, liste des espèces de Corse.

Venail R, Balenghien T, Guis H, Tran A, Setier-Rio ML, Delecolle JC, Mathieu B, Cetre-Sossah C, Martinez D, Languille J, Baldet T, Garros C. *In* : Mehlhorn Heinz (ed.). *Arthropods as vectors of emerging diseases*. 2012. Heidelberg : Springer [Allemagne], p. 77-102. (Parasitology Research Monographs, 3).

Liste des espèces de la faune de France métropolitaine/Corse

Mikel Gonzalez Gonzalez de Heredia, Arturo Goldarazena Lafuente. El genero *Culicoides* en el pais vasco. Lafuente editions : servicio central de publicaciones del gobierno vasco. collection LUR 16. 2011

Ouvrage concernant les espèces du genre *Culicoides* présentes au pays basque espagnol et qui peut donc être utile en première approche pour la France métropolitaine.

**Pour la région paléarctique est :**

Glukhova VM. 2005. *Culicoides* of Russia and adjacent lands. Int J Dipterol Res. 16(1) 3-75

**Pour la région orientale :**

Wirth and Hubert. The *Culicoides* of Southeast Asia (Diptera : Ceratopogonidae). Memoirs of the American entomological institute vol 44. 1989

ouvrage un peu ancien mais une des seules ressource pour la région. Comprend également une partie introductive relative à la biologie, l'écologie, la morphologie, la collecte ainsi que l'intérêt médical et vétérinaire des différentes espèces.

**Pour la région néotropicale :**

Borkent, A. and G.R. Spinelli. 2007. Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta); p. 1-198. In: J. Adis, J.R. Arias, G. Rueda-Delgado and K.M. Wnatzten (eds.). *Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA)*. Vol. 4. Sofia: Pensoft Sofia-Moscow.

Ouvrage de référence récent avec catalogue d'espèces et clés des genres (adultes, œufs et immatures) (français et espagnol)

Wirth WW, Dyce AL, Spinelli GR: An atlas of wing photographs, with a summary of the numerical characters of the neotropical species of *Culicoides* (diptera:ceratopogonidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 1988, 25:71 pp.

Atlas de photos d'ailes accompagné de tableaux rassemblant quelques mensurations, Faune Américaine

**Pour la région afrotropicale :**

Cornet M. Les *Culicoides* de l'Ouest africain (1ère note). Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Ent. méd. Parasitol. 1969;8(4).

Cornet M, Brunhes J. Révision des espèces de *Culicoides* apparentées à *C. schultzei* (Enderlein, 1908) dans la région afrotropicale. *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1994;99(2):149-164.

**Pour la région australasienne**

Dyce AL, Bellis GA, Muller MJ: *Pictural atlas of Australasian Culicoides wings (Diptera: Ceratopogonidae)*. Canberra: ABRS; 2007.

Atlas de photos d'ailes et tableaux rassemblant quelques mensurations, Faune Australienne

**Pour les territoires ultra-périphériques :**

Gerbier G, Sailleau C, Bréard E, Viarouge C, Desprat A, Lasne L, Gouyet L, Desvars A, Baldet T, Biteau F, Delécolle JC, Garros C, Roger F, Zientara S. Épidémiologie comparée des orbivirus en Guadeloupe et à la Réunion. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation. 2011. n°43/Sécial DOM-TOM:39-43.

Récapitulatif des espèces dont la présence a été signalée d'une part en Guadeloupe et d'autre part à La Réunion

Desvars A. Étude préliminaire des espèces de *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae), vecteurs avérés ou potentiels d'arboviroses animales, à l'île de la Réunion. 2005. Mémoire de DEA, 30 p.

## 2. Clé(s) de référence

### Pour la région afrotropicale :

Khamala CM, Kettle DS: The *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) of East Africa. *Trans R ent Soc Lond* 1971, 123:1-95.

Région éthiopienne, clé pour l'identification des mâles et des femelles de l'Afrique de l'est. Clé ancienne à utiliser avec précaution

Glick JI: *Culicoides* Biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) of Kenya. *Journal of Medical Entomology* 1990, **27**:85-195.

Clé des espèces du Kenya, à utiliser en combinaison avec la précédente

Cornet M & Brunhes J. Révision des espèces de *Culicoides* apparentées à *C. schultzei* (Enderlein, 1908) dans la région afrotropicale. *Bulletin de la Société entomologique de France* 1994, 99 (2)149-164.

Clé pour les femelles du groupe *Schultzei*

Meiswinkel R. Afrotropical *Culicoides* : a redescription of *C. (Avaritia) imicola* Kieffer, 1913 (Diptera: Ceratopogonidae) with description of the closely allied *C. (A.) bolitinos* sp. nov. reared from the dung of the African buffalo, blue wildebeest and cattle in South Africa. *Onderstepoort J Vet Res.* 1989;56(1):23-39.

Nevill H, Venter GJ, Meiswinkel R, Nevill EM. Comparative descriptions of the pupae of five species of the *Culicoides imicola* complex (Diptera, Ceratopogonidae) from South Africa. *Onderstepoort J Vet Res.* 2007;74(2):97-114.

Clé des nymphes du complexe imicola. Elle constitue à ce titre un intérêt pour les territoires concernés par des espèces invasives du complexe imicola (bassin méditerranéen) ainsi que pour les départements de l'Océan Indien.

## Région Néarctique

Wirth WW: The Heleidae of California. In *Publications in Entomology. Volume 9*. Berkeley, CA: University of California; 1952: 95-266  
Clé ancienne, révision nécessaire

## Région Néotropicale

Borkent, A. and G.R. Spinelli. 2007. Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta); p. 1-198. In: J. Adis, J.R. Arias, G. Rueda-Delgado and K.M. Wnatzon (eds.). *Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA)*. Vol. 4. Sofia: Pensoft Sofia-Moscow.

Ouvrage de référence récent avec catalogue d'espèces et clés des genres (adultes, œufs et immatures) (français et espagnol)

Forrattini OP: Culicoides da região neotropical (Diptera: Ceratopogonidae). *Arq Fac Hig Saude Pub Univ São Paulo* 1957, **11**:159-526.

Clé ancienne, révision nécessaire

## Région Paléarctique

Glukhova VM, 2005. *Culicoides* (Diptera, Ceratopogonidae) of Russia and adjacent lands. *Int J Dipterol Res.* 16(1) 3-75.

Clé pour le Paléarctique oriental

Kremer M. Contribution à l'étude du genre *Culicoides* Latreille particulièrement en France. *Encyclop Ent Serie A*, Paris; 1965. 299 pp.

## Pour la région australasienne :

Wirth WW & Arnaud PH. Polynesian biting midges of the genus *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae). *Pacific Insects II*, 1969, (3-4): 507-520.

Clé pour les femelles

### **3. Autres clés pouvant apporter d'autres éléments (plus détaillée sur une famille ou une région, spécifiques d'un biotope ou d'un type d'hôte...) : intérêts et limites**

Campbell JA, Pelham-Clinton EC: **A taxonomic review of the british species of *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae)**. *Proc R Soc Edinburgh* 1960, **68**:181-302.

Angleterre, l'une des clés les plus citées à ce jour, incomplète mais clé est encore utile pour les mâles

Delécolle JC: **Nouvelle contribution à l'étude systématique et iconographique des espèces du genre *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) du Nord-Est de la France**. *Thèse d'état n°56*. Université Louis Pasteur de Strasbourg I, UFR sciences de la vie et de la terre; 1985

Nord-Est de la France, illustrations de grande qualité, clé utile pour les mâles :

Les atlas de patrons alaires (cf. supra) peuvent être utilisés pour l'identification morphologique.

Rawlings P. A key, based on wing patterns of biting midges (genus *Culicoides* Latreille - Diptera: Ceratopogonidae) in the Iberian peninsula, for use in epidemiological studies. *Graellsia*, 1996;52: 57-71.

