

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

REPUBLIQUE DE GUINEE
Travail-Justice-Solidarité



INSITITUT SUPERIEUR DES SCIENCES ET DE MEDECINE VETERINAIRE
(ISSMV) DE DALABA

COURS D'ENTOMOLOGIE MEDICALE ET VETERINAIRE

Département : Médecine Vétérinaire

Niveau : 3A

Année universitaire : 2019-2020



Perte de trayons

Prof. chargé du cours

Dr Karifa CAMARA

DMV, MSc, Entomologie, ISSMV-Dalaba-BP09

Contact : 621 543 340/669 16 55 80

E-mail : camarakariffa@gmail.com

ENTOMOLOGIE MEDICALE & VETERINAIRE

AUX

LECTEURS ET LECTRICES, VOS REMARQUES ET
SUGGESTIONS SONT LES BIENVENUES POUR
L'AMELIORATION DE CE SUPPORT

REPUBLIQUE DE GUINEE

Travail-justice-solidarité

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Institut Supérieur des Sciences et de Médecine Vétérinaire (ISSMV) de Dalaba

Plan du cours d'Entomologie

I- Identification administrative

Département : Médecine vétérinaire

Section : Zoologie

II- Année universitaire : 2019-2020 ; semestre III

III-Code : ENTO ; **Titre du cours :** Entomologie ; **Nombre de crédits :** 6

IV-Identification de l'Enseignant/Chercheur

Dr Karifa CAMARA

Tél : +224 621-54-33-40/662-13-45-16

E-mail : camarakariffa@gmail.com

Disponibilité : Lundi au Vendredi de 08h à 16h 00 minute au laboratoire d'Entomologie

A domicile : sur rendez-vous

V- Contexte : de façon globale ce cours d'Entomologie vise à :

1. Initier les étudiants sur la systématique, biologie et, l'importance médicale et vétérinaire des arthropodes vecteurs (insectes, acariens, ...)
2. Préparer les étudiants à la lutte anti-vectorielle (LAV)

VI- Les objectifs du cours : de façon spécifique, à l'issue de ce cours d'Entomologie, l'étudiant devrait être capable de :

- 1- Faire la systématique et décrire la morphologie générale des arthropodes vecteurs
- 2- Expliquer l'anatomie interne des arthropodes vecteurs (insectes, acariens, ...)
- 3- Expliquer le mode de reproduction et la bio-écologie des arthropodes vecteurs
- 4- Comprendre le rôle joué par les arthropodes dans la transmission et la propagation des maladies vectorielles.
- 5- Entreprendre et exécuter une méthode de lutte anti-vectorielle.

CHAPITRE I : INTRODUCTION A L'ENTOMOLOGIE MEDICALE

Objectifs proposés

A l'issu de ce chapitre, l'étudiant devrait être capable de :

- Définir l'entomologie ;
- Distinguer les différents secteurs de l'entomologie ;
- Définir un arthropode vecteur
- Connaître les agents infectieux transmis ou transportés par les arthropodes
- Comprendre la notion de transmissions vectorielle et non vectorielles
- Comprendre la notion d'épidémiologie liée à l'entomologie

CHAPITRE II : ARTHROPODOLOGIE GENERALE

Objectifs proposés

A l'issu de ce chapitre, l'étudiant devrait être capable de :

- Faire la taxonomie des insectes
- Décrire la morphologie et anatomie générale des insectes
- Faire la nomenclature, classification, identification

CHAPITRE III : TIQUES ET MALADIES TRANSMISES

Objectifs proposés

A l'issu de ce chapitre, l'étudiant devrait être capable de :

Connaître la systématique des acariens

- Comprendre la biologie des tiques
- Faire la différence morphologique entre les ixodidés (tiques dures) et argasidés (tiques molles)
- Connaître l'importance médicale et vétérinaire des acariens
- Comprendre les méthodes de surveillance, prévention et contrôle des tiques

CHAPITRE IV: GLOSSINES ET TRYPANOSOMES

Objectifs proposés

A l'issu de ce chapitre, l'étudiant devrait être capable de :

- Identifier les vecteurs des trypanosomes
- Connaître la biologie des vecteurs des trypanosomes
- Connaître les méthodes de piégeage et lutte contre les vecteurs des trypanosomes

CHAPITRE V: MOUSTIQUES ET MALADIES TRANSMISES

Objectifs proposés

A l'issu de ce chapitre, l'étudiant devrait être capable de :

- Connaître la biologie des moustiques
- Connaître la systématiques des moustiques
- Connaître l'importance médicale et vétérinaire des moustiques
- Comprendre les méthodes de surveillance, prévention et contrôle des moustiques

CHAPITRE VI : CONCEPTS ET METHODES D'IDENTIFICATION DES ESPECES D'ARTHROPODES

Objectifs proposés

A l'issu de ce chapitre, l'étudiant devrait être capable :

- Connaître l'intérêt de l'identification
- Comprendre la sensibilité et spécificité de l'identification
- Connaître les méthodes d'identification des espèces d'arthropodes
- Comprendre les méthodes de surveillance, prévention et contrôle des arthropodes

CHAPITRE VII : LUTTE ANTIVECTORIELLE

Objectifs proposés

A l'issu de ce chapitre, l'étudiant devrait être capable de :

- Connaître les méthodes de lutte anti-vectorielles
- Comprendre des mécanismes de la résistance des arthropodes aux insecticide
- Connaître les types de résistances.

FIN DE PROGRAMME

Programme de cours d'Entomologie médicale et vétérinaire

Liste des figures.....	5
Liste des tableaux.....	6
CHAPITRE I : INTRODUCTION A L'ENTOMOLOGIE MEDICALE.....	7
DEFINITION ET HISTORIQUE.....	7
1. Définition.....	7
1. Objet.....	7
2. Aperçu historique.....	8
3. Rapports avec d'autres sciences.....	9
4. Les grands domaines de l'entomologie.....	9
5. Les arthropodes et leur importance médico-vétérinaire.....	10
6. Définition d'un arthropode vecteur.....	13
7. Hématophagie et salive d'insectes.....	14
8. Agents infectieux transmis ou transportés par les arthropodes.....	14
9. Transmission vectorielle.....	14
10. Transmissions non vectorielles.....	16
12. Notion d'épidémiologie.....	17
12.1. La triade vectorielle et le système vectorielle.....	17
12.2. Compétence vectorielle.....	18
12.3. Capacité vectorielle.....	18
CHAPITRE II. ARTHROPODOLOGIE GENERALE.....	20
I. Introduction.....	20
II. Taxonomie des insectes.....	21
III. Morphologie et anatomie générale des insectes.....	22
IV. Développement des insectes.....	23
V. Morphologie et développement des arachnides.....	25
VI- Nomenclature, classification, identification.....	26
CHAPITRE III : TIQUES ET MALADIES TRANSMISES.....	31
1. Introduction.....	31
2. Systématique.....	32
2.1. Les tiques dures (<i>Ixodidae</i>).....	32
2.2. Les tiques molles (<i>Argasidae</i>).....	33
3. Biologie des tiques.....	35
4. Différence morphologique entre les ixodidés (tiques dures) et argasidés (tiques molles).....	36
5. Anatomie interne des tiques.....	39

6. Cycle de vie.....	42
6. Préférences trophiques.....	45
8. Importance médicale et vétérinaire	46
9. Surveillance, prévention et contrôle des tiques	46
10. Cours pratiques sur les tiques.....	49
10.1. Collecte des tiques sur les hôtes (chiens, bovins, chèvres, moutons, ...).....	49
10.2. Identification morphologique des espèces collectées	49
CHAPITRE IV : GLOSSINES ET TRYPANOSOMES.....	50
1. Introduction	50
2. Les vecteurs des trypanosomes	50
2.1. La notion de vecteur	50
2.1.1. Les vecteurs mécaniques	51
2.2. Les glossines, vecteurs biologiques.....	56
3. Alimentation.....	65
4. Reproduction.....	66
5. Répartition géographique	67
6. Classification.....	68
7. Principales espèces d'intérêt médical ou/et vétérinaire.....	69
9. Etude de l'infection	70
10. Suivi entomologique et contrôle des glossines.....	71
CHAPITRE V: MOUSTIQUES ET MALADIES TRANSMISES	75
I. Généralités sur les moustiques.....	75
II. Systématique.....	75
III. Morphologie générale du moustique	76
V. Importance médicale et vétérinaire des moustiques	85
CHAPITRE VI : CONCEPTS ET METHODES D'IDENTIFICATION DES ESPECES D'ARTHROPODES.....	86
I- Introduction.....	86
II-Méthodes d'identification des espèces d'arthropodes	87
CHAPITRE VII : LUTTE ANTIVECTORIELLE.....	89
I- Contexte et objectifs de la lutte anti-vectorielle	89
II- Stratégies de lutte anti-vectorielle	90
III. Méthodes de lutte anti-vectorielles.....	91
IV. Résistance aux insecticides	95
IV.1. Mécanisme et diffusion de la résistance.....	95

IV-2. Types de résistance	96
Bibliographie	98

Liste des figures

Figure 1 : A, une blatte et B une mouche, cours DEDET	10
Figure 2 : Glossina vecteur de trypanosomes (A), Moustique vecteur de Plasmodium sp (B)	11
Figure 3: Ornithodoros moubata	11
Figure 4: Image d'un scorpion	12
Figure 5: Image d'une chenille	12
Figure 6 : Concept de système vectoriel englobe la triade vectorielle et l'environnement	18
Figure 7: Morphologie et anatomie générale des insectes	23
Figure 8: Morphologie générale des arachnides, tique face dorsale et ventrale	25
Figure 9: Morphologie générale des tabanidés	52
Figure 10: Cycle de vie des tabanides	53
Figure 11: Cycle biologique de Stomoxe calcitrans	54
Figure 12: Stomoxys calcitrans	55
Figure 13 Melanopagus ovinus (A) et Hippobosca rufipes (B)	55
Figure 14: Morphologie générale d'une glossine.	57
Figure 15: Aile et patte d'une glossine	57
Figure 16: Structure du proboscis d'une glossine	59
Figure 17: Anatomie interne de la glossine	60
Figure 18: Appareil reproducteur externe d'une glossine mâle	62
Figure 19: Appareil reproducteur interne d'une glossine mâle	63
Figure 20: Appareil reproducteur externe d'une glossine femelle	64
Figure 21: Appareil reproducteur interne d'une glossine femelle	65
Figure 22: Répartition géographique des glossines	67
Figure 23: Morphologie générale des tiques	35
Figure 24: Une tique femelle gorgée (A) et un mâle (B) genre Amblyomma spp.	37
Figure 25: Aspect morphologique d'une tique moelle du genre Ornithodoros spp.	38
Figure 26: Anatomie interne d'une tique dure femelle, avec un mâle en position ventrale.	40
Figure 28: le cycle de vie d'une tique dure triphasique , Amblyomma variegatum	43
Figure 29: Principaux cycles de tiques (d'après Bourdeau, 1993; Perez-Eid, 2007)	44
Figure 30: Morphologie de moustique adulte	76
Figure 31: Schéma de têtes de Culicinae (à gauche) et d'Anophelinae (à droite) mâle (haut) et femelle (bas), d'après Holstein, 1949	77
Figure 32: Vue dorsale de l'abdomen du moustique (Anophèles)	79
Figure 33: Appareil génital d'un Anophèles femelle, d'après BRUCE-CHWATT, 1985	81
Figure 34: Principales caractéristiques morphologiques permettant de différencier les Anophelinae des Culicinae, d'après BRUCE-CHWATT, 1985.	84

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification des arthropodes, (Rhodain.F et Perez. C, 1985).	28
Tableau 2: Classification des arachnides (Rhodain.F et Perez. C, 1985)	28
Tableau 3: Classification simplifiée des insectes (Rhodain.F et Perez. C, 1985)	29
Tableau 4: Différences majeures entre tiques molles et tiques dures	33
Tableau 5: Caractères des principaux genres de tiques dures à la stase adulte.	34
Tableau 6: Critères de reconnaissance morphologique des anophèles par rapport aux autres Culicinae	83

CHAPITRE I : INTRODUCTION A L'ENTOMOLOGIE MEDICALE DEFINITION ET HISTORIQUE

1. Définition

ENTOMOLOGIE : est une branche des sciences zoologiques qui s'occupe de l'étude des insectes. L'Entomologie médicale et vétérinaire ne s'intéresse pas uniquement aux insectes mais elle prend en compte l'ensemble des arthropodes qui peuvent poser un problème en matière de santé ou de bien-être pour les humains ou les animaux. D'où la nécessité d'une étude générale des arthropodes. Ainsi, cette science va s'occuper à l'étude des rapports entre des arthropodes (essentiellement insectes) et la santé l'homme et des animaux.

Pourquoi s'intéresser aux arthropodes vecteurs et à leur contrôle ? On s'intéresse à ces arthropodes vecteurs parce qu'ils interviennent dans la transmission des agents pathogènes des maladies émergentes ou ré-émergentes comme : Fièvre catarrhale ovine, Fièvre de la vallée de rift, trypanosomose animale, Rickettsiose, Zika, Chikungunya, Fièvre jaune, Borréliose, Paludisme, maladie du sommeil, etc. Ainsi, pour rompre le cycle épidémiologique de ces maladies il faut s'intéresser aux arthropodes vecteurs et à leur contrôle (**Vincent, R 2017**). Il faut admettre aussi que les insectes ont tué beaucoup d'homme que toutes les guerres réunies. En plus, ils causent des dégâts énormes aux cultures, ravages dans les élevages, transmettent les pathogènes à l'homme, ils sont plus anciens 420 millions d'années sur terre que les autres êtres vivants, très nombreux, une grande faculté d'adaptation.

De nos jours 14600 arthropodes hématophages sont connus par les scientifiques et 2 à 3 % sont des vecteurs de pathogènes à l'homme et/ou aux animaux. Ils causent des affections souvent redoutables et surtout en zones tropicales (**Duvallet G. et al., 2017**).

1. Objet

L'Entomologie médicale et vétérinaire a pour objet l'étude des arthropodes qui peuvent causer ou s'impliquer dans les problèmes de santé publique ou animale. Elle permet aussi d'avoir une compréhension globale des relations hôte-vecteur et vecteur-agent pathogène ce qui est fondamentale dans l'étude des maladies émergentes et ré-émergentes (**Vincent, R 2017**).

Pour atteindre son objectif, l'entomologie médicale et vétérinaire doit répondre à trois questions fondamentales : 1) quel est cet arthropode ? 2) Est-il nuisant et/ou vecteur d'agents infectieux ? 3) Quelles sont les méthodes de lutte ou prévention envisageables ? Aperçu historique

2. Aperçu historique

Deux grandes dates semblent devoir être retenues, comme marquant un changement important dans les connaissances et par conséquent dans les nouvelles et attitudes (**Rhodain F et Perez C, 1985**).

- 1877 : découverte par Patrick Manson médecin écossais, de l'évolution de la filaire de Bancroft chez un moustique (*Culex quinquefasciatus*). C'est la première fois qu'un arthropode est clairement impliqué dans le cycle d'un parasite et dans la dissémination d'une maladie. Cette date est souvent considérée comme marquant la naissance de l'entomologie médicale en tant que discipline autonome.

- 1939 : découverte, par Muller, du DDT, premier insecticide chimique de contact, ouvrant l'ère de la lutte efficace contre les insectes, et donc de la prévention des maladies qui leur sont liées.

On peut par conséquent, diviser schématiquement en trois périodes, l'histoire de l'Entomologie médicale.

Avant 1877

Beaucoup de découvertes faisant état d'un rôle direct ou indirect des insectes en médecine nous viennent de l'Antiquité comme des périodes plus récentes. Aristote connaissait l'existence d'acariens parasites ; au Pérou, en 1764, un médecin d'origine espagnole, Côme Bueno, incriminait les phlébotomes comme transmetteurs de la leishmaniose et de la maladie de carrion. Nott en 1848 puis Beauperthuy en 1854 suspectait le rôle des moustiques dans la propagation de la fièvre jaune.

De 1877 à 1939

C'est en Chine que Sir Patrick Manson fit ses premières observations sur l'évolution des larves de la filaire de *Wuchereria bancrofti* chez le moustique *Culex quinquefasciatus*. De 1891-1893 : Smith et Kilbourne observent le développement d'un piroplasma des bovins *Babesia bigemina*, chez la tique *Boophilus annulatus* aux Etats-Unis. En 1895 Bruce démontra la transmission du trypanosome du nagana par la piqûre de *Glossina morsitans*. En 1897 : Ronald Ross aux Indes, découvre les oocystes de *Plasmodium* chez l'anophèle (ce qui lui vaudra l'attribution du Prix Nobel en 1902). La transmission du plasmodium humain par les anophèles sera définitivement établie par les italiens Grassi, Bignami et Bastianelli en 1899. En 1909 : Charles Nicolle montre, à Tunis, le rôle du pou dans la transmission du typhus exanthématique (Prix Nobel en 1928).

Après 1939

En 1939, le chimiste suisse Paul Muller découvre le premier insecticide réellement efficace : le DDT (Prix obel en 1948).

3. Rapports avec d'autres sciences

L'entomologie est au centre des sciences du vivant (parasitologie, zoologie, biologie, microbiologie, médecine, écologie, éthologie, agriculture, ...), sciences humaines et sociales (sociologie, démographie, géographie, histoire, économie, droit, ...) et les sciences des matières (pédologie, chimie, climatologie, ...). A titre d'exemple, l'entomologie est étroitement liée à : la biologie parce qu'elle étudie la vie (fonctionnement, développement, reproduction, ...) des insectes ; l'écologie en ce sens où elle étudie les relations et les interactions entre les insectes et leurs milieux de vie ; l'épidémiologie dès lors où l'entomologie étudie et explique le rôle des insectes impliqués dans le maintien et la propagation des processus épidémiologiques d'une maladie vectorielle. A la géographie et la mathématique dans la mesure où ces sciences permettent à l'entomologie de connaître la répartition spatiale et estimer le nombre d'insectes sur la terre (Duvallet G. *et al.*, 2017).

4. Les grands domaines de l'entomologie

L'entomologie médicale peut se subdiviser de façon suivante (Vincent R, 2017) :

- 4.1 Entomologie médicale et vétérinaire :** apporte son expertise dans le domaine des arthropodes (insectes, acariens, araignées, scorpions, ...) impliqués dans les questions de santé humaine et animale.
- 4.2 Entomologie agricole :** a pour objet la protection des cultures et la lutte contre les ravageurs : récoltes, gazons, plantes ornementales, arbres, Elle étudie également les insectes participant à la pollinisation. Exemple : criquet migrateurs, mouches des fruits, abeilles, ...
- 4.3 Entomologie de muséums :** est en charge de recensement des espèces connues et la description d'espèces nouvelles pour la science et la préservation des types.
- 4.4 Entomologie de conservation :** s'intéresse à tous les insectes. Cet ensemble constitue le plus abondant des groupes biologiques en ce qui concerne le nombre d'espèces.
- 4.5 Entomologie militaire :** prend en charge la protection des forces militaires contre les insectes et les agents de maladies qu'ils transmettent. En cela, elle est proche de l'entomologie médicale, mais elle est aussi impliquée dans les aspects d'armes biologiques et de bioterrorisme.

4.6 Entomologie médico-légale : apporte une aide à l'élucidation d'affaires criminelles, en particulier pour la datation du décès sur les cadavres.

5. Les arthropodes et leur importance médico-vétérinaire

Sur le plan pathologique, les arthropodes jouent des rôles épidémiologiques variés, ce qui les accorde une importance médicale souvent très grande (**Rodhain F et Perez C, 1985**).

Ainsi on retient :

6.1. Arthropodes hôtes d'agents pathogènes

Ils peuvent héberger des agents pathogènes pour l'homme ou les animaux selon trois modalités essentielles, d'ailleurs non exclusives :

6.1.1. Arthropodes transporteurs (ou contaminateurs) : ils servent de véhicules passifs pour des agents pathogènes et permettent ainsi leur dissémination. Exemples (fig.1) :

mouches, blattes, etc

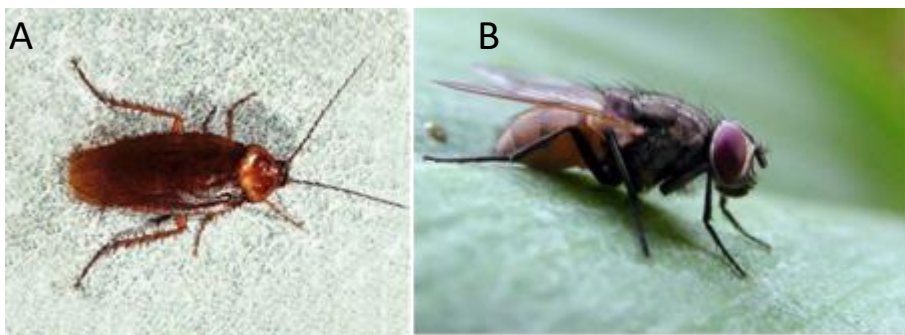


Figure 1 : A, une blatte et B une mouche, cours DEDET

6.1.2. Arthropodes hôtes intermédiaires : pour certains parasites il s'agit du parasitisme obligatoire, dans la mesure où la réalisation du cycle biologique du parasite (certains cestodes, fourmis et douve du foie, cyclops et filaire de Médine, etc.) suppose le développement d'un ou de plusieurs stades dans l'organisme d'un arthropode.

6.1.3. Arthropodes vecteurs : ils assurent par leur comportement la transmission biologique active de nombreux agents pathogènes, dans le cycle desquels leur intervention est d'ailleurs le plus souvent obligatoire (fig.2. Exemples : moustiques (*Plasmodium sp*, virus, ...), glossines (*Trypanosoma sp.*).

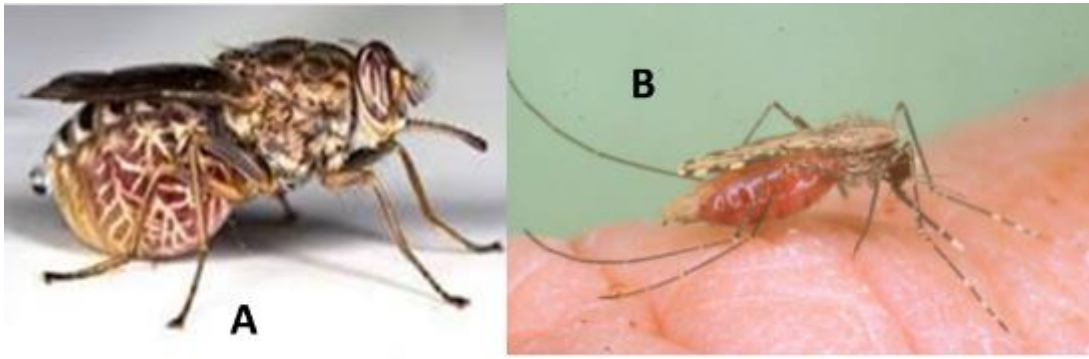


Figure 2 : *Glossina* vecteur de trypanosomes (A), Moustique vecteur de *Plasmodium* sp (B)

6.2. Arthropodes pathogènes

Ils constituent par eux-mêmes les agents étiologiques des affections concernées ou sont directement à l'origine des états pathologiques observés :

6.2.1. *Les arthropodes parasites* : ils parasitent, un ou plusieurs stades de leur cycle évolutif, l'organisme des vertébrés : les agents des myiases (larves de Diptères), les acariens agents des gales (fig.3), la puce-chique (*Tunga penetrans*), etc

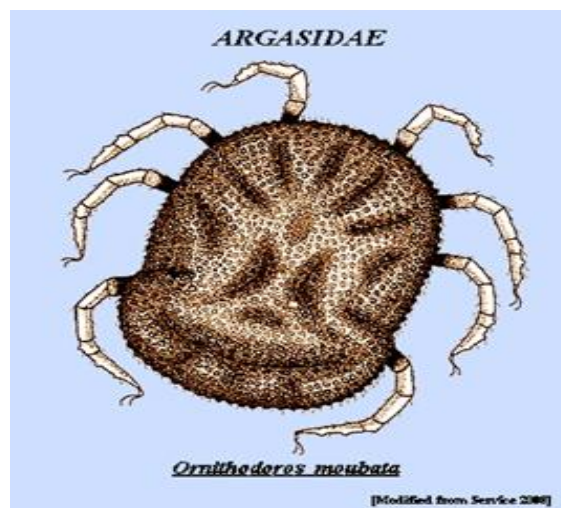


Figure 3: *Ornithodoros moubata*

6.2.2. *Les arthropodes venimeux* : ils entraînent une envenimation par l'injection de leur venin, à l'occasion de piqûre ou de morsure. Exemple : scorpion



Figure 4: Image d'un scorpion

6.2.3. *Les arthropodes urticants, vésicants, allergisants* : par un phénomène que l'on peut rapprocher de l'envenimation, le contact avec un certain nombre d'insectes (chenilles en particulier) provoque des éruptions urticariennes, des réactions œdémateuses, des conjonctivites, etc. de même, certains arthropodes sont vésicants. D'autres encore peuvent entraîner des accidents allergiques, soit après injection de venin ou de salive, soit directement par contact.



Figure 5: Image d'une chenille

6.2.4. *Les arthropodes responsables de spoliation sanguine* : la spoliation sanguine due aux arthropodes hématophages lorsqu'ils sont très abondants. **Exemple** : moustiques.

6.2.5. *Les arthropodes nuisant* : sont des arthropodes, hormis de tout effet pathologique, direct ou indirect, il arrive que des arthropodes soient à l'origine de désagrément au point de compromettre l'occupation d'une région ou certaines activités. **Exemple** : moustique, mouches, etc.

Ainsi, les arthropodes peuvent se révéler soit pathogènes, et donc agents étiologiques de maladies, soit hôtes d'agents pathogènes, et donc agents transmetteurs, passifs ou actifs, de maladies.

A côté de ces rôles épidémiologiques, il convient de rappeler d'autres aspects des relations existant entre les arthropodes et la santé publique : ;

- Certains arthropodes sont, comestibles et peuvent parfois constituer une source de protéine non négligeable ;

- Des arthropodes sont encore utilisés, dans certaines médecines traditionnelles, dans la composition de médicaments ;
- La faune entomologique des cadres est parfois utilisée en médecine légale.

Ce sont tous ces aspects, très variés, des relations existantes, de près ou de loin, entre les arthropodes et la santé de l'homme qui constituent l'Entomologie médicale.

6. Définition d'un arthropode vecteur

Les entomologistes donnent trois définitions à un vecteur :

Première définition : *un vecteur est tout organisme qui intervient dans la transmission d'un agent infectieux (OMS, 2014).* Cette définition est très vaste et hétérogène dans la mesure où elle inclut les cafards et les mouches transportant sur leurs pattes souillées toutes sortes de bactéries, les punaises triatomes évacuant dans leurs fèces les trypanosomes agents de la maladie de Chagas et les Anophèles déposant la filaire de Bancroft sur la peau de l'homme au voisinage de la piqûre. Les hôtes intermédiaires tels que les crustacés copépodes, hôtes intermédiaire obligatoire de la filaire de Médine, agent de la dracunculose, sont aussi concernés, tout comme les mollusques, hôtes intermédiaires obligatoires de schistosomes, agents des bilharzioses. Cette définition accepte aussi les sangsues, comme vecteurs de parasites des poissons, grenouilles ou tortues, les chiens et les chauves-souris vampires, comme vecteur du virus de la rage qu'ils transmettent par leur morsure, les rats comme vecteurs de leptospires, et même des oiseaux comme vecteurs du virus de l'influenza, agent de la grippe aviaire.

Deuxième définition : *un vecteur désigne tout arthropode qui assure la transmission active d'un agent infectieux.* De fait, cette définition est plus restrictive que la précédente. Elle concerne les seuls insectes et les acariens. Elle exclut non seulement les simples souillures d'arthropodes par divers agents infectieux mais aussi la plupart des hôtes intermédiaires libérant passivement dans l'environnement un agent infectieux tel que le mollusque et le crustacé cités en exemple dans la définition précédente (**Hébrard et al., 1999**).

Troisième définition : *un vecteur est tout arthropode hématophage qui assure la transmission biologique active d'un agent pathogène d'un vertébré à un autre (Fontenille et al., 2009 ; Duvallet, G et Gentile, 2012).* Cette définition impose que l'agent infectieux se développe ou se multiplie dans l'hôte vecteur. De ce fait, elle est peut-être trop restrictive, car elle exclut des organismes (même arthropodes hématophages) qui effectuent des transmissions mécaniques actives.

7. Hématophagie et salive d'insectes

Les vecteurs hématophages transmettent exclusivement des « parasites » dermiques, lymphatiques ou sanguins, le derme, la lymphe et le sang constituent les seuls compartiments ils ont accès.

L'ingestion de sang présente bien des avantages, car l'insecte absorbe une nourriture liquide riche en eau et en nutriments. En revanche, elle impose de nombreuses contraintes auxquelles la salive des insectes hématophage répond par trois fonctions principales : elle est anticoagulante, vasodilatatrice et anti-inflammatoire (**Fontaine et al., 2011**).

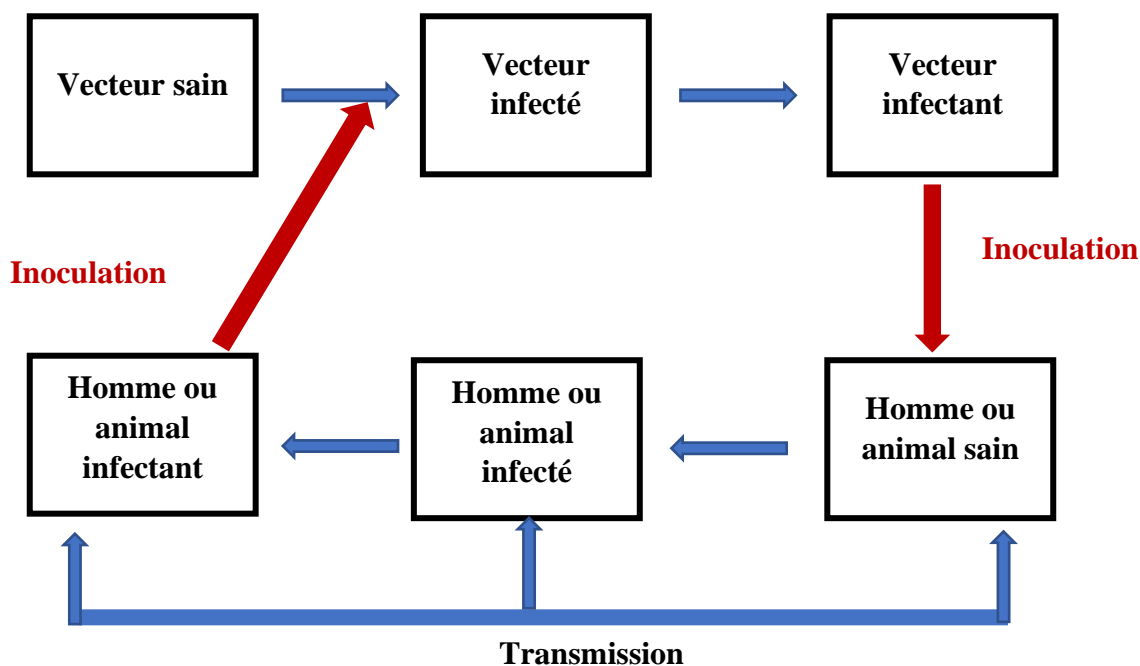
8. Agents infectieux transmis ou transportés par les arthropodes

Les agents infectieux, pathogènes ou non, transmis ou transportés sont des virus, des bactéries, ainsi que des eucaryotes (protozoaires ou métazoaires).

9. Transmission vectorielle

La transmission vectorielle est l'action de faire passer activement ou passivement un agent infectieux d'un organisme malade à un organisme sain par un arthropode vecteur.

Schéma de la transmission vectorielle



Exemple : les *Plasmodium*, agent du paludisme, sont transmis par la piqûre d'un moustique femelle (Anophelinae ou Culicinae), selon l'espèce plasmodiale. Il existe deux modes de transmission vectorielle : mécanique et biologique (**Duvallet. G et al. 2017**).

10.1. Mécanisme de la transmission mécanique

Dans le cas de transmission mécanique, l'agent infectieux ne se multiplie ni ne se différencie au contact du vecteur. Celui-ci est alors un simple transporteur actif, rentrant au minimum deux fois en contact lors des repas sanguins interrompus avec des vertébrés différents. La transmission mécanique nécessite évidemment que le délai entre les deux repas de sang, le premier avec le vertébré infecté et le second avec le vertébré réceptif, soit court plus que la survie de l'agent infectieux pendant ce laps de temps. Deux voies sont possibles. La première passe par la souillure externe des pièces vulnérantes. Dans ce cas, le vecteur fonctionne comme une aiguille contaminée. La seconde passe par une régurgitation partielle du repas de sang précédent. Dans ce cas, le vecteur fonctionne comme une seringue contaminée.

