



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Larbi Tébessi – Tébessa



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des êtres vivants

MEMOIRE DE MASTER

Domaine: Science de la nature et de la vie.

Option : Ecophysiologie Animale

Filière: Sciences Biologiques

## Thème :

# Les diptères et leurs rôles dans les écosystèmes

Présentés par :

Boutarfa Asma

Devant le jury :

Mme Benarfa N.	M.C.B.	Université de Tébessa.	Président
Mme Djellab S.	M.C.A.	Université de Tébessa	Rapporteur
Mme Sbiki M.	M.A.A.	Université de Tébessa	Examineur

## Remerciements

Nous remercions avant tout Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la  
Patience

Qu'il nous a donné durant toutes les longues années d'études  
Afin que je puisse arriver là.

Notre reconnaissance, notre vive gratitude et notre sincère remerciement Vont aussi à

**Mme Djalleb S.(MCA)** au département de Biologie Animale,

Pour nous avoir dirigé tout au long de la réalisation de ce travail. Ses  
Orientations,

Ses encouragements, sa disponibilité constante c'était inestimable pour nous.

Vous avez su faire partager votre expérience et vous nous avez guidés  
*Dans le monde de la recherche scientifique. Merci d'avoir cru en moi.*

*Au président de jury de notre mémoire,***Mme Benarfa N.(MCB)**

qu'il trouve ici toutes nos expressions respectueuses.

Merci vivement pour vos conseils, pour faire partager votre expérience et de nous  
guidé pour bien réaliser ce travail scientifique

Je remercie également,**Mme Sbiki M(MAA)**pour avoir accepté de faire partie  
des membres du jury ; lire et de juger ce travail.

Nous remercions tout le personnel professionnel et administratif de la faculté de  
biologie pour les efforts déployés en vue d'assurer le service et le développement des  
étudiants dans l'enseignement supérieur.

Enfin nous remercions s'adressent a ceux qui ont aidé de près ou de loin à la  
Réalisation de ce travail.

## Table de matière

<b>Liste des Figures</b> .....	<b>I</b>
<b>Liste des Tableaux</b> .....	<b>II</b>
<b>Liste des Symboles</b> .....	<b>II</b>
<b>ملخص</b> .....	<b>III</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>IV</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>V</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre 01 : les caractéristiques des diptères</b> .....	<b>3</b>
1- Historique et définition.....	3
2 - Classification et taxonomie .....	4
2-1- Nématocères.....	6
2-2- Brachycera.....	8
3- Les caractéristiques morphologiques des diptères.....	9
4- Ecologie des diptères .....	14
5- Cycle biologiques des diptères .....	16
6- L'importance pour la santé publique.....	18
7- Nuisance et importance écologique.....	21
<b>Chapitre 02 : les rôles des diptères</b> .....	<b>24</b>
1- Les culicidés.....	24
1-1- Rôle écologique .....	24
1-2- rôle pathogène .....	25
1-2-1- Les maladies d'origine virale.....	262
1-2-2 Les maladies d'origine parasitaires : Le paludisme.....	26
2- Muscidae.....	29
2-1- Rôle économique .....	29
2-2 rôle médicale .....	29
2-2-1 Rôle pathogène direct .....	29
2-2-2- Rôle pathogènes indirects.....	30
3- Tabanidae.....	31
3-1-rôle médicale et vétérinaire .....	31
1.3.1. Nuisance.....	31
1-3-2- Chez l'Homme .....	31

**Conclusion .....**

**Référence bibliographie .....**



## Liste des Figures

N°	Titre	Page
Figure :01	arbre phylogénétique des diptères (Cranston & Gullan, 2009)	7
Figure :02	Cladogramme illustrant les relations entre les diptères et leur classification inférée(Cranston & Gullan, 2009).	8
Figure :03	Tête adulte de (1) Tipulidae, (2) Blephariceridae, (3) Tachinidae, (4) Syrphidae(Merritt et al., 2009).	9
Figure :04	Diptères larvaires. a- Blephariceridae, b- Psychodidae, c- Chironomidaehead capsule, d- Tipulidaehead capsule, e- Axymyiidae, f- Psychodidae(G. W. Courtney & Merritt, 2009).	10
Figure :05	Diptères larvaires. a- Syrphidae, b- Sciomyzidaecephalopharyngealskeleton, c- Sciomyzidae, d- Empididae (G. W. Courtney & Merritt, 2009)	11
Figure :06	Position des ouvertures respiratoires (spiracles) chez les larves de diptères (Fusari et al., 2018)	12
Figure :07	Pièces buccales de diptères adultes. (a) Mouche domestique, Musca (Muscidae). (b) Mouche d'étable, Stomoxys (Muscidae) (Gullan & Cranston, 2010)	13
Figure :08	Dessin schématique du cycle de vie d'un moucheron commun (Chironomidae) montrant les divers événements et stades de développement (Gullan & Cranston, 2010)	16
Figure :09	P. aprica sur une patte de vache Les mouches sucent le sang autour de la piqûre de la femelle taon. (F. Baldacchino, 2012)	32

## Liste des Tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 01	<b>les principaux taxa des diptères (Wyss &amp; Cherix, 2013)</b>	5
Tableau 02	Temps de développement approximatif moyen (en heures) de certaines espèces de mouches spécifiques à 20°C(Sarwar, 2020)	17
Tableau 03	Principales maladies transmises par les mouches et problèmes connexes affectant la santé humaine(Gerhardt & Hribar, 2019)	18
Tableau 04	Principales maladies transmises par les mouches et problèmes connexes affectant le bétail, la volaille et d'autres animaux domestiques ou sauvages(Gerhardt & Hribar, 2019)	19
Tableau 05	exemples des maladies et leurs vecteurs chez l'homme(Wyss & Cherix, 2013)	21
Tableau 06	Quelques affections vectorielles transmises à l'homme par les Culicidae	27

## Liste des Symboles

symbole	Définition
+	Plus
%	<b>Pourcentage</b>
Ph	<i>Le</i> potentiel hydrogène
mm	<b>Millimètre</b>
°C	dégré

## ملخص

يعرض هذا العمل لتتو عالبيولوجيا Diptère (الذبابو البعوض) وأدوارها المتعددة في البيئة و المحيطاتو تأثيراتها علالبشر فيالمقامالأول، وتعتبر Diptère واحدة منأهمالرتبواكثر ه اتتو عابينا الحشرات

أيضا، تعتبر Diptère منالعوامل المهمة فيانتقالالأمراضمثل: الملا ربا، داء الليشمانيات، داء الفيلارياتوالمفاوي، حمالضنك، الحمالصفراء.

إنهامشكلة صحية عامةرئيسية فيإقليممنظمة الصحة العالمية.

الكلمات المفتاحية: diptère، الحشرات، الذباب، البعوض، انتقالالأمراض.

.

## **Abstract**

This work presents the biological diversity of Diptera (flies, mosquitoes) and their multiple roles in the environment and the ocean and their effects on humans in the first place, the Diptera are considered one of the most important orders and the most diverse of multi-insects

Also, Diptera are considered to be one of the important factors in the transmission of diseases such as: malaria, leishmaniasis, lymphatic filariasis, dengue, yellow fever.