Clé alaire pour les *Culicoides* de la péninsule ibérique

#### 4. Identiciels existants

Clé d'identification interactive des *Culicoides* (IIC) de la région Ouest Paléarctique :

Mathieu B, Cêtre-Sossah C, Garros C, Chavernac D, Balenghien T, Carpenter S, Setier-Rio ML, Vignes-Lebbe R, Ung V, Candolfi E, Delécolle JC: **Development and validation of IIC: an interactive identification e-tool for *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) females from the Western Palaearctic region.** *Parasit Vectors* 2012, 5:137.

<http://www.iicculicoides.net/>

#### 5. Outils morphométriques existants

Néant

#### 6. Outils moléculaires à privilégier (éventuellement par groupe ou complexe d'espèces)

	Région	PCR	Réf.	Remarques
<i>C. imicola</i>	ITS1	Classique	(1)	Qualitatif
<i>C. imicola</i>	ITS1	Temps réel	(2)	Quantitatif, à partir de prélèvements bruts
Obsoletus et Pulicaris group	CO1	Classique	(3)	Qualitatif, nombre d'espèces limités
Obsoletus group	ITS1	Classique	(4)	Qualitatif, plus complet en nombre espèces
<i>C. obsoletus</i> et <i>C. scoticus</i>	ITS1	Temps réel	(5)	Quantitatif, estimation abondance relative de chacune des 2 espèces dans pool
Pulicaris group	CO1	Classique	(6)	Qualitatif, plus complet en nombre d'espèces

Note : « Qualitatif » signifie que les spécimens doivent être traités un par un par la PCR. Au contraire, les outils « quantitatifs » permettent l'estimation de l'abondance à partir de lot en un seul échantillon PCR.

- (1) Cêtre-Sossah C, Baldet T, Delécolle JC, Mathieu B, Perrin A, Grillet C, Albina E: Molecular detection of *Culicoides spp.* and *Culicoides imicola*, the main vector of bluetongue and African horse sickness in Africa and Europe, by ITS1rDNA PCR amplification. *Veterinary research* 2004, 35:325-337.
- (2) Cêtre-Sossah C, Mathieu B, Setier-Rio ML, Grillet C, Baldet T, Delécolle JC, Albina E: Development and evaluation of a real-time quantitative PCR assay for *Culicoides imicola*, one of the main vectors of bluetongue (BT) and African horse sickness (AHS) in Africa and Europe. *Res Vet Sci* 2008, 85:372-382.
- (3) Nolan DV, Carpenter S, Barber J, Mellor PS, Dallas JF, Mordue Luntz AJ, Piertney SB: Rapid diagnostic PCR assays for members of the *Culicoides obsoletus* and *Culicoides pulicaris* species complexes, implicated vectors of bluetongue virus in Europe. *Vet Microbiol* 2007, 124:82-94.
- (4) Mathieu B, Perrin A, Baldet T, Delécolle JC, Albina E, Cêtre-Sossah C: Molecular identification of Western European Species of *Obsoletus* Complex (Diptera: Ceratopogonidae) by Internal Transcribed Spacer-1 rDNA Multiplex Polymerase Chain Reaction Assay. *J Med Entomol* 2007, 44:1019-1025.
- (5) Mathieu B, Delécolle J-C, Garros C, Balenghien T, Setier-Rio M-L, Candolfi E, Cêtre-Sossah C: Simultaneous quantification of the relative abundance of species complex members: Application to *Culicoides obsoletus* and *Culicoides scoticus* (Diptera: Ceratopogonidae), potential vectors of bluetongue virus. *Veterinary Parasitology* 2011, 182:297-306.
- (6) Pagès N, Munoz-Munoz F, Talavera S, Sarto V, Lorca C, Nunez JI: Identification of cryptic species of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) in the subgenus *Culicoides* and development of species-specific PCR assays based on barcode regions. *Vet Parasitol* 2009, 165:298-310.

# GROUPE DE VECTEUR : CULICIDAE

---

## 1. Ouvrages de référence (en précisant les limites)

### 1.1. France Métropolitaine

- **Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Dahl C, Madon M, Kaiser A. (2010). Mosquitoes and Their Control. 2<sup>nd</sup> Edition. Springer. 407 pp.**  
Ouvrage de référence concernant les culicidés d'Europe : taxonomie, écologie, distribution et identification.
- Edwards. E W. (1921). A revision of the mosquitoes of the Palearctic Region. Bull. Entomol. Res. 12:263-351.  
Éléments taxonomique des espèces d'Europe occidentale.
- Senevet G. (1949). Le genre *Culex* en Afrique du nord. II. Les armures génitales mâles. Arch. Inst. Pasteur Alger., 27 :48-65.  
Éléments taxonomiques concernant les génitalia mâles de *Culex*. Intéressant pour l'Europe, notamment le bassin méditerranéen.
- Aitken (1954). The Culicidae of Sardinia and Corsica (Diptera). Bulletin of Entomological Research 45(3) :437-494.  
Référence taxonomique pour la Corse. Des clés ainsi que des éléments de distribution des espèces sont proposés.
- Rioux J.A. et Arnold M. 1955. Les Culicides de Camargue (étude systématique et écologique). 1955. La Terre et la vie, 4 : 244-286.  
Propose des éléments concernant l'écologie des espèces du Sud de la France ainsi que des clés d'identification.
- Rioux (J. A.), 1958. Les Culicidés du « Midi » méditerranéen. P. Lechevalier Paris, 35, 303 pp.  
Ouvrage de référence pour les culicidés du sud de la France.
- Senevet, P. and L. Andarelli. (1959). Les moustiques de l'Afrique du Nord et du Bassin Méditerranéen. Les genres *Culex*, *Uranotaenia*, *Theobaldia*, *Orthopodomyia* et *Mansonia*. Encycl. Entomol. XXXVII.  
Éléments taxonomiques pour les espèces des genres mentionnés dans le bassin méditerranéen.
- Rageau J., Mouchet J., Abonnenc E. (1970) Répartition géographique des moustiques (Diptera : Culicidae) en France. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. med. Parasitol., 8 (3), 289-317.  
Éléments concernant la répartition géographique des espèces de moustiques en France.
- Moussiegt O. (1986). Moustiques de France ; bibliographie et répartition. Collection : Inventaires de faune et de flore ; fasc.30, 184 pp.  
Éléments concernant la répartition géographique. Bibliographie.
- Schaffner F. A. (1998). Revised checklist of the French Culicidae. European Mosquito Bulletin, 2 :1-9.  
Dernier inventaire des espèces présentes en France métropolitaine, incluant la Corse.

## 1.2. Océan Indien (départements de Mayotte et de La Réunion, territoires des îles Eparses)

### Ouvrages incontournables

- Edwards. (1941) *Mosquitoes of the Ethiopian region*. Culicine of Ethiopian Region III Adults and pupae. London: Brit. Mus. (Nat. Hist.); 499 P.
- Hopkins GHE (1952): *Mosquitoes of the Ethiopian region. Part I. Larval bionomics of mosquitoes and taxonomy of culicine larvae*. London: Brit. Mus. (Nat. Hist.); Second Edition 1952; 355 p.
- Gillies MT & de Meillon B (1968). The Anophelinae of Africa South of the Sahara (Ethiopian zoogeographical region). The South African Institute for Medical Research, Johannesburg, 2° Ed., 343pp.

### Autres ouvrages généraux intéressants concernant la sous-région malgache

- Grjebine A. (1966). Insectes. Diptères Culicidae Anophelinae. Paris (ORSTOM-CNRS), *Faune de Madagascar* 22, 492 p.
- McIntosh BM. (1975). A taxonomic revision of certain *Aedes* species (Diptera: Culicidae) of the subgenus *Aedimorphus* in southern Africa. *J ent Soc sth Afr* 1975, 38:251–287.
- Grjebine A. (1986). Insectes. Diptères Culicidae Culicinae Ficalbiini. Paris (MNHN), *Faune de Madagascar* 68, 441 p.
- Harbach R. (1988). The mosquitoes of the subgenus *Culex* in southwestern Asia and Egypt (Diptera: Culicidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 24(1): 1-240.
- Brunhes J. & Hervy J.P. (1995). Insectes. Diptères Culicidae, Culicinae, genre *Orthopodomyia* de la sous-région malgache et de la région afrotropicale. Paris (MNHN), *Faune de Madagascar* 85, 119 p.
- Reinert J.F. (1999) Descriptions of *Zavortinkius*, a new subgenus of *Aedes*, and the eleven species from the afrotropical region (Diptera: Culicidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 31(2): 1-105.
- da Cunha Ramos H, Brunhes J. (2004) Insecta Diptera Culicidae *Uranotaenia*. *Faune de Madagascar* 2004, 91:461.
- Huang Y.M. (2004). The subgenus *Stegomyia* of *Aedes* in the Afrotropical Region with keys to the species (Diptera: Culicidae). *Zootaxa* 700: 1-120.
- Le Goff, G., Boussès, P. & Brunhes, J. (2007) Révision des *Neomelaniconion* Newstead (Diptera: Culicidae) de Madagascar : espèces présentes et description de cinq nouvelles espèces. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.)* 43(2), 187-200.