10.2. Mécanisme de la transmission biologique

• L'incubation extrinsèque

Sur le plan fonctionnel, la transmission vectorielle biologique procède en trois phases : infection du vecteur, transformation ou multiplication et sortie de l'agent hors du vecteur.

- *L'infection du vecteur* : elle se fait toujours à partir d'un vertébré infectant à l'occasion d'un repas de sang. L'agent infectieux se retrouve dans la lumière de l'estomac du vecteur.
- *La transformation et/ou la multiplication de l'agent infectieux* procède souvent de façon fort complexe et selon un grand nombre de voies, variables suivant les vecteurs et les agents infectieux. En règle générale, les virus, les bactéries et protozoaires se multiplient abondamment dans le vecteur, parfois dans la lumière du tube digestif, ou dans la cavité générale ou encore dans divers organes, et finissent souvent par coloniser les glandes salivaires. Les métazoaires procèdent davantage par transformation (différenciation) que par multiplication.
- *Sortie de l'agent infectieux hors du vecteur* : elle débute lorsque le vecteur devient infectant, prélude à l'infection d'un vertébré. Cette sortie s'effectue selon les modalités très variées.

A titre d'exemple, elle peut se faire par la salive (*arbovirus*, *Rickettsia*, transmis par acariens, *plasmodium* transmis par moustiques, *trypanosoma* transmis par les mouches tsé-tsé). Elle peut aussi se faire par la régurgitation du bol alimentaire (*Leishmania*, bacille de la peste), par libération du parasite sur la peau (filaires), les déjections (trypanosomes postérogrades tels que *Trypanosoma cruzi*, *Rickettsia* transmises par les poux et les puces), le liquide coxal (liquide sécrété par des glandes situées sur les coxa des pattes antérieures des tiques *Argasidae* et émis au moment la piqûre ou peu après), etc.

L'ensemble de ces trois phases qui se déroulent à l'intérieur du vecteur est désigné par les expressions *incubation extrinsèque* ou *phase prépatente*, correspondant à la période entre le repas de sang (infection du vecteur) et le moment où le pathogène peut être transmis (suite à sa multiplication ou à ses transformations obligatoires).

- **Le concept d'hôte-vecteur :**

On constate à l'évidence que l'arthropode commence par être infecté avant de devenir infectant. Il en résulte sur le plan parasitologique que l'arthropode d'abord doit être l'hôte de l'agent infectieux avant d'en être le vecteur.

Ce concept hôte-vecteur est maintenant admis en parasitologie, mais il est relativement récent. Auparavant, l'hôte s'entendait dans un sens quasi synonyme de vertébré ; soit on était hôte, soit vecteur.

- **Le concept vecteur-réservoir**

Auparavant la notion réservoir s'opposait à celle de vecteur, si bien qu'on était soit vecteur (arthropode), soit réservoir (vertébré). C'est en 1976 que l'équipe de collaborateurs conduite par Max Germain introduit le vocable « vecteur-réservoir » en conclusion à leur recherche sur le mécanisme de maintien du virus amaril agent, de la fièvre jaune en Afrique (**Germain *et al.*, 1981**). En comparant le rôle relatif des primates et des moustiques dans le maintien du virus dans la nature ; on constate que les primates ont une virémie plus courte alors que les moustiques restent infectants toute leur vie (plusieurs semaines, voire plusieurs mois) et peuvent transmettre le virus à leur descendance par transmission verticale. C'est donc le vecteur beaucoup plus que le vertébré, qui assure le rôle de réservoir.

10. Transmissions non vectorielles

La transmission vectorielle (biologique ou mécanique) doit être distinguée des transmissions non vectorielles d'agent infectieux entre arthropodes, c'est-à-dire d'arthropodes à arthropodes (**Duvallet. G *et al.* 2017**), dont les principales sont citées ci-dessous.

11.1. La transmission verticale : désigne la transmission d'un agent infectieux par un arthropode femelle infectée à sa descendance. La transmission verticale est très fréquente, par exemple chez les tiques et dans une moindre mesure chez certains moustiques. Elle concerne principalement les virus et les bactéries, exceptionnellement les protozoaires (*Babesia* et *Neospora* chez les tiques Ixodidae) et jamais les métazoaires.

La transmission Trans-ovarienne en constitue un cas particulier, elle implique que le passage de l'agent infectieux se fasse à l'intérieur de l'ovaire lors de l'ovogénèse. Si la transmission

intervient lorsque l'œuf est en transit dans l'oviducte, ou au moment de la ponte, la transmission verticale n'est plus trans-ovarienne.

11.2. La transmission transstadiale : implique un stade donné et le stade successif du même arthropode. Ce mode de transmission est quasi la règle chez les arthropodes hématophages à tous les stades (punaises, tiques).

11.3. La transmission par co-repas ou co-engorgement : concerne les vecteurs se gorgeant en groupe en même temps sur le même hôte, et très proches les uns des autres. L'infection d'un vecteur porteur d'agent pathogène passe aux vecteurs voisins sans nécessairement infecter l'hôte vertébré. Ce type de transmission est observé par exemple chez les tiques avec le virus de l'encéphalite à tique et les spirochètes de la borréliose de Lyme.

11.4. La transmission sexuelle : s'effectue d'un sexe à l'autre lors de l'accouplement. La transmission vénérienne en constitue un cas particulier.

Un autre mode de transmission non vectorielle à un vertébré est illustré par l'intervention d'un stade libre et mobile comme le cas de la cercaire aquatique de *Schistosoma* dans le corps humain à travers la peau, par effraction et de façon autonome, pendant une baignade.

12. Notion d'épidémiologie

L'épidémiologie est l'étude des facteurs influant sur la santé et les maladies des populations.

Les concepts d'épidémiologie appliqués aux maladies infectieuses restent valables pour des maladies concernées par l'entomologie médicale et vétérinaire. Des spécificités découlent toutefois de la dimension vectorielle. Le vecteur impliqué est bien évidemment l'un des facteurs primordiaux influant sur la répartition, la fréquence, voire sur la gravité des états pathologiques (Vincent R, 2017).

12.1. La triade vectorielle et le système vectorielle

La triade vectorielle est constituée de trois acteurs biologiques : l'agent infectieux, son (ses) vecteurs (s), son (ses) hôte (s) vertébré (s). Cette triade s'inscrit dans un environnement dont la prise en compte définit un système vectoriel.

Un système vectoriel est donc défini par une triade particulière et par les interrelations entre les trois acteurs de la triade, fonctionnant dans un environnement particulier (fig.6).

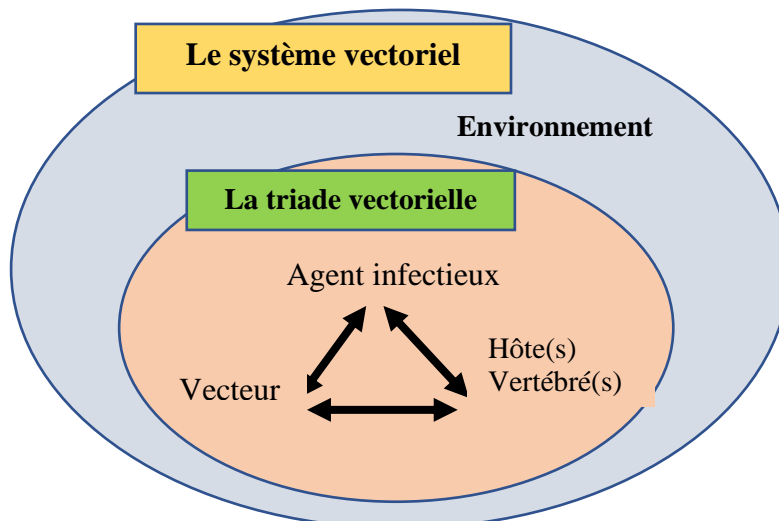


Figure 6 : Concept de système vectoriel englobe la triade vectorielle et l'environnement

Le fonctionnement de la triade vectorielle et le système vectoriel dépend aux facteurs environnementaux (conditions écologiques), populations naturelles et conditions requises (densité des hôtes et vecteurs, fréquent contact vecteur-hôte, longévité suffisante du vecteur et bonne compétence vectorielle).

12.2. Compétence vectorielle

La compétence vectorielle, telle que définie par Dye (1992) et Lord (1996), désigne la « faculté du vecteur à s'infecter après ingestion du repas de sang infecté, puis assure le développement ou la transformation du pathogène et afin transmettre le pathogène aux vertébrés par une piqûre ». En d'autres termes la compétence vectorielle mesure le niveau de coadaptation pathogène/vecteur invertébré, et dépend essentiellement de facteurs génétiques (**Duvallet. G et al. 2017**).

Exemple : *Anophèles gambiae* a une compétence nulle pour le virus *Chikungunya* ; par contre elle a une compétence élevée pour l'agent du paludisme (*Plasmodium falciparum*)

12.3. Capacité vectorielle

La capacité vectorielle exprime le potentiel de transmission d'une population d'un vecteur. Elle dépend des facteurs liés au vecteur, à l'agent infectieux et à l'environnement : densité de la population du vecteur, fréquence du contact vecteur-hôte vertébré, survie du vecteur et durée du développement extrinsèque. La capacité vectorielle désigne le nombre moyen de piqûres qu'un vecteur ayant piqué un vertébré infectant inflige pendant le reste de sa vie, une fois achevée la phase d'incubation extrinsèque. En d'autres termes, la capacité vectorielle évalue le nombre de piqûres potentiellement infectantes qu'un individu peut générer, par l'intermédiaire de la

population vectrice, par unité de temps. Elle constitue donc l'un des indicateurs du nombre potentiel de cas de la maladie (même en l'absence de l'agent infectieux considéré) (**Anna C, 2017**).

Formule de calcul

$$C = \frac{ma^2pn.}{-\ln P}$$

C= capacité vectorielle

m= densité de vecteurs

a= nombre de repas pris sur un homme/ 24 heures

P= 9taux quotidien de survie d'une population

n= durée du développement du pathogène : période d'incubation extrinsèque

CHAPITRE II. ARTHROPODOLOGIE GENERALE

I. Introduction

Les Euarthropodes sont l'un des embranchements les plus importants du règne animal. Avec près de 2 millions d'espèces décrites, ils regroupent de 80 à 85 % des espèces animales connues. Et il reste encore beaucoup plus d'espèces à découvrir et à décrire. La seule classe des insectes représente environ les trois quarts des Euarthropodes.

L'ordre des Diptères, avec environ 80 000 espèces, se place au 4^{ème} rang après ceux des Coléoptères (300 000 espèces), Lépidoptères (100 000 espèces) et Hyménoptères (100 000 espèces). Au plan de la médecine humaine et vétérinaire, il occupe la première place, soit par le rôle de vecteur d'organismes pathogènes de certains de ses représentants, soit par la nuisance d'autres (**Rodhain.F et Perez. C, 1985**).

Apparues dès le Cambrien en milieu aquatique, les formes terrestres d'Euarthropodes datent du Silurien et du Dévonien. L'embranchement des Euarthropodes est divisé en 3 sous-embranchements (**Morère et Pujol, 2003**) :

1. le sous-embranchement des Trilobitomorpes, tous fossiles, aquatiques, disparus à la fin de l'ère Primaire, ils sont représentés par les Trilobites. Les spécialistes doutent maintenant qu'ils soient les ancêtres directs des Euarthropodes

2. le sous-embranchement des chélicérates, primitifs, sans antennes, qui portent en avant de la bouche une paire d'appendices préhensiles, chélicères. Ce sous-embranchement comprend deux classes :

- Les Mérostomes, aquatiques, représentés actuellement par les limules.
- Les Arachnides, terrestres, porteurs de quatre paires d'appendices locomoteurs. Ils comprennent les scorpions, les araignées et les acariens.

3. le sous-embranchement des Mandibulates (ou antennates). Ces animaux possèdent au moins une paire de mandibules et au moins une paire d'antennes, et sont repartis classiquement en trois superclasses :

- Les Crustacés, aquatiques, porteurs de deux paires d'antenne.
- Les Myriapodes, terrestres, porteurs d'une paire d'antennes et de nombreuses paires d'appendices locomoteurs (scolopendre, mille-pattes).
- Les hexapodes, terrestres ou aquatiques par adaptation secondaire, porteur d'une paire d'antennes et de trois paires de pattes thoraciques.

II. Taxonomie des insectes

Quelques définitions

- **Taxonomie** : La taxinomie est une science qui a pour objet de décrire les organismes *vivants* (ou ayant vécu) et de les regrouper en entités appelés taxa (familles, genres, espèces, etc.) afin de pouvoir les nommer et les classer (systématique).
- **Classification** : arrangement des organismes en groupes basé sur certaines ou tous leurs similarités et/ou de différences
- **Systématique** : le terme systématique introduit la notion de relation entre les taxa.
- **Espèce** : « Une espèce est un groupe de populations naturelles inter-fécondes, isolées du point de vue reproductif des autres groupes équivalents »
- **Identification** : utilisation de caractéristiques uniques individuelles d'une espèce ou d'un organisme pour l'identifier des autres.

Les insectes appartiennent au :

Règne : animal

Embranchement : Arthropodes

Sous-embranchement : hexapodes (6 pattes).

Classe : Insectes

Ordre : il y en a au moins 9

- 1- **Ordre des Diptères** (ex : les mouches, moustiques, taons, tipules, moucheron, ...)
- 2- **Ordre des Hyménoptères** (ex : abeilles, guêpes, fourmis, ...)
- 3- **Ordre des Coléoptères** (ex : coccinelles, chrysomèles, scarabées, capricornes, carabes, lucanes, ...).
- 4- **Ordre des Orthoptères** (ex : grillons, criquets, sauterelles, ...), antennes courtes ou longues.
- 5- **Ordre des Hémiptères** (ex : cigales, pucerons, punaises, pyrrhocores, gerridés, ...)
- 6- **Ordre des Odonates** (ex : anisoptères, zygoptères)
- 7- **Ordre des Dermaptères** (ex : forficules ou pince oreille)
- 8- **Ordre Dictyoptère** (ex : blattes ou cafards, termites, mantes, ...)
- 9- **Ordre des Lépidoptères** (papillons) (ex : belle-dame, vulcain, gamma, ...).

La classe des insectes, en particulier l'ordre des diptères est le plus important en Entomologie médicale ; les principales familles concernées sont :

- Culicidae (moustiques) : vecteur d'arbovirus, de protozoaires et de filaires ;
- Phlebotomidae (phlébotomes) : vecteur d'arbovirus, de bartonelles, de protozoaires ;

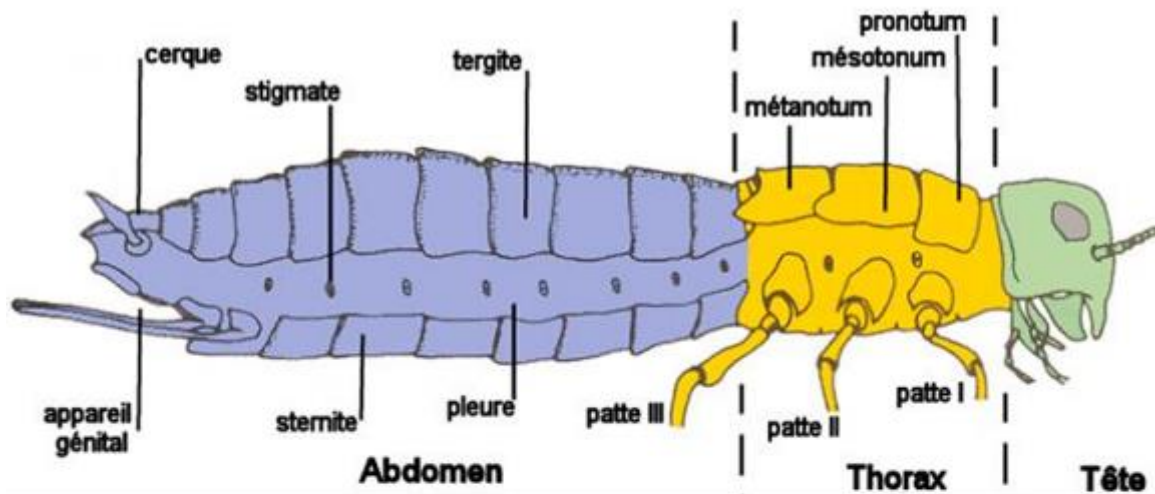
- Simuliidae (simulies) : vecteurs de protozoaires chez les animaux et les filaires.
- Ceratopogonidae (culicoïdes) : vecteurs d'arbovirus et de filaires ;
- Tabanidae (taons) : vecteurs de bactéries et de filaire ;
- Muscidae ou Glossininae (glossines) : vecteurs de protozoaires

En outre, l'ordre des Diptères comprend des insectes parasites (agents des myiases), des transporteurs (mouches).

III. Morphologie et anatomie générale des insectes

- Corps formé de trois métamères (tête, thorax et l'abdomen ; fig. 8).
- Deux antennes qui représentent les organes de sens, odorat, toucher,
- Deux paires d'ailes sur le thorax et trois paires de pattes (hexapodes).
- **Un système nerveux** composé d'un petit cerveau renfermant des centaines de neurones et relié à un système ganglionnaire ventral.
- **Un système circulatoire ouvert** constitué d'une artère dorsale qui conduit l'hémolymphe dans tout le corps de l'insecte. L'artère dorsale se termine par un orifice appelé « ostiole ».
- **Un appareil digestif** : formé du pharynx qui se prolonge en arrière par l'œsophage, le jabot, l'estomac et les intestins au niveau desquels se trouvent les tubes de Malpighi dont le rôle est de filtrer les excès de sels minéraux et de dégager les déchets vers l'anus.
- **Un appareil reproducteur** qui assez semblable celui des hommes. La femelle a des ovaires, un utérus et des glandes annexes et le mâle a également des testicules et un pénis.
- **Système respiratoire ouvert** formé des stigmates situés de part et d'autre du thorax et de l'abdomen. Donc les insectes n'ont de pas de poumons.

Organisation générale de l'insecte



Anatomie de l'insecte

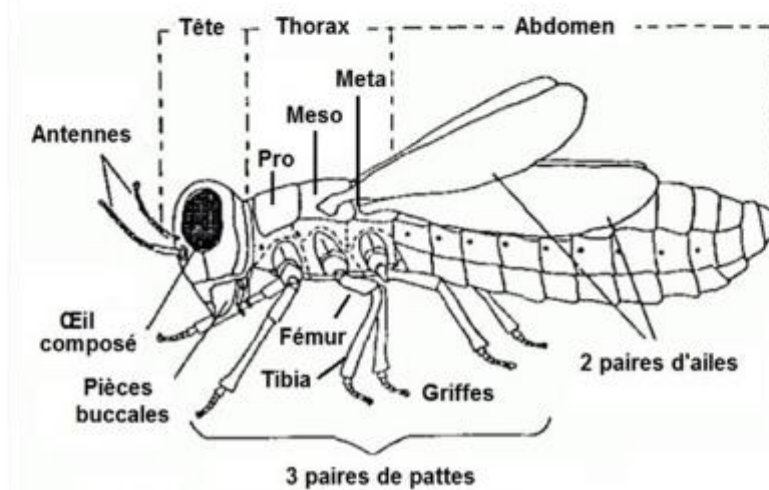


Figure 7: Morphologie et anatomie générale des insectes

IV. Développement des insectes

L'**oviparité** est la règle générale chez les insectes, les œufs pouvant être pondus à un stade plus au moins embryonné, qui peut aller jusqu'à l'ovoviparité (éclosion de la larve juste avant son dépôt ou en même temps). La viviparité est rare, et ne rencontre que chez les glossines et les pupipares ; la parthénogenèse (mode de reproduction où l'ovule se développe sans fécondation mais qui nécessite un gamète) est rare également (abeilles, pucerons, etc.). Les insectes ont deux types de développement (**Rodhain F et Perez C, 1985**).

IV. 1. Le développement hémimétabole : qui s'effectue chez les insectes dont la larve issue de l'œuf a une morphologie semblable à celle de l'adulte, et, souvent le même mode de vie. Les

différences entre adultes et larves consistent alors en des différences de taille, de longueur des ailes (pour ceux qui sont pourvus d'ailes) et de maturité sexuelle ; c'est le cas par exemple, des blattes, des poux, des punaises, etc.

- Insectes **hémimétaboles** (métamorphose incomplète)

Œuf → larve → (plusieurs mues) → adulte



IV.2. Le développement holométabole : qui est celui des insectes chez lesquels la larve issue de l'œuf a une forme très différente de celle de l'adulte, et également un mode de vie différente (moustiques, mouches, puces, papillons, coléoptères, fourmis, etc.). La profonde transformation morphologique qui mène de la larve à l'adulte s'effectue au stade nymphal. Alors que la larve a, la plupart du temps, un aspect plutôt vermiforme, l'adulte est ailé (sauter chez les puces).

- Insectes **holométabole** (métamorphose complète)



On distingue 3 grands types larvaires chez les holométabole.

1. **Larves polypodes** : les appendices locomoteurs sont nombreux : 3 au niveau thoracique et des pseudopodes abdominaux : cas des lépidoptères, panorpes, hyménoptères symphytes.
2. **Larves oligopodes** : les appendices locomoteurs sont réduits aux 3 seuls appendices thoraciques, plus ou moins variés selon les groupes : cas de certains névroptères aquatiques (dytique).
3. **Larves apodes** : les appendices locomoteurs n'existent plus : cas de tous les diptères, des siphonaptères, de certains coléoptères et hyménoptères. On subdivise ce type en trois sections selon le développement de la capsule céphalique :
 3. a. **Larves eucéphales** : capsule céphalique complète ou presque, bien visible, avec pièces buccales complètes et broyeuses.

3. *b. Larves hémicéphales* : capsule céphalique incomplète, ventralement rétractée dans le thorax, pièces buccales réduites à deux crochets mandibulo-maxillaires.

3. *c. Larves acéphales* (asticots) : plus de capsule céphalique mais un endosquelette céphalique formant une armature buccopharyngienne ; deux crochets.

On distingue deux grands types nymphaux chez les holométaboles :

- *Les nymphes libres* chez lesquelles on reconnaît la plupart du temps un céphalothorax où se distinguent les ailes, les yeux et les antennes de l'adulte futur, et un abdomen segmenté.

- *Les nymphes coarctée* (ou en tonnelet) chez lesquelles la dernière exuvie larvaire constitue une enveloppe durcie : le *puparium*, donnant à la nymphe le nom de puppe.

V. Morphologie et développement des arachnides

V.1. Morphologie

Chez les arachnides, on ne retrouve plus la division du corps en 3 parties observée chez les insectes ; la tête et le thorax ont ici fusionné pour former le céphalothorax (ou *prosoma*). Chez certains, tels que les scorpions ou les araignées, le céphalothorax est nettement séparé de l'abdomen (ou *opisthosoma*), mais chez d'autres, comme les acariens, la séparation a totalement disparue, *prosoma* et *opisthosoma* ayant fusionné pour former une structure plus ou moins ovale, sacciforme, appelée *idiosoma* ; seul se détache à l'avant de cette structure, le rostre ou *gnathosoma* (fig. 8).

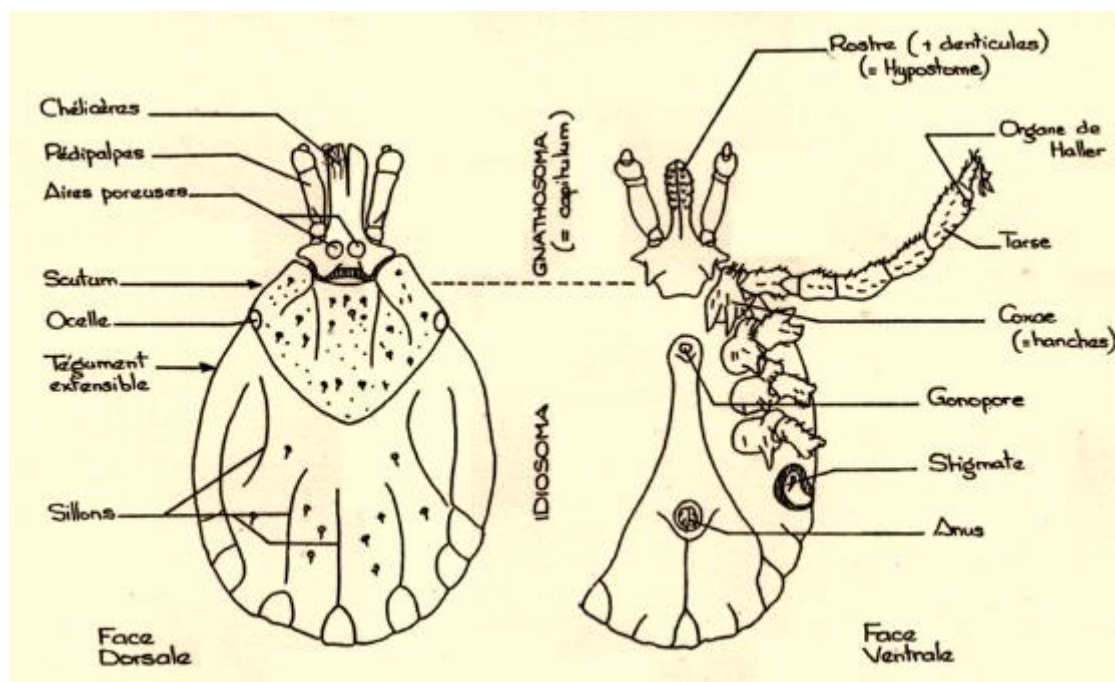


Figure 8: Morphologie générale des arachnides, tique face dorsale et ventrale

Les adultes des arachnides ont, à de rares exceptions près (Eriophyides), quatre paires de pattes. Ils sont toujours dépourvus d'ailes et d'antennes, et leurs yeux, lorsqu'ils sont présents, sont toujours du type simple. Les pièces buccales sont constituées par les chélicères adaptées à percer, dilacérer ou piquer les tissus, et des pédipalpes, à rôle sensoriel ; dans certains groupes, notamment les tiques mais également un certain nombre d'acariens, existe une troisième pièce : l'hypostome.

Les pattes sont formées de 6 segments : la *patelle* située entre le fémur et le tibia représente le segment supplémentaire par rapport aux pattes des insectes.

L'appareil digestif des arachnides est caractérisé par l'existence de très nombreux diverticules qui divergent au niveau de l'intestin moyen, occupant toute la cavité interne. L'excrétion s'effectue par les tubes de Malpighi.

La respiration est assurée, chez la plupart de ces arthropodes, par des trachées du même type que celle des insectes ; chez les araignées il y a coexistence de « poumons » et de trachées.

V.2. Développement

Comme chez les insectes, l'oviparité est la règle, sauf chez les scorpions et quelques acariens (*pyemotes*) qui sont vivipares.

Les individus qui sortent de l'œuf ont, en principe, la forme générale des adultes, bien que pour certains le nombre de pattes varie (3 paires de pattes chez les larves d'acariens). La longévité de beaucoup d'arachnides est remarquable : 10 ans et plus pour certaines tiques.

VI- Nomenclature, classification, identification

VI.1. Nomenclature

Nomenclature zoologique est le système des noms scientifiques (latinisés) appliqués aux unités taxonomiques ou taxa. Elle suit des règles extrêmement précises, définies dans le code international de « Nomenclature Zoologique ». Ci-joint quelques-unes de ces règles.

- Le nom d'un taxon d'un rang supérieur à l'espèce consiste en un mot :
- *Anopheles*
- Désinences caractéristiques des taxa de niveau supérieur au genre :
- **-inae** pour les sous-familles \longrightarrow *Culicinae*
- **-idea** pour les familles \longrightarrow *Culicidae*
- **-ini** pour les tribus \longrightarrow *Aedini*

On introduit souvent le sous-genre entre parenthèses, entre le nom de genre et le qualificatif d'espèce. Le nom de sous-genre commence par une majuscule et peut être abrégé.

On peut faire suivre le binôme du nom du descripteur(s) et de l'année de la publication princeps.

Exemple :

- *Panthera leo* Linnaeus, 1758 (le lion)
- *Anopheles (Cellia) gambiae* Giles, 1902

VI.2. Classification

La grande diversité observée dans les structures morphologiques des Arthropodes conduit à une subdivision de l'embranchement en un certain nombre de classes, d'ordres et de familles. De nombreux systèmes de classification ont été proposés. Nous adopterons, ici la classification schématisée dans le tableau 1.

La classification zoologique est l'arrangement hiérarchique des catégories taxonomiques en un ordre naturel (ou estimé tel). C'est l'objet d'une discipline particulière : la systématique, qui repose sur un ensemble de principes et de règles constituant la taxonomie.

Tableau 1: Classification des arthropodes, (Rhodain.F et Perez. C, 1985).

Sous-embranchements		classes
1. PROARTHROPODES	Trilobitomorphes	Trilobites (fossiles)
	Chélicérates	Mérostomes (fossiles)
Arachnides *		
Pantopodes (Pycnogonides)		
2. EUARTHROPODES	Mandibulates	Crustacés *
		Myriapodes *
		Insectes *
3. PARARTHROPODES (Statut incertain)		Onychophores (Péripates)
		Tardigrades
		Pantastomes *

(*) désigne les groupes comprenant des espèces d'importance médico-vétérinaire.

Tableau 2: Classification des arachnides (Rhodain.F et Perez. C, 1985)

Classe	Sous-classes
ARACHNIQUES	- Scorpions *
	- Pseudoscorpions
	-Solifuges
	-Palpigrades
	-Uropyges
	-Amblypyges
	-Aranéides*
	-Rhicinuléides
	-Opilions
	- Acariens*

(*) désigne les groupes comprenant des espèces d'importance médico-vétérinaire

Tableau 3: Classification simplifiée des insectes (Rhodain.F et Perez. C, 1985)

Sous-classes	Ordres	Exemples
APTERYGOTES	Thysanoures	-
	Diploures	-
	Protoures	-
	Collemboles	-
PTERYGOTES	Hémimétaboles (=Exoptérygotes)	
	Ephéméroptères	Ephémères
	Odonates	Libellules
	Dictyoptères*	Blattes
	Cheleutoptères	Phasmes
	Mantoptères	Mantes
	Isoptères	Termites
	Plécoptères	Perles
	Notoptères	Grylloblattes
	Dermaptères	Forficules
	Orthoptères	Sauterelles
	Embioptères	-
	Zoraptères	-
	Psocoptères	Psoques
	Thysanoptères	Thrips
	Mallophages*	Poux
	Anoploures*	Punaises
	Hémiptères*	Fourmilions
	Holométaboles (=Endoptérygotes)	
	Névroptères	Panorpres
Mécoptères	Phryganes	
Trichoptères	Papillons	
Lépidoptères*	Mouches	
Diptères	Puces	
Siphonaptères *	Guêpes	
Hyménoptères *	Scarabées	
Coléoptères *	-	
Strepsiptère	-	
(*) désigne les groupes comprenant des espèces d'importance médico-vétérinaire		

➤ **Problèmes liés au concept d'espèce**

Les problèmes liés au concept espèce sont l'observation deux phénomènes opposés :

- Des variations morphologiques intraspécifiques importantes (dimorphisme sexuel, variation au cours du développement, surtout variations d'une population naturelle à une autre ;
- Des isolements reproductifs entre des populations sympatriques (dont les aires de répartition se recouvrent, au moins partiellement) de morphologie pratiquement identique.

➤ **Problèmes liés à l'identification des arthropodes**

Dans la majorité des cas, l'identification (ou détermination) d'un arthropode se fait d'après les caractères morphologiques externes. Cependant, plusieurs difficultés sont rencontrées telles que :

- *Le rapprochement des espèces* : s'il est évidemment facile de distinguer deux espèces éloignées, la tâche devient de plus en plus difficile fur et à mesure que les espèces concernées sont plus proches ;
- *Présences d'espèces-jumelles* : au-delà des possibilités de la seule morphologie, on peut se trouver en présence d'espèces-jumelles, regroupées au sein d'un complexe d'espèces.

Quoi qu'il en soit, l'identification des espèces, dans une région donnée, fait appel à des clés dichotomiques, dont il faut connaître le principe et les modalités d'utilisation.

- *Conservation des spécimens* : il convient sans doute d'insister sur le caractère indispensable, tant pour l'identification que pour l'utilisation ultérieure des échantillons récoltés, d'une très grande rigueur dans l'étiquetage et la conservation de chaque spécimen.