It is a major public health problem in the WHO Region.

key words: diptera, insects, flies, mosquito, diseases transmission.

.

## Résumé

Ce travail présente la diversité biologique des Diptères (mouches, moustiques) et leurs multiples rôles dans l'environnement et l'océan et leurs effets sur l'homme en premier lieu, les Diptères sont considérés comme l'un des ordres les plus importants et les plus divers de multi-insectes

Aussi, les Diptères sont considérés comme l'un des facteurs importants dans la transmission des maladies telles que : le paludisme, la leishmaniose, la filariose lymphatique, la dengue, la fièvre jaune.

C'est un problème majeur de santé publique dans la Région de l'OMS.

mots clé : diptères , insectes, mouches ,moustique ,maladies transmission .

# Introduction

## Introduction

La biodiversité peut être comprise comme une étude de la différence, à savoir ce qui distingue et par la même rend originale deux entités voisines dans l'espace ou dans le temps (**Blondel, 1975**). La conservation de la biodiversité passe obligatoirement par une parfaite connaissance de la distribution de la faune et de la flore. Les insectes qui constituent plus de 50% de la diversité de la planète (**Wilson, 1988**) et près de 60% de celle du règne animal (Pavan, 1986) prennent de plus en plus d'importance dans la recherche. Appartenant à l'embranchement des Arthropodes ; les insectes jouent des rôles épidémiologiques variés, ce qui fait d'eux un problème majeur de santé publique (**Berge, 1975 ; Jolivet, 1980**).

L'étude des insectes piqueurs- suceurs de sang, a pris un intérêt de premier ordre lorsque les scientifiques furent convaincus qu'ils étaient des agents vecteurs d'un grand nombre de maladies infectieuses de l'Homme et des animaux (**Senevet et Andarelli, 1956**).

On entend par vecteurs tout organisme ou agent pathogène, ce sont généralement les insectes hématophages qui ingèrent un germe pathogène présent dans le sang qu'ils prélèvent sur un hôte infecté et l'injectent ensuite à un nouvel hôte à l'occasion de leur prochain repas sanguin. On connaît bien le rôle des moustiques dans la transmission des maladies mais d'autres diptères hématophage en sont également capables. Généralement, on considère également comme vecteurs des organismes qui n'appartiennent pas à la classe des Insectes comme les tiques (qui appartiennent à l'embranchement des Arthropodes). Les Culicidae sont sans doute les plus connus et les plus redoutés tant par les maladies parasitaires qu'ils peuvent inoculer pendant leur repas sanguin. Les arthropodes représentent plus 85 % des espèces animales connues, soit plus d'un million d'espèces dont les trois quarts sont des insectes. La plupart des insectes sont inoffensifs, par contre d'autres tels que les diptères hématophages ont un impact sur la santé humaine et animale. En effet, ces insectes, en raison de leurs hématophages, représentent un fléau à la fois par leur nuisance directe (**Foil, 1989**), mais aussi par leur rôle de vecteur potentiel de divers agents pathogènes (**Foil et Gorhan, 2000 ; Mavoungouet al., 2008**).

Les diptères sont cosmopolites par leurs répartitions, ils jouent un rôle d'agent actif dans la transmission de maladies, pouvant être légères, graves, ou voir même mortelles. Leurs connaissances et leurs identifications sont indispensables pour les médecins, écologistes, hygiénistes, zoologistes, et entomologistes (**Seguy, 1924**). L'entomologie

médicale et vétérinaire considère que les diptères notamment les hématophages sont les principaux vecteurs de maladies infectieuses (Deeks, 1946). Parmi ceux les moustiques, qui sont catalogués comme étant les animaux les plus dangereux au monde, car ils sont fréquemment à proximité de l'homme et responsables de nombreuses maladies d'évolution mortelle. En effet, les principaux moustiques venant se nourrir sur l'homme tels que les Anophèles, les Culex et les Aedes transmettent des maladies tropicales graves d'emblées (Ensaf et Bouree, 2017) comme le paludisme (Deeks, 1946), ou graves à l'état chronique telle que la filariose de Bancroft, ou encore la fièvre jaune et la dengue (Brunhes et al., 2000 ; Ensaf et Bouree, 2017). En plus des problèmes d'ordre médical la présence des moustiques et des simulies cause des pertes importantes sur le plan économique. Par leurs attaques massives et acharnées, elles affectent la production laitière et le poids des animaux. Ceux-ci sont excités et ne peuvent paître tranquillement (Woo-t 1985). Cette nuisance peut provoquer chez les humains, une diminution du temps alloué aux activités de plein-air (randonnée, pêche, chasse, camping, cueillette, etc.), et donc une baisse de fréquentation des bases, centres, parcs et autres lieux de villégiature. Les activités forestières ainsi que le développement de certaines régions, par exemple le nord québécois, n'échappent pas non plus aux problèmes causés par la pullulation des diptères piqueurs. Pour des raisons économiques et de santé, il devient donc nécessaire de diminuer les populations de moustiques et de simulies. Au Canada, plusieurs agglomérations et territoires possèdent actuellement des programmes <Je lutte contre les moustiques et les simulies.

A l'échelle mondiale, il existe plusieurs programmes majeurs dont certains couvrent plusieurs pays. La base <Je la stratégie <Je contrôle des diptères vecteurs, qui consiste à réduire suffisamment les populations, <Je manière à restreindre les infestations par l'application d'insecticides.

Notre étude théorique est structurée en deux chapitres

Chapitre 01 : les caractéristiques des diptères

Chapitre 02 : les rôles des diptères ( Culisidia, Muscidae ,Tabanidae) .



# **Les caractéristiques des diptères**

## 1- Historique et définition

Le Jurassique a vu la première apparition d'hyménoptères aculéates, de nombreux diptères nématocères et les premiers brachycères. Les fossiles du Trias et du Jurassique comprennent d'excellents matériaux préservés dans des gisements à grain fin, tels que ceux de Solenhofen, le site d'insectes et d'archéoptéryx magnifiquement préservés.

Les fossiles d'insectes peuvent montrer que les taxons actuellement restreints dans la distribution étaient autrefois distribués plus largement, la sous-famille des *Austroconopinae* (Diptera : *Ceratopogonidae*), maintenant limitée à une espèce existante d'*Austroconops* en Australie occidentale, était diversifiée dans l'ambre libanais du Crétacé inférieur (Néocomien, 120 Ma) et l'ambre de Sibérie du Crétacé supérieur (90 Ma) (**Gullan & Cranston, 2010**).

Les Diptera (mouches, moustiques) sont l'un des ordres d'insectes holométaboles les plus importants et diversifiés, à la fois en raison de leur morphologie, de leur écologie et de leur importance entomologie médicale et vétérinaire. Le nom diptera est dérivé des mots grecs « di » signifiant deux et « ptera » signifiant ici ailes, ce qui fait référence au fait que les vraies mouches n'ont qu'une seule paire d'ailes (deux ailes) (**Duvallet, 2017; Sarwar, 2020b; Wiegmann et al., 2011**).