### Comores (Mayotte) :

- Brunhes J. Les moustiques de l'archipel des Comores. I.- Inventaire, Répartition et description de quatre espèces ou sous-espèces nouvelles *Cah ORSTOM Sér Ent méd Parasitol* 1977, 15 (2):131–152.
- Brunhes J: Les moustiques de l'archipel des Comores. II.- Description de quatre espèces nouvelles ou peu connues. Répartition du sous-genre *Skusea* dans l'Océan indien occidental. Affinités de la faune culicidienne des Comores. *Cah ORSTOM Sér Ent méd Parasitol* 1977, 15:53–170.
- Le Goff G, Bregues C, Robert V. *Stegomyia* mosquitoes in Mayotte, taxonomic study and description of *Stegomyia pia* n. sp. *Parasite*. 2013, 20 :31

### Iles Eparses :

- Girod R, Le Goff G: Inventaire actualisé des moustiques (Diptera: Culicidae) des îlots français de Europa, Juan-de-Nova et Grande-Glorieuse (Canal du Mozambique, océan Indien). *Bull Soc Pathol Exot* 2006, 99:122–128.
- Bagny L., Freulon M., Delatte H. (2009). Première mention d'*Aedes albopictus*, vecteur d'arbovirus, dans les îles Eparses du canal du Mozambique et actualisation de l'inventaire de la faune culicidienne. *Bull Soc Pathol Exot* 2009, 102:192–198.

### La Réunion

- Hamon J. (1953) Etude biologique et systématique des *Culicidae* de l'île de la Réunion. *Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar.Série E : Entomologie*, 1953, 4, p. 521-541.
- Hamon J. (1953) Une nouvelle espèce d'*Aedes* de l'île de la Réunion (diptère *Culicidae*). *Le naturaliste malgache* 1953, 5, P. 35-41.
- Hamon J. (1956) Les moustiques de l'île de la Réunion : répartition, biologie, rôle pathogène. Saint-Denis : ORSTOM, 1956, 17 p. multigr.
- Hamon J. (1956) Seconde note sur la biologie des moustiques de l'île de la Réunion *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 1956, 31 (5-6), p. 598-606.
- Boussès P, Dehecq JS, Brengues C, Fontenille D (2013). Inventaire actualisé des moustiques (Diptera : Culicidae) de l'île de La Réunion, océan Indien. *Bull Soc Pathol Exot*. 106:113-125.

### 1.3.Caraïbe (départements de la Martinique et de la Guadeloupe)

- Schaffner, F. 2003. Les moustiques de la Guadeloupe (Diptera, Culicidae). Etude réalisée à la demande du Parc national de Guadeloupe. 73 pp.  
36 espèces ont été recensées.
- Belkin, J.N., Heinemann, S. J. & W.A. Page 1970. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XXI. The Culicidae of Jamaica. *Contr. Am. ent. Inst.* 6(1): 1-458.
- Berlin, O. G. W. (1969). Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XII. A revision of the Neotropical subgenus Howardina of *Aedes*. *Contr. Am. ent. Inst.* 4(2): 1-190.
- Belkin, J.N. & C. L. Hogue (1959). A review of the crabhole mosquitoes of the genus *Deinocerites* (Diptera, Culicidae). *Univ. Calif. Publ. Ent.* 14: 411-458.
- Berlin, O. G. W. 1969. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XVIII. The subgenus *Micraedes* of *Culex*. *Contr. Am. ent. Inst.* 5(1): 21-63.
- Belkin J.N. and Heinemann S.J. (1976). Collection Records of the Project "Mosquitoes of Middle America". 5. French West Indies: Guadeloupe (FWI) and Martinique (FWIM, MAR)' Mosquito systematics 8(2): 163-193
- Fauran, P. 1963. III.-Entomologie médicale. *Inst. Pasteur Guadeloupe, Arch.* 1962:44-48.
- Fauran, P. 1964. II.-Entomologie médicale. Notes sur les Culicidae de Guadeloupe. *Inst. Pasteur Guadeloupe, Arch.* 1963: 5 1-58.
- Fauran, P. and E. Courmes. 1966. VIII.-Notes sur les Culicidae de Guadeloupe. *Inst. Pasteur Guadeloupe, Arch.* 1965: 104-1 12.
- Fauran, P. and E. Courmes. 1967. III.-Notes sur les Culicidae de Guadeloupe. *Inst. Pasteur Guadeloupe, Arch.* 1966: 70-72.
- Fize J.M. Les Moustiques de la Martinique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIV, no 1, 1976 : 1.5-29.

- Senevet G (1936) Les moustiques de la Martinique. *Arch. Inst. Pasteur d'Algérie*. 16(2) : 123-134.
- Senevet G, Quievreux L (1941) Les moustiques de la Martinique (2<sup>ème</sup> mémoire). *Arch. Inst. Pasteur d'Algérie*. 19(2) : 248-264.
- Rioux JA, Gabinaud A, Corre JJ, Cousserans J, Jarry D. 1984. Mangroves et autres formations marécageuses littorales en Guadeloupe. Carte phytoécologique des gîtes larvaires de moustiques. *Bulletin d'écologie*. 1 :95-97

#### 1.4. Amérique du Sud (département de la Guyane française)

- Degallier, N. and J. Claustre. 1980. Culicidae [Diptera, Nematocera] de Guyane Française: notes faunistiques et taxonomiques. *Revue Française d'Entomologie* 2:138–146.
- Dusfour I, Jarjaval F, Gaborit P, Mura M, Girod R, Pagès F. Confirmation of the occurrence of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) *marajoara* in French Guiana. *J Am Mosq Control Assoc*. 2012 Dec;28(4):309-11.
- Faran, M. E. and K. J. Linthicum. 1981. A handbook of the Amazonian species of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Diptera: Culicidae). *Mosq Syst* 13:1–81.
- Fauran, P. 1961. Catalogue annoté des culicidés signalés en Guyane Française. *Arch Inst Pasteur Guyane Terr Inini* 22:1–15.
- Fauran, P. and A. Pajot. 1974. Complément au catalogue des culicidae de Guyane Française. *Mosq News* 6:99–110.
- Floch, H. and E. Abonnenc. 1951. Anophèles de la Guyane Française. *Arch Inst Pasteur Guyane Terr Inini* 236:1–92.
- Cova-Garcia, P. (1961). Notas sobre 10s Anofelinos de Venezuela y su Identification. 2nd Edn. Caracas 213 pp.
- Bram R A (1967). Classification of *Culex* Subgenus *Culex* in the new world (Diptera : Culicidae). *Proceeding of the United States National Museum*.
- Faran M E (1980) Mosquito studies (Diptera: Culicidae) XXXIV. A revision of the *Albimanus* section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*. *Contrib. Amer. Ent. Inst.*, 15(7): 1-214.
- Rozeboom L E, Komp W H W (1950) A review of the species of *Culex* of the subgenus *Melanoconion*. *Annals of the entomological Society of America*. 43(1): 75-114.

## 2. Clé(s) de référence

### 2.1. France Métropolitaine

- Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Dahl C, Madon M, Kaiser A. (2010). *Mosquitoes and Their Control*. 2<sup>nd</sup> Edition. Springer. 407 pp.
- Schaffner, F., G. Angel, B. Geoffroy, J.-P. Hervy, A. Rhaïem & J. Brunhes (2001). *Les moustiques d'Europe. Programme d'identification et d'enseignement*. Montpellier, France, IRD Éditions & EID Méditerranée.