Qu'il s'agisse un arthropode monté à sec (par exemple piqué sur épingle), ou en préparation microscopique, ou encore conservé en alcool, il doit obligatoirement être accompagné d'une ou plusieurs étiquettes mentionnant, en particulier, les renseignements suivants : localité de récolte aussi précise que possible, date et heure de récolte, milieu écologique où a lieu la capture (à terre, ruisseau, mare, sur homme, etc.), technique de récolte (au filet, à l'aspirateur, type de piège, ...).

CHAPITRE III : TIQUES ET MALADIES TRANSMISES

1. Introduction

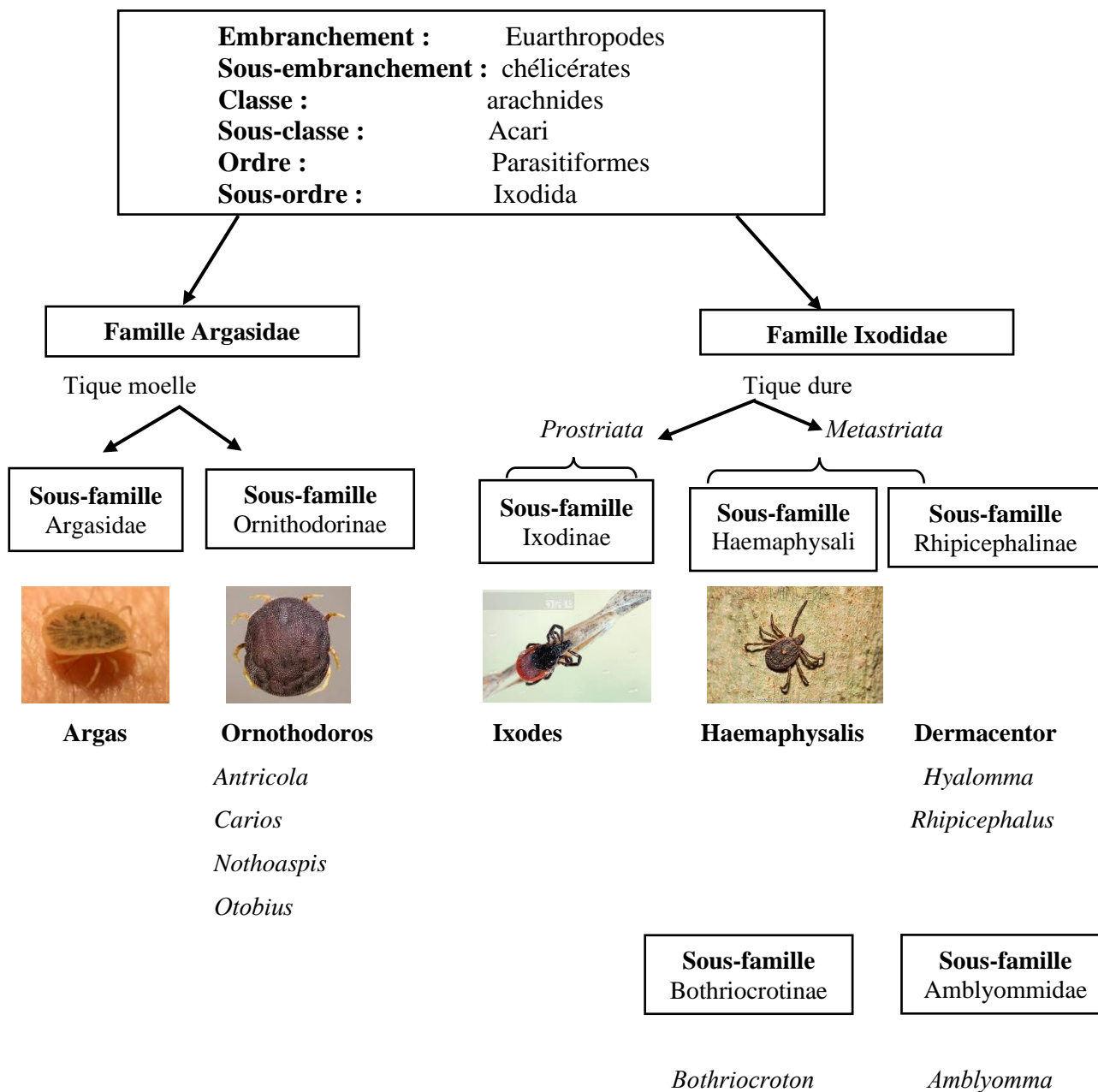
Les tiques sont toutes les parasites hématophages obligatoire, au moins pendant une partie de leur cycle de vie. Elles ont une répartition mondiale des zones les plus chaudes du globe aux régions les plus froides. Deux grandes familles majeures de tique sont susceptibles de parasiter l'homme, les animaux domestiques et une large gamme d'hôtes **sauvages (Boulanger N et McCoy K, 2017) :**

- Les tiques dures (**Ixodidae**) et les tiques moelles (**Argasidae**).

Au cours de leur développement, les tiques dures alternent des phases parasitaires sur l'hôte vertébré durant lesquelles elles se gorgent lentement de sang (2 à 10 jours) et phase libre au sol. Leurs piqûres exercent des effets directs importants sur leurs hôtes : anémie, surinfection des piqûres injection des toxines entraînant une paralysie, la dyshidrose tropicale ou réactions allergiques. Les tiques transmettent aussi de nombreux agent infectieux : bactéries, virus et parasites

2. Systématique

Les tiques appartiennent à l'embranchement des Euarthropodes, et au sous-embranchement des chélicérates



2.1. Les tiques dures (*Ixodidae*)

La famille Ixodidae comprend actuellement 702 espèces réparties dans 14 genres : *Amblyomma* (130 espèces), *Anomalohimalaya* (3 espèces), *Bothriocroton* (7 espèces), *Cosmiomma* (1 espèce), *Cornupalpatum* (1 espèce), *Compluriscutula* (1 espèce), *Dermacentor* (34 espèces), *Haemaphysalis* (166 espèces), *Hyalomma* (27 espèces), *Ixodes* (243 espèces), *Margaropus* (3 espèces), *Nosomma* (2 espèces), *Rhipicentor*, (2 espèces), *Rhipicephalus* (82 espèces dont 5 de

l'ancien genre Boophilus) (Guglielmo et al. 2010). Parmi ces genres, on distingue les Prostriata (genre *Ixodes*) dont le sillon périanal contourne l'anus par l'avant, et les Metastrata (tous les autres genres de tiques dures) dont le sillon périanal contourne par l'arrière (fig).

2.2. Les tiques molles (Argasidae)

La famille des Argasidae regroupe 193 espèces de tiques, mais la taxonomie des tiques molles reste encore très controversée, notamment au niveau du genre. Selon certains auteurs, il existerait entre 4 et 10 genres dont les principaux sont : Antricola, Nothoaspis, Ornithodoros et Otobius.

Tableau 4: Différences majeures entre tiques molles et tiques dures

	Tiques molles (Argasidae)	Tiques dures (Ixodidae)
Anatomie	Pièce piqueuses ventrales (seules pour les larves) Pas de scutum Cuticule souple et fripée Yeux absents en général Glandes coxales Absence de pulvilles	Pièces piqueuses terminales Scutum Cuticule peu élastique Yeux dorsaux au niveau du scutum souvent présents (absents chez <i>Ixodes</i> et <i>Haemaphysalis</i>) Pas de glandes coxales Pattes terminées par des pulvilles
Piqûre	Plutôt nocturne	Plutôt diurne
Habitat	Endophiles (étables, grottes, terriers, nids, ...)	Variable Exophiles (à l'affût sur la végétation ; ex : certains <i>Ixodes</i>) Endophiles (ex. certains <i>Rhipicephalus</i>)
Repas sanguin	Courts et multiple Pour les nymphes et les adultes Dure plusieurs jours pour les larves	Longs (plusieurs jours) et un seul par stase
Stade/stases*	Plusieurs stase nymphaux	Un seul stade par stase*

Stase : en acarologie, on utilise le terme « stases » pour désigner les différentes phases développementales des tiques (larves, nymphe et adultes) et le terme stade pour les mues successives au sein de chaque stase (ex : les nymphes successives des tiques molles). Chez les tiques dures, stases et stades sont équivalents car il y a une mue entre chaque stase.

Tableau 5: Caractères des principaux genres de tiques dures à la stase adulte.

Genres et espèces principales	Répartition géographique	Critères morphologiques	Nombre d'espèces identifiées	Rôle vectoriel	Hôte préférentiel
PROSTRIATA					
<i>Ixodes</i>	Cosmopolite	Sillon périanal	243	Important	Tous les groupes de vertébrés cycle triphasique, pholéo-exophile, télotrope
<i>I. pacificus</i>	Biotopes variés	contournant l'anوس par l'avant			
<i>I. scapularis</i>		(prostria) yeux et feston absents			
<i>I. ricinus</i>		petite taille (2-10 mm)			
<i>I. persulcatus</i>		Rostre long			
<i>I. uriae</i>					
METRASTRIATA					
<i>Amblyomma</i>	Toutes les zones tropicales, Amérique	Palpes : article 2 plus long que le 3	130	Moindre	Mammifères reptiles
<i>A. americanum</i>					
<i>A. variegatum</i>					
<i>Dermacentor</i>	Eurasie, Amérique du nord et centrale, Afrique	Coxa de la patte 1 à épine bifide, émail sur le scutum, yeux présents, rostre court à base triangulaire	34	Important	Ongulés
<i>D. andersoni</i>					
<i>D. variabilis</i>					
<i>D. occidentalis</i>					
<i>D. reticulatus</i>					
<i>D. marginatus</i>					
<i>Haemaphysalis</i>	Cosmopolite	Coxa de la patte 1 avec une épine simple, yeux absents, palpes : article 2 développé latéralement rostre court à base triangulaire	166	Moindre	Mammifère, oiseaux
<i>H. punctata</i>					
<i>H. longicornis</i>					
<i>H. leporispalustri</i>					
<i>Hyalomma</i>	Sud de l'Europe, Afrique, Orient jusqu'au continent indien	Palpe : article 2 égale ou à peine plus long que l'article 3	27	Important	Ongulés
<i>H. marginatum</i>					
<i>Rhipicephalus</i>	Eurasie Afrique	Coxa de la patte 1 à épine bifide, rostre court à base hexagonale présence d'yeux	82	Important	Mammifères
<i>R. evertsi</i>					
<i>R. sanguineus</i>					
<i>R. microplus</i>					
<i>R. annulatus</i>					

3. Biologie des tiques

3.1. Morphologie générale

Les tiques se distinguent des insectes par leur aspect globuleux. Elles présentent deux parties : le gnathostome et l'idiosome (le prosome et l'opisthosome). Tandis que les insectes ont trois segments bien différenciés (tête, thorax et l'abdomen), l'idiosome porte à l'avant les pattes, les stigmates et le pore génital (le podosome), la partie postérieure porte l'orifice anal. Les tiques n'ont pas de tête proprement parler, contenant de ganglions céphaliques, mais des pièces piqueuses faisant partie d'un capitulum (ou gnathosome). Ce capitulum est utilisé pour l'identification des tiques dures : la forme et la base du capitulum et la longueur des pièces piqueuses (longirostre *versus* brévirostre) aident à différencier les genres (fig. 23).

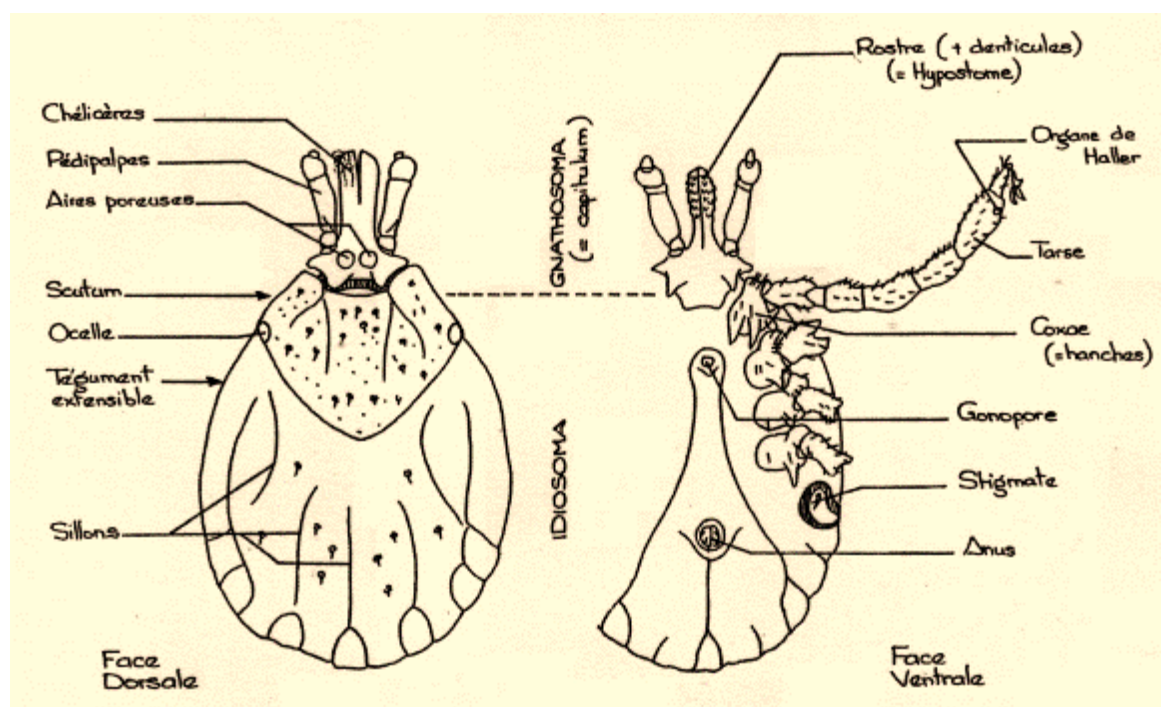


Figure 9: Morphologie générale des tiques

3.2. Cycle de développement et biologie des différentes stases

Le cycle de vie se caractérise par trois stases actives :

- Larve, la nymphe et l'adulte. On parle de stade chez les tiques molles car ces tiques font plusieurs mues pour augmenter progressivement en taille avant de passer à la stase adulte. Les adultes et les nymphes ont quatre paires de pattes (octopodes) formées de six segments dont la dénomination varie selon les auteurs). Les larves ont seulement trois paires de pattes (hexapodes).
- Le premier article de la première paire de pattes porte un organe sensoriel, l'organe de **Haller**, qui sert notamment au repérage des hôtes.

- La présence des yeux est variable selon les espèces.
- Les tiques sont pratiquement toutes des espèces à mode de reproduction sexuée obligatoire et gonochoriques (séparées en deux sexes, mâles et femelle).

4. Différence morphologique entre les ixodidés (tiques dures) et argasidés (tiques molles)

4.1. Tiques dures : le capitulum avec les pièces piqueuses se trouve en position terminale et il est clairement visible. L'idiosome présente dorsalement une partie chitinisée et dure, appelée écusson ou scutum (certaines espèces présentent aussi des plaques chitinisées).

- Le dimorphisme sexuel est marqué puisque le scutum chez les adultes mâles recouvre la totalité de la face dorsale alors que, chez la larve, la nymphe et la femelle, l'écusson est de petite taille en position antérieure. La cuticule est relativement souple, mais elle ne présente pas une élasticité suffisante pour contenir l'ensemble de repas sanguin.
- Les pattes sont terminées par des puvilles qui servent à la fixation à l'hôte (**Mehlhorn, 2011**).

a- Les adultes

Les adultes non gorgés mesurent 3 à 4 mm pour les plus petites tiques (*Ixodes spp.*) et jusqu'à 20 mm pour les plus grosses (*Amblyomma spp.*). L'idiosome porte à la partie postérieure les stigmates qui servent à la respiration, situés latéro-ventralement après la 4^{ème} paire de pattes et entourés d'une plaque stigmatique, de taille et de forme variables (**Perez-Eid, 2007**).

- ✓ **Forme du capitulum :** le capitulum dans sa partie basale peut prendre différentes formes, plus ou moins triangulaires, rectangulaires ou hexagonales, avec deux dépressions : les aires poreuses. Ces aires servent à la détection des mâles et à la communication entre tiques, et elles ont une activité sécrétoire lors de la ponte des œufs (**Perez-Eid, 2007**). Elles peuvent constituer un critère de classification.
- ✓ **Structure du rostre :** le rostre est constitué d'un **hypostome** (pièce impaire ventrale, denticulée en forme de harpon qui sert à l'ancrage sur l'hôte) et **deux chélicères** (organes pairs dorsaux, fig. 14). Les chélicères sont contenues dans une gaine ; la partie terminale est dentelée et permet la dilacération de la peau de l'hôte. **Deux pédipalpes** (constitués de quatre segments peu ou pas mobiles), se trouvent de chaque côté du rostre et servent d'organes sensoriels pour le repérage de l'hôte. La base du pédipalpe est utilisée dans l'identification.

- **Différence morphologique entre femelle et mâle**

Chez les tiques adultes, le dimorphisme sexuel est en général marqué. La femelle est typiquement plus grosse que le mâle. Sur la face ventrale le pore génital est une fente

transverse, qui prend des formes diverses. Il se situe entre la deuxième et la quatrième coxa selon les espèces. Le mâle présente un scutum qui couvre entièrement la partie dorsale et la rigidifie (fig. 24) ; de ce fait, les mâles se nourrissent ou pas sur les hôtes. Quand les yeux sont présents, ils se trouvent sur la face dorsale au niveau de la patte II (**Bourdeau, 1993 ; Perez-Eid, 2007**).



Figure 10: Une tique femelle gorgée (A) et un mâle (B) genre *Amblyomma* spp.

b. Les nymphes

Les nymphes sont généralement de même forme que les adultes femelles, mais la taille plus petite ; elles mesurent typiquement 2 à 3mm. Elles ne possèdent pas de pore génital, mais, comme chez l'adulte, il existe une paire de stigmates en position latéro-ventrale pour la respiration. La cuticule est moins épaisse que chez l'adulte, ce qui rend cette stase plus sensible à la dessiccation.

c. Les larves

D'une taille variant de 0,5 à 1mm, les larves ne possèdent que trois paires de pattes. Pas de pore génital, ni d'aires poreuses à cette stase. Il y a une absence de stigmates ; la respiration des larves se fait directement à travers la cuticule. De par leur petite taille et une cuticule peu épaisse, elles sont plus sensibles à la dessiccation que les nymphes.

4.2. Tiques moelles

Outre un tégument chitinisé mais non sclérifié (d'où l'appellation de tiques moelles ou « soft tick » en anglais), la caractéristique distinctive des adultes et des nymphes des tiques moelles est la position ventrale du capitulum qui se trouve dans une cavité de l'idiosome, le camérostome. Cependant, chez les larves, le capitulum est en position terminale comme chez les tiques dures. Les tiques moelles possèdent des glandes coxales qui sécrètent l'excès d'eau

et les sels pendant le repas sanguin rapide, ce qui leur permet de concentrer le sang alors que, chez les tiques dures, cette transsudation prandiale se fait par le biais des glandes salivaires. Leurs yeux sont réduits et n'existent que chez de rares espèces (**Perez-Eid, 2007**). Elles mesurent de 2 à 30mm selon les stases et les espèces (**Sonenshine, 1991**).



Figure 11: Aspect morphologique d'une tique moelle du genre Ornithodoros spp.

a. Les adultes

Le corps des adultes est ovale, avec une face ventrale relativement uniforme sans scutum. La cuticule peut posséder les plaques chitinisées plus sombres qui correspondent aux insertions musculaires dorsaux-ventraux. Leur forme et la manière dont elles sont agencées peut aider à l'identification des espèces. Comme pour les tiques dures, le capitulum possède des pédipalpes à quatre articles et deux chélicères, mais hypostome moins denticulé que chez les Ixodidae. Les pattes sont dépourvues de pulvilles plantaires à la stase adulte.

La respiration s'opère par des trachées qui s'ouvrent à l'extérieur par des stigmates situés entre la 3^{ème} et la 4^{ème} paire de pattes. Les glandes coxales se trouvent entre les coxae 1 et 2.

Sur la face ventrale, l'ouverture génitale est placée entre les coxae 1 et 2 ; elle est large et occupe presque tout cet espace entre les coxae chez les femelles. Chez les mâles, l'ouverture est plus réduite. L'orifice anal est postérieur et l'orifice génital se trouve sous le capitulum. Le dimorphisme sexuel est peu marqué ; la reconnaissance des sexes est basée sur la forme et la taille du pore génital (**Perez-Eid, 2007**).

b. Les nymphes

La stase des nymphes peut comporter plusieurs stades (2 à 7) en fonction des espèces et du sexe de la tique ; les mâles vont souvent apparaître après un nombre réduit de stades comparé à celui des femelles. La taille de la tique augmente à chaque stade. Comme l'adulte, les nymphes ont un capitulum ventral, un hypostome réduit et ne présentent pas de pulvilles plantaires et, elles ne possèdent pas de pore génital.

c. Les larves

Les larves sont très différentes des autres stases : le capitulum est antérieur, l'hypostome bien denticulé. Elles possèdent des pulvilles et trois paires de pattes.

5. Anatomie interne des tiques

L'anatomie interne est similaire entre tiques dures et tiques moelles. Des détails précis sur l'ultrastructure et le fonctionnement des différents organes peuvent être trouvés dans l'ouvrage de (Sonenshine et Roe, 2014). Ici, chaque système est décrit brièvement en soulignant les différences éventuelles qui existent entre les deux familles de tiques.

5. 1. L'hémocèle

L'hémocèle consiste en une cavité remplie d'hémolymphe dans laquelle se trouvent l'intestin, les glandes salivaires le synganglion et des chaînes nerveuses associées aux différents organes, l'appareil reproducteur et les tubes de Malpighi (Mehlhorn, 2001). L'hémolymphe contient des cellules phagocytaires et des substances solubles (protéines en grandes quantités, peptides antimicrobiens dont des défensines, lectines, lysozymes) qui jouent un rôle essentiel dans l'immunité innée de la tique.

5.2. Le système digestif

Il est formé d'un intestin diverticulé occupant une large partie de la cavité, il se dilate fortement pendant le repas sanguin. Il s'ouvre à l'extérieur par un œsophage, un pharynx, puis au niveau de l'orifice buccal. Il se termine par les chélicères et l'hypostome. Chez les tiques, la digestion du sang se fait de façon intracellulaire, dans les cellules de l'épithélium digestif. Il n'existe pas de canaux alimentaire et salivaire différenciés ; le repas sanguin consiste en une alternance d'émission de salive et d'absorption de sang par le biais du même canal tout le long du gorgement de la tique. Pour les insectes hématophages stricts, des bactéries endosymbiotiques jouent souvent un rôle majeur dans la production des nutriments essentiels, absents du sang des vertébrés. Chez les tiques, ce type de symbiose reste peu connu, mais des recherches récentes ont révélé la présence de nombreuses bactéries dont le rôle est encore inconnu (Zhong *et al.*, 2007 ; Wilkinson *et al.*, 2014).

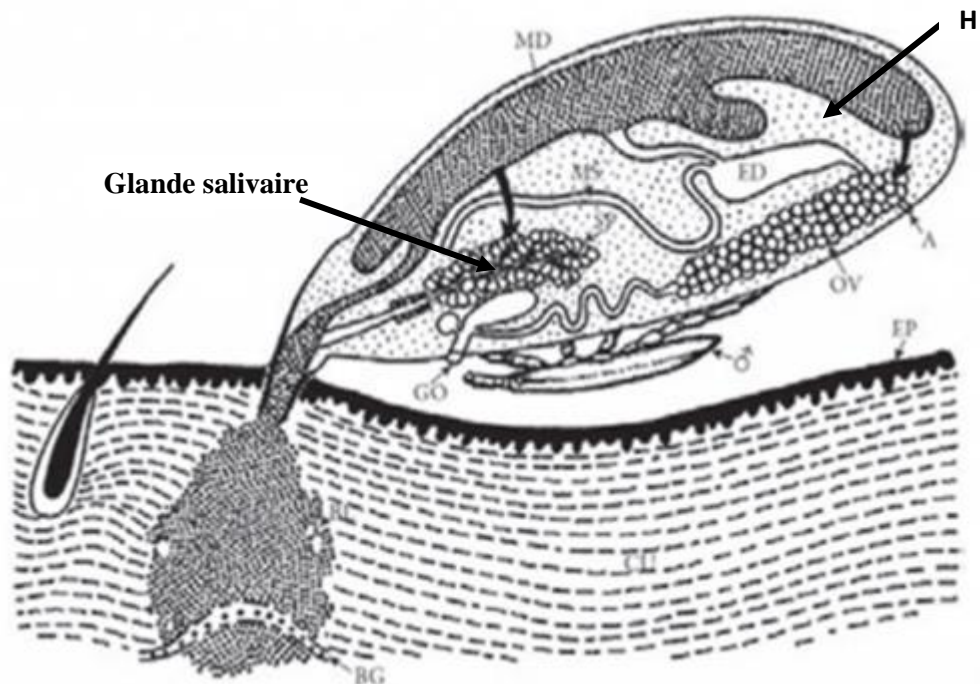


Figure 12: Anatomie interne d'une tique dure femelle, avec un mâle en position ventrale.

A : anus, ED : intestin postérieur ; EP : épiderme, ; MD : intestin moyen ; GO : gonopore ; H : hémocèle ; OV : ovaire, (d'après Mehlhorn, 2001).

5.3. Les glandes salivaires

Elles sont multilobées et formées d'acini de trois types chez les femelles et quatre types chez les mâles pour les tiques dures. Le type I est impliqué dans l'osmorégulation, le type II et III dans le transport de l'eau, la synthèse et la sécrétion de protéines. Le type IV chez les mâles est associé à la lubrification et au transfert du spermatophore à la femelle lors de l'accouplement (Alarcon-Chaidez, 2014).

Chez les tiques molles, les glandes salivaires sont plus compactes avec uniquement trois types d'acini. Pour les deux familles de tiques, ces glandes sécrètent une salive particulièrement riche en substances pharmacologiquement actives et immunomodulatrices qui facilitent la prise du repas sanguin avec de propriétés cytolytiques, vasodilatatrices, anticoagulantes, anti-inflammatoires et immunosuppressives (Kazmirova et Stibraniova, 2013).

Chez les tiques dures, elles sont aussi responsables de l'excrétion de l'eau en excès du repas sanguin. La salive participe également à la sécrétion d'un ciment chez les tiques dures, qui entoure les pièces piqueuses et ancre la tique efficacement dans la peau de l'hôte. Pour éviter le dessèchement, le genre *Ixodes* sécrète sur ses pièces piqueuses une salive riche en sels et

donc hygroscopique pour lutter contre la déshydratation. L'eau qui s'y condense est alors réabsorbée et permet la réhydratation de la tique.

5.4.Le système excréteur

Pour les deux de tiques, une paire de tubes de Malpighi recueille les produits de dégradation provenant de l'hémolymphe notamment des cristaux de guanine) et les achemine vers l'anus pour être excrétés.

5.5.Le système respiratoire

Il est constitué de trachées et s'ouvre par des spiracles chez les adultes et les nymphes. Les larves respirent à travers la cuticule sans appareil particulier.

5.6.Le système génital

Chez la femelle il est très développé avec un ovaire unique en forme de chapelet, qui prend l'apparence d'un « U » chez les tiques dures, mais qui est plus ramassé chez les tiques molles. De chaque extrémité part un oviducte pour former un utérus auquel se branche une spermathèque chez les tiques méastriates et un vagin qui s'ouvre vers l'extérieur au niveau du pore génital ou gonopore. Chez les prostriates et les argasidés, le vagin est plus important en taille et sert aussi de spermathèque. L'organe de Gêné est un sac situé au niveau de l'orifice génital qui se dévagine lors de la ponte. Il secrète lors de l'oviposition une cire protectrice (**Perez-Eid, 2007**).

Chez le mâle, on observe deux testicules tubulaires, des canaux déférents qui fusionnent pour former un réceptacle séminal et le conduit éjaculatoire s'ouvrant au niveau du pore génital. Une glande dorsale, accessoire au conduit éjaculatoire, produit la substance pour former le spermatophore qui contient les spermatozoïdes. Lors de l'accouplement, le mâle introduit ses pièces piqueuses dans le gonopore de la femelle où il dépose ce spermatophore.

5.7.Le système nerveux

Le système nerveux est formé d'une masse ganglionnaire ou synganglion, situé à l'avant près de l'ouverture génitale. Un réseau de nerfs innerve les différents organes (chélicères, palpes, yeux s'ils existent, œsophage, pattes, glandes salivaires, ...). Les organes sensoriels pour le repérage des hôtes sont constitués de soies, surtout au niveau des pédipalpes et de l'organe de Haller. Si les yeux sont présents, ils sont recouverts d'une cuticule transparente.

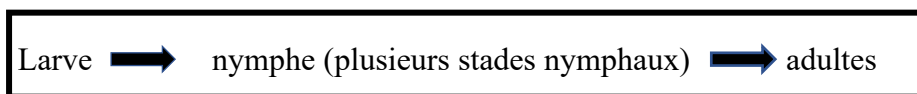
6. Cycle de vie

6.1. Le développement

Les tiques sont hémimétaboles : les stases larvaires, nymphales et adultes se ressemblent et subissent des changements graduels lors des mues. La prise du repas sanguin change leur aspect d'une manière importante.

Les tiques ne sont pas des ectoparasites permanents et elles vont alterner des phases libres et des phases parasitaires. En conséquence, leur survie et leur développement sont fortement liés aux caractéristiques de l'environnement biotique (hôte) et abiotique (habitat de l'hôte, température, humidité, ...).

- **Chez les argasidés, le cycle comporte trois stases :**



Le nombre de stades nymphaux varie selon les genres, il est par exemple de 2 dans le genre *Otobius* et de 3 à 8 dans le genre *Ornithodoros*. Ce nombre peut varier aussi en fonction de la température et de la qualité et la quantité du sang ingérée lors du repas sanguin. Le repas larvaire est habituellement le plus long, plusieurs jours pour la plupart des espèces, certaines larves peuvent muer directement en nymphe sans gorgement en utilisant des ressources accumulées dans l'œuf (**Apanaskevich et Oliver, 2014**). Aux stases nymphale et adultes, les repas sanguins sont nombreux et de courte durée (15 à 30 minutes). Le nombre de repas d'une nymphe qui se transformera en mâle est plus faible que pour celle qui se transformera en femelle (**Sonenshine, 1991**).

Après chaque repas sanguin (jusqu'à 6), la femelle pond ses œufs dans les habitats des hôtes ; la durée de vie peut être longue, 10 à 20 ans.

- **Chez les ixodidés**, le cycle de vie comporte aussi trois stases, avec un seul stade nymphal, se nourrissant typiquement une fois dans chaque stase. Ces repas vont durer entre 3 et 12 jours selon les stases (~3 jours pour les larves, 5-6 pour les nymphes et 6-12 pour les adultes femelles). Pour finir son repas sanguin (qui se déroule en deux phases, une lente et une rapide), la femelle des tiques dures doit obligatoirement être fécondée. Elle se laisse alors tomber au sol pour y pondre ses œufs d'où les larves émergeront en 4 à 28 jours suivant les conditions environnementales et l'espèce considérée

5.8.Reproduction

Les cycles de reproduction varient d'une manière importante entre les deux familles de tiques, notamment en fonction de leurs préférences trophiques.

L'accouplement des tiques dures peut avoir lieu avant ou pendant le repas de la femelle. Les mâles et les femelles sécrètent de nombreuses phéromones d'attraction et de copulation qui sont plus ou moins spécifiques à chaque espèce et qui stimulent le gorgement de la femelle au cours duquel le mâle transfère le spermatophore (**Kaufman, 2007**). La femelle de la tique dure pond jusqu'à 20000 œufs selon l'espèce, une seule fois dans sa vie, puis elle meurt.

A l'inverse, chez les tiques moelles, chacun des multiples repas des femelles stimule un cycle gonotrophique. Jusqu'à 6 cycles gonotrophiques peuvent être observés chez certaines espèces (**Farkas et al., 2013**). La femelle produit entre 20 et 150 œufs de grande taille à chaque ponte, avec une production totale en fonction du nombre de raps qui peut aller jusqu'à un millier d'œufs (**Rhodain et Perez, 1985**). L'accouplement se fait toujours en dehors des hôtes ; les femelles peuvent s'accoupler plusieurs fois, mais un seul accouplement est suffisant pour féconder les œufs (**Kaufman, 2007**).