Ces insectes ont perdu la seconde paire d'ailes qui est remplacée par une paire d'organes nommés haltères ou balanciers. C'est un caractère distinctif car les autres insectes ont soit deux paires d'ailes, soit quatre ailes. Les ancêtres des diptères ont également quatre ailes, mais chez les insectes diptères, la deuxième paire d'ailes est transformée en haltères (**Duvallet, 2017; Sarwar, 2020**).

Les Diptères ont évolué selon deux axes principaux : un assemblage (les premiers Nématocères) de sous-ordres correspondant aux moustiques, dont les Diptères basaux, et le sous-ordre des Brachycères qui comprend les mouches les plus évoluées (*Cyclorhapha*). L'ancêtre Diptera est similaire à l'ancêtre panarpoïde en ce que les enzymes impliquées dans la digestion intermédiaire sont libres dans le liquide ectopéritrophique (principalement dans le gros cæcum), tandis que les enzymes de la digestion terminale sont liées à la membrane des microvillosités des cellules de l'intestin moyen (**Terra & Ferreira, 2005**).

Cet ordre, comprenant plus de 153 000 espèces réparties dans environ 180 familles, forme actuellement l'un des groupes d'insectes les plus diversifiés (**Amorim, 2009**). Par ordre d'importance, c'est le 4<sup>e</sup> ordre après les coléoptères, les hyménoptères et les lépidoptères. Les mouches rencontrent partout à la surface de la planète et peuvent être parfois très abondantes (**Wyss & Cherix, 2013**).

Les espèces de Diptères sont omniprésentes et cosmopolites, car ils ont colonisé avec succès presque tous les habitats et tous les continents, y compris l'Antarctique (G. W. Courtney & Merritt, 2009).

## **2- Classification et taxonomie**

Les diptères sont un ordre majeur d'insectes, avec environ 150 000 espèces décrites et peut-être plus d'un quart de million d'espèces dans quelque 150 familles (**figure 01**) (Cranston & Gullan, 2009).

Les diptères ont été divisés en « nématocères » (diptères « inférieurs ») et en brachycères (diptères « supérieurs »). Les brachycères sont monophylétiques, mais les diptères inférieurs sont paraphylétiques, dépourvus de tout caractère unificateur (synapomorphies). Cela implique que Brachycera est originaire des Diptères inférieurs (Carvalho, Rafael, Couri, & Silva, 2012).

Les Nématocères contiennent 35 familles et quelques 50 000 représentants tandis que les Brachycères contiennent 113 familles et quelques 100 000 espèces. Le terme Nématocères se réfère aux antennes de sous-ordre qui sont fines et multi segmentées. Les Brachycères possèdent des antennes courtes et comptant moins de 6 segments. Les Brachycères se séparent encore en deux groupes d'une part les Orthogères (23 familles et 35 000 espèces) dont le type est le taon (Tabanidés) et les Cyclorhaphes (90 familles et plus de 65 000 espèces) avec comme représentants typiques les *Syrphidae*, les *Muscidae* ou encore les *Calliphoridae* (**tableau 01**) (Wyss & Cherix, 2013).

La classification des diptères (**figure 02**) fondée sur les principes de la systématique phylogénétique a été proposée. Le nœud des Diptera y est défini par les caractères dérivés propres suivants : prothorax et métathorax très réduits, chez les mâles, perte du stigmate de 8<sup>e</sup> segment abdominal, ailes postérieures réduites en haltères, pièces buccales allongées en lames ou en stylets, notamment l'hypopharynx qui comporte un canal salivaire, palpes labiaux allongés fusionnant en un étui et donnant un labellum. De plus, les phylogénies moléculaires attestent de la monophylie des Diptera (Lecointre, Visset, Guyader, & Charrier, 2013).

**Tableau 01 : les principaux taxa des diptères (Wyss & Cherix, 2013):**

<b>Sous ordre</b>	<b>Principales familles</b>	<b>Larves et pupes</b>	<b>Adultes</b>
<b>Nématocères</b>	<i>Tipulidae</i>	Capsule céphalique bien définie.	Antennes fines et longues avec moins
	<i>Culicidae</i>	Mandibules se déplaçant dans le plan horizontal.	6 segments
	<i>Chironomidae</i>	Nombreuses espèces détritivores ou filtreuses, fungiformes, prédateurs.	(souvent plus).
	<i>Ceratopogonidae</i>	Forment des galles	Palpes maxillaires longs (3 à 5) articles
	<i>Simuliidae</i>		
	<i>Bibionidae</i>		
	<i>Cecidomyidae</i>		
<b>Brachycères (Orthographes)</b>	<i>Mycetophilidae</i>	La pupa n'est enfermée dans la cuticule larvaire	
	<i>Tabanidae</i>	Capsule céphalique réduite.	Antennes courtes, moins de 6 articles.
	<i>Stratiomyidae</i>	Mandibules se déplaçant dans le plan vertical	Dernier articles allongé.
	<i>Asilidae</i>	Espèces prédatrices ou parasites.	Palpes maxillaires courtes (1-2 articles)
	<i>Bombyliidae</i>	La pupa n'est enfermée dans la cuticule larvaire	
<b>Brachycères (Cyclorrhaphes)</b>	<i>Empididae</i>		
	<i>Dolichopodidae</i>		
	<i>Phoridae</i>	Capsule céphalique vestigiale, mandibules absentes, remplacées par des crochets.	Antennes courtes, moins de 6 articles.
	<i>Surphidae</i>	Alimentation larvaires très variée.	Dernier articles allongé.
	<i>Conopidae</i>	Plusieurs espèces saprophages, herbivores, prédatrices, parasites ou parasitoïdes. La pupa est enfermée dans la dernière cuticule larvaire	Palpes maxillaires courtes (1-2 articles)
	<i>Tephritidae</i>		
	<i>Ephydriidae</i>		
	<i>Drosophilidae</i>		
	<i>Chlorophidae</i>		
	<i>Antgomiidae</i>		
	<i>Muscidae</i>		
	<i>Calliophidae</i>		
	<i>Sarcophagidae</i>		
	<i>Tachinidae</i>		
<i>Gasterophilidae</i>			
<i>Oestridae</i>			
<i>Glossinidae</i>			
<i>Hippoboscidae</i>			

## 2.1- Nématocères

Les principales familles des Nématocères sont : Tipulidae, Blephariceridae, Chaoboridae, Psychodidae, Culicidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Simuliidae, Bibionidae, Hteropezidae, Cecidomyiidae, Mycetophilidae, Sciaridae(DAJOZ, 2010) .