## 2.2. Océan Indien

- Brunhes J: Les insectes hématophages de l'Archipel des Comores (Diptera Culicidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Tabanidae, Hippoboscidae et Muscidae Stomoxinae; Hemiptera Cimicidae), maladies transmises et méthodes de lutte. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Nouvelle série, Série A, Zoologie* 1978, 109:193–246.
- Gillies (M.T.) & Coetzee (M.), 1987.- A supplement to the Anophelinae of Africa south of the Sahara. The South African Institute for Medical Research, Johannesburg, 143pp.
- Boussès P, Dehecq JS, Brengues C, Fontenille D (2013). Inventaire actualisé des moustiques (Diptera : Culicidae) de l'île de La Réunion, océan Indien. *Bull Soc Pathol Exot.* 106:113-125. *Avec des clés morphologiques*

## 2.3. Caraïbe (départements de la Martinique et de la Guadeloupe)

- Fize J.M. Les Moustiques de la Martinique. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol., vol. XIV, no 1, 1976 : 1.5-29  
Clé larvaire à actualiser.

## 3. Autres clés pouvant apporter d'autres éléments (plus détaillée sur une famille ou une région, spécifiques d'un biotope ou d'un type d'hôte...) : intérêts et limites

### 3.1. France Métropolitaine

- Hedeem, R. A. (1958). A review of the mosquito larvae of France 1. Genera *Culiseta*, *Mansonia*, *Orthopodomyia* and *Uranotaenia*. *Mosq. News* 18: 308-321.
- Hedeem, R. A. (1959). A review of the mosquito larvae of France 11. The genus *Aedes*. *Mosq. News* 19:179-183,
- Rioux J.A. et Arnold M. 1955. Les Culicides de Camargue (étude systématique et écologique). 1955. *La Terre et la vie*, 4 : 244-286.
- Harbach, R. E. (1985). Pictorial keys to the genera of mosquitoes, subgenera of *Culex* (*Culex*) occurring in south western Asia and Egypt, with notes on the subgeneric of *Culex deserticola* (Diptera: Culicidae). *Mosq. Syst.* 17:83-107.
- Darsie R.E. & Samanidou-Voyadjoglou A. (1997). Keys for identification of the mosquitoes of Greece; *Journal of the American Mosquito Control Association*, 13(3):247-254,
- Glick, J. 1. (1992). Illustrated key to the female *Anopheles* of southwestern Asia and Egypt (Diptera: Culicidae). *Mosq. Syst.* 24:125-153.
- Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B. & Hervy J.P. (2000) Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne. Logiciel d'identification et d'enseignement. Montpellier, France. IRD & Institut Pasteur Tunis, CD-Rom collection didactique, Éditions IRD.
- Samanidou-Voyadjoglou, A. and Harbach, R.E. (2001). Keys to the adult female mosquitoes (Culicidae) of Greece. *European Mosquito Bulletin*, 10: 13-20.
- Schaffner, F. (2003) Mosquitoes in used tyres in Europe: species list and larval key. *European Mosquito Bulletin*, 16: 7-12

### 3.2. Océan Indien

- Mattingly (1971). Clés illustrées des genres de moustiques Contrib. Amer. Ent. Inst. , vol. 7, no. 4, (Translated by Jean Rageau and Reprinted 1973).
- Huang Y.-L. (2011). Pictural key for the identification of the subfamilies of Culicidae, genera of Culicinae, and subgenera of Aedes mosquitoes of the Afrotropical region (Diptera : Culicidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 103(1) : 1-53.

### 3.3. Amérique du Sud (département de la Guyane française)

#### Clés pour le genre *Anopheles*

- Shannon, R. C. 1933. Anophelines of the Amazon Valley. *Proc Entomol Soc Wash* 35:117–143.
- Floch, H. and E. Abonnenc. 1951. Anophèles de la Guyane Française. *Arch Inst Pasteur Guyane Terr Inini* 236:1–92
- Faran, M. E. 1980. Mosquito studies (Diptera: Culicidae): a revision of the *Albimanus* Section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*. *Contrib Am Entomol Inst* 15:1–215
- Faran, M. E. and K. J. Linthicum. 1981. A handbook of the Amazonian species of *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) (Diptera: Culicidae). *Mosq Syst* 13:1–81.

## 4. Identiciels existants

### 4.1. France Métropolitaine

- Schaffner, F., G. Angel, B. Geoffroy, J.-P. Hervy, A. Rhaïem & J. Brunhes (2001). Les moustiques d'Europe. Programme d'identification et d'enseignement. Montpellier, France, IRD Éditions & EID Méditerranée.  
<http://bioinfo-prod.mpl.ird.fr/identiciels/culeurope/java/culeurope.html>

### 4.2. Océan Indien

- Les genres de Culicidae de la région afrotropicale (1998). J.P. Hervy, G. Le Goff, B. Geoffroy, J.P. Hervé, L. Manga, J. Brunhes. Editions IRD - réalisé en collaboration avec l'OCEAC.  
<http://bioinfo-prod.mpl.ird.fr/identiciels/culafrogenre/java/culafrogenre.html>  
Cet outil d'identification multicritère discrimine les 15 genres de moustiques présents.
- Les anophèles de la région afrotropicale (1998). J.P. Hervy, G. Le Goff, B. Geoffroy, J.P. Hervé, L. Manga, J. Brunhes. Editions IRD - réalisé en collaboration avec l'OCEAC.  
<http://bioinfo-prod.mpl.ird.fr/identiciels/anopheles/java/anopheles.html>  
Cet outil d'identification multicritère permet l'identification des 145 espèces d'anophèles connues de cette région, tant au stade larvaire qu'adulte.

## 5. Outils morphométriques existants

### 5.1. France Métropolitaine

- Vicente JL, Sousa CA, Alten B, Caglar SS, Falcuta E, Latorre JM, et al. Genetic and phenotypic variation of the malaria vector *Anopheles atroparvus* in southern Europe. *Malaria Journal*. 2011;10:5.

### 5.2. Océan Indien

- Petrarca V, Sabatinelli G, Touré Y, Di Deco MA. Morphometrics multivariate analysis of field samples of adult *Anopheles arabiensis* and *An. gambiae* s.s. (Diptera : Culicidae). *Journal of Medical Entomology*. 1998;35:16-25.

### 5.3. Caraïbe (départements de la Martinique et de la Guadeloupe)

- Henry A, Thongsripong P, Fonseca-Gonzalez I, Jaramillo-Ocampo N, Dujardin JP. Wing shape of dengue vectors from around the world. *Infect Genet Evol*. 2010 Mar;10(2):207-14. doi: 10.1016/j.meegid.2009.12.001. Epub 2009 Dec 22.  
Différentiation d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes albopictus* d'après la forme des ailes. Technique diagnostique intéressante, notamment lorsque les spécimens sont endommagés.
- Dujardin JP. 2011. Modern morphometrics of medically important insects. *In*: M. Tibayrenc E, editor. *Genetics and evolution of infectious diseases*. p. 473-501.  
L'utilisation de Points d'intérêt de l'aile peut être utilisé pour identifier certains genres.

### 5.4. Amérique du Sud (département de la Guyane française)

- Calle DA, Quinones ML, Erazo HF, Jaramillo N. Differentiation by geometric morphometrics among 11 *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) in Colombia. *Biomedica*. 2008;28:371-85.
- Calle DA, Quinones ML, Erazo HF, Jaramillo N. Morphometric discrimination of females of five species of *Anopheles* of the subgenus *Nyssorhynchus* from Southern and northwest Colombia. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2002;97(8):1191-5.