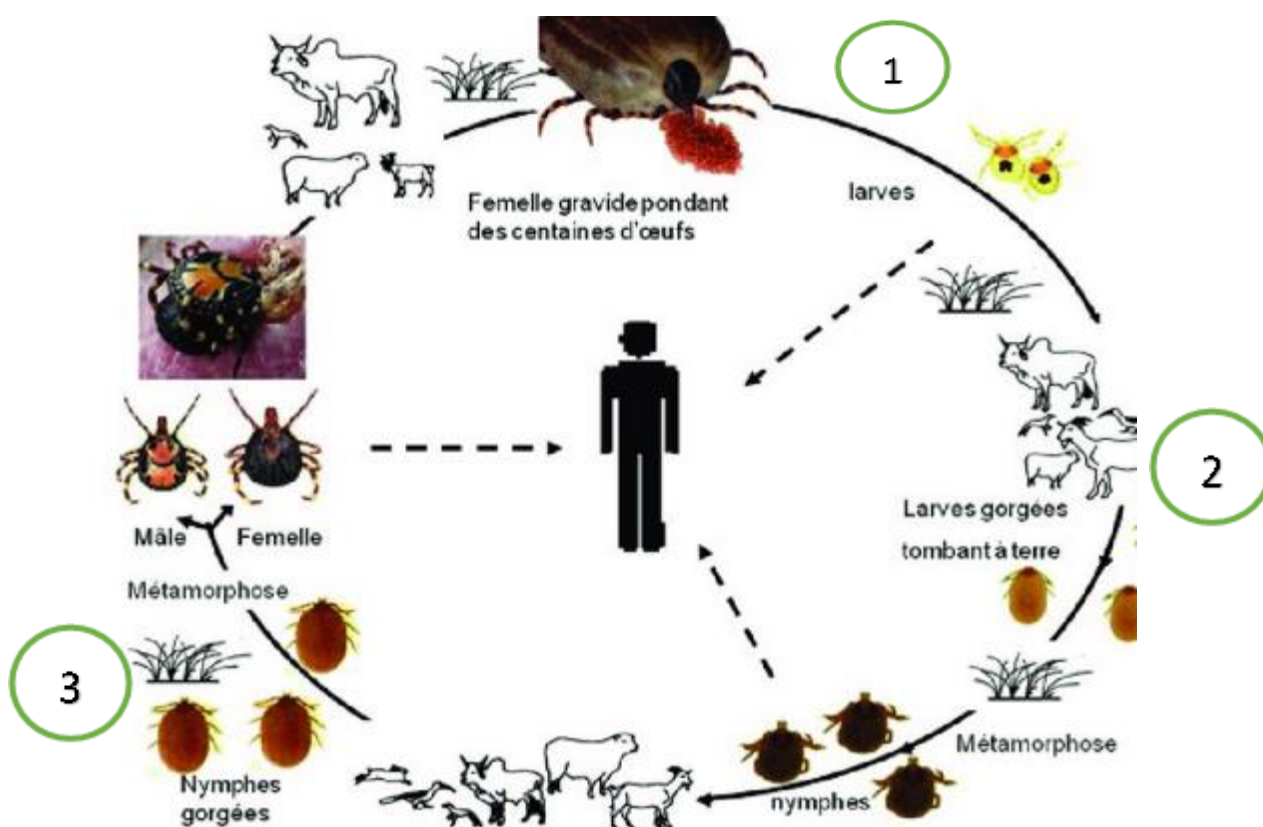


Figure 13: le cycle de vie d'une tique dure triphasique , *Amblyomma variegatum*

(1) œuf pondus par les femelles, qui donnent des larves hexapodes.

(2) ces larves se nourrissent sur des petits mammifères pendant 3 jours environ, puis se laisse tomber au sol pour muer. Apparaissent les nymphes octopodes (3), qui se nourrissent également sur des mammifères ou des oiseaux pendant environ 5 jours. Elles se laissent à leur tour tomber au sol pour muer et se transformer en adulte. La recherche d'un dernier hôte s'effectue. C'est le plus souvent sur des grands mammifères comme des cervidés que les femelles vont se nourrir, car la quantité de sang prélevée est importante avec un repas sanguin d'environ 10 jours.

Les mâles ne se nourrissent que peu ou pas, mais sont retrouvés sur les hôtes pour l'accouplement. (D'après Mehlhorn, 2001).

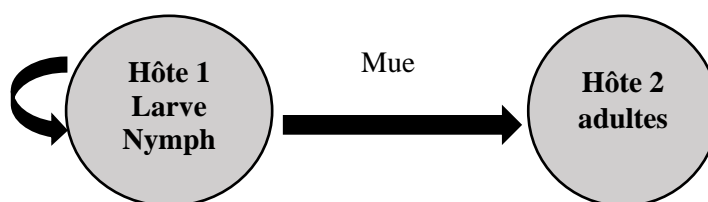
6.2. Types de cycle

On peut distinguer différentes catégories de tiques en fonction du nombre d'hôtes intervenant lors du cycle de vie :

a. Cycle triphasique : trois repas sanguin sur trois hôtes différents. 90% des tiques dures exemples : *Dermacentor*, *Amblyomma*, *Haemaphysalis*, *Ixodes*.



b. Cycle diphasique : trois repas sanguins sur deux hôtes. Surtout pour les genres de savanes ou de steppes dans les régions sèches exemple : *Rhipicephalus*, *Hyalomma*



c. Cycle monophasique : un seul hôte chez les mammifères ongulés. Exophile et obligatoirement monotrope. Très peu de genres. Ex : *Rhipicelus (boophilus) microplus*



Figure 14: Principaux cycles de tiques (d'après Bourdeau, 1993; Perez-Eid, 2007)

6. Préférences trophiques

Certaines tiques sont opportunistes en termes de préférence d'hôtes, surtout pour les phases immature (larves et nymphes) des tiques exophiles. D'autres sont sélectives dans leur choix. Les tiques monotropodes (ou monoxènes) utilisent le même type d'hôte pour toutes les stases.

7.1. Mode de vie

En fonction de leur mode de vie, il y a : les tiques endophyles ou pholéophiles, appelées aussi tiques nidicoles, se trouvent dans des habitats très spécialisés comme les nids, les terriers, ...où l'hôte fait son habitat et les tiques se reproduisent. Ce sont surtout les argasidés et certaines ixodidés et les tiques exophile, qui vivent en espace ouvert, sont sensibles à la dessiccation. Ce sont surtout les tiques metastriates (Ixodidae). Elles sont plus répandues à travers le monde. Elles se trouvent dans les habitats très variés et généralement ouvert : forêt, savane, prairie, où elles se cachent dans la litière des feuilles, l'humus, ... on les trouve même en zone périurbaines voire urbaine (**Rizzoli et al. 2014**).

7.2. Le repas sanguin -Mécanisme

La recherche de l'hôte se fait grâce aux organes sensoriels (pédipalpes, organe de Haller, ...) qui détectent les odeurs, les gaz, la chaleur dégagée par l'hôte, ... Les tiques se fixent en général sur les zones cutanées à peau fine dans les zones protégées de frottement où elles vont souvent se regrouper sous l'effet de phéromones. Une fois que la tique est sur l'hôte, l'hypostome et les chélicères s'enfoncent dans la peau : l'hypostome sert d'ancrage et les chélicères coupent les tissus jusqu'à former une poche de lyse autour des pièces piqueuses, cela surtout chez les Ixodidae (**Sonenshine et Roe, 2014**). Les glandes salivaires vont participer à l'osmorégulation en concentrant le sang et en rejetant l'excès d'eau dans le point d'inoculation. Le repas sanguin comporte deux phases : une phase lente et progressive, puis une phase rapide durant laquelle la tique grossit très rapidement. Si une femelle n'est pas fécondée, elle reste en phase lente du gorgement elle ne peut pas produire une ponte. Pendant le repas la cuticule (et notamment l'endocuticule) est à nouveau synthétisée pour s'adapter à l'augmentation de taille induite par la prise du repas sanguin. Les mâles se nourrissent peu ou pas et sur de brèves périodes. A la fin du repas sanguin, la tique se laisse typiquement tomber au sol pour muer ou pondre les œufs. Après une mue, la tique devra à nouveau rechercher un hôte.

7.3. Rôle clef de la salive

La salive joue un rôle essentiel dans la piqûre de la tique et elle facilite la transmission des agents infectieux (**Bernard et al., 2014**). Elle est riche en substance pharmacologiquement actives qui facilitent la prise du sang telles que l'apyrase comme anticoagulant, des

anesthésiques comme la prostaglandine, des antihistaminiques qui induisent une vasodilatation, de la bradykinine qui supprime la sensation de douleur ... Un certain nombre de molécules immunosuppressives ont également été décrites : elles clivent des protéines du complément de l'hôte, inhibent la prolifération des lymphocytes TCD4⁺ et la production des anticorps (**Fontaine et al., 2011 ; Kazimirova et Stibraniova, 2013**).

8. Importance médicale et vétérinaire

Les tiques sont des vecteurs majeurs d'agents infectieux (**Moutailler et al., 2016**). Sur un plan vétérinaire, elles sont les vecteurs les plus importants avant les moustiques ; en médecine humaine, les tiques se placent après les moustiques. Le panel d'agents infectieux transmis par les tiques est très varié : il va des bactéries *Borrelia burgdorferi sensu lato* (borréliose de Lyme), *Borrelia miyamotoi* (fièvres récurrentes à tiques), le genre *Rickettsia* (rickettsioses), Ehrlichia récemment renommée *Anaplasma* (anaplasmose), *Coxiella burnetii* (Coxiellose, ex : fièvre Q) jusqu'aux virus appartenant aux différentes familles : Flaviviridae (le virus de l'encéphalite à tique), Bunyaviridae (le virus de la fièvre de Crimée-Congo), Reoviridae (virus de la fièvre de Colorado), et aux parasites (*Babesia spp.*, *Theileria spp.*). Chez les tiques, l'agent infectieux peut se transmettre de stases à stase (transmission transstadiale), de la femelle à l'œuf (transmission verticale) et/ou de tique à tique via l'hôte (transmission horizontale) selon le pathogène. Enfin le phénomène de co-repas (en anglais, co-feeding) permet à certains agent infectieux, virus de l'encéphalite à tiques et bactéries responsables de la borréliose de Lyme par exemple, d'être transmis d'une tique infectée à une tique saine au site de piqûre, en l'absence de virémie ou de bactériémie chez l'hôte, et cela même chez un hôte résistant ; on parle alors de transmission par co-repas (**Randolph et al., 1996 ; Voordouw, 2015**).

9. Surveillance, prévention et contrôle des tiques

9.1. Surveillance

La surveillance des populations de tiques est essentiellement basée sur la cartographie des zones à risque, inventaires faunistiques, analyse de la biologie et la recherche des agents infectieux. Cela peut être pratiqué selon deux approches, soit dans leur biotope lors de leur vie libre, soit sur les hôtes lors des phases de gorgement (**Perez-Eid, 2007**).

9.1.a. Collecte directe dans le milieu

Lorsque la biologie de la tique est bien connue, la collecte peut se pratiquer dans l'habitat. Pour les tiques endophiles comme *R. sanguineus*, la collecte se dans les anfractuosités des murs ou dans les nids d'animaux (ex : nids de pigeon pour la tique moelle *Argas reflexus*).

Pour les tiques exophiles comme *Ixodes ricinus* ou pour les stases adultes de *Dermacentor*, on pratique la collecte sur la végétation. Plusieurs méthodes d'échantillonnage sont disponibles.

9.1.b. Méthode du drapeau (Vassallo *et al.*, 2000).

L'échantillonnage par la méthode de drapeau (en anglais, *dragging method* ou *flagging method*) est la méthode la plus fréquemment utilisée et permet de prélever les tiques à l'affût en stimulant le passage d'un hôte. Ainsi, les tiques à l'affût s'y accrochent et sont ensuite prélevées à la pince fine pour être identifiées et analysées.

9.1.c. Piège à CO₂ (Gray, 1985)

L'échantillonnage par piège à CO₂ consiste à attirer les tiques par l'émission de CO₂ qui stimule la présence d'un hôte à proximité par un leurre olfactif. Le CO₂ est émis par la glace carbonique ou à partir d'une bonbonne qui se trouve dans un récipient placé au sol. Un raban adhésif double-face est collé au récipient.

9.1.d. Capture des tiques sur hôte

L'échantillonnage des tiques à partir des hôtes consiste à rechercher et prélever avec les outils adaptés à cette fin le nombre de tiques présentes sur l'animal.

9.2. Prévention

9.2.a. Chez l'homme, deux types de préventions sont envisagées, prévention primaire et secondaire.

- **Prévention primaire**

Dans le cas des tiques qui attaquent leur hôte à l'affût sur la végétation, la prévention chez l'homme repose sur des mesures simples telles que porter des vêtements longs et clairs, et glisser le bas du pantalon dans les chaussettes, voire mieux, porter des guêtres. L'utilisation de répulsifs cutanés comme la perméthrine, picaridine, L'imprégnation vestimentaire peut être aussi alternative à l'utilisation de répulsifs cutanés. Le contrôle corporel au retour des zones infestées est également important puisque aucune mesure ne protège à 100%.

Dans le cas des tiques endophiles, des mesures de prévention peuvent aussi inclure l'amélioration de l'habitat afin de réduire les abris favorables pour les tiques, ou l'élimination des animaux sauvages qui vivent à proximité de l'homme, comme les micromammifères.

- **Prévention secondaire**

Malgré l'utilisation des mesures de prévention, les tiques peuvent déjouer la protection vestimentaire et chimique de l'homme. Donc en cas de piqûre de tique, l'extraction mécanique est la plus efficace et doit être pratiquée le plus rapidement possible. Un « tire-tique », petit pied de biche en plastique, est recommandé.

9.2.b. Chez l'animal, dans les pays tempérés, le recours aux acarides est fréquent, notamment pour les animaux de compagnie, chiens et chats. Différentes formes galéniques sont proposées, dont le spot-on. Les principales molécules sont actuellement des dérivés l'Ivermectine, des pyréthrine, l'imidaclopride et le Fipronil, à utiliser selon les recommandations strictes des fabricants. Dans la quasi-totalité de la zone tropicale, le mode d'élevage (extensif) est un facteur prédisposant des animaux aux piqûres des tiques et les infections y afférentes. Par ailleurs certaines pratiques ancestrales (rotation des pâturages, mais aussi au « détiqage » manuel, sont mises en œuvre pour protéger les animaux contre les tiques. Mais l'utilisation de produits chimiques reste la méthode la plus répandue (**Boulanger et Stachurski, 2016**).

9.3. Contrôle ciblé des populations de tiques

9.3.a. Par réduction des hôtes

Diminuer les populations de certains hôtes (ex : cerfs de virginie,) indispensables au cycle de développement des tiques pourrait limiter leurs populations dans l'environnement. Mais cette technique soulève des problèmes écologique, sociologiques et politiques (**Piesman et Eisen, 2008**). Cibler les populations de rongeurs semble constituer une bonne stratégie pour réduire des populations de tiques (**Levi et al., 2012**), mais nécessite un fort investissement dans le temps pour rester efficace.

9.3.b. Lutte chimique ciblée de la faune sauvage

L'objectif est de tuer les tiques sur les hôtes sauvages qui ont été traités avec un ou des acaricides (s) comme la perméthrine 10%, amitraze 2%, Cette approche requiert une bonne connaissance du comportement de l'hôte et de son écologie.

9.3. c. Lutte biologique : parasitoïdes, nématodes, champignons

De nouvelles techniques biologiques sont explorées pour limiter la population de tiques dans l'environnement. Ces études se situent encore sur un plan expérimental. Exemple l'utilisation de guêpes parasitoïdes des tiques du genre *Ixodiphagus* a été testée, de même que des nématodes parasites de tiques et ce champignons entomopathogènes tels *Mearhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana* (**Samish et Ginsberg, 2004**).

9.3.d. Gestion de l'habitat

Le contrôle de tiques passe par la gestion des habitats, l'objectif étant de rendre les habitats des tiques et/ou de leurs hôtes inhospitaliers et/ou inaccessibles. Cela peut être possible par l'application d'une variété de techniques. L'une des plus simples et des plus efficaces est la gestion de la végétation : tonte fréquente, taille des arbustes ou des branches d'arbre et enlèvement de la litière de feuilles.

9.3.e. Vaccin anti-tiques

En raison des problèmes liés à l'utilisation des acaricides (pollution, atteinte d'espèce non ciblée, apparition de la résistance), les recherches sur un vaccin dirigé contre les tiques et les agents infectieux qu'elles transmettent se développent de plus en plus (**de la Fuente et Kocan, 2014**). Bien qu'il y ait d'autres vaccins candidats, le seul utilisé en médecine vétérinaire pour le moment est le « **Bm86** » contre le *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (**Willadsen et al., 1989**). Enfin, une autre approche vaccinale intéressante repose sur l'utilisation d'une protéine du cément, la « **64TRP** » de *Rhipicephalus*, pour bloquer la transmission du virus de l'encéphalite à tiques dans un modèle murin (**Labuda et al., 2006**).

10. Cours pratiques sur les tiques

- 10.1. Collecte des tiques sur les hôtes (chiens, bovins, chèvres, moutons, ...)
- 10.2. Identification morphologique des espèces collectées

CHAPITRE IV : GLOSSINES ET TRYPANOSOMES

1. Introduction

Les trypanosomes sont des protozoaires flagellés, impliqués dans plusieurs pathologies majeures des hommes et des animaux : les leishmanioses, la maladie de Chagas, la dourine, les trypanosomoses humaines (maladie du sommeil) et animales (nagana, surra). A l'exception de la dourine, leur transmission est assurée par des insectes hématophages, par injection lors de la piqûre ou par dépôt de matières fécales contaminées en marge de la plaie. Ces insectes agissent comme vecteur mécanique (transportant le parasite sur leurs pièces buccales souillées) ou comme vecteur biologique (chez lesquels le parasite accomplit un cycle de maturation).

Lorsqu'un vecteur hématophage est impliqué dans une phase de maturation, les trypanosomes sont donc considérés comme dixènes. Ils sont monoxènes (un seul hôte ou pas d'évolution chez l'hôte intermédiaire) dans les cas de la dourine (due à *T. equiperdum* transmis par voie vénérienne) et du surra (*T. evansi*, transmis uniquement de manière mécanique) par exemple. Ce chapitre concerne essentiellement les Trypanosomoses Africaines, plus particulièrement celles des Animaux domestiques (TAA). Ces trypanosomoses sont transmises par différents insectes, parmi lesquels les glossines ou mouches tsé-tsé jouent un rôle prédominant.

2. Les vecteurs des trypanosomes

2.1. La notion de vecteur

Un vecteur est défini comme un organisme vivant (souvent invertébré), qui, à l'occasion de relations écologiques, acquiert un agent pathogène et le transmet d'un hôte à un autre,

- Soit par simple transport mécanique ("seringue souillée volante"), après un repas interrompu.
- Soit par transmission biologique en l'hébergeant i) avec multiplication sans transformations (ex.: tularémie/tabanides, myxomatose/puces, maladie de Lyme / tiques, peste humaine / puces, etc), ii) avec multiplication et transformations indispensables (*T. brucei* s.l. et *T. congolense* / glossines, Plasmodium / anophèles, babésioses / tiques leishmanioses / phlébotomes,).

Un vecteur est en général "*un arthropode hématophage qui assure la transmission biologique (ou mécanique) active d'un agent infectieux*". Ce caractère actif du vecteur est fondamental et s'oppose au caractère passif des hôtes intermédiaires (**Rodhain F. et Perez C., 1985**).

2.1.1. Les vecteurs mécaniques

Avant tout, rappelons que la transmission mécanique par les seringues au cours d'interventions en série (vaccination) est une modalité certaine, sans qu'on en connaisse l'importance sur le terrain.

La transmission mécanique d'un hémoparasite par un insecte hématophage dépend de facteurs liés au parasite, au vecteur, à l'hôte définitif et à leurs relations (**Desquesnes, 1998**) :

- Les hôtes doivent être de même espèce et dans une situation de promiscuité. La parasitémie de l'hôte "donneur" doit être élevée. La piqûre doit être douloureuse pour provoquer une réaction de défense et interrompre le repas de sang.
- Les vecteurs doivent exprimer une préférence trophique marquée pour l'espèce de vertébrés considérée ; le repas de sang requis doit être volumineux, leurs pièces buccales doivent être délabrantes pour occasionner une réaction de douleur (insectes hématophages) ; les insectes doivent avoir un comportement de harcèlement, et réitérer rapidement leur tentative de repas ; leurs densités doivent être élevées.

2.1.1.1. Les Glossinidés

Leur rôle est secondaire dans la transmission mécanique des trypanosomes pathogènes car le repas est court et a lieu en général sur le même hôte. Mais des essais ont été concluants au laboratoire (**Itard J, 2000**). Les trypanosomes sont vivants sur les pièces buccales jusqu'à près de 3 heures après la prise de sang.

Des tentatives de transmission par repas interrompus ont été fructueuses pour *T. vivax* avec *G. m. centralis*, pour *T. b. gambiense* (sur singe) avec *G. f. fuscipes* pour *T. b. rhodesiense* avec *G. m. morsitans* (sur rat.) Une des conditions déterminantes semble être la forte parasitémie de l'animal donneur. (**Moloo et al., 2000**).

2.1.1.2. Les Tabanidés

Les tabanides sont des diptères Brachycères Orthorrhaphes, représentés par environ 3 000 espèces, et dont seules les femelles sont hématophages (les mâles sont floricoles). Les espèces d'intérêt médical ou vétérinaire se rencontrent dans les sous-familles des Chrysopinae et des Tabaninae parmi les genres *Chrysops*, *Haematopota*, *Atylotus*, *Ancala*, *Tabanus* (**Rhodain et Perez, 1985**).

Les tabanides jouent un rôle important dans la transmission mécanique (voie antérograde) de *T. evansi*, *T. vivax*, *T. equinum* et celle (voie postérograde) de *T. theileri*. Ce sont des vecteurs majeurs de trypanosomoses en Amérique sud et en Asie, continents desquels les glossines sont absentes.

- Morphologie

Les tabanidés sont de gros insectes (5-25 mm) avec de gros yeux composés séparés chez la femelle par une bande frontale verticale.

Leurs pièces buccales sont composées de 3 pièces impaires (labre, hypopharynx, labium) et 2 pièces paires (maxilles et mandibules latéro-ventraux qui dilacèrent la peau). Elles sont très développées chez les femelles, beaucoup moins chez les mâles. Ces pièces buccales offrent un environnement protecteur pour les trypanosomes. Il a également été montré que *T. vivax* survivait dans l'estomac et les portions postérieures du tube digestif de *Cryptotylus unicolor* jusqu'à 6 heures après la fin du repas. Il y aurait régurgitation d'une partie du contenu digestif au début du gorgement (Itard J, 2000).

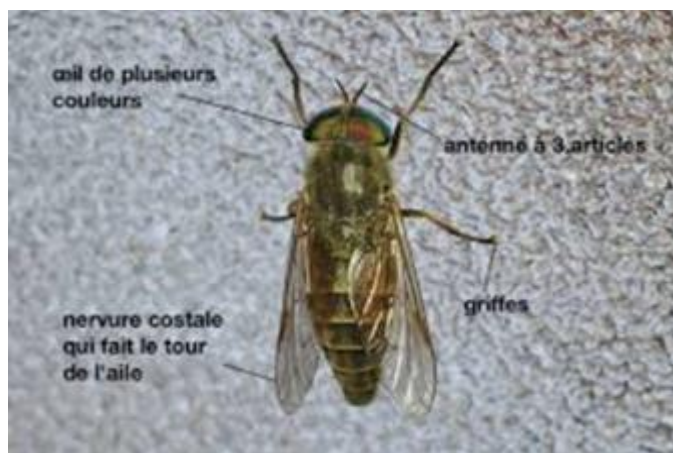


Figure 15: Morphologie générale des tabanidés

Les cycles biologiques des tabanidés sont très longs, et les phases de pullulations sont très saisonnières, centrées sur la saison des pluies en Afrique soudanienne. Le développement des phases pré-imaginale se réalise dans des sites humides. Les larves sont carnivores, et plusieurs stades se succèdent avant la phase nymphale (fig. 10).

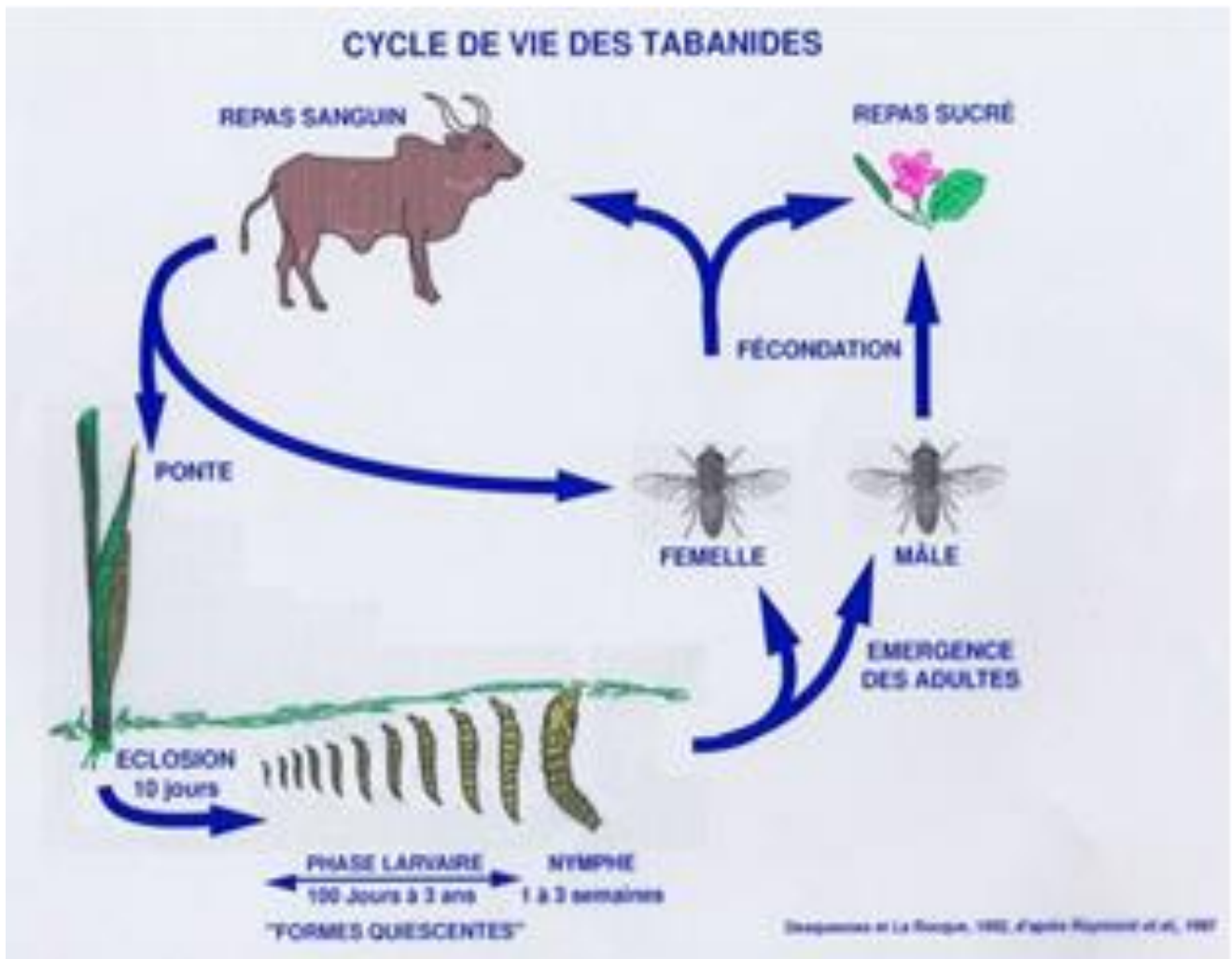


Figure 16: Cycle de vie des tabanides

2.1.1.3. Les Stomoxyinés

Les stomoxyinés sont des Diptères Muscides, ressemblant à une mouche domestique (*Musca domestica*) avec cependant un appareil piqueur facilement observable, très similaire à celui des glossines (palpes courts et divergents).

La ponte des œufs (une centaine) a lieu sur des milieux riches en matières organiques : fèces d'animaux, résidus de coupe de canne à sucre (île de la Réunion). Les larves qui s'en nourrissent, se transforment en pupes (fig.11).

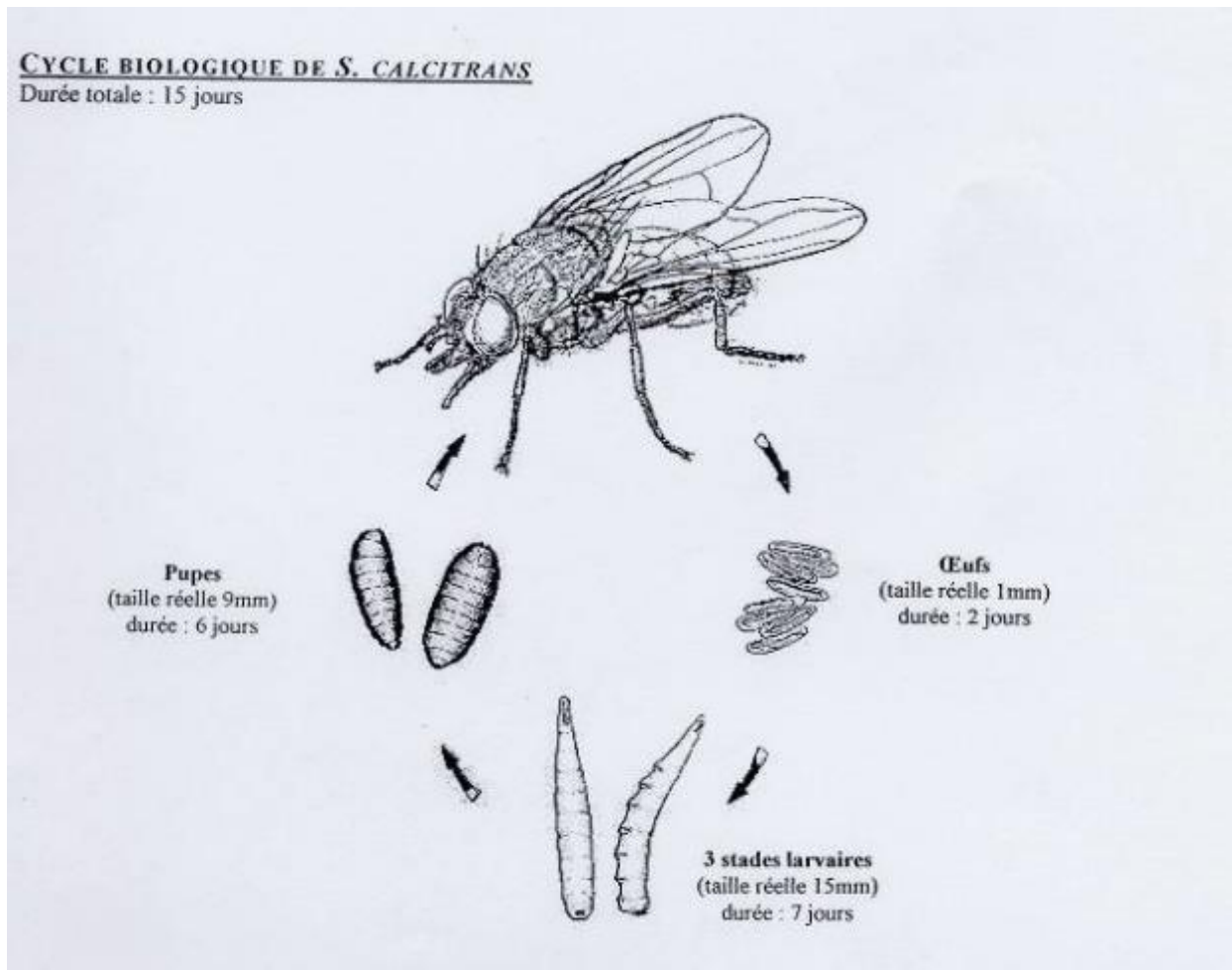


Figure 17: Cycle biologique de *Stomoxe calcitrans*

Les stomoxes transmettent *T. evansi* dans de nombreuses régions du monde et pourraient véhiculer *T. vivax* et peut-être *T. congolense* dans les zones avec ou sans glossines en Afrique (**Bouet et Roubaud, 1912, D'Amico F., 1993, Mihok et al., 1995**). Dans et autour du proboscis, *T. congolense* peut survivre 5 à 7 minutes après le repas, et 1 à 2 heures (maximum : 27 heures) dans l'intestin. Mais si la régurgitation partielle du contenu digestif en début de gorgement a été observée lors d'alimentation *in vitro* au laboratoire, le phénomène semble rare dans la nature (**Sumba et al., 1997**).

Si les pièces buccales des stomoxes sont peu favorables à la persistance de trypanosomes vivants (**Mihok et al., 1995**), leur grande agressivité pour le bétail en fait de redoutables vecteurs potentiels. Le genre *Haematobia* peut ainsi prendre 20 à 30 repas par jour sur les bovins.