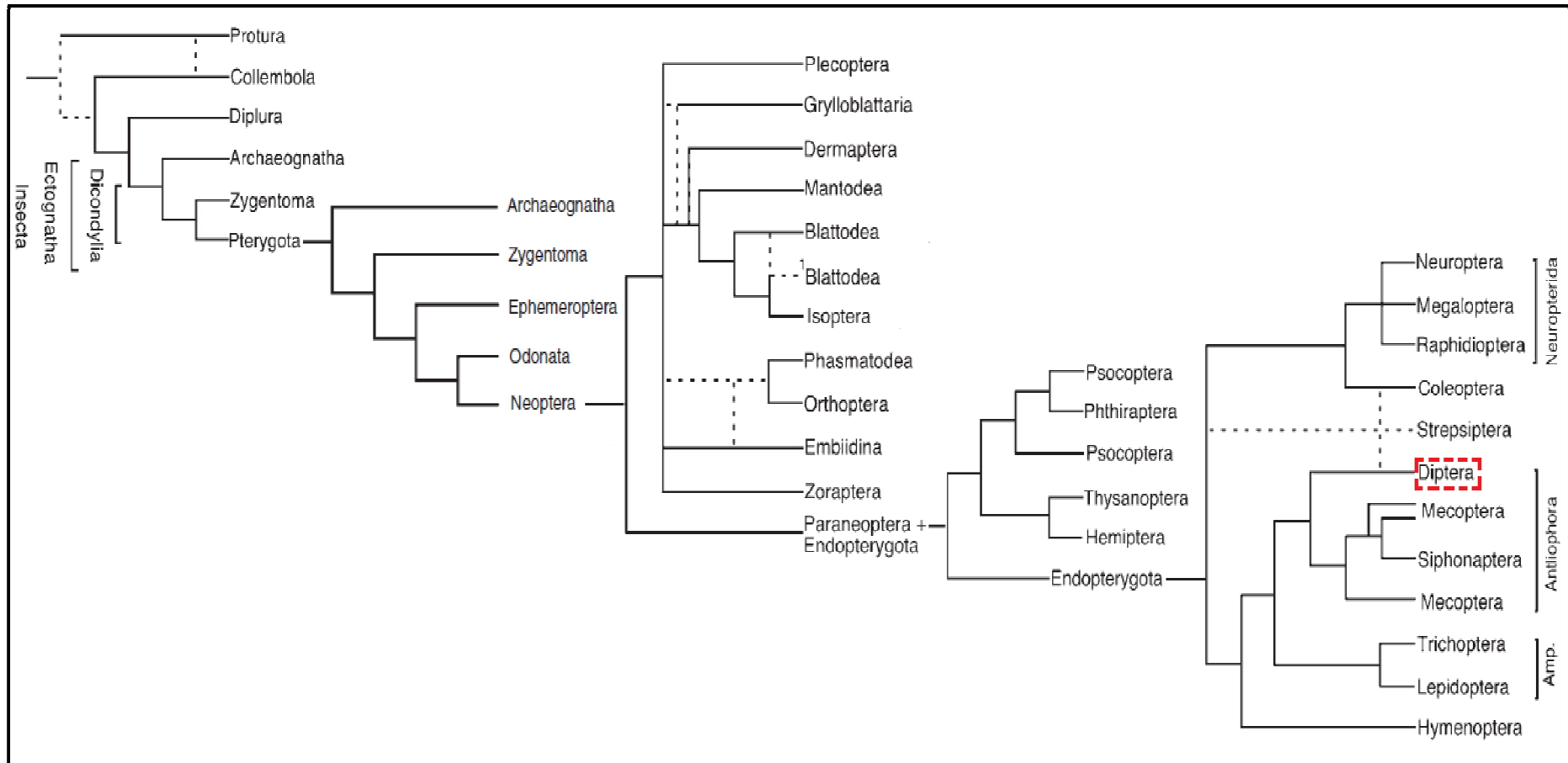
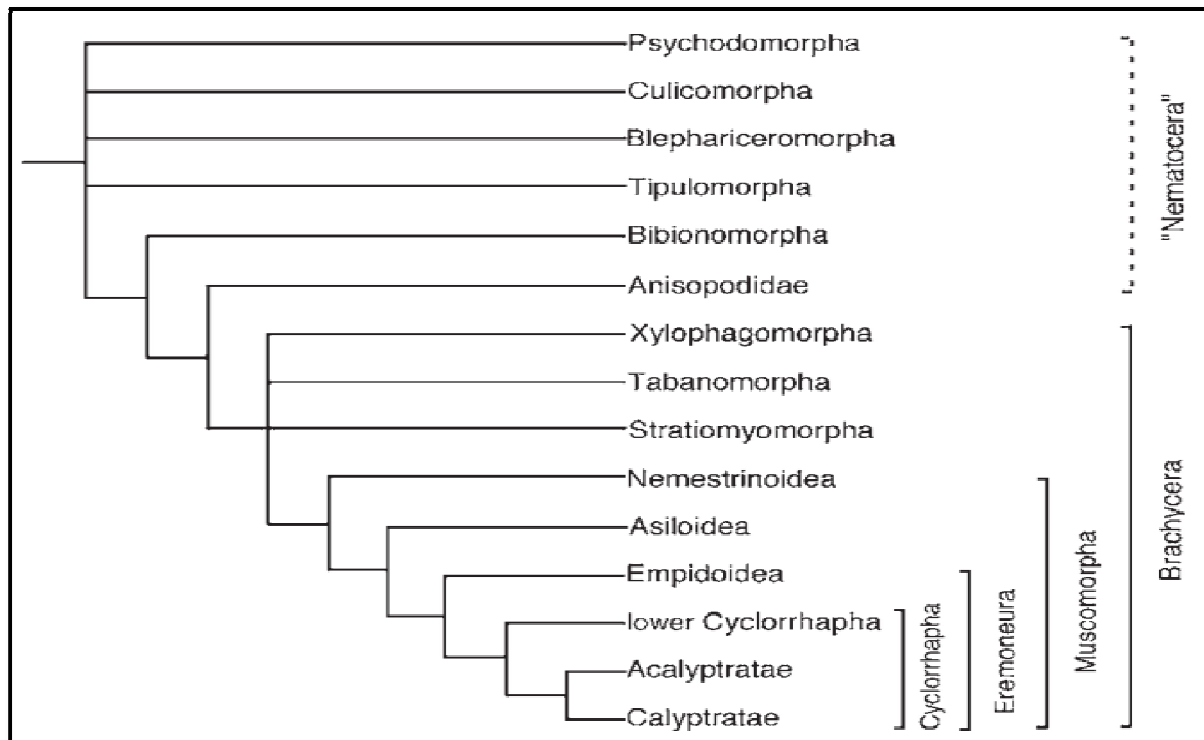


Figure 01 : arbre phylogénétique des diptères (Cranston & Gullan, 2009)

## 2.2- Brachycera

Brachycera contient quatre groupes équivalents avec des relations internes non résolues : Tabanomorpha (avec brosse sur la mandibule larvaire et la tête larvaire rétractile) ; Stratiomyomorpha (avec cuticule larvaire calcifiée et nymphose dans les exuvies du dernier stade larvaire); Xylophagomorpha (avec capsule tête larvaire allongée et conique distinctive fortement sclérifiée, et abdomen se terminant postérieurement par une plaque sclérifiée avec des crochets terminaux); et Muscomorpha (adultes sans éperon tibial, flagelle avec pas plus de quatre flagellomères et cercus femelle à segment unique).