## 6. Outils moléculaires à privilégier (éventuellement par groupe ou complexe d'espèces)

Espèce/complexe d'espèces	Région amplifiée	PCR	Ref	Iles et territoires concernées
<i>An. gambiae</i> , <i>An. arabiensis</i> , <i>An. quadriannulatus</i> , <i>An. melas</i>	IGS	PCR multiplexe	(1)	Mayotte, La Réunion et îles Eparses
<i>An. funestus</i> , <i>An. lesoni</i> , <i>An. parensis</i> , <i>An. vaneedeni</i> , <i>An. rivulorum-like</i> , <i>An. rivulorum</i>	ITS2	PCR Multiplexe	(2)	Mayotte
<i>An. gambiae</i> , formes et S	IGS	PCR-RFLP	(3)	Mayotte
<i>An. atroparvus</i> , <i>An. sacharovi</i> , <i>An. melanoon</i> ,  <i>An. messeae</i> , <i>An. labranchiae</i> , <i>An. maculipennis s.s.</i>  <i>An. daciae</i>	ITS2	PCR multiplexe	(4) & (5)	France, Corse
<i>An. claviger</i> , <i>An. petragrani</i>	ITS2	PCR Multiplexe	(6)	France, Corse
<i>Cx. pipiens</i> complex, and <i>Cx. torrentium</i> and <i>Cx. pervigilans</i>	ACE 2	PCR	(7)	France, Corse

- (1) Scott JA, Brogdon WG, Collins FH. Identification of single specimens of the *Anopheles gambiae* complex by the polymerase chain reaction. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 1993Oct;49(4):520-9.

- (2) Cohuet A, Simard F, Toto JC, Kengne P, Coetzee M, Fontenille D. Species identification within the *Anopheles funestus* group of malaria vectors in Cameroon and evidence for a new species. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2003 Aug;69(2):200-5
- (3) Fanello C, Santolamazza F, della Torre A. Simultaneous identification of species and molecular forms of the *Anopheles gambiae* complex by PCR-RFLP. *Medical Veterinary Entomology*. 2002 Dec;16(4):461-4
- (4) Proft J, Maier WA, Kampen H. Identification of six sibling species of the *Anopheles maculipennis* complex (Diptera: Culicidae) by a polymerase chain reaction assay. *Parasitology Research*. 1999 Oct;85(10):837-43
- (5) Nicolescu G., Linton Y.M., Vladimirescu T.M. (2004) Mosquitoes of the *Anopheles maculipennis* group (Diptera: Culicidae) in Romania, with the discovery and formal recognition of a new species based on molecular and morphological evidence. *Bulletin of Entomological Research* 94, 525- 535
- (6) Kampen H, Sternberg A, Proft J, Bastian S, Schaffner F, Maier WA, et al. Polymerase chain reaction based differentiation of the mosquito sibling species *Anopheles claviger* s.s. and *Anopheles petragnani* (Diptera: Culicidae). *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2003 Aug;69(2):195-9.
- (7) Smith J & Fonseca D, Rapid assays for identification of members of the *Culex* (*Culex*) *pipiens* complex, their hybrids, and other sibling species (Diptera: culicidae), *Am J Trop Med Hyg*. 2004 Apr;70(4):339-45.

# GROUPE DE VECTEUR : IXODIDA

---

## 1. Ouvrages de référence (en précisant les limites)

Pérez-EID C. 2007. Les tiques : identification, biologie, importance médicale et vétérinaire. Collection Monographies de microbiologie. Éditions Tec & Doc - EM Inter – Lavoisier.  
Ouvrage complet sur les tiques présentes principalement en France mais aussi en Europe de l'ouest.

Camicas JL, Hervy JP, Adam F, Morel PC. 1998. Les tiques du monde (Acarida, Ixodida) : nomenclature, stades décrits, hôtes, répartition. The ticks of the world (Acarida, Ixodida) : nomenclature, described stages, hosts, distribution. Paris. Editions ORSTOM, 233 p. ISBN 2-7099-1418-2

Pas de clé ou de description mais la liste de tous les noms, des synonymes ainsi que les principaux groupes d'hôtes et les régions biogéographiques des différentes espèces.

Guglielmono AA, Robbins RG, Apanaskevich DA, Petney TN, Estrada-Pena A, Horak IG, Shao RF, Barker SC. 2010. The Argasidae, Ixodidae and Nuttalliellidae (Acari: Ixodida) of the world: A list of valid species names. *Zootaxa*, 2528: 1-28.

Cet inventaire recense 896 espèces, dont 702 Ixodidae, 193 Argasidae et un Nuttalliellidae. Inventaire le plus récent, qui constitue par conséquent la dernière liste valide des noms d'espèces.

Kolonin GV. 2009. Fauna of Ixodids of the World. Accessible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.kolonin.org/> (consulté le 8 février 2012).

Ce site propose des cartes de répartition pour chaque espèce de tiques dures (les Argasidae ne sont pas traitées), les principaux hôtes connus, ainsi qu'une liste de références bibliographiques intéressante.

Walker AR, Bouattour A, Camicas JL, Estrada-Peña A, Horak IG, Latif AA, Pegram RG, Preston PM. 2003. Ticks of Domestic Animals in Africa : a Guide to Identification of Species. Bioscience Reports, Edinburgh. Edition révisée en 2013. 221 pp.

Ouvrage centré sur les tiques d'Afrique et focalisé sur les espèces associées à la faune domestique. Des éléments de description, d'écologie et de distribution sont proposés. Pas de vraie clé d'identification. Mais un glossaire complet et illustré (17 pages) valable pour toutes les régions.

Estrada-Peña A, Bouattour A, Camicas JL, Walker AR. 2004. *Ticks of domestic animals in the Mediterranean Region*. University of Zaragoza. 131 pp.

Ouvrage similaire au précédent, focalisé sur le pourtour méditerranéen.

## 2. Clé(s) de référence

Pour la France :

Pérez-EID C. 2007. Les tiques : identification, biologie, importance médicale et vétérinaire. Collection Monographies de microbiologie. Éditions Tec & Doc - EM Inter – Lavoisier.

Des clés sont proposées en annexe.

Pour le monde entier (clé des genres uniquement) :

**Goodman, J. L., D. L. Dennis, and D. E. Sonenshine. 2005.** Tick-Borne Diseases of Humans. ASM Press.

**Mullen, G., and L. Durden. 2002.** Medical and veterinary entomology, pp. xv + 597 pp., Medical and veterinary entomology. Academic Press, San Diego, USA.

**Sonenshine, D. E. 1991.** Biology of ticks. Oxford University Press.

Pour le genre *Rhipicephalus*

Walker JB, Keirans JE, Horak IG. 2000. The genus *Rhipicephalus* (Acari, Ixodidae), a guide to the brown ticks of the world. Cambridge University Press, Cambridge. 643 pages

Guide pour l'identification des tiques du genre *Rhipicephalus*.

### 3. **Autres clés pouvant apporter d'autres éléments (plus détaillée sur une famille ou une région, spécifiques d'un biotope ou d'un type d'hôte...) : intérêts et limites**

Hillyard PD. Ticks of North-West Europe. Synopses of the British Fauna. Edited by R.S.K. Banks and J.H. Crothers. No. 52. Published for The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association by Field Studies Council Publications, Montford Bridge, U.K., 1996. vii+178pp.; 38 figs.

26 espèces de tiques (23 Ixodidae et v3 Argasidae) retrouvées en Europe occidentale du Nord sont considérées. Des illustrations et les diagnoses des mâles et femelles sont proposées ainsi que la diagnose des nymphes. La bibliographie permet d'accéder à la description et à des illustrations des larves des 26 espèces.

Senevet G. 1937. Ixodoidés. Faune de France n° 32, 10 pp.

Cet ouvrage, ancien, traite de la faune de France mais également des pays voisins, et de l'Afrique du Nord. Deux familles, 9 genres et 47 espèces y sont traités. Des clés d'identification des espèces ainsi qu'une iconographie intéressante sont proposées.

### 4. **Identiciels existants**

Clé dichotomique d'identification en ligne :

Le site <http://pick4.pick.uga.edu> propose un certain nombre de clés interactives pour l'identification (faune et flore) dont une entrée peut être utilisée pour l'identification des tiques : <http://pick4.pick.uga.edu/mp/20q?guide=Arachnida>

Cet identiciel semble être le plus complet à l'heure actuelle.