Au Kenya (Nairobi National Park), 74,5 % des 9 espèces de stomoxes récoltés prennent leur repas de sang sur le guib harnaché, 7,3 % sur le rhinocéros noir et 5,5 % sur le phacochère.



Figure 18: *Stomoxys calcitrans*

2.1.1.4. Les Hippoboscidés

Les hippoboscidés sont des diptères pupipares, ailés ou non. Ils se reconnaissent facilement par leur corps aplati dorso-ventralement et leurs pattes courtes et écartées munies de griffes.

Les hippoboscidés sont hémato-phages dans les deux sexes. La femelle pond une larve développée sur l'hôte, qui reste accrochée sur les poils et se transforme rapidement en puppe.



Figure 19 *Melophagus ovinus* (A) et *Hippobosca rufipes* (B)

Un exemple : transmission par *Melophagus ovinus* de *Trypanosoma melophagium* (non pathogène).

2.2. Les glossines, vecteurs biologiques

Les glossines sont les vecteurs majeurs des trypanosomoses humaines et animales en Afrique tropicale. Le chapitre suivant se limite à quelques considérations générales.

Les glossines sont des Diptères Brachycères Cyclorhaphes de la famille des Glossinidae, du genre *Glossina*.

2.2.1. Morphologie

Les glossines sont des mouches allongées, robustes, de coloration brun-noirâtre à brun testacé, jamais métallique ; leur longueur, sans la trompe, est comprise entre 6 et 16 mm. Leur poids varie de 7-14 mg pour *G. tachinoides* à 50 à 80 mg pour *G. brevipalpis*.

Sa morphologie et son aspect extérieur n'en font pas un insecte "tape-à-l'œil". Seule une trompe piqueuse saillante révèle l'hématophagie de cette mouche (dans les deux sexes) et des ailes puissantes croisées en "ciseaux" lui offrent une capacité de vol rapide.

Le corps comprend :

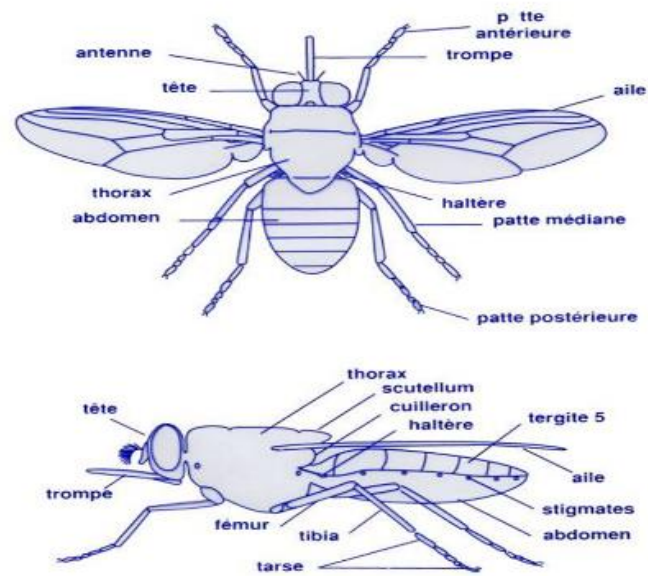
2.2.1.1. **La tête**, qui porte les yeux, les antennes et les pièces buccales :

- Deux grands yeux à facettes (ommatidies) sont bien adaptés à la perception des mouvements des hôtes ;
- 3 ocelles sont sensibles aux faibles changements de l'intensité lumineuse ;
- Les antennes sont les organes essentiels de la perception de l'environnement ; elles portent un petit nombre de cellules réceptrices de la température et un grand nombre de cellules olfactives (**Van naters W., 1997**).

2.2.1.2. **Le thorax** porte 3 paires de pattes et 1 paire d'aile, sur lesquelles sont présents de nombreux chimiorécepteurs.

2.2.1.3. **L'Abdomen** est composé de 8 segments, le dernier portant les organes génitaux externes ou génitalia caractéristiques des espèces et sous-espèces de glossines.

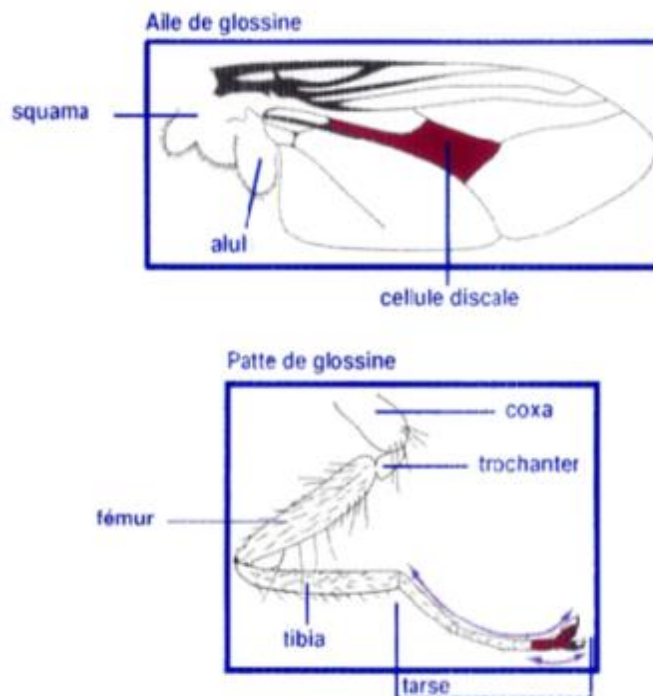
REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE D'UNE GLOSSINE
FACE DORSALE, AILES ÉCARTÉES



Source : J.N. POLLOCK, Manuel de lutte contre la mouche Tse-tse

Figure 20: Morphologie générale d'une glossine.

AILE ET PATTE DE GLOSSINE



Source: J. Jurd, 1973

Figure 21: Aile et patte d'une glossine

2.2.1.4.L'appareil piqueur

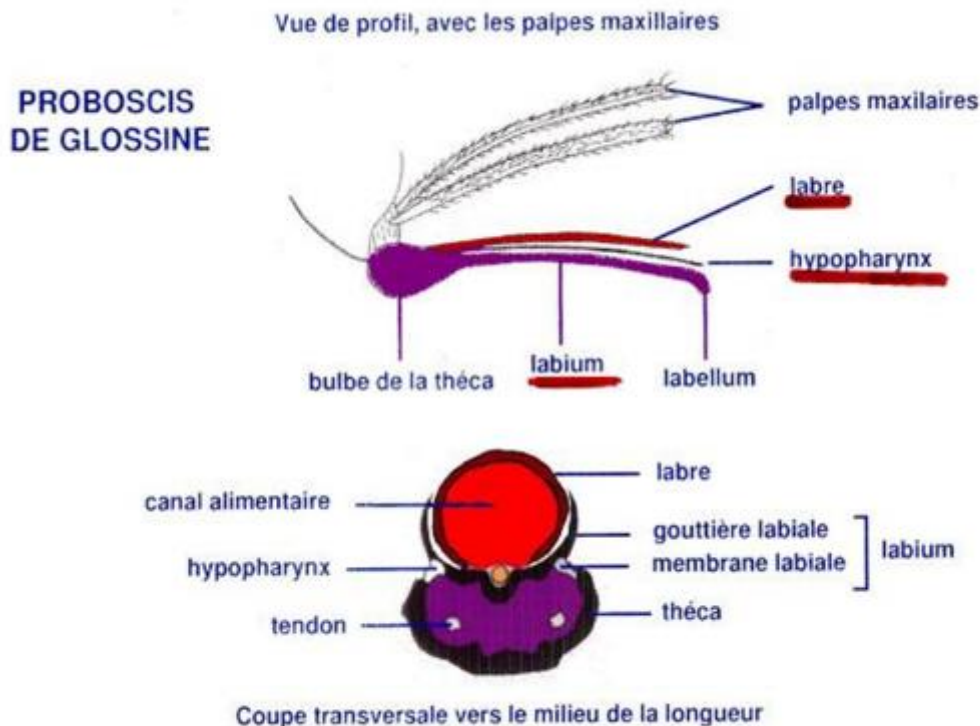
L'ensemble des pièces buccales forme la trompe ou **proboscis** (ou haustellum). Elle est longue, fine, et dirigée vers l'avant au repos. Elle est protégée par les **palpes maxillaires** aussi longs qu'elle, disposés latéralement et creusés en gouttière.

La trompe proprement dite (sans les palpes) est formée de trois parties : le labium, le labre et l'hypopharynx :

a- Le labium est formé de deux longues pièces rigides, **la théca** ventralement et **la gouttière labiale** dorsalement, réunies sur toute leur longueur, de chaque côté, par la **membrane labiale**. La base du labium est renflée, en **bulbe**, et contient les muscles faisant mouvoir la théca et la gouttière labiale l'une sur l'autre. Le milieu de la gouttière labiale est creusé longitudinalement pour loger l'hypopharynx. L'extrémité distale du labium (**labellum**) est bilobée et porte des dents et des râpes servant à sectionner la peau, ainsi que 8 soies chimioréceptives sensibles à l'ATP (**Rice et al., 1973 ; Galun et al., 1988**).

b- Le labre forme une longue gouttière inversée dont les bords s'engrènent avec les côtés de la gouttière labiale pour former un canal à travers lequel le sang est aspiré pendant le repas.

c. L'hypopharynx est un long tube très fin, qui repose dans la gouttière labiale et permet l'écoulement de la salive. Il se prolonge par le **canal salivaire** commun et deux **glandes salivaires** volumineuses (15 mm de longueur) pelotonnées dans l'abdomen.



Source : J. Itard, les glossines. 1983

Figure 22: Structure du proboscis d'une glossine

Dans le canal alimentaire, la présence de **mécano-récepteurs** LC1 (labro-cibariaux de type 1) permet à l'insecte de recueillir les stimuli de pression du flux sanguin.

Au moment de la piqûre, la glossine enfonce son proboscis dans la peau de l'homme ou de l'animal, les palpes maxillaires restant horizontaux. Par des mouvements de va et vient, elle provoque des microtraumatismes tissulaires grâce aux dents labellaires, aboutissant à la formation d'un micro-hématome. Elle injecte alors de la salive anticoagulante provenant des deux longues glandes salivaires. La salive s'écoule par le canal salivaire commun qui s'abouche avec l'hypopharynx et est projetée grâce aux fibres musculaires des glandes et à une valve salivaire. La durée du repas est de 20-30 secondes.

2.2. 2. Anatomie du tube digestif

Le canal alimentaire formé par le labium et le labre se prolonge dans la tête par le **pharynx** qui se dilate et se contracte grâce à la **pompe cibariale**, permettant l'aspiration du sang (5 à 80 mg). Le sang est dirigé vers l'**œsophage** puis le **jabot**, vaste réservoir qui le recueille provisoirement (5 à 30 mn) avant de se vider par le canal du jabot vers le **proventricule**. Le proventricule est un organe musculaire pourvu d'un sphincter sur lequel s'abouche l'**intestin**. Ce dernier comprend 3 segments : **antérieur, moyen, postérieur**.

Le proventricule secrète de façon continue la **membrane péritrophique** (1mm/heure) (**Willett, 1966; Harmsen, 1973**). Elle constitue un long manchon chitineux bilaminaire (0,5 à 3,5 μ), qui enveloppe le repas de sang.

Cette membrane joue un rôle important dans la digestion du repas de sang. Elle est perméable, laisse diffuser les enzymes digestives sécrétées par les cellules épithéliales de l'intestin moyen et absorber les produits de la digestion (qui s'accumulent dans l'espace ectopéritrophique avant d'être assimilés). L'eau est rapidement absorbée (en moins de 3 heures) par les cellules intestinales, puis le résidu progresse dans l'intestin moyen et devient de plus en plus noir et pâteux. Les déchets solides sont retenus dans l'espace endopéritrophique.

La membrane est tirée vers l'intestin postérieur par la valvule prorectale dont la paroi et celle de la partie médiane de l'intestin sont recouvertes de dents chitineuses.

2.2.1. L'intestin moyen est un long tube qui s'étire de la face dorsale du proventricule jusqu'à l'insertion des **tubes de Malpighi**. Il intervient dans la production d'agglutinines ou lectines, dont nous verrons ultérieurement l'importance pour l'acquisition des trypanosomoses.

Dans ses parties antérieure et médiane, on note la présence d'un **mycétome** ou amas de cellules géantes contenant des **symbiotes** ("**Rickettsia-Like Organisms**"). Ces R.L.O. ont divers rôles à peine élucidés :

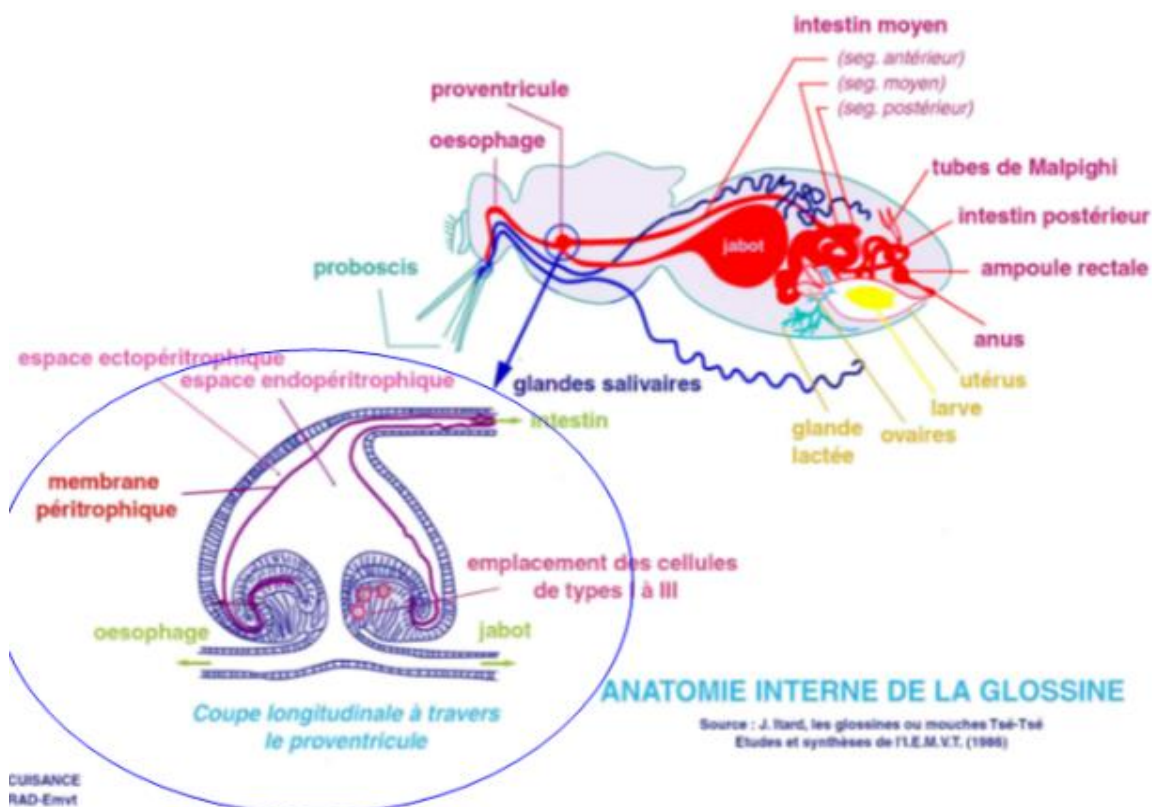


Figure 23: Anatomie interne de la glossine

- Production de vitamines du groupe B (rôle dans la fertilité) et d'acide panthoténique.
- Production de chitinase qui hydrolyse la chitine en glucosamine (cf ultérieurement le rôle dans l'installation des trypanosomes).

2.2.2. L'intestin postérieur, qui s'étend des tubes de Malpighi jusqu'à l'anus, se termine par le colon et le rectum munis de dents chitineuses qui ont un rôle d'entraînement de la membrane péritrophique. Le rectum se termine en ampoule renfermant quatre papilles rectales.

Dans le segment postérieur de l'intestin moyen a lieu l'absorption des produits de la digestion : acides aminés surtout ; sucres, lipides. Les acides aminés jouent un grand rôle chez la glossine - chez la jeune glossine : ils servent à la synthèse des protéines des muscles thoraciques - chez l'adulte : ils interviennent dans les mécanismes de la reproduction (surtout chez la femelle).

2.2.3. L'appareil reproducteur mâle

2.2.3.1. Le genitalia mâle externe

L'appareil reproducteur externe du mâle, ou **hypopyge**, se présente comme une callosité fortement convexe faisant saillie à la face ventrale de l'extrémité de l'abdomen. Sa pièce basale, ou **épanadium**, seule visible au repos, présente en son milieu un sillon longitudinal, dilaté à son extrémité, où se trouve l'anus.

Au milieu du cinquième sternite, en avant de l'hypopyge, on aperçoit une plaque plus ou moins bilobée vers l'arrière, couverte de poils noirs, courts et raides. Cette plaque (ou **hectors**) sert à fixer la femelle au moment de l'accouplement.

L'hypopyge s'articule avec le septième tergite, et, au moment de l'accouplement, bascule de presque 180°. L'armature génitale proprement dite devient alors visible. On y distingue, accrochés à l'extrémité de l'épanadium, les **forcipules** supérieures ou **cerques**, reliés l'un à l'autre (espèces du sous-genre *Glossina* et du sous-genre *Nemorhina*), ou non (espèces du sous-genre *Austenina*) par la **membrane connective** et terminés par une pointe (ou dent) plus ou moins acérée selon les sous-genres.

Situé à la face interne de l'épanadium et protégé par lui, se trouve l'appareil phallique proprement dit, dont l'anatomie, très complexe, comprend essentiellement :

a- la phallothèque, anneau basal sclérifié s'articulant avec le segment 7, et devenant membraneux distalement en formant les sacs vermiformes.

b- les paramères ou **forcipules inférieures**, qui s'insèrent en avant sur le bord de la phallothèque et se composent d'une lame chitinisée à double paroi dont la face externe est pileuse, et la face interne glabre. Les paramères ont une grande valeur taxonomique chez les glossines du sous-genre *Nemorhina*.

c- le **pénis ou phallosome**, partie axiale de l'appareil phallique, qui comprend, outre les conduits spermatiques, un segment proximal (levier de l'édéage) et un segment distal (**édéage**) dont les parties membraneuses sont soutenues par des baguettes chitineuses, les **harpes**. Chez les espèces des sous-genres *Nemorhina* et *Glossina*, les harpes n'ont pas de pointe libre. Chez les espèces du sous-genre *Austenina*, les harpes ont toujours des pointes libres (sauf chez *G. severini*). Leur nombre et leur morphologie sont utilisés, en systématique, pour reconnaître les différentes espèces de ce sous-genre.

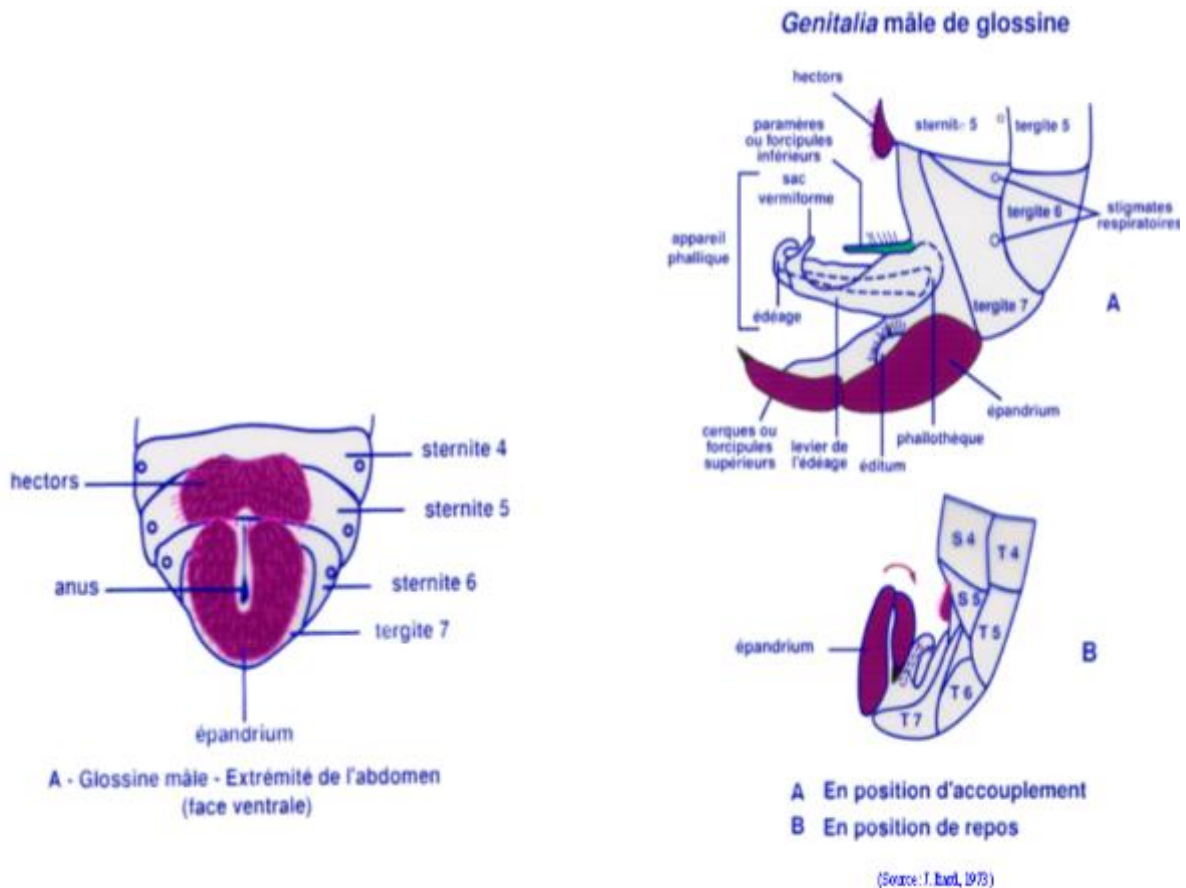


Figure 24: Appareil reproducteur externe d'une glossine mâle

2.2.3.1.L'appareil interne mâle

Il comprend une paire de **testicules** enveloppées d'une coque brunâtre et rempli de spermatozoïdes. Les **canaux déférents**, faisant suite aux testicules, se dirigent vers l'axe du corps et se réunissent aux niveaux des **glandes annexes**, longs tubes dont la sécrétion dilue le liquide séminal et intervient dans la formation du **spermatophore**. Un canal déférent commun part du point de jonction des canaux déférents pairs et des glandes annexes, contourne le rectum et pénètre dans l'appareil phallique.

La spermatogénèse est achevée au moment de l'éclosion du mâle, qui naît donc avec un lot déterminé de spermatozoïdes non renouvelable. Cette donnée biologique est utilisée dans la lutte par lâchers de mâles stérilisés

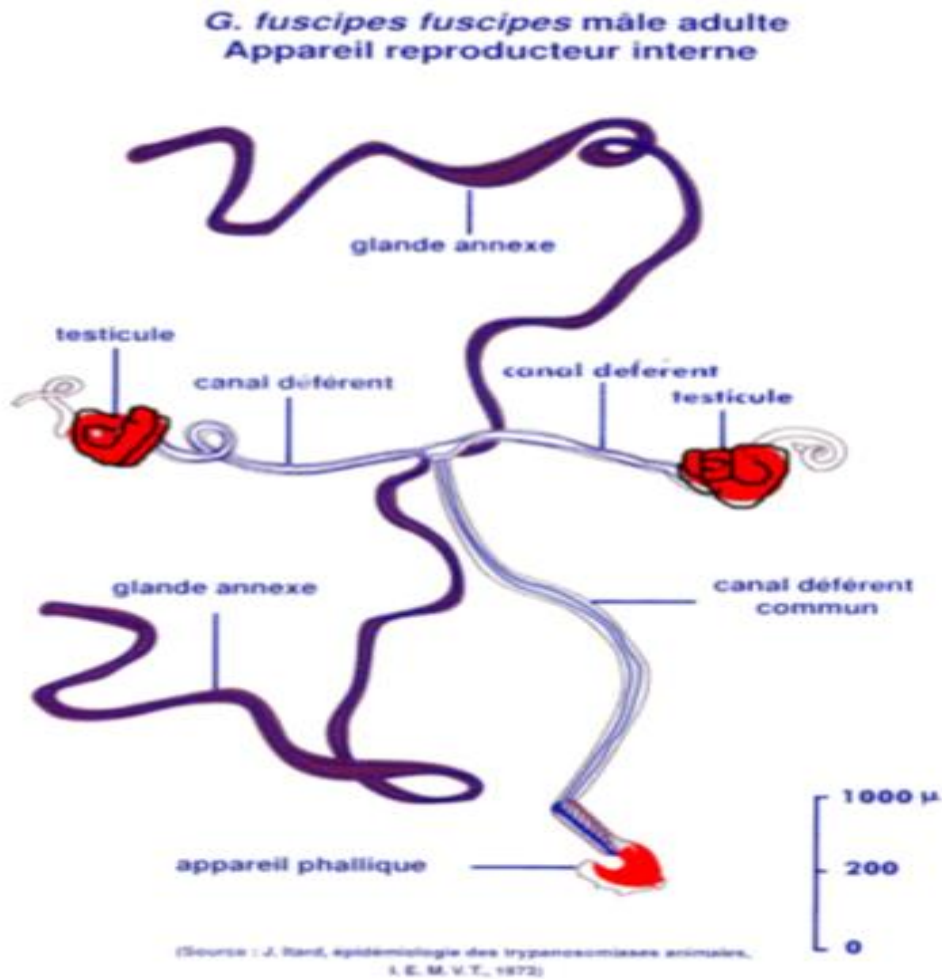


Figure 25: Appareil reproducteur interne d'une glossine mâle

2.2.4. L'appareil reproducteur femelle

2.2.4.1. Le genitalia femelle (appareil reproducteur externe de la femelle)

Les genitalia, chez la femelle, ne présentent pas d'organe saillant comme chez le mâle. Ventralement, à l'extrémité postérieure de l'abdomen et dans une dépression limitée par les marges postérieures du septième sternite et du septième tergite, on remarque une série de plaques pileuses entourant la vulve et l'anus. Leur nombre, leur forme, leur pilosité sont utilisés en systématique, en particulier dans le sous-genre *Nemorhina* où il y a six plaques :

- une paire de plaques dorsales, triangulaires,
- une plaque médio-dorsale, impaire, petite,
- une paire de plaques anales, convexes, pointues du côté interne,
- une plaque sternale, impaire, en forme de mamelon.

L'anus s'ouvre au-dessus de la plaque sternale, entre les deux plaques anales. La vulve est une fente transversale placée à la base de la plaque sternale et cachée par elle.

Dans le sous-genre *Glossina*, les plaques anales sont fusionnées et les plaques dorsales absentes, sauf chez *G. austeni* et *G. longipalpis* où elles sont réduites.

Dans le sous-genre *Austenina*, la plaque médio-dorsale est absente.

On remarque enfin, chez les femelles du sous-genre *Nemorhina*, la présence de callosités copulatrices sur la face ventrale du sixième segment, cicatrices laissées par les pointes des forcipules supérieures (cerques) du mâle lors de l'accouplement.

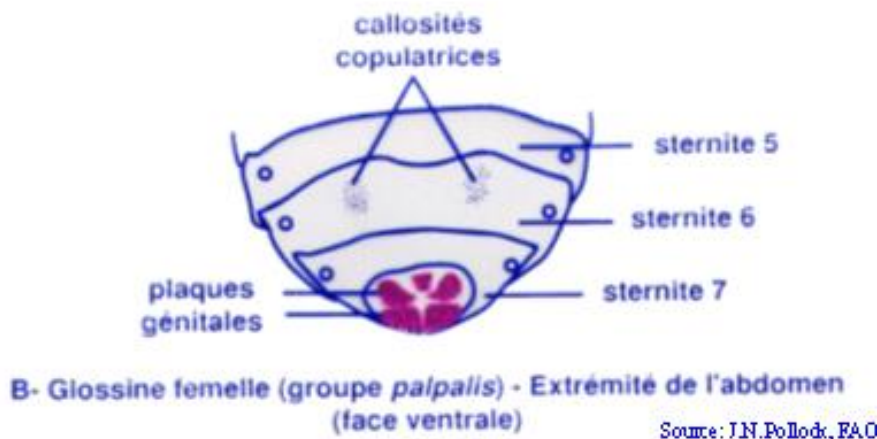


Figure 26: Appareil reproducteur externe d'une glossine femelle

2.2.4.2.L'appareil reproducteur interne de la femelle

Les glossines sont **larvipares** et l'appareil reproducteur femelle est adapté à ce mode de reproduction (viviparité adénotrophique). Il est composé de **deux ovaires** (un droit, un gauche), comprenant chacun **deux ovarioles** (un interne, un externe), de deux **oviductes** courts se réunissant en un oviducte commun, qui débouche dans la portion antéro-supérieure de l'utérus.

Deux **spermathèques** (ou réceptacles séminaux) globuleuses, brunes, pourvues chacune d'un canal déférent, débouchent en arrière de l'oviducte commun, au sommet de la papille utérine.

Une **glande utérine** constituée d'un ensemble de tubes blanchâtres ramifiés, est située à la face dorsale de l'utérus ; son canal impair aboutit, immédiatement en arrière des conduits des spermathèques, à la base de la papille utérine. Elle fournit la nourriture à la larve in utero.

L'utérus est une poche très extensible située dans la partie ventrale de l'abdomen et maintenue par différents muscles. Il débouche à l'extérieur par le vagin, au-dessous des plaques génitales. Chez les femelles du sous-genre *Austenina*, le fond de l'utérus porte une plaque chitinisée, ou **signum**, dont la forme et les dimensions sont caractéristiques de l'espèce.

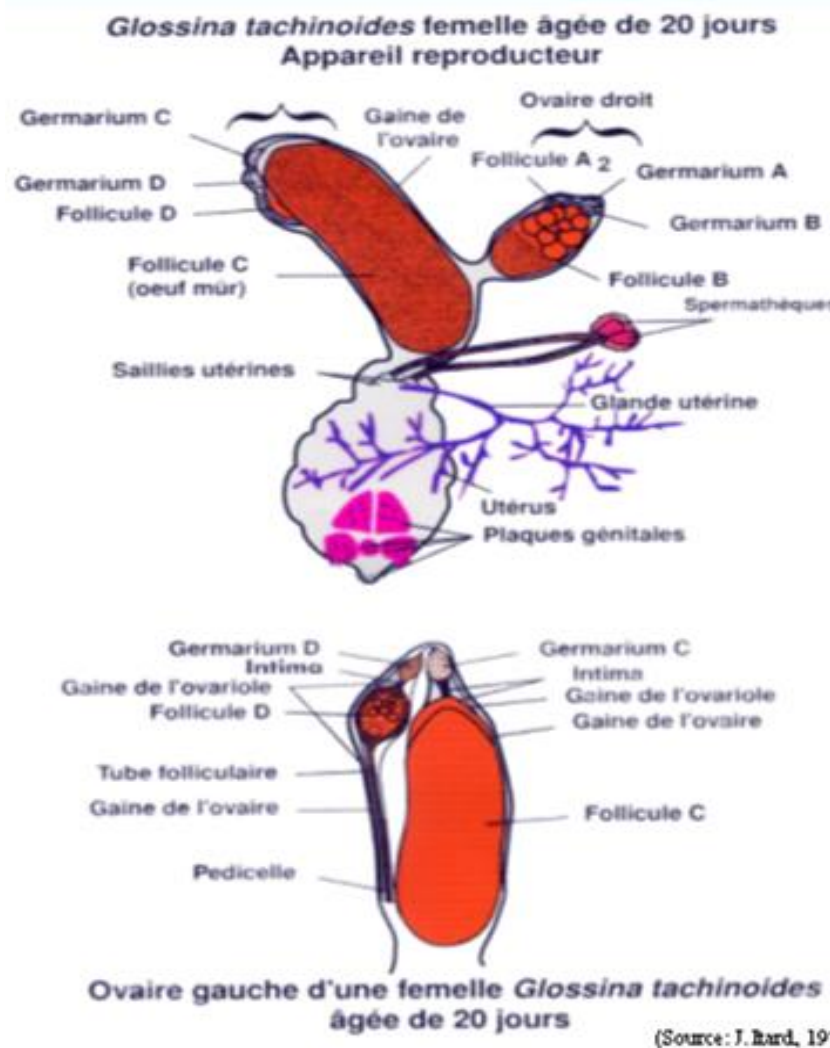


Figure 27: Appareil reproducteur interne d'une glossine femelle

3. Alimentation

Après l'éclosion, la prise du premier repas a lieu entre le premier et le troisième jour (jusqu'à 6 jours chez *G. tachinoides*).