Ce dernier groupe spécifique contient Nemestrinoidea (abeilles et apparentés), Asiloidea (voleurs et apparentés) et Eremoneura (empidoïdes et Cyclorrhapha). L'Eremoneura est un clade fortement soutenu basé sur la nervation alaire (perte ou fusion de la veine M4 et fermeture de la cellule anale avant la marge), la présence de soies ocellaires, de palpes



unitaires et de plusieurs caractères trois stades(**figure02** )(Cranston & Gullan, 2009).

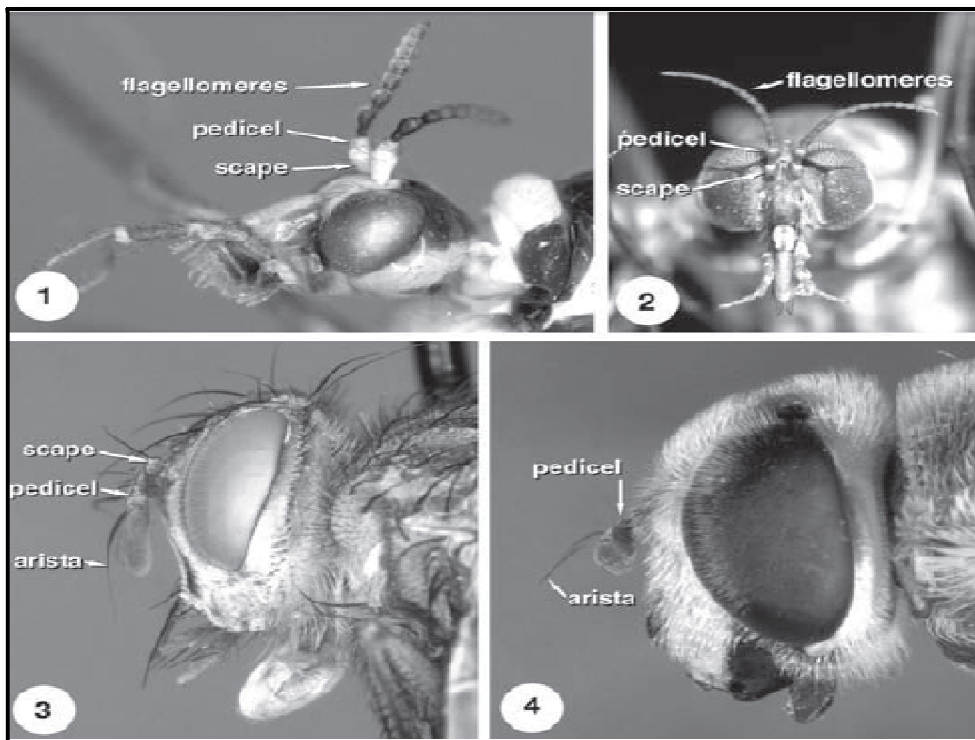
**Figure02 :Cladogramme illustrant les relations entre les diptères et leur classification inférée(Cranston & Gullan, 2009).**

### 3- Les caractéristiques morphologiques des diptères

Il est difficile de généraliser sur la morphologie des diptères en raison de la variation des structures morphologiques rencontrées parmi les groupes primitifs et plus récemment dérivés(Wallace, 2009).Les diptères (connus par les entomologistes sous le nom de « vraies mouches ») possèdent une paire d'ailes sur le mésothorax et une paire d'haltères (ailes minuscules modifiées), dérivées des ailes postérieures(Los Huertos, 2020).

Les diptères adultes mesurent de 1 à 12 mm, mais des géants relatifs de 25 à 60 mm sont connus ; ces derniers comprennent de grandes grues(Thorp & Rogers, 2011).

Les régions de la tête comprennent le vertex, une zone dorsomédiale au-dessus et en arrière des yeux ; les frons, une zone s'étendant du sommet aux insertions antennaires ; et le visage, qui s'étend des insertions antennaires au clypeus, une région intimement associée aux pièces buccales. Toutes ces zones peuvent porter une variété de soies, dont le nombre et la position sont souvent utiles pour l'identification.Presque toutes les mouches ont des antennes bien développées, le flagelle étant le composant le plus varié. Dans les familles nématocères, les antennes sont généralement composées de nombreux segments et sont filiformes, plumeuses ou pectinées (**figure 03**), tandis que les mouches brachycères ont généralement le premier flagellomère élargi et les flagellomères restants stylisés ou aristés (**figure 03**)(Merritt, Courtney, & Keiper, 2009).

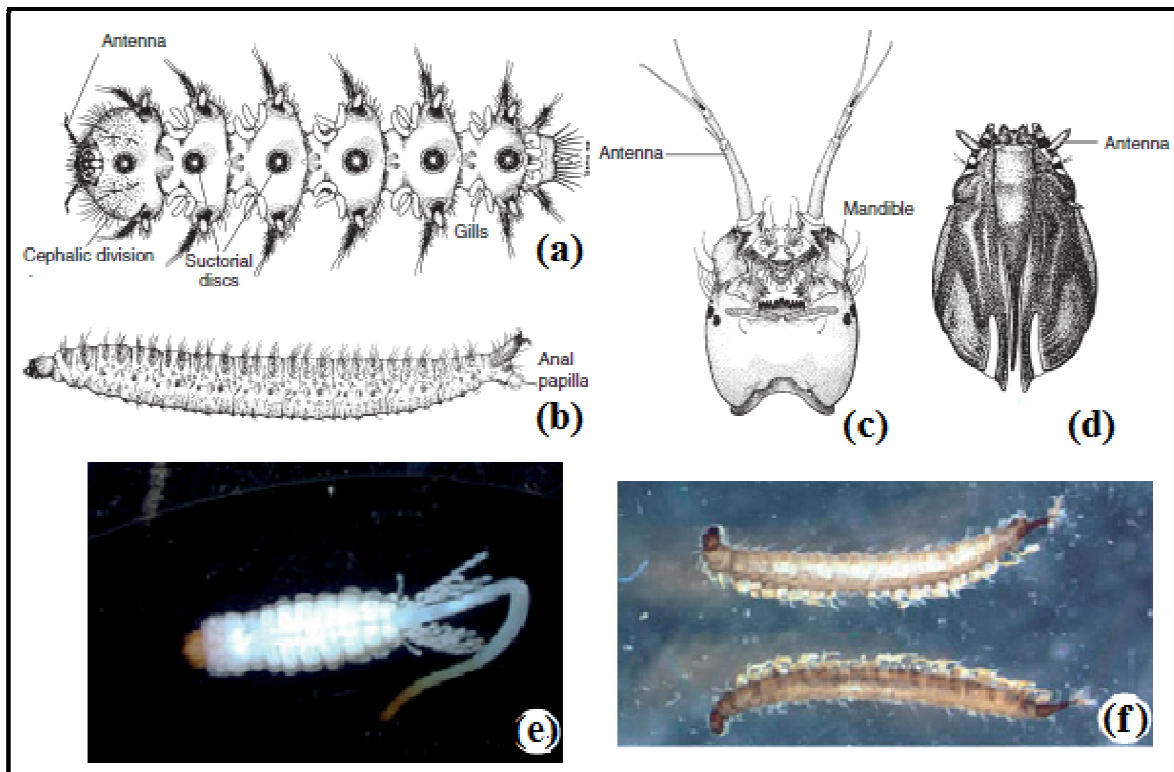




**Figure 03 :Tête adulte de (1) Tipulidae, (2) Blephariceridae, (3) Tachinidae, (4) Syrphidae(Merritt et al., 2009).**

Les diptères sont caractérisés par une seule paire d'ailes et quelques espèces sont aptères. Contrairement aux autres insectes dont plus du 90% possèdent 2 paires d'ailes, chez les diptères la première paire est bien développée, alors que les ailes postérieures sont profondément modifiées, formant ce que l'on appelle des haltères. Cette modification unique a permis aux diptères de se mouvoir très rapidement et d'échapper à leurs prédateurs.