<http://webpages.lincoln.ac.uk/fruedisueli/FR-webpages/parasitology/Ticks/TIK/tick-key/index.htm>

Ce site internet proposé par le département des sciences biologiques de l'université de Lincoln (Grande-Bretagne) fournit des éléments d'anatomie des tiques, un glossaire ainsi que des ressources pour l'identification. Cette clé permet l'identification des différents stades au genre, mais pas à l'espèce.

Interactive program for teaching tick morphology.

Disponible sur le site du "Armed Forces Pest Management Board", ce CD-ROM comporte cinq parties dont un glossaire, des démonstrations d'identification de tiques ainsi que plusieurs clés d'identification.

<http://www.afpmb.org/content/interactive-program-teaching-tick-morphology-0>

**5. Outils morphométriques existants**

Néant

**6. Outils moléculaires à privilégier (éventuellement par groupe ou complexe d'espèces)**

Rumer L, Sheshukova O, Dautel H, Mantke OD, Niedrig M. Differentiation of Medically Important Euro-Asian Tick Species *Ixodes ricinus*, *Ixodes persulcatus*, *Ixodes hexagonus*, and *Dermacentor reticulatus* by Polymerase Chain Reaction. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2010 ; 28.

Contribution à la réalisation de cette fiche : Olivier Plantard, Frédéric Stachurski

# GROUPE DE VECTEUR : PHLEBOTOMINAE

---

## 1. Ouvrages de référence (en précisant les limites)

Dolmatova A.V., Demina N.A., Kobylansky A. (trad.), Abonnenc Emile (corr.), Rageau Jean (corr.). Les phlébotomes (*Phlebotominae*) et les maladies qu'ils transmettent. Paris : ORSTOM, 1971, 168 p. (Initiations-Documentations Techniques ; 18).

### Faune Américaine:

Martins A.V., Williams P., Falcao A.L. 1978, American sand flies (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) Academia Brasileira de Ciencias Rio de Janeiro, RJ, 195p (Faune américaine)

Floch H., Abonnenc E. Diptères phlébotomes de la Guyane et des Antilles françaises. Paris : ORSOM, 1952, 207 p. (Faune de l'Union Française ; 14).

Murillo J., Zeledon R. 1985, Flebotomos de Costa Rica (Diptera Psychodidae) Escuela de Medicina Veterinaria Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, 137p (Faune du Costa Rica)

Forattini O.P. 1973 Psychodidae, Phlebotominae, Leishmanioses, Bartonelose. In Entomologia Medica 4° Volume Ed Edgard Blücher Ltda. Editora Da Universidade de Sao Paulo 658p

Young D.G. 1979 A review of the Bloodsucking Psychodid flies of Colombia (Diptera: Phlebotominae and Sycoracinae) Agricultural Experiment Stations Institute of food and Agricultural Sciences University of Florida Gainesville F.A. Wood Dean for Research. 266p

Ryan L. 1986 Flebotomos do estado de Para; Brasil (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) Documento tecnico N°1 Instituto Evanro Chagas Fundação S.E.S.P. Ministerio de Saude, 154p

Young DG, Duncan MA. 1994. Guide to the Identification and Geographic Distribution of *Lutzomyia* Sand Flies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). Gainesville, FL: Assoc. Publ. Mem. Am. Entomol. Inst. 881 pp.

### Faune Africaine

Abonnenc E. Les phlébotomes de la région éthiopienne (*Diptera, Psychodidae*). Paris : ORSTOM, 1972, 289 p. multigr.

Vattier Bernard G. Contribution à l'étude systématique et biologique des phlébotomes cavernicoles en Afrique intertropicale : 1ère partie. *Cahiers ORSTOM.Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, 1970, 8 (2), p. 175-230. ISSN 0029-7224

Vattier Bernard G. Contribution à l'étude systématique et biologique des phlébotomes cavernicoles en Afrique intertropicale : 2ème partie. *Cahiers ORSTOM.Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, 1970, 8 (3), p. 231-288. ISSN 0029-7224

Davidson, I.H. 1990. Sandflies of Africa south of the Sahara. South African Institute for Medical Research, Johannesburg. 78 pp

## Faune Paléarctique

Rioux J.A. (dir.), Golvan Y.J. (dir.), Croset H., Tour S., Hovin R., Abonnenc E, Petitdidier M., Vollhardt Y., Dedet J.P., Albaret J.L., Lanotte G., Quilici M., Martini-Dumas A. (collab.), Maistre M. (collab.), Brès A. (collab.), Roviralta T. (collab.), Vila F. (collab.). Epidémiologie des leishmanioses dans le Sud de la France : enquête écologique. Paris : INSERM, 1969, 223 p. (Monographie de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale ; 37).

Theodor O. 1958 - 9c: Psychodidae-Phlebotominae In Die Fliege, der palaearktischen region, E. Lindner, Lieferung 201 Stuttgart E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung (Nagele ü Obermiller), 55p 4pl

Perfiliev P.P. 1968 Fauna of U.S.S.R. Diptera Vol III N°2 Phlebotomindae (Sandflies) Academy of Sciences of the USSR, (Translated from Russian) Israel Program for Scientific translations Jerusalem 363p

## Faune Orientale

Lewis D.J. 1978 The phlebotomine sanflies (Diptera: Psychodidae of the Oriental Region. Bull Br Mus nat Hist (Ent) 37(6): 217-343

### 2. Clé(s) de référence

Floch H., Abonnenc Emile. Diptères phlébotomes de la Guyane et des Antilles françaises. Paris : ORSOM, 1952, 207 p. (Faune de l'Union Française ; 14).

Abonnenc Emile. Les phlébotomes de la région éthiopienne (*Diptera, Psychodidae*). Paris : ORSTOM, 1972, 289 p. multigr.

Young DG, Duncan MA. 1994. Guide to the Identification and Geographic Distribution of *Lutzomyia* Sand Flies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). Gainesville, FL: Assoc. Publ. Mem. Am. Entomol. Inst. 881 pp.

Davidson, I.H. 1990. Sandflies of Africa south of the Sahara. 78 pp. South African Institute for Medical Research, Johannesburg.

Theodor O. 1958 - 9c: Psychodidae-Phlebotominae In Die Fliege, der palaearktischen region, E. Lindner, Lieferung 201 Stuttgart E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung (Nagele ü Obermiller), 55p 4pl

Lewis D.J. 1978 The phlebotomine sanflies (Diptera: Psychodidae of the Oriental Region. Bull Br Mus nat Hist (Ent) 37(6): 217-343

Forattini O.P. 1973 Psychodidae, Phlebotominae, Leishmanioses, Bartonelose. In Entomologia Medica 4° Volume Ed Edgard Blücher Ltda. Editora Da Universidade de Sao Paulo 658p

Young D.G. 1979 A review of the Bloodsucking Psychodid flies of Colombia (Diptera: Phlebotominae and Sycoracinae) Agricultural Experiment Stations Institute of food and Agricultural Sciences University of Florida Gainesville F.A. Wood Dean for Research. 266p

### **3. Autres clés pouvant apporter d'autres éléments (plus détaillée sur une famille ou une région, spécifiques d'un biotope ou d'un type d'hôte...) : intérêts et limites**

Bailly-Choumara Hélène, Abonnenc Emile, Pastre Jeannine. Contribution à l'étude des phlébotomes du Maroc (*Diptera, Psychodidae*) : données faunistiques et écologiques. *Cahiers ORSTOM.Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, 1971, 9 (4), p. 431-460. ISSN 0029-7224

Abonnenc Emile, Poinot S., Rioux J.A. Tératologie des phlébotomes (*Diptera : Psychodidae*) : révision et nouvelles observations. *Cahiers ORSTOM.Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, 1971, 9 (3), p. 307-316. ISSN 0029-7224

Adam Jean-Paul, Bailly-Choumara Hélène, Abonnenc Emile. Notes écologiques sur quelques phlébotomes cavernicoles de la région éthiopienne. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 1960, 38 (2), p. 299-304.

Léger N, Pesson B, Madulo-Leblond G, Abonnenc E - Sur la différenciation des femelles du sous-genre *Larroussius* Nitzulescu, 1931 (Diptera, Phlebotomidae) de la région méditerranéenne. *Ann Parasitol Hum Comp* 1983 ; 58 : 611-23.