La fréquence des repas ultérieurs est fonction des conditions climatiques, de la disponibilité des hôtes nourriciers et de l'état physiologique de l'insecte (surtout pour la femelle). Le pourcentage de glossines gorgées dépend également des conditions écologiques rencontrées.

Selon **Randolph et al. (1992)**, si une glossine a une probabilité de se nourrir de 0,8 /j. et si on estime qu'elle ne peut dépasser un jeûne de 6 j., elle doit chercher un repas 3 à 4 j. après le précédent. Le calcul de l'intervalle moyen entre les repas serait de 3,5 à 4,5 jours, ce qui correspondrait aux observations de terrain par marquage-recapture et par analyse du taux résiduel d'hématine (**Jackson, 1954 ; Glasgow, 1961 ; Rogers, 1977**).

La durée du **cycle trophique** est estimée à:

- *G. pallidipes*: 2,2 - 2,7 j. (mâles), 3 j. (femelles)
- *G. fuscipes* : 4 j. (mâles)
- *G. morsitans* : 4 j. (max: 8-10 j.)
- *G. tachinoides* : 2 j. (mâles), 4 j. (femelles) en saison des pluies.

A noter que l'intervalle relativement important entre deux repas et la prise de repas volumineux correspondrait à une stratégie de limitation du risque de prédation lors de la prise de sang (**Randolph S. et al., 1991**).

L'importance du repas varie avec l'état nutritionnel. Les glossines ayant d'importantes réserves de graisse prennent des repas plus limités.

4. Reproduction

Le fonctionnement est très particulier. Les 4 ovarioles ont chacun une taille différente à l'éclosion, les follicules étant à des stades de développement variables. **Elles atteindront leur maturité toujours dans le même ordre : ovariole interne droit, puis interne gauche, puis externe droit et enfin externe gauche.** Lorsque le follicule est devenu mûr, il descend à travers le tube folliculaire et l'oviducte et s'implante dans l'utérus. Son passage à travers le tube folliculaire se traduit par l'apparition d'une **relique folliculaire** (petite masse fripée) témoignant de l'ovulation.

Cet ordre déterminé de l'ovulation et la durée relativement constante du cycle (9 à 10 jours environ) **permet la détermination de l'âge physiologique de la femelle** avec une assez bonne précision : méthode de Saunders (1960) améliorée par Challier (1965) et Itard (1966) : En attribuant à chaque ovariole un numéro d'ordre par taille décroissante, on obtient un repère caractéristique qui, joint au nombre de reliques folliculaires observées, permet de déterminer l'âge d'une femelle jusqu'à la 7^e ovulation (80 j). On y associe l'état de l'utérus (vide, œuf, larve I, larve II, larve III).

- Le premier follicule descend vers les 9^eme-10^eme jours de vie (10^eme à 11^eme jour pour *G. pallidipes*) et est fécondé lors de son passage devant l'orifice spermathique. Durant la vie intra-utérine, les stades suivants se succèdent : œuf (3 j.), larve I (1,5 j.), larve II (2,5 j.), larve III (3 j.).

- La larve L_{III} est expulsée vers le 18^e jour (14 à 24 j. selon la température).

Après une vie libre de quelques minutes à 2 heures, au cours de laquelle elle s'enfonce dans le sol par reptation, la larve s'enveloppe d'un **puparium** (insecte pupipare). Dans la puppe, la larve L_{III} évolue en larve L_{IV} puis en **imago**.

Sur une durée de vie moyenne de 100 à 150 j. au laboratoire, une femelle donnera de 8 à 13 descendants. Dans la nature, où sa vie est beaucoup moins longue (1 à 2 mois), elle n'engendrera que 5 à 7 descendants seulement. Le taux de reproduction chez cet insecte est donc très faible.

5. Répartition géographique

Les glossines sont exclusivement des mouches **africaines et continentales**. Deux exceptions : l'île de Zanzibar et peut-être un petit "noyau" en Arabie Saoudite. La limite nord de leur aire de répartition suit approximativement le **15° de latitude Nord** tandis que la limite méridionale correspond à peu près au **20° de latitude Sud** mais s'infléchit le long de la côte orientale de l'Afrique jusqu'à 30° de latitude Sud.

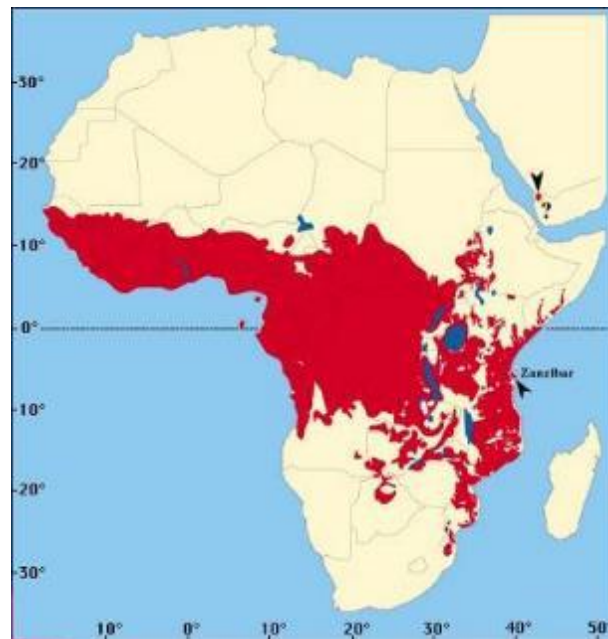


Figure 28: Répartition géographique des glossines

Les glossines sont limitées dans leur distribution par le déficit hygrométrique trop important et les fortes températures au nord (Sahara) et par les trop faibles températures au sud. Elles sont absentes au-dessus d'environ 2000 m d'altitude.

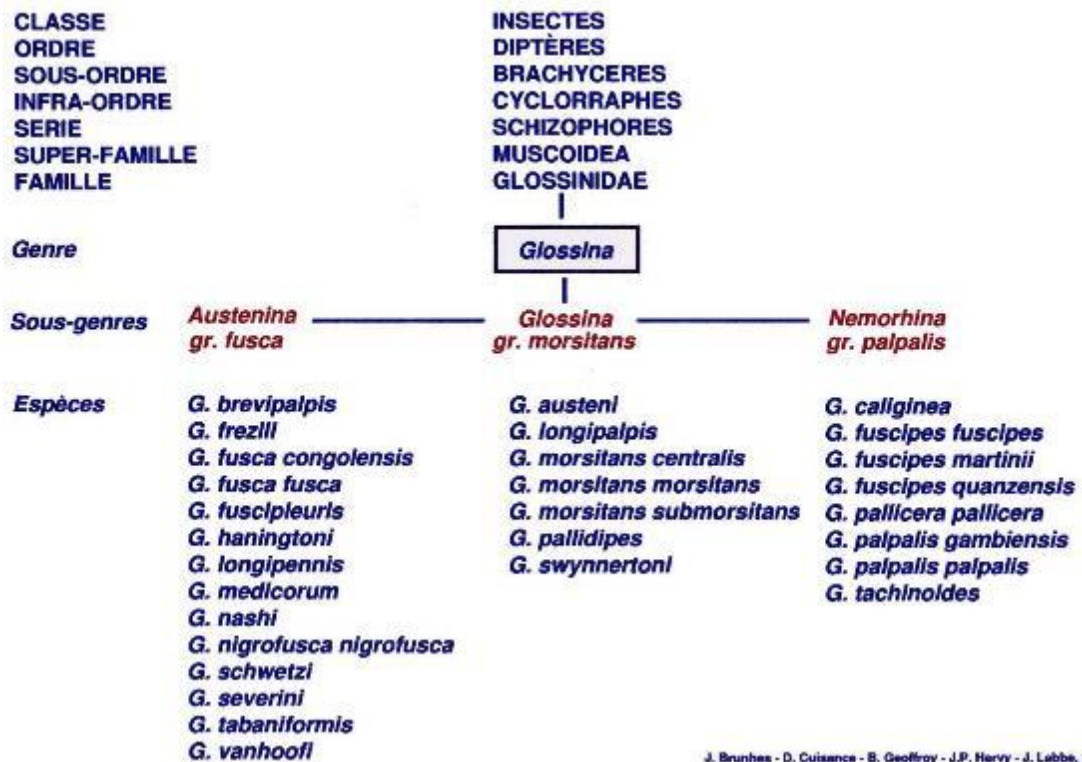
Il est remarquable que la répartition des glossines en Afrique Occidentale et Centrale corresponde à la zonation des zones bioclimatiques (en bandes parallèles à l'équateur) alors qu'en Afrique Orientale la fragmentation du milieu naturel sous l'effet de l'orogénèse aboutit à un morcellement de la distribution des espèces en "ceintures" plus ou moins isolées ; **31 espèces et sous-espèces de glossines** sont actuellement connues.

6. Classification

D'après leurs particularités écologiques et leurs caractéristiques morphologiques, les glossines sont classiquement divisées en trois sous-genres plus communément connus sous le nom de « groupes » :

- **Sous-genre *Nemorhina* (Robineau-Desvoidy, 1830)** ou "**groupe *Palpalis***", qui renferme 9 espèces ou sous-espèces. Ces glossines sont généralement **riveraines**, confinées à la végétation dense bordant le système hydrographique qui se déverse dans l'Atlantique, et à celui de la haute vallée du Nil en Ethiopie. Elles se rencontrent également en zone pré-forestière ou même forestière, ainsi qu'autour des lacs, dans les "bois sacrés", dans les mangroves et dans les "Niayes" du Sénégal. Certaines colonisent les formations végétales très anthropisées (plantations de café, cacao, manguiers, bananiers ...) constituant des gîtes péri-domestiques. Ces glossines sont impliquées dans la transmission de la trypanosomose humaine et, de plus en plus, dans celle des trypanosomoses animales.
- **Sous-genre *Glossina s. str.* (Zumpt, 1935)** ou "**groupe *Morsitans***" qui comprend 7 espèces ou sous-espèces. Elles fréquentent préférentiellement les **savanes boisées** et les fourrés denses et, accessoirement, les forêts claires. Un nombre restreint d'espèces peut survivre, soit dans des brousses sèches, soit en secteur forestier humide. Leur présence est particulièrement liée à la faune et au bétail. Leur rôle est prépondérant dans la transmission des trypanosomoses animales.
- **Sous-genre *Austenina* (Townsend, 1921)** ou "**groupe *Fusca***" qui rassemble 15 espèces ou sous-espèces vivant presque toutes dans la **zone forestière** : forêt ombrophile, forêt mésophile, reliquats forestier, galeries-forestières larges et denses, mosaïque forêt-savane. Certaines sont d'excellents vecteurs des trypanosomes animaux mais occupent des aires généralement sans vocation pastorale. Elles tendent à régresser avec l'anthropisation croissante des forêts.

LA CLASSIFICATION ZOOLOGIQUE DES GLOSSINES



J. Brunhes - D. Cuisance - B. Geoffroy - J.P. Hervy - J. Lubbe, 1996

7. Principales espèces d'intérêt médical ou/et vétérinaire

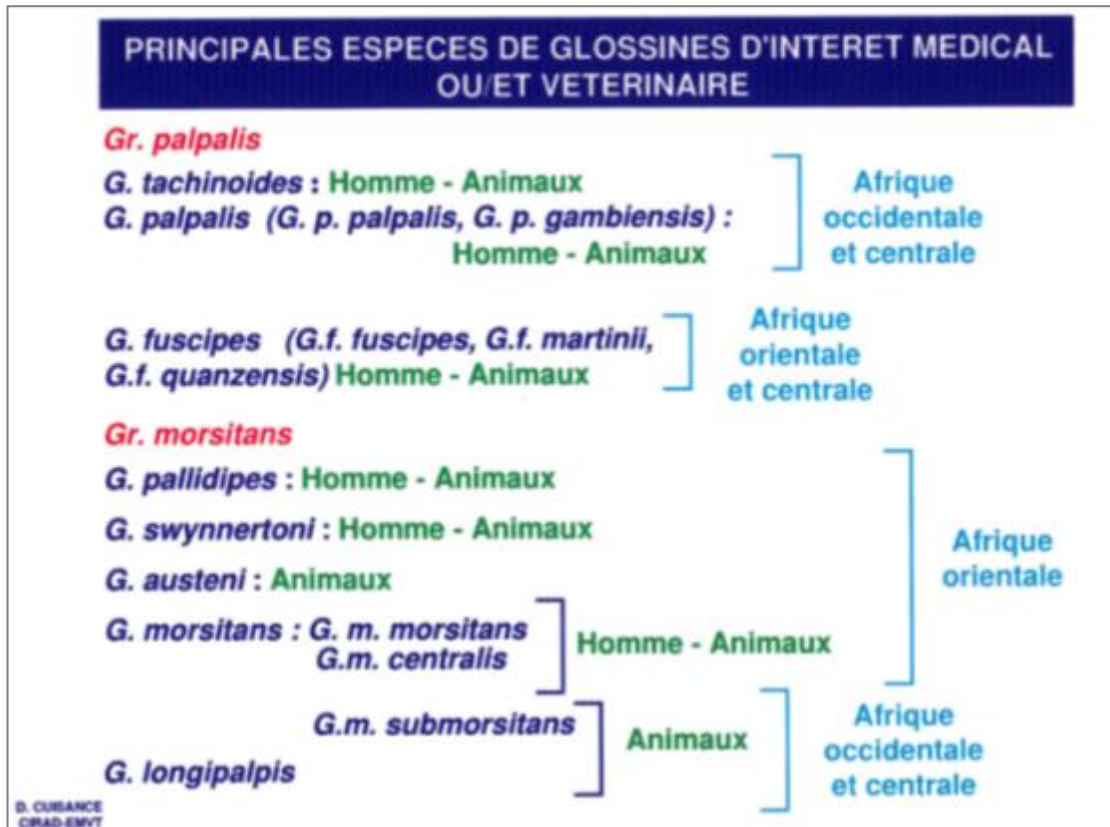
En général, toutes les glossines peuvent transmettre cycliquement les trypanosomes. Toutefois un petit groupe de 12 à 15 espèces ou sous-espèces, du fait surtout de leur distribution et de leur éthologie, représente les vecteurs majeurs des trypanosomoses de l'homme et des animaux domestiques.

CHEZ L'HOMME, ce sont surtout les espèces de forêt et de galeries forestières qui sont les vecteurs essentiels en **Afrique Occidentale et Centrale (groupe *palpalis*)** et les espèces savaniques en **Afrique Orientale (groupe *morsitans*)**.

En simplifiant :

- le groupe Palpalis transmet *T. b. gambiense*
- le groupe Morsitans transmet *T. b. rhodesiense* (exception au Kenya et en Ouganda : *G. fuscipes*)

CHEZ LE BETAIL, ce sont surtout les espèces de savane (groupe *morsitans*) et secondairement celles de galeries forestières (gr. *palpalis*).



8. Ecologie et éthologie des glossines

Les enquêtes menées à fins écologiques et éthologiques doivent s'attacher à l'analyse de différents éléments importants sur le plan épidémiologique tels que : étude faunistique pour une zone délimitée, aire de distribution d'une ou plusieurs espèces, densité pour les différentes espèces et fluctuation (Rogers, 1979), lieux fréquentés en relation avec la végétation, points de concentration, lieux de recherche d'hôtes, hôtes disponibles et attractivité de ceux-ci, identification du repas de sang (technique du squash, et test de fixation du complément, Staak *et al.*, 1981), cycle d'activité et lieux de repos, diurne et nocturne (Tibayrenc *et al.*, 1971), état de réplétion, dispersion (technique capture-marquage-recapture), durée de vie et composition en âge (technique du décompte des reliques folliculaires, Saunders 1960, Challier, 1965).

9. Etude de l'infection

Pour un cadre épidémiologique on recherche à connaître le taux d'infection des différentes espèces de glossines pour les trypanosomes étudiés ; on procède à la dissection des tsé-tsé encore vivants ou tout juste tués (Penchenier et Itard, 1981). Certaines procèdent sur le terrain à la congélation des glossines en azote liquide pour une mise en évidence ultérieure de leurs trypanosomes.

Les trypanosomes arrivés en maturité (trypanosomes infectants) se localisent à différents niveaux chez la glossine selon le groupe auquel ils appartiennent :

- groupe vivax se rencontrent dans le proboscis ;
- groupe congolense sont présent à la fois dans le proboscis et dans l'intestin moyen, et ceux du groupe brucei envahissent les glandes salivaires mais aussi peuvent se rencontrer dans le proboscis et l'intestin moyen.

10. Suivi entomologique et contrôle des glossines

La surveillance entomologique des glossines ne se conçoit qu'à partir des enquêtes de « collecte des données de base », ou « enquête T0 » (Solano *et al.*, 2017).

Par contre, lorsque ces données de base manquent dans une zone où la lutte doit être menée, les zones favorables aux tsé-tsé sont déterminées en collectant diverses informations sur l'écologie, l'environnement, les habitats préférentiels aux différentes espèces de glossines (Rayaisse *et al.*, 2010).

Une méthode complémentaire récemment développée peut être employée. Il s'agit de la mesure du contact tsé-tsé/homme (ou animal pour la TAA) par le suivi de la réponse anticorps anti salive de tsé-tsé, avant et pendant les opérations de lutte (Solano *et al.*, 2017).

Cela est particulièrement indiqué dans les foyers de THA où l'éradication est irréaliste, mais le contrôle des mouches est possible et où la diminution du contact tsé-tsé/homme suffit à une interruption de la transmission (Courtin *et al.*, 2015 ; Mahamat *et al.*, 2017).

10.1. Méthodes de contrôle indirectes

L'un des problèmes majeurs associés à la prévention des piqûres infectantes de mouches tsé-tsé est qu'il n'existe pas pour l'homme de répulsif anti tsé-tsé sur le marché (WHO, 2013).

Les méthodes de contrôle peuvent être directes ou indirectes et sont employées selon le paysage écologique et les espèces de glossines en cause (Rayaisse *et al.*, 2012).

10.2. Eclaircissement forestier

C'est la première technique qui a été mise en œuvre. Elle a été utilisée au Nigeria entre 1938 et 1958, jusqu'en 1970 au Zimbabwe (alors Rhodésie), au Kenya, en Ouganda, en République Démocratique du Congo (alors Zaïre). Elle consistait à l'élimination de la végétation basse, la coupe de certaines espèces d'arbres ou d'arbustes, la destruction totale de la végétation sur une surface plus ou moins importante (Laveissière et Couret, 1982). Mais cette technique présente des inconvénients majeurs : un coût élevé, lié à son application sur des grandes superficies, et surtout une destruction de l'environnement conduisant à une importante érosion des sols (FAO, 2002).

10.3. Lutte par abattage d'hôtes nourriciers

L'abattage de gibiers a été pratiqué comme moyen de lutte entre 1932 et 1954 au Zimbabwe, en Ouganda, en Afrique du sud, au Malawi et au Botswana. Cette stratégie découlait des conséquences de la peste qui sévissait sur la faune sauvage de ces zones et qui incriminait les glossines comme vecteurs. Cette technique a pratiquement fait disparaître les glossines et la maladie. Cependant, ses conséquences sont lourdes pour la faune sauvage et elle fut logiquement abandonnée (Laveissière et Couret, 1982 ; Pollock, 1982).

10.4. Méthodes de contrôle directes

Ces méthodes de lutte sont orientées directement contre le vecteur, c'est-à-dire la glossine, visant ainsi à supprimer ou à abaisser leur densité au-dessous du seuil de nuisance. Plusieurs méthodes de lutte directe existent.

10.5. Lutte chimique (insecticide)

Les pièges et écrans imprégnés d'insecticide ont beaucoup contribué à la prévention et la lutte contre les glossines et, indirectement contre les trypanosomoses africaines. Ils sont disposés à des densités élevées tous les 50 m ou 100 m maximum pour la prévention et placés tous les 200 m pour la lutte (Rayaisse *et al.*, 2010).

Les pulvérisations terrestres d'insecticides sont plutôt dirigées contre les espèces de galeries forestières. Un seul traitement est réalisé en saison sèche, avec un insecticide à longue rémanence (DDT, dieldrine) pulvérisé sur la partie basse de la végétation servant de lieu de repos aux glossines. Cette méthode a été utilisée au Nigeria sur près de 200 000 km². Au Burkina Faso, cette technique a progressivement pris de l'importance jusqu'au moment où les pièges et les écrans imprégnés ont fait la preuve de leur efficacité et de leur facilité d'emploi à partir des années 1980 (Courtin *et al.*, 2010).

Au cours de ces dernières années, l'épandage aérien a connu un progrès technique très significatif. Les insecticides sont désormais préparés sous formulation à très faible volume (ULV). Les doses de deltaméthrine sont suffisamment faibles, le composé actif étant non rémanent et détruit par la chaleur et la lumière, l'épandage est effectué la nuit ou très tôt le matin (Adam *et al.*, 2013). Entre 2006 et 2013, cette méthode a été employée à plusieurs reprises au Botswana, au Ghana, au Burkina Faso et en Ethiopie dans le cadre de la Pan-african Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign (PATTEC) (Adam *et al.*, 2013).

Traitement des animaux par acaricides/insecticides en application épicutané

Les produits utilisés sont essentiellement des pyréthrinoïdes (cyperméthrine, fluméthrine, deltaméthrine,...). L'application peut être effectuée par aspersion d'une solution aqueuse ou par épandage sur la ligne dorsale de l'animal d'une solution « pour-on » (Bauer *et al.*, 2011).

10.6. Lutte biologique

Les ennemis naturels des glossines sont des prédateurs ou des parasites. Les adultes sont le plus souvent victimes d'attaques parasitaires, virales ou fongiques. Le virus le plus remarquable chez les glossines est responsable de l'hypertrophie des glandes salivaires et est particulièrement sévère pour les colonies d'élevage (Lietze, *et al.*, 2011).

Quant aux bactéries, Roubaud identifia en 1935 *Bacterium mathisi*, dont l'ingestion est fatale pour les glossines (Itard, 1986). D'autres bactéries telles que *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Flavobacterium* et *Micrococcus* sont létales pour les glossines. Les larves et les pupes sont attaquées par des prédateurs qui sont pour la plupart des insectes et les oiseaux. Parmi les insectes prédateurs des stades jeunes des glossines, on peut noter les hyménoptères (*Mutilidae*, *Eulophidae*), les diptères (*Bombylides*) et les coléoptères carabidés (Itard, 1986).

10.7. Lutte génétique

La lutte génétique est aussi biologique mais autocide (WHO, 2013). Elle consiste à altérer ou modifier le patrimoine génétique des glossines afin d'atténuer ou supprimer leur compétence vectorielle et/ou leur capacité de reproduction (Hendrichs *et al.*, 2005).

La stérilisation des glossines peut être réalisée suivant plusieurs méthodes comme à travers un contact avec des agents chimio-stérilisants (tepa, metepa,...), des analogues hormonaux (pyriproxifènes) ou des radiations ionisantes au rayons X ou Gama. Grâce à ces méthodes la technique d'insecte stérile (TIS) a été mise en œuvre (Bouyer et Lefrançois, 2014).

La transgénèse ou para-transgénèse permet de modifier génétiquement les symbiontes (*Sodalis glossinidius* et *Wigglesworthia glossinidi*) des tsé-tsé et d'affecter la survie et la reproduction des glossines (Gilgenkrantz, 2003 ; Aksoy *et al.*, 2008). La transgénèse est la modification génétiquement par un moyen physique ou chimique des insectes (Verrière *et al.*, 2012). Tandis que la paratransgénèse est la modification génétique par moyen physique ou chimique des parasites qu'un insecte héberge (Meunier, 2012).

10.8. Piégeage des glossines

Le filet fut d'abord très employé au début des siècles derniers. Puis en 1910-1915 ont eu lieu les premiers essais de lutte par capture manuelle contre *Glossina palpalis* qui se nourrissait sur les porcs et les humains, dans l'île de Principe dans le Golfe de Guinée (Solano *et al.*, 2017). Mais à la vue des limites de cette technique, divers pièges artificiels plus ou moins

performantes selon les espèces de glossines, ont été mis au point. Le premier piège a été réalisé par Harris en 1930 (Laveissière et Couret, 1982).

De nos jours, grâce au progrès dans la connaissance sur la biologie des glossines, notamment des facteurs attractifs visuels, olfactifs et de l'écologie, les systèmes de piégeage sont largement utilisés dans la lutte, l'étude du vecteur et la surveillance du risque trypanosomien. (Bouyer *et al.*, 2007).

Par ailleurs, l'animal piège est aussi utilisé. Pour cela, il faut imprégner l'animal de produits insecticides toxiques et attractifs pour la glossine. L'animal devient ainsi un piège ambulante. Cette méthode présente l'avantage d'être efficace contre certaines espèces se nourrissant principalement sur les bovins et peu attirées par les écrans ou les pièges fixes imprégnés d'insecticide et contre plusieurs insectes nuisibles à la fois tels que les tiques et les stomoxes (Bouyer *et al.*, 2007).

Cours pratique sur les glossines.

Description et montage de pièges de capture des glossines

b. Installation de pièges

c. Collecte et identification des différentes parties des glossines capturées

CHAPITRE V: MOUSTIQUES ET MALADIES TRANSMISES

I. Généralités sur les moustiques

Les moustiques sont des insectes à métamorphose complète (insectes holométaboles) de sorte que l'adulte, la larve et la nymphe ont des morphologies très différentes, adaptées à leurs modes de vie, aquatique pour les stades préimaginaux et aérien pour le stade adulte ou imaginal. Les adultes ont un appareil buccal adapté pour sucer ou pour piquer, et de tarse à cinq articles (**Rodhain. F et Perez C, 1985**).

Dans le sous ordre des Diptères Nématocères, la famille des *Culicidae* regroupe l'ensemble des moustiques, elle comprend environ 3 200 espèces dans le monde. Elle est divisée en trois sous-famille (*Anophelinae*, *Culicinae* et *Taxorhynchinae*). Les *Aedes* et *Culex* appartiennent à la sous-famille des *Culicinae*.

Le genre *Aedes* est divisé en différents sous-genres, notamment *Aedimorphus*, dans lequel on retrouve *Aedes vexans* et *Aedes ochraceus* qui sont décrits pour la première fois par respectivement Meigan en 1830 et Theobald en 1901.

Le genre *Culex* est aussi divisé en plusieurs sous-genre dont le sous-genre *Culex* auquel appartient *Culex poicilipes* décrit pour la première fois par Theobald en 1903.

Les stades jeunes ou préimaginaux, des moustiques sont aquatiques, alors que les adultes ont une vie aérienne. La morphologie des différents stades en rapport direct avec ces modes de Vie.

II. Systématique

Qu'est-ce qu'un *Culicidae*?

Règne	Animal
Sous-règne	Métazoaires
Embranchement	Arthropodes
Sous-embranchement	Antennés
Classe	Insectes
Sous-classe	Ptérigotes
Section	Oligonéoptères ou Néoptères
Super-ordre	Mecoptéroïdes
Ordre	Diptères
Sous-ordre	Nématocères
Infra-ordre	Culicimorpha
Famille	Culicidae (trois sous-familles)

Sous-familleCulicinae ex. espèces : *Aedes aegypti*

Sous-famille.....*Anophelinae* ex. *Anopheles gambiae*

Sous-famille.....*Toxorhynchitinae* ex. *Ankylorhynchus sp.*

III. Morphologie générale du moustique

La morphologie externe des larves et des adultes permet la différenciation rapide au niveau de la sous-famille (*Anophelinae* versus *Culicinae*) et des genres. Au niveau spécifique, la morphologie externe permet aussi de différencier les espèces entre elles. Cependant, dans le cas d'espèces jumelles, il faut souvent faire appel à des techniques complémentaires : croisements, cytogénétique, analyses isoenzymatiques, biologie moléculaire.

Le corps du moustique adulte est composé de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen.

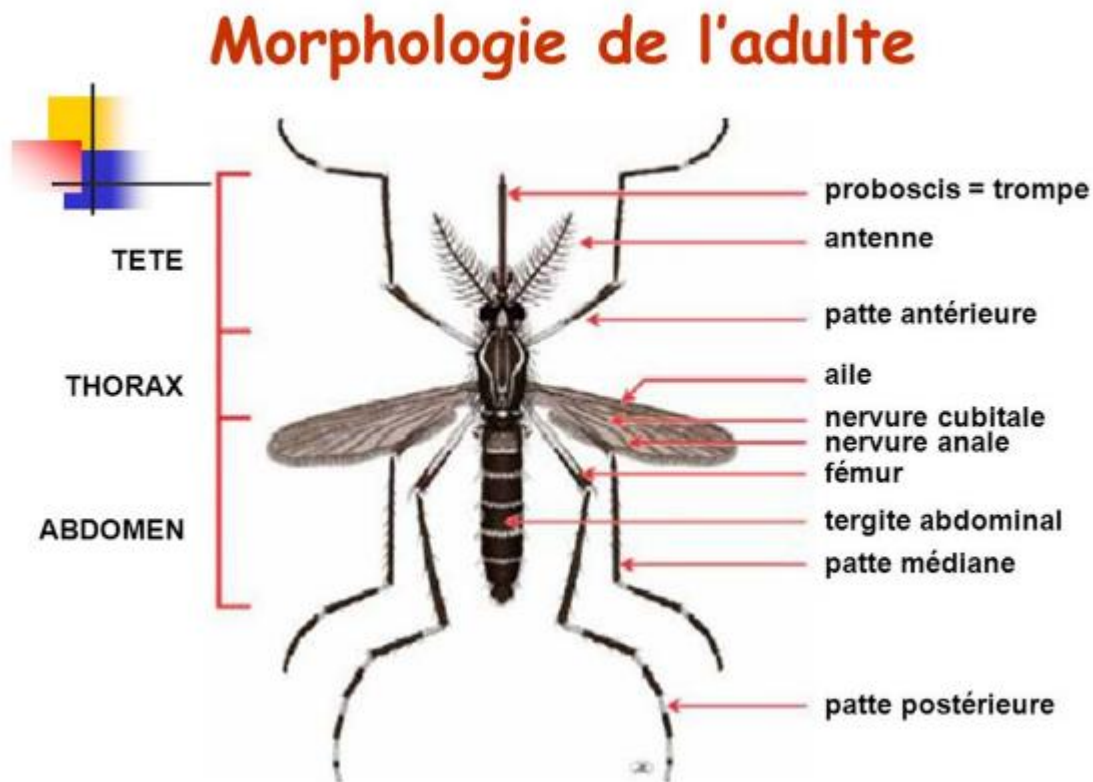


Figure 29: Morphologie de moustique adulte

III.1. Le dimorphisme sexuel

Les femelles se distinguent des mâles par des antennes glabres. Les mâles ont des antennes plumeuses, et une morphologie plus effilée.

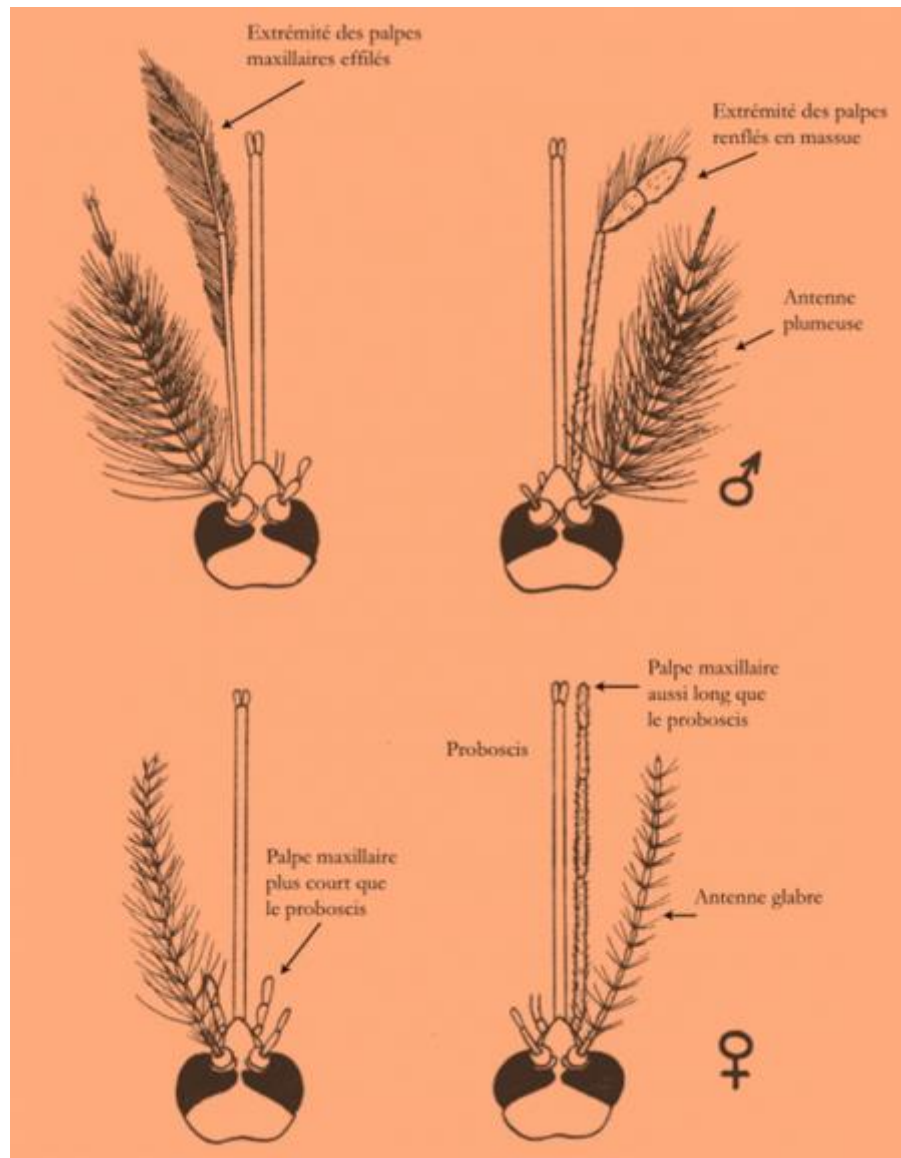


Figure 30: Schéma de têtes de Culicinae (à gauche) et d'Anophelinae (à droite) mâle (haut) et femelle (bas), d'après Holstein, 1949

III.2. La tête

La tête des moustiques est une capsule formée de plusieurs pièces unies par des lignes de suture. Elle comporte divers organes comme les yeux, les antennes, et des pièces buccales (la trompe).