Les principaux caractères des diptères sont donc une paire d'aile membraneuse, la deuxième paire est réduite et se présente sous forme d'haltères, qui servent de gyroscopes la muche, lui permettant de connaître très précisément sa position en vol. Ces haltères battent à la même fréquence que les ailes. En fait, il existe un certain nombre de senseurs (on parle de sensilles campaniformes) groupés ventralement et dorsalement sur les haltères et qui vont répondre aux mouvements provoqués par le vol. Ils vont agir directement sur le système de contrôle du vol en permettant à l'insecte de virer, monter ou descendre (Wyss & Cherix, 2013).



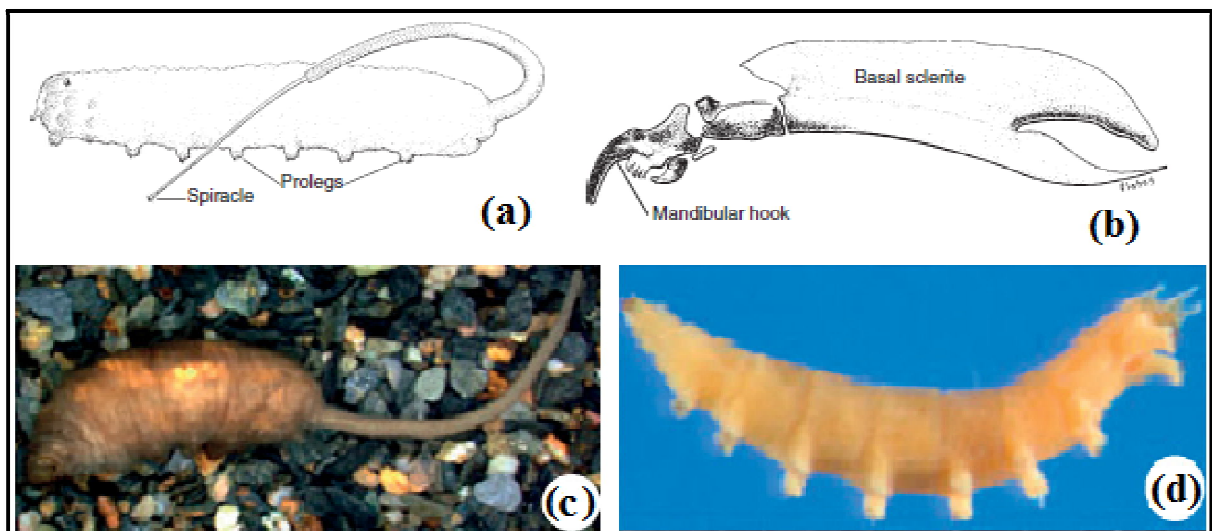
**Figure 04 : Diptères larvaires. a- Blephariceridae, b- Psychodidae, c- Chironomidaehhead capsule, d- Tipulidaehhead capsule, e- Axymyiidae, f- Psychodidae(G. W. Courtney & Merritt, 2009).**

Les nématocères adultes sont généralement des mouches minces, délicates et à longues pattes (par exemple, la plupart des Tipulidae); cependant, le groupe comprend également des mouches plutôt trapues (par exemple, Axymyiidae et Psychodidae). Tandis que, les Brachycères adultes sont caractérisés par de courtes antennes à 3 segments(G. W. Courtney & Merritt, 2009)

Les larves de diptères se caractérisent par une forme corporelle très diversifiée qui est fusiforme (Tabanidae, Dolichopodidae), cylindrique (Chironomidae, Empididae), ou parfois effilée antérieurement (Muscidae, Phoridae) ou fortement aplatie dorsoventralement (Stratiomyidae). D'autres, comme les Culicidae, les Chaoboridae et les Corethrellidae, ont un thorax élargi, tandis que les Simuliidae ont un abdomen élargi(Fusari, Dantas, & Pinho, 2018).

Les larves de diptères se distinguent par l'absence de pattes thoraciques articulées ; sinon, elles présentent d'énormes variations, illustrées par la structure crânienne. Les nématocères possèdent une capsule de tête larvaire complète, entièrement exposée et fortement sclérifiée, bien que les mouches grues (Tipuloidea) soient inhabituelles dans la rétraction de la tête dans le thorax et que le bord postérieur du crâne puisse porter des incisions longitudinales petites à étendues (Gregory W. Courtney & Cranston, 2015).

Les larves de nématocères ont généralement une capsule céphalique bien développée et sclérifiée (figures 04), avec des mandibules qui tournent à un angle horizontal ou oblique(G. W. Courtney & Merritt, 2009). Par contre les larves de Brachycera ont généralement une capsule céphalique réduite, constituée principalement de tiges minces et sclérosées qui sont partiellement ou largement rétractées dans le thorax (figures 05). Les sclérites crâniens des larves de brachycères sont réduits ou absents, comprenant des bras et des tiges minces et