Killick-Kendrick R, Tang Y, Killick-Kendrick M et Coll - The identification of female sandflies of the subgenus *Larroussius* by the morphology of the spermathecal ducts. *Parasitologia* 1991 ; 33 Suppl : 335-47.

### **4. Identiciels existants**

Balard Y, Bermudez H, Bianchi Galati E, Dedet JP, Falcão AL, Feliciangeli D, Ferro C, Gomez Landires EA, Herrero MV, Hervas D, Lambert M, Lebbe J, Morales A, Ogusuku E, Perez E, Rangel EF, Sherlock I, Torrez M, Velez ID, Vignes R, Wolff M, Youngc DG. Computer-aided Identification of Phlebotomine sandflies of America (CIPA) Group. 582 taxons d'Amérique du Sud décrits selon 100 critères.

Accessible en ligne :

[http://lis-upmc.snv.jussieu.fr/xper2/infosXper2Bases/details\\_base.php?id\\_base=99](http://lis-upmc.snv.jussieu.fr/xper2/infosXper2Bases/details_base.php?id_base=99)

Niang A.A., Geoffroy Bernard, Angel G., Trouillet J., Killick-Kendrick R., Hervy Jean-Paul, Brunhes Jacques. Les phlébotomes d'Afrique de l'Ouest : logiciel d'identification et d'enseignement. Paris (FRA), Dakar : IRD, IFAN, 2000, 1 CD ROM. (Didactiques). ISSN 1142-2580

## 5. Outils morphométriques existants

Dujardin JP, Le Pont F, Baylac M. 2002. Geographic versus interspecific differentiation of sandflies: a landmark data analysis. *Bulletin of Entomological Research*, 93: 87-90.

De la Riva, J., Le Pont, F., Ali, V., Matias, R., Mollinedo, S., Dujardin, J.P., 2001. Wing geometry as a tool for studying the *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) complex. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 96 (8), 1089\_1094.

Dujardin JP, Le Pont F. 2004. Geographic variation of metric properties within the Neotropical sandflies. *Infect. Genet. Evol.* 4:353–59

Dujardin JP, Le Pont F, Matias A, De la Riva JX. Morphometrical evidence for speciation within Bolivian *Lutzomyia aragaoi* (Diptera: Psychodidae). *Infect Genet Evol.* 2005 Oct;5(4):362-5.

Dujardin JP, Le Pont F, Galati EAB. Cryptic speciation suspected by morphometry in sandfly (Diptera: Phlebotominae). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences/Sciences de la Vie*, 1999. 322:375-382.

## 6. Outils moléculaires à privilégier (éventuellement par groupe ou complexe d'espèces)

### Etude des isoenzymes

Boussaa S., Perrotey S., Boumezzough A., Harrak R., Hilali S., et Pesson B., 2008. Isoenzymatic Characterization of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) of the Marrakech Area, Morocco. *Journal of Medical Entomology*. Vol. 45(3) pp370-374.

Pesson B, Wallon M, Floer MT, Kristensen AR - Isoenzymatic studies of Mediterranean populations of sandflies of the subgenus *Laroussius*. *Parassitologia* 1991 ; 33 Suppl : 471-6.

### Etude de séquences d'ADN

#### Microsatellites

Hamarsheh O, Presber W., Abdeen Z., Sawalha S., Al-lahem A. et Schoenian G., 2006. Isolation and characterization of microsatellite loci in the sand fly *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae). *Molecular Ecology Notes*, pp 826–828

(Cependant, uniquement deux des 5 marqueurs proposés sont utilisables, 2 ne sont pas efficaces et 1 ne fonctionne pas du tout – ce dernier serait plutôt un marqueur du parasite et non du vecteur, Jorian Prudhomme, comm. pers.)

Zapata S., Leon R., Augot D., Trueba G., Cruaud G., Couloux A., Teran R., Depaquit J. 2012 Morphometric and molecular characterization of the series *Guyanensis* (Diptera, Psychodidae, Psychodopygus) from the Ecuadorian Amazon Basin *Infection, Genetics and Evolution* 12: 966–977

Depaquit J., Lienard, E., Verzeaux-Griffon, A., Ferte, H., Bounamous, A., Gantier, J.C., Hanafi, H.A., Jacobson, R.L., Maroli, M., Moin-Vaziri, V., Müller, F., Ozbel, Y., Svobodova, M., Volf, P., Leger, N., 2008 Molecular homogeneity in diverse geographical populations of *Phlebotomus papatasi* (Diptera, Psychodidae) inferred from ND4 mtDNA and ITS2 rDNA epidemiological consequences. *Infect. Genet. Evol.* 8: 159–170

Contribution à la réalisation de cette fiche : Jean-Charles Gantier, Jorian Prudhomme, Nil Rahola

# GROUPE DE VECTEUR : PHTHIRAPTERA

---

## 1. Ouvrages de référence (en précisant les limites)

Durden LA, Musser GG. 1994. The sucking lice (Insecta, Anoplura) of the world : a taxonomic checklist with records of mammalian hosts and geographical distributions. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 218 : 1-90.

Listing taxonomique des 532 espèces connues, en 1993, de poux piqueurs (Anoploures) plus 6 espèces *nomina nuda*.

Durden LA, Musser GG. 1994. The mammalian hosts of the sucking lice (Anoplura) of the world: a host-parasite list. *Bulletin of the Society for Vector Ecology*, 19(2): 130-168.

Cette publication complète la précédente, notamment pour la connaissance des espèces hôtes de chaque espèce d'anoploure.

Price RD, Hellenthal RA & Palma RL. (2003). World checklist of chewing lice with host associations and keys to families and genera. Pp. 1–448. In: Price RD, Hellenthal RA, Palma RL, Johnson KP and Clayton DH. The chewing lice: world checklist and biological overview. Illinois Natural History Survey Special Publication 24: i–x + 1–501.

Liste des mallophages du monde comportant les hôtes des différentes espèces ainsi que des clés d'identification.

Price MA & Graham OH. 1997. Chewing and sucking lice as parasites of mammals and birds. US Department of Agriculture Technical Service Bulletin No. 1849, 309 pp

Cet ouvrage se focalise plus particulièrement sur les poux d'importance médicale et vétérinaire.

Séguy E. 1944. Insectes ectoparasites. Mallophages, Anoploures, Siphonaptères. Faune de France n° 43, 684 p.

Ouvrage qui se focalise sur les ectoparasites des vertébrés à sang chaud de la faune ed France.

## 2. Clé(s) de référence

Tuff DW. 1977. Key to lice of man and domestic-animals. *Texas Journal of Science*. 28(1-4) : 145-159.

Price RD, Hellenthal RA & Palma RL. (2003). World checklist of chewing lice with host associations and keys to families and genera. Pp. 1–448. In: Price RD, Hellenthal RA, Palma RL, Johnson KP and Clayton DH. The chewing lice: world checklist and biological overview. Illinois Natural History Survey Special Publication 24: i–x + 1–501.

Clés d'identification pour l'ensemble des genres de poux mallophages.

**3. Autres clés pouvant apporter d'autres éléments (plus détaillée sur une famille ou une région, spécifiques d'un biotope ou d'un type d'hôte...) : intérêts et limites**

Franç M. 1994. Lice and control methods. Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties. 1994 ; 13(4): 1039-1051.

Clé simplifiée pour les principales espèces de poux piqueurs (Anoploures) et broyeurs (Mallophages).

Pajot FX. 2000. Les poux (Insecta, Anoplura) de la région afrotropicale. Paris : IRD, 2000, 293 p. (Faune et Flore Tropicales ; 37). ISBN 2-7099-1456-5.

Concerne les poux de la région afrotropicale

Ledger JA. 1980. The arthropod parasites of vertebrates in Africa south of Sahara. IV. Phthiraptera (Insecta). Johannesburg, South African Institute for Medical Research, 327 pp.

Concerne les poux de l'Afrique subsaharienne.

Palma RL & Barker SC. 1996. Phthiraptera. 26,. In Zoological Catalogue of Australia Volume 26. Psocoptera, Phthiraptera, Thysanoptera. 81–247

Ouvrage de référence pour la région australienne.