II.2.1. Les yeux

Ils sont généralement en position latérale et au nombre de deux composés de nombreuses ommatidies.

II.2.2. Les antennes

Elles s'insèrent dans une échancrure du champ oculaire, et sont composées de 15 articles chez le mâle et 16 articles chez la femelle. Les deux premiers articles (modifiés) sont : le scape et le torus. Ils sont suivis de treize autres articles formant le flagellum, et portant à leur base des

verticilles de soie. Celles-ci sont longues et nombreuses chez le mâle (antennes plumeuses), tandis qu'elles sont courtes et rares chez la femelle (antennes glabres) (Brunhes, 1970).

II.2.3. Les pièces buccales

Elles constituent un ensemble appelé trompe ou proboscis qui comporte le labium en forme de gouttière qui entoure et protège les pièces buccales vulnérantes au nombre de six (ce sont les stylets).

On y distingue deux mandibules, deux maxilles, l'hypopharynx dans lequel passe le canal salivaire, et le labre qui forme un canal dans lequel remonte le sang. Chez le mâle, le proboscis n'est pas vulnérant.

En effet, les mandibules et les maxilles sont très peu développées (**Rodhain et al., 1985**). Chez l'un des vecteurs potentiels de la fièvre de la vallée du Rift à Barkedji en l'occurrence *Aedes vexans*, le proboscis est court, droit et clair sur sa partie médiane (**Brunhes et al. 2000**).

II.2.4. Les palpes maxillaires

Deux palpes maxillaires sont situés de part et d'autre de la trompe. Ces derniers peuvent atteindre la taille de la trompe chez le mâle, tandis qu'ils sont plus courts chez la femelle (sauf chez les *anophèles*).

III.3. Le thorax

Il est formé de trois métamères fusionnés, de développement très inégal. Les métamères sont composés de plaques sclérifiées. Les plaques ventrales sont les sternites, les plaques latérales sont les pleurites et les plaques dorsales sont appelées tergites. Ces plaques sont reliées entre elles par des membranes souples (**Brunhes, 1970**). Trois paires de pattes, une paire d'ailes et une paire d'haltères ou balanciers remplaçant la deuxième paire d'ailes, sont portées par le thorax.

Le thorax se termine par le scutellum. Les faces latérales du thorax sont occupées par des écailles et soies qui jouent un rôle important dans la diagnose des espèces culicidiennes.

Il se compose de plusieurs parties notamment :

III.3.1. Le prothorax

Est très réduit, et ne porte qu'une paire de pattes.

III.3.2. Le mésothorax

C'est le métamère le plus développé des trois. Il porte une paire d'ailes, une paire de pattes, et une paire de stigmates. La quasi-totalité de la face dorsale est constituée par le scutum, qui chez beaucoup d'espèces présente des dessins particuliers pouvant servir de la diagnose des espèces de *culicidae*.

II.3.3. Le métathorax

Il est également très réduit, et porte une paire de pattes, une paire d'haltères (homologues d'une paire d'ailes vestigiales) et une paire de stigmates.

III.4. Les pattes

Elles s'insèrent à la face inférieure du thorax, et sont composées de 9 articles : le coxa, le trochanter, le fémur, le tibia et 5 tarsomères qui forment le tarse. Le dernier article du tarse (tarsomère 5) porte une paire de griffes, un empodium médian et une paire de pulvilles.

Les pattes constituent également, par la présence ou non de certains caractères particuliers, des éléments très utilisés dans la diagnose d'espèces des moustiques.

III.5. Les ailes

Chaque aile est formée d'une membrane recouverte de microtriches, tendue sur une armature de nervures recouvertes d'écailles. A l'articulation se trouvent deux lobes membraneux : l'alula et la squama (**Brunhes, 1970**).

La présence ou non de certains caractères sur les nervures fait que celles-ci sont de plus en plus utilisées dans les clés de détermination des espèces.

III.5. L'abdomen

Il est constitué de 10 segments. Les sept premiers sont distincts et constitués d'une plaque dorsale (tergite) et d'une plaque ventrale (sternite) reliées latéralement par une membrane pleurale souple qui porte les stigmates abdominaux. Les trois derniers segments sont modifiés, peu distincts et portent les appendices génitaux :

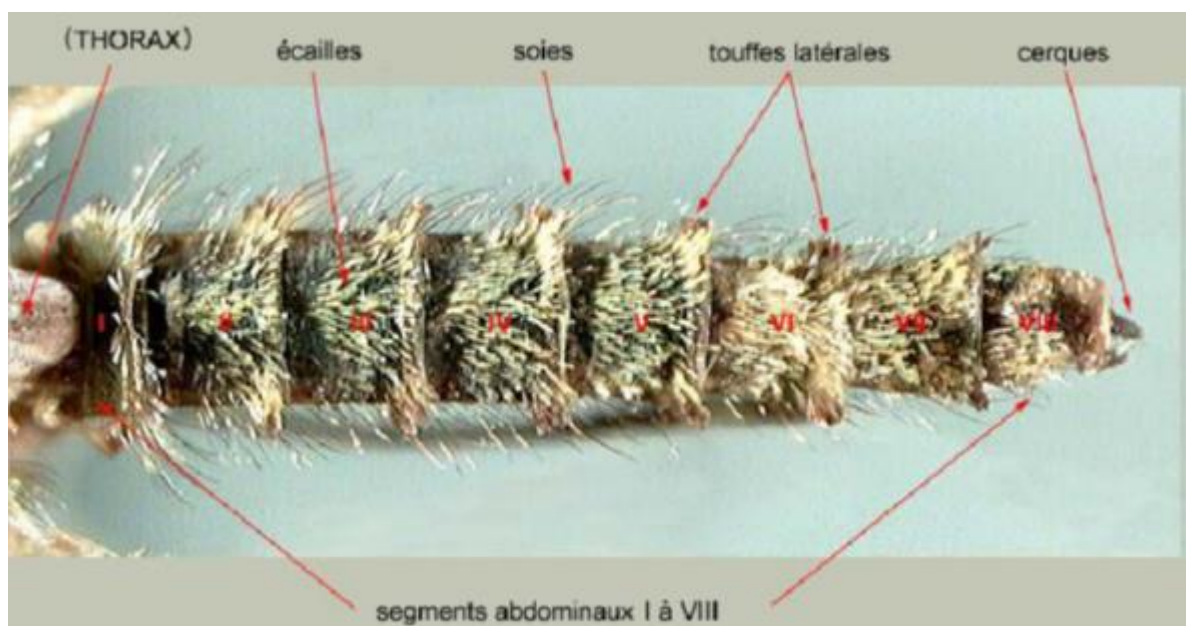


Figure 31: Vue dorsale de l'abdomen du moustique (*Anophèles*)

III.5.1. Les genitalia mâles

L'appareil génital externe encore appelé genitalia est utilisé en taxonomie. Il est porté par le neuvième segment abdominal (segment génital) qui subit de grandes modifications. Il est composé d'une paire de forcipules entourant le pénis. Le premier segment de chaque forcipule est une large pièce basale appelée gonocoxite. A la partie apicale du gonocoxite se trouve une plaque munie de nombreuses épines, c'est le lobe apical. Au gonocoxite fait suite une pièce fine appelée style. Il porte une forte épine terminale. Le pénis est en position ventrale par rapport à l'anus au début de la vie adulte et avant la rotation des genitalia mâles. Il se retrouve en position dorsale après la rotation.

III.5.2. Les genitalia femelles

Sur le plan morphologique, le huitième segment est bien développé tandis que le segment neuf est très réduit. L'orifice du rectum s'ouvre entre la plaque postérieure génitale et une paire de cerques dorsaux portant des soies. L'orifice vaginal, placé ventralement, est limité par deux lèvres qui en obstruent la lumière.

L'étude de l'appareil génital femelle interne fournit de précieuses informations sur le stade physiologique et l'âge de l'insecte.

L'appareil génital femelle interne est formé de deux ovaires composés d'ovarioles. Dans chaque ovaire se trouve un oviducte interne (calice) dans lequel débouchent les ovarioles. A la sortie des ovaires, les deux oviductes externes se réunissent pour former l'oviducte commun qui est suivi d'un vagin dans lequel s'ouvrent les deux canaux des trois spermathèques. Ensuite suit la bourse copulatrice (Mondet, 1993).

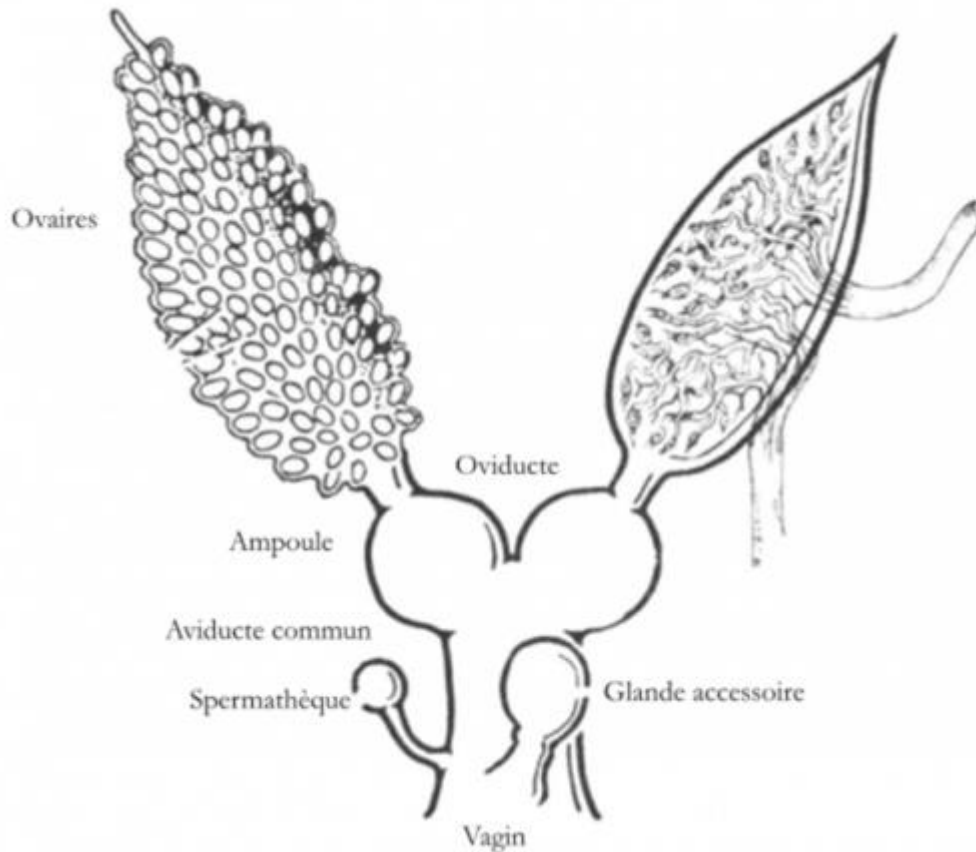


Figure 32: Appareil génital d'un Anophèles femelle, d'après BRUCE-CHWATT, 1985

L'ovariole comprend un germarium et deux follicules : l'un primaire et l'autre secondaire. Le tout est enveloppé par l'intima qui forme le tube ovariolaire puis par l'épithélium ovariolaire. Le tube ovariolaire se nomme funicule entre les deux follicules et pédicelle entre le follicule primaire et le calice.

Le follicule est composé de sept cellules nourricières appelées throphocytes et d'une cellule germinale appelée oocyte.

IV. Différents stades de vie

IV.1. Stade de l'œuf

Habituellement pondus à la surface de l'eau, les œufs flottent soit du fait des phénomènes de tension superficielle, soit grâce à la présence de flotteurs latéraux (*Anophèles*) ou apicaux (*Culex*). La taille des œufs est généralement de l'ordre de 0,5mm. Au stade de l'œuf il est possible de reconnaître les *Anophels* des *Aedes* et des *Culex* :

- Les œufs d'*Aedes* sont pondus isolément sur un support à proximité de l'eau, dépourvus de flotteur et résistent à la dessiccation ; l'éclosion nécessite un stimulus particulier ;
- Les œufs du *Culex* sont réunis et forme une sorte de barquette flottant sur l'eau (on parle de ponte en radeau ou nacelle) ;

- Les œufs d'*Anopheles* sont pondus isolément à la surface de l'eau, où ils flottent grâce à la présence de flotteurs latéraux. Soumis aux forces de tensions superficielles, ils se regroupent parfois par leur extrémité pour former sur l'eau des sortes d'étoiles composées de 6 œufs. Ils résistent mal à la dessiccation.

IV.2. Stade larvaire

Les larves de moustiques se reconnaissent des autres larves d'insectes aquatiques par, entre autres, l'absence de pattes et un thorax relativement gros.

Ce stade est aquatique. Issue de l'œuf, une larve de premier stade (L1) de taille réduite va, par une succession de trois mues, accroître sa taille, donnant en quelques jours une larve de stade IV (L4), d'une taille, variable selon l'espèce et les conditions de développement, entre 4 et 10mm. C'est sur ce stade IV que les identifications taxonomiques sont réalisées.

Les larves sont constituées de trois parties :

- **Une tête** pourvue d'une paire d'antennes, d'une paire de mandibules armées de dents sur leur bord distal et qui forment avec le mentum l'appareil masticateur, l'ensemble flanqué d'une paire de brosses buccales qui entraînent les aliments vers cet appareil. On note la présence de deux paires d'yeux pigmentés : une plus importante non fonctionnelle qui constitue les yeux futurs de l'adulte, et une paire plus petite postérieure qui sont les véritables yeux de la larve. Le nombre, la forme, la taille et la disposition des diverses soies céphaliques et antennaires fournissent des renseignements pour l'identification de l'espèce.
- **Un thorax** plus large que la tête comportant le prothorax, le mésothorax et le métathorax, tous trois pourvus de soies. Les larves de Culicidae sont apodes.
- **Un abdomen** pourvu au niveau du huitième segment d'un siphon respiratoire pour la sous-famille des Culicinae. Les espèces de la sous-famille des Anophelinae en sont dépourvues, respirant directement à partir de papilles anales postérieures. Le huitième segment avec son siphon, et le segment X comportant le plus souvent peigne et brosse ventrale, sont également très précieux pour l'identification du genre et de l'espèce.

Tableau 6: Critères de reconnaissance morphologique des anophèles par rapport aux autres Culicinae

	Anophelinae	Culicinae	
	<i>Anopheles</i>	<i>Aedes</i>	<i>Culex</i>
Œufs	Pondus isolément sur l'eau. Avec des <i>flotteurs</i> latéraux généralement bien visibles.	Pondus isolément à côté de l'eau. Pas de flotteurs visibles. Résistent à la dessiccation.	Pondus regroupés en barquettes (ou nacelles).
Larves	<i>Au repos</i> : parallèle sous la surface de l'eau. Stigmates respiratoires sans <i>siphon</i> .	<i>Au repos</i> : oblique par rapport à la surface de l'eau. <i>Siphon respiratoire</i> ± long et trapu et présence d'un peigne.	
Nymphes	<i>Trompettes respiratoires</i> courtes et évasées.	<i>Trompettes respiratoires</i> longues et fermées.	
Adultes	<i>Position au repos</i> : généralement oblique par rapport au support. <i>Femelle</i> : Palpes maxillaires aussi longs que la trompe. <i>Mâle</i> : Palpes maxillaires : extrémités renflées.	<i>Position au repos</i> : parallèle au support. <i>Femelle</i> : Palpes maxillaires < la trompe. <i>Mâle</i> : Palpes maxillaires : extrémités effilées.	

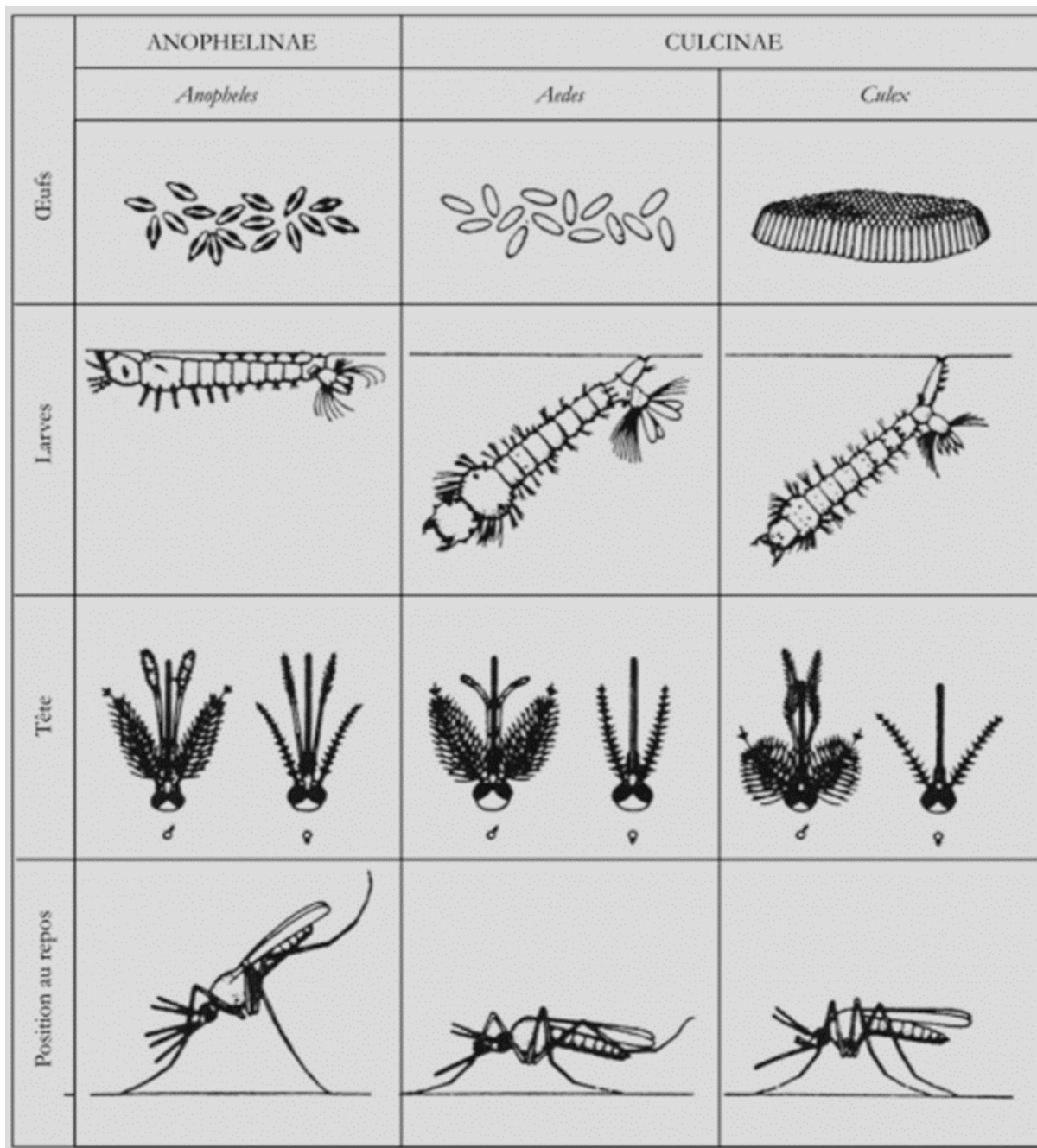


Figure 33: Principales caractéristiques morphologiques permettant de différencier les Anophelinae des Culicinae, d'après BRUCE-CHWATT, 1985.

IV.3. Stade nymphal

Aquatique, la nympe présente un céphalothorax fortement sclérifié et renflé avec deux trompettes respiratoires, assez proches l'une de l'autre. Les yeux composés du futur adulte sont visibles latéralement à travers le tégument. Au niveau du céphalothorax se distinguent les ébauches de divers organes du futur adulte : proboscis, pattes, ailes.

L'abdomen se compose de neuf segments, le dernier plus petit que les autres, porte à sa partie apicale une paire de palettes natatoires (nageoires). Le bord externe des nageoires porte des dents, variables en grandeur et extension, qui constituent un bon caractère de diagnose.

La nymphe, également aquatique, ne se nourrit pas mais, durant ce stade (soit 1 à 5 jours), le moustique subit de profondes transformations morphologiques et physiologiques préparant le stade adulte. Au moment de l'exuviation de l'adulte, la pression interne provoque la rupture des téguments du céphalothorax suivant une ligne médio-dorsale. Les bords de la fente s'écartent pour permettre la sortie de l'adulte à la surface de l'eau.

IV.4. Stade imaginal (adulte)

Sous-famille des *Culicina*

- Imago (adulte) : abdomen recouvert d'écailles ; palpes courts chez les femelles, long chez les mâles ; scutellum trilobé ; 1 ou 3 spermathèques.

Sous-famille des *Anophelinae*

- Imago (adulte) : palpes aussi longs que la trompe dans les deux sexes, renflés en raquette à leur extrémité chez les mâles ; abdomen entièrement (ou presque) dépourvu d'écaille ; 2 spermathèques chez les femelles.

Sous-famille des *Toorhinchitinae*

- Imago (adulte) : trompe longue et recourbées vers le bas ; bord postérieur de l'aile échancrée près de la nervure cubitale ; palpes courts chez les femelles, aussi longs que la trompe chez le mâle ; moustiques de grande taille, aux couleurs souvent métalliques.

V. Importance médicale et vétérinaire des moustiques

Les moustiques (culicidés) constituent le groupe de vecteur le plus important en santé publique humaine. Ils sont impliqués dans la transmission du paludisme, de la fièvre jaune, et de la dengue, de nombreuses encéphalites arbovirales, des filarioses lymphatiques, etc. Ces maladies, et en tout premier lieu, le paludisme figure parmi les principales causes de morbidité et mortalité pour les espèces humaines ce qui entraîne des pertes économiques lourdes dans les pays du sud.

Par ailleurs, les moustiques sont encore responsables de la transmission de nombreuses maladies chez les animaux parmi lesquelles il faut citer : la fièvre de la vallée de Rift dont le virus appartient à la famille des Bunyaviridae (*Phlebovirus*) qui est transmis par les anophèles, *Culex* et *Aedes*. Ils transmettent également les filarioses et plasmodies animales, la myxomatose des lapins, le virus de West Nile, le paludisme aviaire, etc.

CHAPITRE VI : CONCEPTS ET METHODES D'IDENTIFICATION DES ESPECES D'ARTHROPODES

I- Introduction

En santé publique humaine et vétérinaire, en recherche, ou par simple curiosité naturaliste, il est important de savoir reconnaître les taxa (entités, unités taxonomiques) auxquels nous sommes confrontés, et en particulier l'espèce. Dans ce chapitre nous considérons l'espèce selon sa définition biologique en tant que communauté de reproduction (**Fontenille D et al., 2017**).

I-1- L'intérêt de l'identification : identifier les espèces d'un système biologique d'intérêt est primordial pour la compréhension du fonctionnement de ce système. En effet, c'est par le nom unique de l'espèce que l'on a accès à d'autres informations comme le comportement, la distribution géographique, la susceptibilité aux insecticides ou le rôle épidémiologique de l'entité considérée. Dans le cas des maladies à transmission vectorielle, l'identification des espèces vectrices doit être aussi précise que possible. En effet, des espèces proches morphologiquement voire des populations génétiquement différenciées d'une même espèce peuvent présenter des différences écologiques ou biologiques importantes générant des rôles différents dans les cycles de transmission. Une mauvaise identification des espèces peut avoir des conséquences désastreuses lors de la mise en place des stratégies de lutte anti-vectorielle ou lors de la surveillance d'espèces exotiques invasives exemple : *Aedes albopictus*, *Ochlerotatus japonicus*, *Culicoides imicola* (**Fontenille D et al., 2017**).

I-2- Sensibilité et spécificité de l'identification : lorsque l'on identifie des espèces mal connues, rares, ou dans des régions peu étudiées, quelle que soit la technique utilisée, il faut toujours garder un esprit critique, et ne pas conclure trop hâtivement. On peut se tromper pour de nombreuses raisons, dont les plus fréquentes sont :

- Connaissances insuffisantes de la diversité biologique des taxa de rattachement (familles, genres) ou peu de caractères morphologiques connues de l'espèce lors de certaines descriptions anciennes.
- La description n'a pas toujours été faite par des spécialistes, et le descripteur a attribué à l'espèce des caractères non spécifiques, voire inexacts.
- Si l'on s'appuie sur une liste d'espèces déjà signalées d'une région, cette liste peut être incomplète, soit parce que la faune était mal connue, soit parce qu'elle a évolué (disparition ou introduction de nouvelles espèces).

- L'espèce peut être décrite sous plusieurs noms souvent par plusieurs auteurs qui n'ont pas pu échanger entre eux.
- Les personnes chargées de l'identification ne disposent pas toujours de récentes révisions (compléments de description, élévation de « sous-espèces » au rang d'espèces, synonymie, etc.).
- L'espèce est polymorphe, morphologiquement et génétiquement, laissant croire que l'on est présence de plusieurs espèces, mais l'étendue de ce polymorphisme intra-spécifique est mal appréciée.

II-Méthodes d'identification des espèces d'arthropodes

II-1- Identification morphologique

Pour des raisons historiques et techniques, l'identification morphologique reste une technique de référence. La première description moderne des moustiques contemporains fut faite par Linné : il s'agit de *Culex pipiens* Suède décrit en 1758. *Aedes aegypti* a été également décrite par Linné sous le nom de *Culex aegypti*, en 1762.

L'identification morphologique d'un arthropode d'intérêt médical ou vétérinaire peut généralement se faire sur les différents stades, lorsque ceux-ci ont été décrits : œufs, larves, nymphes, adultes mâles ou femelles, sur l'individu entier frais lors de collectes de terrain ; à sec ou conservé dans l'alcool si les identifications se font postérieurement aux collectes, et sur certains organes (armatures pharyngées, ailes, spermathèques, genitalia, ...)

L'identification morphologique des spécimens entiers (montés sur minuties ou aiguilles, ou conservés en alcool) se fait sous loupe binoculaire, à l'aide de clés d'identification dichotomique qui permettent de choisir entre plusieurs critères morphologiques. Ces clés sont version papier ou sous forme électronique. On peut les trouver à l'aide des moteurs de recherche (par exemple pour les Culicoïdes : <http://w.w.w.iikculicoides.net> ou <http://w.w.w.culicoidesnet/taxonomy/identification-keys>). Des cédéroms permettent également de réaliser les identifications lorsqu'il n'y a pas d'accès internet (par exemple celui des moustiques d'Europe) (Fontenille D et al., 2017).

II-2- Identification génétique : elle consiste à utiliser le matériel génétique d'un être afin d'identifier son espèce et/ou connaître la structure de la population de la même espèce. Il existe plusieurs méthodes d'identification génétique :

- **La cytogénétique :** l'analyse des profils de bandes d'hétérochromatine des chromosomes. Cette méthode s'est révélée extrêmement instructive, non seulement pour l'identification des espèces jumelles, mais aussi dans l'analyse de la structure des populations.
- **L'Iso-enzymologie :** elle se base sur la mobilité électrophorétique différentielle de certaines enzymes du fait de séquences d'acide aminés différentes. Les différentes formes alléliques sont appelées isoenzymes. Certains allèles s'avèrent spécifiques d'une espèce ou d'une population et peuvent être utilisés comme marqueur d'identification.
- **La biologie moléculaire :** à partir des années 1990, le développement des techniques d'amplification de l'ADN par réaction en chaîne de polymérase (PCR), ainsi que l'analyse du polymorphisme de l'ADN par le séquençage de fragments de petite taille, a pris le pas sur les autres méthodes d'identification.

II-3- Identification par patron d'interférence de couleurs : au cours des années 2010, plusieurs équipes de chercheurs ont développé des outils d'identification permettant l'identification d'espèces d'insectes adultes sur la base des couleurs ou de patrons d'inférence optique, des ailes en particulier. Le principe est basé sur l'effet optique due à la réflexion de la lumière blanche sur les ailes d'insectes.

CHAPITRE VII : LUTTE ANTIVECTORIELLE

I- Contexte et objectifs de la lutte anti-vectorielle

I-1- Contexte

Le contexte actuel est celui d'une prise de conscience croissante des impacts délétères des insecticides sur la santé humaine et animale ainsi que sur les écosystèmes, entraînant une réduction du spectre de molécules disponibles. Ce contexte est aggravé par la diffusion des résistances aux insecticides encore autorisés, avec pour conséquence la réémergence d'espèces de vecteurs préalablement sous contrôle grâce à l'utilisation d'insecticides à large spectre. Ce problème est amplifié par les changements globaux (changements climatiques, modifications de l'habitat, augmentation des échanges commerciaux...), qui favorisent l'invasion des territoires par des espèces exotiques, comme *Aedes albopictus* et *Culicoides imicola* en Europe, ou une souche multi-résistante de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en Afrique de l'Ouest. Ces phénomènes entraînent des crises sanitaires chez l'homme et des coûts majeurs pour l'élevage. Il est donc urgent d'innover dans le domaine de la lutte antivectorielle (LAV), notamment en trouvant des alternatives aux méthodes chimiques.

La lutte antivectorielle est le seul moyen de prévention de masse pour les nombreuses maladies pour lesquelles on ne dispose pas de vaccin, comme le paludisme, chikungunya chez l'homme, ou les trypanosomoses animales et humaines. Elle est également intéressante quand les médicaments disponibles ont des effets secondaires importants ou lorsque des résistances à ces derniers mettent en cause leur efficacité, ou encore pour contrôler la diffusion de telles résistances (Bouyer J *et al.*, 2017).

I-2. Objectifs

L'objectif général de la lutte antivectorielle est la réduction durable de la mortalité ou de la morbidité des maladies à transmission vectorielle.

- Objectifs spécifiques

- A l'échelle individuel, la protection contre les piqûres d'arthropodes infectants ;
- A l'échelle collective, la prévention ou réduction de l'intensité de la transmission en agissant sur les paramètres clés de la capacité vectorielle comme la densité des vecteurs, le contact hôte-vecteur ou la longévité des vecteurs.

II- Stratégies de lutte anti-vectorielle

Les stratégies de lutte anti-vectorielle dépendent de la biologie du vecteur, de l'impact recherché, des moyens disponibles. Les stratégies peuvent être regroupées en deux : lutte intégrée à l'échelle des populations et éradication versus contrôle des vecteurs.

II-1. Lutte intégrée à l'échelle des populations

La lutte intégrée à l'échelle des populations traduction de « *Area-Wide Integrated Pest Management (AW-IPM)* », combine deux concepts issus de l'entomologie agricole (**Hendrich et al., 2007**) : la lutte intégrée et l'« *aera-wide* ».