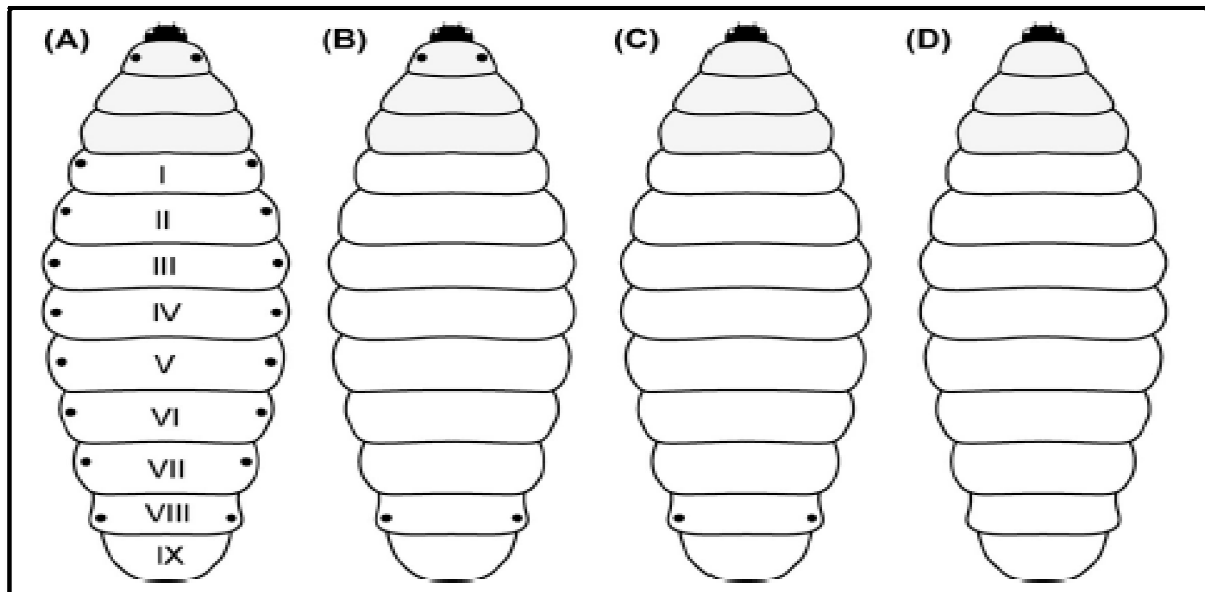


partiellement rétractés (par exemple, Empidoidea), et culminant en larves Cyclorrhapha avec une tête externe membraneuse et tout le reste rétracté dans le thorax(Gregory W. Courtney & Cranston, 2015; G. W. Courtney & Merritt, 2009).

**Figure05 : Diptères larvaires. a- Syrphidae, b- Sciomyzidae(cephalopharyngealskeleton, c- Sciomyzidae, d- Empididae(G. W. Courtney & Merritt, 2009)**

Le schéma de segmentation du corps le plus courant est celui à 12 segments, dont 3 thoraciques et 9 abdominaux(figure 06). Il existe de nombreuses variantes à ce plan de base. Dans Brachycera, par exemple, il n'y a souvent que 11 segments évidents. Chez les Blephariceridae, dont le corps est divisé en six parties, la première correspond à l'ensemble du thorax et au premier segment abdominal. De même, une pseudo-segmentation se produit également, comme observé chez les Psychodidae, dans lesquels chaque segment a deux ou trois subdivisions.

Les larves présentent une variété d'adaptations respiratoires. La respiration peut provenir directement de l'atmosphère (par exemple, les Dixidae, la plupart des Culicidae), des tissus végétaux (par exemple, certains Culicidae) ou de l'eau environnante. Selon le nombre et la position des ouvertures respiratoires (spiracles), les larves de diptères aquatiques peuvent être les suivantes (figure 06) :(A) péripneustique ; (B) amphipneustique; (C) métapneustique;

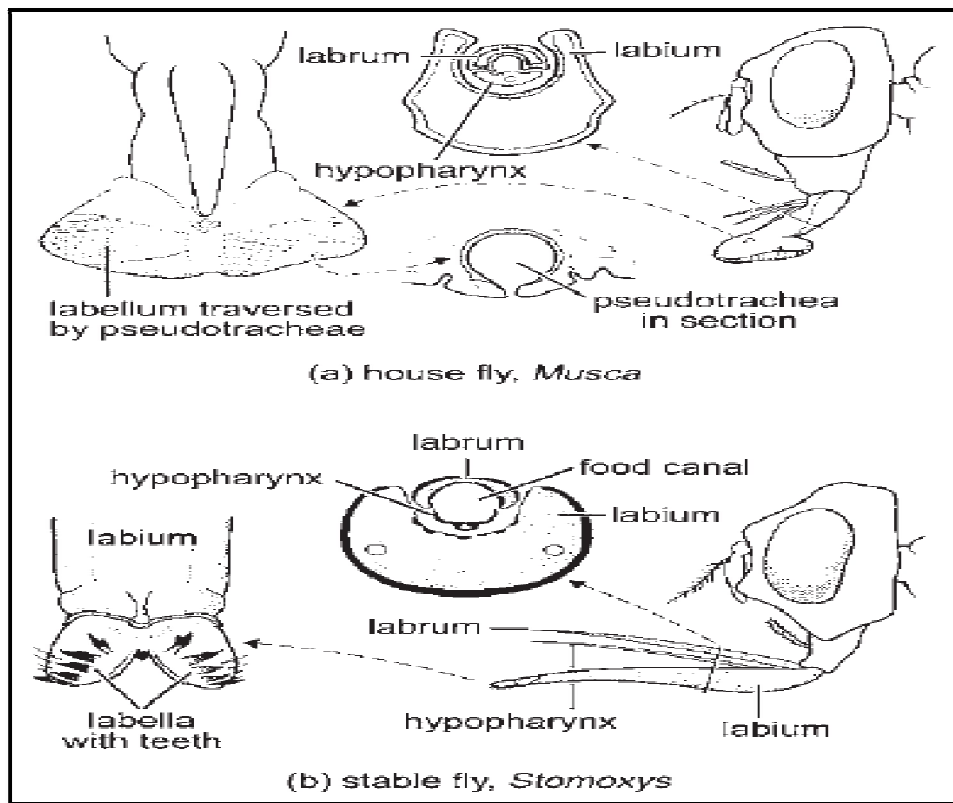


(D) apneustique(Fusari et al., 2018)

**Figure 06 :Position des ouvertures respiratoires (spiracles) chez les larves de diptères (Fusari et al., 2018)**

Tous les diptères ont généralement un organe de succion tubulaire, la trompe, comprenant des pièces buccales allongées (incluant généralement le labrum) (**figure 07**)(Gullan & Cranston, 2010).

Les pièces buccales sont adaptées à la consommation d'aliments liquides en utilisant soit des tampons émoussés pour éponger le liquide, soit des tubes pointus pour pénétrer la chair et aspirer les liquides, comme chez les moustiques(Thorp & Rogers, 2011).Un type de trompe mordant et suçant semble être une caractéristique de diptère primitif. Bien que les fonctions de morsure aient été perdues et récupérées avec des modifications plus d'une fois, l'alimentation par le sang est fréquente et conduit à l'importance des diptères en tant que vecteurs de maladie. Les mouches hématophages ont une variété de mécanismes de



pénétration cutanée et d'alimentation(Gullan & Cranston, 2010).

**Figure 07 : Pièces buccales de diptères adultes. (a) Mouche domestique, *Musca* (Muscidae). (b) Mouche d'étable, *Stomoxys* (Muscidae) (Gullan & Cranston, 2010).**

#### **4- Ecologie des diptères**

La diversité des diptères dans la richesse des espèces, la structure, les habitudes de vie et l'importance économique est associée à une utilisation remarquable de l'habitat, à la fois terrestre et aquatique (**Gregory W. Courtney & Cranston, 2015**). Ils font partie des composants clés de la plupart des écosystèmes et sont réputés avantageuses à bien des égards (**Sarwar, 2020**).

La grande diversité des espèces des diptères se reflète également dans leur diversité écologique. Ils comprennent de nombreuses espèces d'invertébrés prédateurs, d'herbivores et de détritivores. Les diptères se trouvent dans tous les habitats des eaux intérieures, des fossés éphémères aux grands lacs et à plus grandes rivières, et ils sont également très communs dans les habitats estuariens. Certains sont limités à des eaux très propres, mais d'autres peuvent tolérer des environnements très pollués.