Kim KC, Pratt HD & Stojanovich CJ. The Sucking Lice of North America. Pennsylvania State University Press. 241 pp.

Ouvrage de référence, région néarctique.

**4. Identiciels existants**

Néant

**5. Outils morphométriques existants**

Néant

**6. Outils moléculaires à privilégier**

Drali, R., Boutellis, A., Raoult, D., Rolain, J. M., & Brouqui, P. (2013). Distinguishing Body Lice from Head Lice by Multiplex Real-Time PCR Analysis of the Phum\_PHUM540560 Gene. PLoS one, 8(2), e58088.

Drali, R., Benkouiten, S., Badiaga, S., Bitam, I., Rolain, J. M., & Brouqui, P. (2012). Detection of a knockdown resistance mutation associated with permethrin resistance in the body louse *Pediculus humanus corporis* by use of melting curve analysis genotyping. Journal of clinical microbiology, 50(7), 2229-2233.

# GROUPE DE VECTEUR : SIPHONAPTERA

---

## 1. Ouvrages de référence (en précisant les limites)

An illustrated catalogue of the Rothschild collection of fleas (siphonaptera) in the British Museum (Natural History) : with keys and short descriptions for the identification of families, genera, species and subspecies of the order.

- Mardon DK. 1981. An illustrated catalogue of the Rothschild collection of fleas (siphonaptera) in the British Museum (Natural History) : with keys and short descriptions for the identification of families, genera, species and subspecies of the order. Vol. 6, Pygiopsyllidae. Éditeur : London : Trustees of the British Museum (Natural History).
- Smit FGAM. 1987. An illustrated catalogue of the Rothschild collection of fleas (Siphonaptera) in the British Museum (Natural History) : with keys and short descriptions for the identification of families, genera, species and subspecies of the order. Vol.7, Malacopsylloidea (Malacopsyllidae and Rhopalopsyllidae). Éditeur : Oxford: Oxford University Press.
- Hopkins GHE & Rothschild M. 1953-1971. An illustrated catalogue of the Rothschild collection of fleas (siphonaptera) in the British Museum (Natural History) : with Keys and short descriptions for the identification of families, genera, species and subspecies of the order. Vol.1-5. Éditeur : London : British Museum (Natural History).

Les 7 volumes du "Catalogue of the Rothschild collection of fleas", bien qu'un peu anciens, restent une référence pour les puces mondiales.

Beaucournu J.-Cl. & Launay H. 1990. Les puces (Siphonaptera) de France et du Bassin méditerranéen occidental. Faune de France n° 76, 548 pp.

Cet ouvrage constitue l'ouvrage de référence pour la France.

## 2. Clé(s) de référence

Beaucournu J.-Cl. & Launay H. 1990. Les puces (Siphonaptera) de France et du Bassin méditerranéen occidental. Faune de France n° 76, 548 pp.

## 3. Identiciels existants

néant

## 4. Outils morphométriques existants

néant

## **5. Outils moléculaires à privilégier (éventuellement par groupe ou complexe d'espèces)**

Cf Travaux de Whiting et al, 2008 (A molecular phylogeny of fleas (Insecta: Siphonaptera): origins and host associations) pour une approche globale, utilisant cytochrome oxydase II, rRNA 18S, 28S, elongation factor-1alpha

# GROUPE DE VECTEUR : TRIATOMINAE

---

## 1. Ouvrages de référence (en précisant les limites)

Lent H. & Wygodzinsky P., 1979. – Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas' disease. *Bulletin of the American Museum of Natural History, N. Y.*, 163: 123-520.

Bien qu'un peu ancien, cet ouvrage constitue une base incontournable. Il nécessiterait cependant d'être réactualisé étant donné que de nombreuses nouvelles espèces ont été décrites depuis sa publication.

Galvao C, Carcavallo R., Rocha D.S. & Jurberg J., 2003. – A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes. *Zootaxa*, 202: 1-36.

Nécessite d'être actualisé.

Carcavallo et al., 1999 – Atlas of Chagas' disease, vectors in the Americas. 3 volumes, Editor Fiocruz, 1217 pp. Cet atlas propose des clés, des illustrations ainsi que des données de répartition mais nécessite d'être actualisé.

José Jurberg, Cleber Galvão, François Noireau, Rodolfo U. Carcavallo, Dayse da Silva Rocha & Herman Lent. UMA ICONOGRAFIA DOS TRIATOMÍNEOS (HEMIPTERA: REDUVIIDAE) Entomol. Vect. 11 (3):1-38.

Un outil didactique très esthétique pour le Brésil, qui constitue un exemple de ce qui pourrait être fait pour d'autres territoires (Guyane par exemple)

## 2. Clé(s) de référence

### Guyane :

Berenger J.-M., Pluot-SIGWALT D., Pages F., Blanchet D. & Aznar C., 2009 – The Triatominae species of French Guiana. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 104 (8): 1111-1116.

Inventaire et clé des triatomines de Guyane française. Une nouvelle espèce a été collectée depuis en Guyane française: *Cavernicola lenti* (Jean-Michel Bérenger, comm. pers.)

### Amérique sud :

CARCAVALLO et al., 1999 – Atlas of chagas' disease, vectors in the Americas. 3 volumes, Editor Fiocruz, 1217 pp.

Cet atlas propose des clés, des illustrations ainsi que des données de répartition mais nécessite d'être actualisé.

### **Amérique du Nord :**

LENT H. & WYGODZINSKY P., 1979. – Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas' disease. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, N. Y., 163: 123-520.

- 3. Autres clés pouvant apporter d'autres éléments (plus détaillée sur une famille ou une région, spécifiques d'un biotope ou d'un type d'hôte...) : intérêts et limites**
- 4. Identiciels existants**
- 5. Outils morphométriques existants**

En systématique des Triatominae, la morphométrie, et en particulier les techniques modernes de morphométrie, a été principalement utilisée pour deux genres : le genre *Rhodnius* ?s et le genre *Triatoma*. Les références suivantes illustrent l'utilisation de la morphométrie dans ce domaine.

### **Genre Rhodnius**

Villegas J, Feliciangeli MD, Dujardin JP. 2002. Wing shape divergence between *Rhodnius prolixus* from Cojedes (Venezuela) and *R. robustus* from Mérida (Venezuela). *Infect. Genet. Evol.* 2, 121\_128.

Marquez E, Jaramillo ON, Gomez-Palacio A, Dujardin JP. 2011. Morphometric and molecular differentiation of a *Rhodnius robustus*-like form from *R. robustus* Lrousse, 1927 and *R. prolixus* Stal, 1859 (Hemiptera, Reduviidae). *Acta Tropica* 120, 103-109.

Matias A, de la Rive JX, Torrez M, Dujardin JP. 2001. *Rhodnius robustus* in Bolivia identified by its wings. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 96(7):947-50.

### **Genre Triatoma**

Gumiel M, Catala S, Noireau F, Rojas de Arias A, Garcia A and Dujardin JP. 2003. Wing geometry in *Triatoma infestans* and *T. melanosoma*. *Systematic Entomology*, 28: 1–7.

dos Santos SM, Lopes CM, Dujardin JP, Panzera F, Perez R, Carbajal de la Fuente AL, Pacheco, R.S. and Noireau, F., 2007. Evolutionary relationships based on genetic and phenetic characters between *Triatoma maculata*, *Triatoma pseudomaculata* and morphologically related species (Reduviidae: Triatominae). *Infection, Genetics and Evolution*, doi:10.1016/j.meegid.2007.01.008.

- 6. Outils moléculaires à privilégier (éventuellement par groupe ou complexe d'espèces)**

S'agissant des méthodes et outils d'identification moléculaire, les références suivantes pourront utilement être consultées :

Weirauch and Scuch , 2011 – Systematics and evolution of Heteroptera : 25 years of progress. Ann Rev. Entomol., 56: 487 – 510

Weirauch and Munro, 2009 - Molecular phylogeny of the assassin bugs (Hemiptera: Reduviidae), based on mitochondrial and nuclear ribosomal genes. Molecular phylogenetics and evolution 53 : 287-299

Contribution à la réalisation de cette fiche : Jean-Michel Bérenger