- a- **La lutte intégrée** : elle repose sur une connaissance approfondie de l'écologie des populations de vecteurs ciblés par la lutte, qui inclut leur distribution spatiale, leur phénologie, l'existence de particularités comportementales locales ou d'autres propriétés importantes pour la mise en œuvre d'une stratégie de LAV, comme la fréquence des résistances aux insecticides. Son principe est alors d'intégrer toutes les techniques de lutte disponibles contre un vecteur donné, en connaissant leurs impacts sur la population ciblée et en tenant compte de leur interactions (**Suckling et al., 2014**).
- b- **Le concept « aera-wide »** : ce concept n'a pas de traduction littérale mais suppose de s'attaquer à population totale, sur toute son aire de distribution, ou au moins de connaître les relations des relations que celle-ci entretient avec les populations autochtones et d'en tenir compte dans la stratégie de lutte.
- c- **La gestion intégrée des vecteurs** : ce concept, emprunté à l'agriculture, a été repris par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour définir la notion de « gestion intégrée des vecteurs » comme un processus de prise de décision pour optimiser les ressources dans le cadre de la lutte antivectorelle (**OMS, 2012**).

Son objectif est d'améliorer l'efficacité et l'efficacité des interventions en limitant leur impact écologique.

Elle repose entre autres sur : la collaboration entre les acteurs en charge de la santé avec les autres secteurs de la société ; l'intégration de méthodes de LAV, chimique et non chimique, avec des mesures médicales de prévention des maladies ; l'adaptation des stratégies utilisées à l'écologie et l'épidémiologie locales, sur la base de recherches opérationnelles et en fonction de l'évolution de la situation sur le terrain (**Suckling et al., 2014**).

II.2. Eradication versus contrôle des vecteurs

Deux grandes stratégies de lutte doivent être distinguées (**Hougard et al., 2001 ; Bouyer et al., 2010, Dicko et al., 2014**).

- *La première est l'éradication des vecteurs*, qui suppose la disparition totale de l'espèce ciblée de la planète entière. Bien qu'affichée par certains programmes Pattec (Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication campaign), de l'Union africaine, telle éradication n'a jamais été réalisée pour un vecteur.
- *La seconde est le contrôle des populations de vecteurs en dessous du seuil de transmission des agents pathogènes.*

III. Méthodes de lutte anti-vectorielles

Il existe de nombreuses méthodes de lutte, dont le choix sera guidé en fonction de critères liés à l'efficacité recherchée sur les composantes de la capacité vectorielle, à la biologie des vecteurs et leur comportement, au contexte épidémiologie (transmission saisonnière, prolongée ou situation épidémique) et aux ressources humaines et financières disponibles. De plus ces méthodes doivent être acceptées par la communauté si l'on veut que les mesures soient mises en œuvre le plus efficacement possibles et, ce qui est généralement lié, elles doivent avoir un impact minimal sur l'environnement (**Chandre F, 2017**).

Les méthodes de lutte antivectorielle peuvent être classées en trois : méthode physique, chimique et biologique.

1. **Méthodes physiques** : l'élimination des gîtes larvaires, la modification des habitats favorables aux adultes, la destruction des hôtes préférentiels, la mise en place d'une protection physique empêchant le contact hôtes-vecteurs et l'utilisation de pièges.
2. **Méthodes biologiques** : utilisation des ennemis naturels comme les poissons larvivores à titre d'exemple *Aphanius dispar*, utilisé contre le paludisme à Djibouti, ou de *Gambusia affinis* pour lutter contre les larves d'*Anopheles sacharovi*.

La lutte biologique contre les *Aedes* fait plutôt appel à des copépodes du genre *Mesocyclops* (**Howard, 2013**). Ces crustacés prédateurs de 1-2 mm de long capables de tuer de 20 à 40 jeunes larves d'*Aedes* par jour. Leur utilisation par ensemencement des récipients de stockage d'eau à usage domestique peut réduire de 95-100 % les densités larvaires pendant plusieurs mois.

- Certains oiseaux sont des prédateurs très efficaces des tiques. On peut citer l'utilisation traditionnelle des poulets dans les parcs à bétail comme prédateurs des tiques en Afrique (**Hassan et al., 1992**).
- Les parasitoïdes peuvent être utilisées à la fois contre tiques et les stomoxes. Exemple à l'Île de la Réunion, le groupement de défense sanitaire avait fait l'élevage et le lâcher de parasitoïdes, en particulier *Spalangia endius* (1996-2011), *Trichopria sp.* (1996-2000) et *Tachinaephagus stomoxidae* (1996-200) (**Bouyer et al., 2011**).
- Plus de 700 espèces de champignons entomopathogènes sont connues, mais seule une dizaine ont été développées pour le contrôle des insectes (**Hajek et Leger, 1994**). *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sont les principales espèces utilisées.
- La technique d'insecte stérile est probablement la méthode biologique qui a connu le développement le plus spectaculaire dans le domaine de la lutte antivectorielle, suite à l'élimination des lucilies bouchères d'Amérique du nord et centrale (**Wyss, 2006**). Cette élimination a été réalisée par la combinaison de l'utilisation d'insecticides sur le bétail et de lâchers massifs de mâles stériles par voie aérienne, pendant plus de 40 ans.

3. Lutte génétique

Il est possible de remplacer la TIS par l'utilisation de souches transgéniques portant des gènes létaux (**Alphey, 2014**). Plusieurs systèmes génétiques ont été proposés, avec des potentiels de diffusion dans la population cible très variables. On peut citer par ordre croissant de potentiel invasif, et sans être exhaustif : le double RIDL (*release of insects carrying a dominant lethal genetic system*), entraînant la mort des descendants mâles et femelles, équivalant de la TIS mais avec une seule mutation ; le RIDL femelles spécifique, entraînant la mortalité (ou l'incapacité à voler).

4. Méthodes chimiques

Usage des larvicides, aspersion intra-domiciliaires pariétales, les moustiquaires imprégnées et les pulvérisations spatiales, qui peuvent être faites à l'intérieur ou à l'extérieur des maisons, à plus ou moins grande échelle selon les besoins. Certains acaricides (Ivermectine 1%, Amitraz 2%, ...) à usage interne ou externe sont utilisés également chez les animaux domestiques et le bétail.

- Conditions d'admission d'un insecticide dans la lutte anti-vectorielle.

Pour être employé contre les vecteurs, l'insecticide doit être :

- Efficace contre les espèces visées par la lutte,

- Le plus sélectif possible pour limiter l'impact sur la faune non-cible et peu coûteux
- Correctement formulé selon le mode d'application envisagé de manière à optimiser son efficacité et/ou sa rémanence.

5. Les méthodes de lutte dans l'avenir

L'utilisation des insectes transgéniques transportant des agents biologiques modifiés pour transformer les populations de vecteurs en les rendant incompetent de transmettre les agents infectieux. Les vaccins antivecteurs ont également un potentiel important pour la LAV. Contre le *Boophilus microplus*, un vaccin est efficace pour diminuer l'infestation par les tiques et le nombre de traitement acaricides (De La Fuente *et al.* 2007). La recherche de réactions croisées entre espèces de tiques et d'un vaccin universel progresse (Parizi *et al.*, 2012).

6. Règlementation

L'Union européenne a défini un cadre réglementaire concernant la mise sur le marché des produits biocides. Ce cadre réglementaire est principalement constitué par le règlement (UE) n° 528/2012 du parlement européen et du conseil européen du 22 mai 2012 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides (abrogeant et remplaçant la directive 98/8 CE), transposé en droit français aux articles L.522-1 et suivants du code de l'environnement. Dans ce cadre, les substances actives biocides font l'objet d'une évaluation relative à :

1. Leur toxicité vis-à-vis de la santé humaine et animale ;
2. Leur écotoxicité et
3. Leur efficacité en fonction des usages considérés.

• Acceptabilité de la lutte antivectorielle

L'acceptabilité d'une méthode de lutte est conditionnée par ce que perçoivent les acteurs des avantages qu'elle apporte par rapport aux autres méthodes : par exemple une rentabilité économique élevée en production animale et/ou une efficacité protectrice élevée en santé publique, ou un impact environnemental faible.

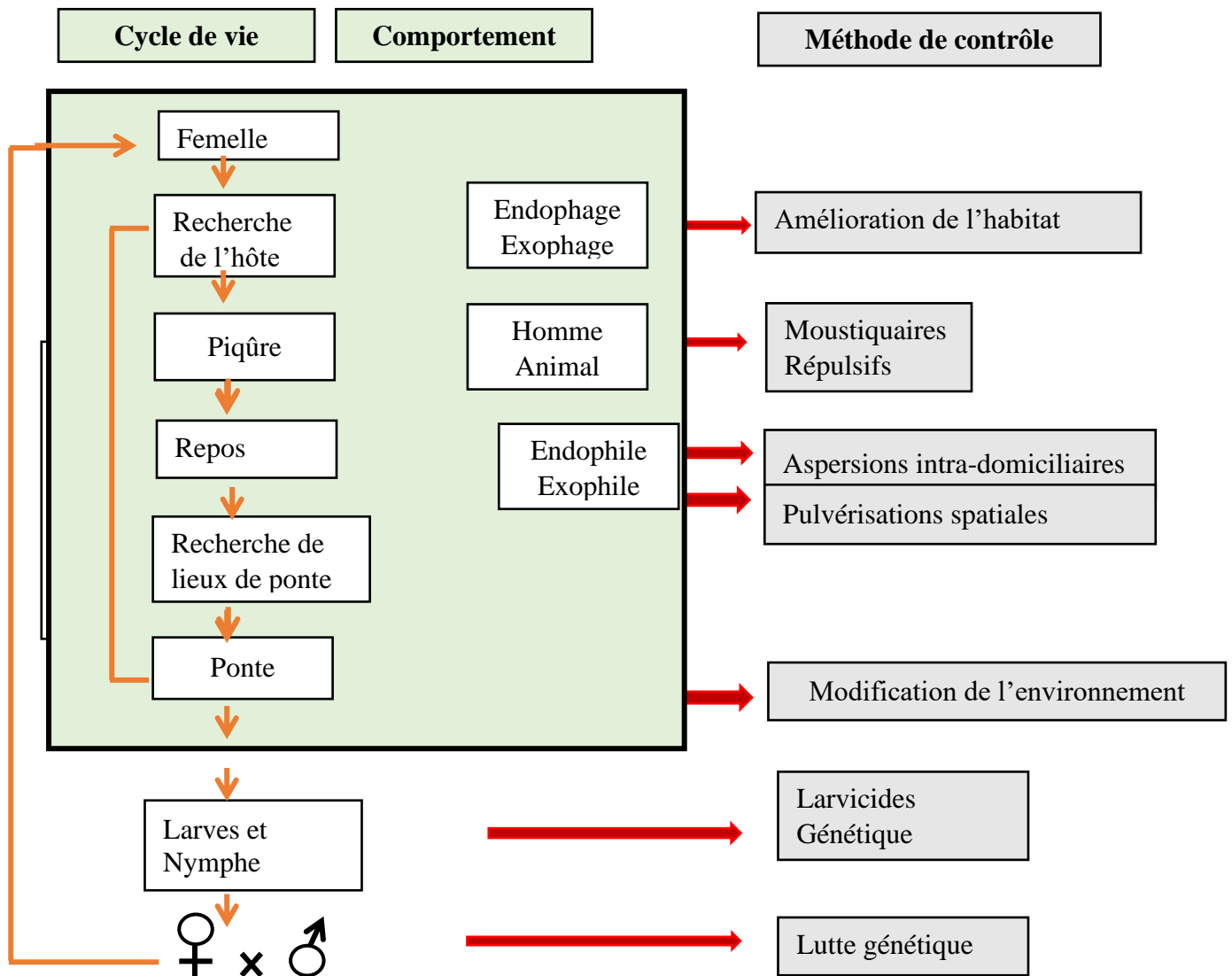
7. Mise en œuvre de la lutte antivectorielle (LAV)

- a- **Protection individuelle et collective** : la LAV peut être mise en œuvre sur une base individuelle (protection par un répulsif contre les moustiques), collectivités (contrôle des tiques par des éleveurs).
- b- **Collaboration inter-sectorielle** : elle est indispensable pour une gestion intégrée des vecteurs. Elle a pour objectif d'identifier les différentes activités qui peuvent influencer la transmission des maladies vectorielles afin de minimiser l'impact de ces dernières.
- c- **Participation communautaire** : la participation communautaire est généralement indispensable dans la LAV. Ainsi, contre une espèce comme *Aedes albopictus*, dont les habitats larvaires sont disséminés et majoritairement d'origine anthropique, la LAV proprement dite par pulvérisation d'insecticide est moins importante que la sensibilisation des communautés et les pouvoirs publics pour éliminer les gîtes potentiels. Les décharges à ciel ouvert, les récipients ou les coupelles de pots de fleur sont autant de gîtes larvaires à gérer pour limiter la pullulation des populations de ces moustiques.

Exemple : stratégies de lutte les anophèles selon la phase du cycle de vie et leur comportement.

Elles peuvent être :

- **Lutte larvicide** : réduction de la densité larvaire et donc de la production d'adultes.
- **Lutte adulticide** : consiste à la diminution de la densité des populations d'adultes et de la longévité des femelles qui perdent ainsi leur capacité à transmettre certains agents pathogènes.
- **Lutte larvicide et adulticide** : lorsque les habitats sont les mêmes (réduves, blattes, poux,
- **Diminution du contact homme-vecteur** : consiste à pratiquer une protection individuelle et/ou collective.



- Méthodes d'applications

Les modes d'application dépendent de la nature des traitements, surfaces à traiter.

- Appareil manuel à pression (gîtes larvaires, murs, ...)
- Appareil motorisé générateurs d'aérosols froids (ULV) ou de brouillards thermiques (pulvérisation spatiales) autoportés ou véhicules (4x4, avions, hélicoptères, ...).
- Trempage des moustiquaires et distribution ciblées/non ciblées
- Dispersion manuelles de granulés sur le sol, dans les gites larvaires

IV. Résistance aux insecticides

IV.1. Mécanisme et diffusion de la résistance

On parle de la résistance lorsqu'apparaissent dans une population des individus possédant la faculté de survivre à des doses de substances létales pour la majorité des individus composant une population normale de la même espèce. Cette résistance correspond à caractères

héréditaire lié à des allèles particuliers, qualifiés de « *gènes de résistance* », qui survient dans une population par mutation spontanée ou migration puis sont sélectionnés par l'utilisation d'insecticides (sélection darwinienne).

La pression de sélection est d'autant plus forte que 95 % de la quantité d'insecticides utilisés en santé publique n'agissent que sur 2 cibles du système nerveux des insectes : **le canal sodium voltage-dépendant et l'acétylcholinestérase (WHO, 2011).**

IV-2. Types de résistance

On note différents types de résistances, dont les plus efficaces sont la résistance métabolique et la résistance par mutation de cible. Et, il existe d'autres mécanismes de résistance peu explorés, comme la résistance comportementale.

a) La résistance métabolique, ou détoxification, regroupe les mécanismes biochimiques qui dégradent les insecticides en métabolites moins ou non toxiques et plus facilement éliminables, réduisant ainsi la quantité d'insecticide atteignant sa cible physiologique. Les principales enzymes impliquées dans ce métabolisme sont **les carboxylestérases, les monooxygénases à cytochrome P450 et les glutathion-S-transférases.**

La résistance par métabolisme résulte :

✓ D'une augmentation de l'expression des enzymes par amplification génique (multiplication du nombre de copies du gène sur le chromosome) ou d'une mutation sur le promoteur de la transcription du gène.

✓ De mutations qui augmentent l'efficacité catalytique de l'enzyme vis-à-vis de l'insecticide

b) La résistance par mutation de cible, résulte de mutations ponctuelles sur le gène codant pour la protéine sur laquelle agit l'insecticide. Pour que ces mutations soient sélectionnées, le changement d'acide aminé doit réduire l'affinité de la protéine cible vis-à-vis de l'insecticide tout en préservant tout ou de sa fonction biologique.

Ces mutations sont très efficaces, car elles confèrent généralement une résistance croisée à l'ensemble des molécules qui agissent sur la même cible (**Ffrench-Constant et al., 1998**). A titre d'exemple, les mutations du canal sodium, cible des pyréthrinoïdes et du DDT (Dichloro-Diphényl-Trichloroéthane), sont appelées mutation *kdr* « *knockdown resistance* » car elles diminuent ou annihilent l'effet de choc de ces insecticides.

Les mutations du gène codant pour l'acétylcholinestérase, appelées acétylcholinestérases insensibles, confèrent une résistance aux organophosphorés et aux carbamates. Chez les moustiques, plusieurs mutations ont été décrites, mais, la plus fréquente (G119S) est retrouvée chez au moins 7 espèces différentes (**Weill et al., 2003 ; Labbé et al., 2011**).

c) ***Résistance comportementale***, qui permet aux insectes d'éviter les surfaces traitées, ou la résistance cuticulaire, qui réduit la pénétration de l'insecticide dans le corps de l'insecte.

Bibliographie

1. **Alarcon-Chaidez, F.J, 2014.** Salivary glands. In Sonenshine D, Roe R.M, eds : *Biol. Tick*, Oxford University Press : 163-205.
2. **ALPHEY L, 2014.** Genetic control of mosquitoes. *Annu. Rev. Entomol.*, 59 :205-224.
3. **Anna Cohuet, 2017.** Cours de mater 2 en Entomologie médicale et vétérinaire, module 2 : capacité et compétence vectorielle.
4. **Apanaskevich D, et Oliver J.J, 2014.** Life cycle and natural history of ticks. In Sonenshine D, Roe R.M., eds : *Biol. Tick*, Oxford University Press : 59 :73.
5. **Bernard Q, Jaulhac B, Boulanger N, 2014.** Smuggling across the border : How arthropod-borne pathogens evade and exploit the host defense system of the skin. *J. Invest. Dermatol.*, 134 : 1211-1219.
6. **Boulanger N et McCoy Karen, 2017.** Chapitre 25 : les tiques (Acari : Ixodida). In *Entomologie médicale et vétérinaire édition ird*, pages 553-596.
7. **Boulanger N, Stachurski F, 2016.** Contrôle des populations de tiques et prévention : aspects vétérinaires et humains. In McCoy, KD, Boulanger N, eds : *tiques et maladies à tiques. Biologie, écologie évolutive, épidémiologie*, IRD Editions.
8. **Bourdeau P, 1993.** Les tiques d'importance vétérinaire et médicale. 1^{ère} partie, principales caractéristiques morphologiques et biologiques et leurs conséquences. *Point. Vet.*, 25 : 13-26.
9. **Bouyer J, Gentile de L, Chandre F, 2017.** Chapitre 5 : Lutte anti-vectorielle. In *Entomologie médicale et vétérinaire*, édition ird, pages 89-120.
10. **Bouyer J, Grimaud Y, Pannequin M, Esnaul O, Desquesnes M, 2011.** Importance épidémiologique et contrôle des stomoxes à la Réunion. *Bulletin Epidémiologique*, 43/spécial Dom-Tom : 53 :58.
11. **Bouyer J, Seck M.T, Sall B, Guerrini L, Vreysen M.J.B, 2010.** Stratified entomological sampling in preparation of an area-wide integrated pest management programme : the example of *Glossina palpalis gambiensis* in the Niayes of Senegal. *J.Med.Entomol.*, 47 (4) : 543-552.
12. **Brunhes J, Hassaine K, Hervy J.P, 2000.** Les Culicides de l'Afrique méditerranéenne : espèces présentes et répartition (Diptera, Nematocera) : In *Annales-Société Entomologique de France* 105 :195-204.
13. **Challier A, 1982.** - The ecology of Tse-Tse (*Glossina* sp.) (Diptera, Glossinidae) : a review (1970-1981). *Insect Sci. Application*, 3, 97-143

14. **Chandre F, 2017.** Cours de mater 2 en Entomologie médicale et vétérinaire, module 2 : lutte anti-vectorielle.
15. **De la Fuente J, Almazan C, Canales M, de la Lastra J.M.P, Kocan K.M, Willadsen P, 2007.** A ten-year review of commercial vaccine performance for control of tick infestations on cattle. *Anim. Health Res. Rev.*, 8 (1) : 431-441.
16. **De la Fuente J, Kocan K.M, 2014.** Developpement of vaccines for control of ticks infestations and interruption of pathogen transmission. In Sonenshine D, Roe R.M., eds : *Biology of ticks*, vol. 2, Oxford University Press : 333-353.
17. **Desquesnes M, 1998.** Les trypanosomoses du bétail et leurs vecteurs en Amérique latine. Monographie, 194 p.
18. **Dicko A.H, Lancelot R, Seck M.T, Guerrini I, Sall B, Lo, M, Vreysen M.J.B, Lefrançois T, Williams F, Peck S.L, Bouyer J, 2014.** Using species distribution models to optimize vector control : the tsetse eradication campaign in Senegal. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 111 (28) : 10149-10154.
19. **Duvallet G et Gentile L, 2012.** *Protection personnelle antivectorielle*, édition ird, pages 1-349.
20. **Duvallet G, Fontenille D et Vincent R, 2017.** Partie 1 : Compte et méthodes. In *Entomologie médicale et vétérinaire*, édition ird, pages 1-687.
21. **Farkas R, Estrada-Pena A, Jaenson T, 2013.** Basic biology and geographical distribution of tick species involved in the transmission of animal pathogens, including zoonoses. In Salman M, and Tarres-Call J. (ed) : *Tick tick-borne Dis. Geogr. Distrib. Control Strateg. euro-asia Reg.*, CAB international : 6-26.
22. **Ffrench-Constant R.H, Pittendrigh B, Vaughan A, Anthony N, 1998.** Why are there so few resistance associated mutations in insecticide target genes ? *Philos. Trans. R.Sco. Lond. B*, 353 (1376) : 1685-1693.
23. **Fontaine A, Diouf A, Bakkali N, Missé D, Pagès F, Fusai T, Rogier C, Almeras L, 2011.** Implication of heamatophagous arthropod salivary protein in host-vector interactions. *Parasit. Vect.*,4 :187.
24. **Fontaine A, Diouf I, Bakkali N, 2011.** Implication of haematophagous arthropod salivary proteins in host-vector interactions. *Parasit. Vectors*, 28 : 187.
25. **Fontenille D, Almeras C, 2017.** Chapitre 3 : Concepts et méthode d'identification des espèces d'arthropodes. In *Entomologie médicale et vétérinaire.*, pages 61-78.
26. **Fontenille D, Garros C, Rogier C., 2009.** Les anoplèles. *Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle.*, IRD Editions, coll.Didactiques, 3971p.

27. **Germain M, Cornet M, Mouchet J, Hervé JP, Robert V, Camicas JL, Cordellier R, Hervy JP, Digoutte JP, Monath TP, Salaum JJ, Deubel V, Robin Y, Coz J, Taufflieb R, Saluzz JF et Gonzalez JP, 1981.** La fièvre jaune selvatique en Afrique : données récentes et conceptions actuelles. *Médecine Tropicale*, 41 :31-43.
28. **Gray J.S, 1985.** Acarbon dioxide trap for prolonged sampling of *Ixodes ricinus* L. populations. *Exp. Appl. Acarol.*, 1 : 35-44.
29. **Guglielmone A, Richad R, Apanaskevich D, 2010.** The Argasidae, Ixodidae and Nutalliellidae (Acari : Ixodidae) of the world : a list of valid species names. *Zootaxa*, 2528 : 1-28.
30. **Hajek A.E. et Leger R.J.S, 1994.** Interactions between fungal pathogens and insect hosts. *Annu. Rev. Entomol.*, 39 (1) : 293-322.
31. **Hassan S.M, Dipeolu O.O, Munyinyi D.M, 1992.** Influence of exposure period and management methods on the effectiveness of chickens as predators of ticks infesting cattle. *Vet. Parasitol.*, 43 (3) : 301-309.
32. **Hebrard E, Froissard R, Louis C, Blanc S, 1999.** Les modes de transmission des virus phytopathogènes par vecteurs. *Virologie*, 3 (1) : 35-48.
33. **Hendrich J, Kenmore P, Robinson AS, Vreysen, M, 2007.** Are-Wide Integrated Pest Management (AW-IPM) : Principles, Practice and Prospects, In : Vreysen, M. Robinson, AS, Hendrichs J (Eds.) *Area-Wide Control of Insect Pests, From research to field implementation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 3-34.
34. **Hougard, J.M, Alley, E.S, Yameogo L, Dadzie K.Y, Boatn B.A, 2001.** Elimination onchercerciasis after 14 years of vector control : a proved strategy. *J. Infect. Dis*, 184 (4) : 497-503.
35. **Howard A.F.V. 2013.** Control with arthropodss in : Lorenz, M.M.C.L.M. (ED) *Biological and environmental control of diseases vectors*. CAB International, Oxfordshire, UK, 10-24.
36. **Itard J, 2000.** Les trypanosomoses animales africaines. In: Chartier C., Itard (J.), Morel (P.C), Troncy (P.M). *Précis de parasitologie vétérinaire tropicale*. Paris (France), Editions TEC et DOC,774 p.
37. **Kaufman R, 2007.** Gluttony and sex in female ixodid ticks : how do they compare to other blood-sucking arthropod ? *J. Insect. Physiol.* 53 : 264-273.
38. **Kazmirova M, Stibraniova I, 2013.** Tick salivary compounds : their role in modulation of host defences and pathogen transmission. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 3 : 43.

39. **Labbé P, Alout H, Djogbénu L, Pasteur N, Weill M, 2011.** Evolution of resistance to insecticide in Disease Vectors, in : Tibayrenc M. (Ed.) *Genetic and Evolution of Infections Disease*. Elsevier, London, 363-409.
40. **Labuda M, Trimmell A.R, Lickova M, 2006.** An antivector vaccine protects against a lethal vector-borne pathogen. *PLoS Pathog.* 2 : e27.
41. **Laveissière C., Hervouët J.P, 1991.** La trypanosomiase humaine en Afrique de l'Ouest. *Epidémiologie et contrôle*. Editions ORSTOM, Bondy, 157 p.
42. **Levi T, Kilpatrick A.M, Mangel M, 2012.** Deer, predators, and the emergence of Lyme disease 2012. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 3, 109 (27) : 10942-7.
43. **Mehlhorn H, 2001.** *Encyclopedic Reference of Parasitology, Structure, Function/Diseases*. Springer, 2nd edition.
44. **Mehlhorn H, 2011.** Ixodid ticks : world record holders in starvation and blood engorging. In : *Prog. Parasitol*, Springer, 336.
45. **Moloo S.K, Sabwa C.L, Baylis, 2000.** Feeding behaviour of *Glossina pallidipes* and *Glossina morsitans centralis* on Boran cattle infected with *Trypanosoma congolense* or *T. vivax* under laboratory conditions. *Medical and veterinary Entomology-volume 14, Issue 3*.
46. **Morère, JP, Pujol R, 2003.** *Dictionnaire raisonné de Biologie*. Frison-Roche, Paris, 1 222p.
47. **Moutailler S, George J.C, Hansman Y, Degeilh B, Joncour G, Jourdain E, Malandrin L, Umhang G, Vayssier-Taussat M, Vial L, Bonnet S, Boulanger N, 2016.** Principales maladies transmises par les tiques : épidémiologie clinique et diagnostic. In McCoy, K.D, Boulanger, N, eds : *Tiques et maladies à tiques. Biologie, écologie évolutive, épidémiologie*, chap.8, IRD Editions.
48. **Parizi L.F, Githaka NW, Logullo C, Konnai S, Masuda A, Ohashi K, 2012.** The quest for universal vaccine against ticks : cross-immunity insights. *The Veterinary journal*, 194 (2) : 158-165.
49. **Perez-Eid C, 2007.** *Les tiques : identification, biologie, importance médicale et vétérinaire*. Editions T. Lavoisier.
50. **Piesman J, Eisen L, 2008.** Prevention of tick-borne diseases. *Annu. Rev. Entomol.*, 53 : 323-343.
51. **Randolph S, Gern L, Nuttall P, 1996.** Co-feeding ticks : Epidemiological significance for tick-borne pathogen transmission. *Parasitol. Today*, 12 : 472-479.

52. **Rizzoli A, Silaghi C, Obiegala A, 2014.** *Ixodes ricinus* and its transmitted pathogens in urban and peri-urban areas in Europe : New hazards and relevance for public health. *Front. Public Health.*, 2 : 251.
53. **Rodhain. F et Perez C, 1985.** *Précis d'Entomologie médicale et vétérinaire*, édition Maloine, pages 1-443.
54. **Samish M, Ginsberg H, Glazer I, 2004.** Biological control of ticks. *Parasitology*, 129, Suppl. : S389-S403.
55. **Sonenshine D, 1991.** *Biology of ticks*. Oxford University Press.
56. **Sonenshine D, et Roe R, 2014.** *Biology of ticks*, vol. 1 and vol 2. Second Edition. Oxford University Press.
57. **Suckling, D.M, Stringer L.D, Stephens, A.E, Woods, B, Williams, D.G, Baker G, El-Sayed, A.M, 2014.** From integrated pest management to integrate peste radication : technologies and future needs . *Pest Manag. Sci.*, 70 (2) : 179-189.
58. **Vassallo M, Pichon B, Cabaret J, 2000.** Methodology for sampling questing nymphs of *Ixodes ricinus* (Acari : Ixodidae), the principal vector of Lyme disease in Europe. *J. Med. Entomol.*, 37 :335-339.
59. **Vincent R, 2017.** Chapitre 2 : Introduction à l'entomologie médicale et vétérinaire. *In Entomologie médicale et vétérinaire*, édition ird, page 37-59.
60. **Voordouw M, 2015.** Co-feeding transmission in Lyme disease pathogens. *Parasitology*, 142 : 290-302.
61. **Weill M, Lutfalla G, Mogensen K, Chandre F, Berthomieu A, Berticat C, Pasteur N, Philipis A, Fort P, Raymond M, 2003.** Comparative genomics : Insecticide resistance in mosquito vectors. *Nature*, 423 (6936) : 136-137.
62. **WHO, 2011.** *Global Insecticide Use for Vector-Borne Disease Control*. A 10 year assessment (2000-2009). Fifth Edition, world Health Organization, Geneva, Switzerland, 57 p.
63. **WHO, 2012.** *Handbook for integrated vector management 2012*. WHO/HTM/NTD/VEM/2012.3, World health Organization, Geneva, Switzerland, 67p.
64. **WHO, 2014.** *A Global brief on vector-borne diseases* WHO/DCO/WHO/2014.1
65. **Wilkinson D.A, Dietrich M, Lebarbenchon C, et al., 2014.** Massive infection of seabird ticks with *Coxiella burnettii* related species. *Appl. Environ. Microbiol.*, 80 : 3327-3333.

-
66. **Willadsen P, Riding G.A, McKenna R.V, 1989.** Immunologic control of a parasitic arthropod. Identification of a protective antigen from *Boophilus microplus*. *J. Immunol.*, 143 : 1346-1351.
67. **Wyss JH, 2006.** Screwworm Eradication in the Americas. Tropical Veterinary diseases : control and prevention in the context of the new world order. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 916-193.
- Zhong J, Jasinskas A, Barbour A, 2007.** Antibiotic treatment of the tick vector *Amblyomman americanum* reduced reproductive

ENTOMOLOGIE MEDICALE & VETERINAIRE

AUX

LECTEURS ET LECTRICES, VOS REMARQUES ET
SUGGESTIONS SONT LES BIENVENUES POUR
L'AMELIORATION DE CE SUPPORT

REPUBLIQUE DE GUINEE

Travail-justice-solidarité

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Institut Supérieur des Sciences et de Médecine Vétérinaire (ISSMV) de Dalaba

Plan du cours d'Entomologie

I- Identification administrative

Département : Médecine vétérinaire

Section : Zoologie

II- Année universitaire : 2019-2020 ; semestre III

III-Code : ENTO ; **Titre du cours :** Entomologie ; **Nombre de crédits :** 6

IV-Identification de l'Enseignant/Chercheur

Dr Karifa CAMARA

Tél : +224 621-54-33-40/662-13-45-16

E-mail : camarakariffa@gmail.com

Disponibilité : Lundi au Vendredi de 08h à 16h 00 minute au laboratoire d'Entomologie

A domicile : sur rendez-vous

V- Contexte : de façon globale ce cours d'Entomologie vise à :

1. Initier les étudiants sur la systématique, biologie et, l'importance médicale et vétérinaire des arthropodes vecteurs (insectes, acariens, ...)
2. Préparer les étudiants à la lutte anti-vectorielle (LAV)

VI- Les objectifs du cours : de façon spécifique, à l'issue de ce cours d'Entomologie, l'étudiant devrait être capable de :

- 1- Faire la systématique et décrire la morphologie générale des arthropodes vecteurs
- 2- Expliquer l'anatomie interne des arthropodes vecteurs (insectes, acariens, ...)
- 3- Expliquer le mode de reproduction et la bio-écologie des arthropodes vecteurs
- 4- Comprendre le rôle joué par les arthropodes dans la transmission et la propagation des maladies vectorielles.
- 5- Entreprendre et exécuter une méthode de lutte anti-vectorielle.