Ils peuvent également être trouvés dans des environnements aussi difficiles que les piscines géothermiques (jusqu'à 50 °C), les lacs alcalins et salés (mouches de saumure vivant dans des eaux au moins jusqu'à huit fois la salinité de l'océan), les piscines acides jusqu'à un pH de 2,0, et les étangs temporairement anoxiques avec une forte pollution organique (**Thorp & Rogers, 2011**).

Les diptères sont abondants dans toute la sphère, dans les régions tropicales et subarctiques, au niveau océanique et sur les sommets élevés. Ceux-ci habitent les bords de mer jusqu'au niveau de la marée basse, cependant, un petit nombre se déplace vers des eaux plus profondes et seulement un ou deux moucheron sont en fait océaniques (*Pontomyianatans* Edwards dans le Pacifique) (**Sarwar, 2020**).

Les larves de diptères ont colonisé une variété d'habitats terrestres et aquatiques, y compris l'eau (par exemple, Simuliidae, Culicidae, Chironomidae), le sol et les sédiments humides (par exemple, Tipulidae, Ceratopogonidae, Tabanidae), le bois pourri (par exemple, Tipulidae, Mycetophilidae), les fruits (par exemple, Tephritidae, Drosophilidae), la matière organique en décomposition (par exemple, Muscidae, Sarcophagidae) et les tissus d'organismes vivants (par exemple, Sciomyzidae, Oestridae, Tachinidae).

Malgré cette diversité d'habitats, la plupart des larves sont au sens large aquatiques. Même les groupes « terrestres » issus de la végétation en décomposition, des carcasses, des feuilles mortes, du bois pourri ou du sol vivent souvent dans un environnement plutôt aqueux. Cette exigence d'un environnement humide reflète en partie que la cuticule larvaire est

généralement mince, molle et susceptible de sécher. Les larves véritablement aquatiques se trouvent dans les eaux côtières marines, salines et estuariennes, les lacs peu profonds et profonds, les étangs, les sources froides et chaudes, les cavités végétales (phytotelmes), les conteneurs artificiels, les cours d'eau lents à torrentiels, les zones d'eaux souterraines et même les suintements naturels de pétrole

Les habitudes aquatiques sont les plus répandues chez les larves de mouches nématocères, y compris tous ou la plupart des Culicidae, Simuliidae et Chironomidae. Parmi les mouches brachycères, les habitudes aquatiques sont les plus courantes chez les Ephydriidae, les Sciomyzidae et les Tabanidae. Dans certains groupes, comme les mouches muscoïdes, seules quelques espèces sont aquatiques (**Merritt et al., 2009**)

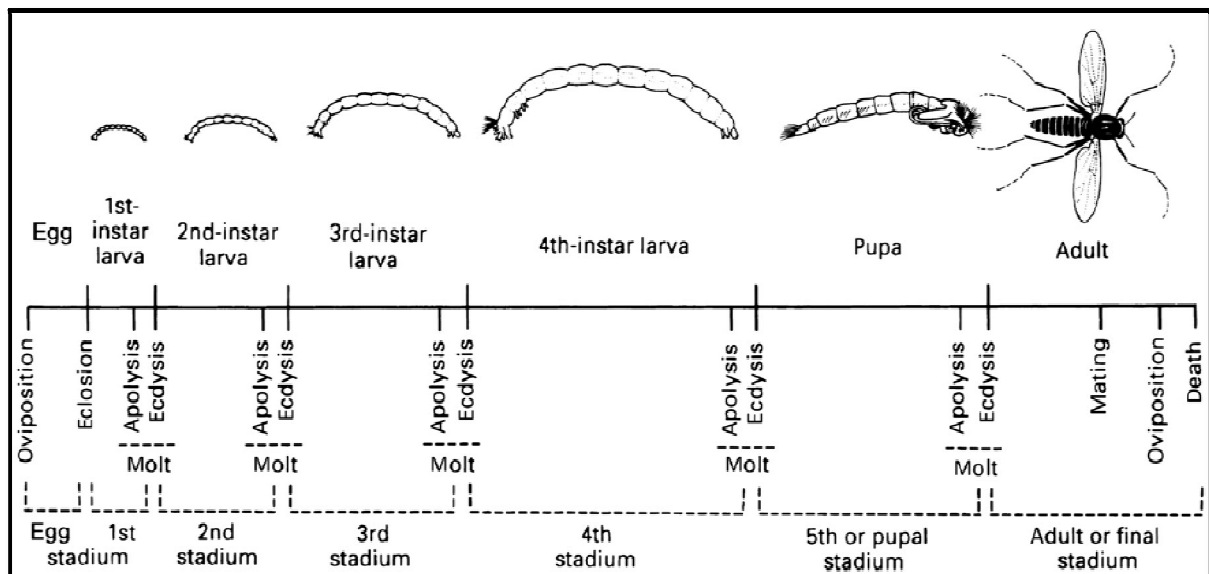
Un aspect du comportement des mouches qui intéresse particulièrement les entomologistes médicaux et vétérinaires est la capacité de recherche d'hôtes des espèces hématophages. Bien que divers mécanismes aient été décrits, ils se répartissent généralement en deux catégories : olfactif et visuel.

Un indice olfactif : Un indice olfactif courant utilisé par les insectes hématophages, y compris de nombreuses mouches vraies, est le titre relatif de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère environnante ou sous le vent de l'hôte. Si le but d'un parasite mobile est de localiser un animal à sang chaud, le CO<sub>2</sub> expiré peut servir d'indice pour reconnaître et localiser des hôtes potentiels. D'autres produits chimiques (par exemple, les mercaptans, l'octénol et l'acide lactique) sont utilisés comme signaux olfactifs par certaines espèces.

Des indices visuels de recherche d'hôte sont utilisés efficacement par certaines mouches, notamment les Tabanidae. Les entomologistes n'ont pas été en mesure de prouver de manière concluante ce que les chevaux et les cerfs « voient » réellement, mais il ne fait aucun doute que les femelles en quête de sang sont sensibles aux radiations du corps noir. Il a été théorisé dans certains cas que de telles femelles ressentent la chaleur sur un fond froid, de la même manière que les caméras à vision thermique sont capables de scanner les maisons pour les fuites de chaleur, les cultures pour le stress induit par les maladies et les champs de bataille nocturnes pour le personnel envahissant (**Gerhardt & Hribar, 2019**).

## 5-Cycle biologiques des diptères

Le développement est holométabole avec métamorphose complète - le cycle de vie des diptères comprend des étapes ou des stades distincts séparés par des mues. Un cycle de vie typique se compose d'un œuf, d'au moins trois stades larvaires (généralement trois chez Brachycera et quatre chez les diptères nématocères, mais plus chez Simuliidae, Thaumaleidae, Tabanidae et quelques autres), une nymphe, puis un stade adulte (**figure 08**) (Gregory W. Courtney & Cranston, 2015)



**Figure 08 : Dessin schématisé du cycle de vie d'un moucheron commun**

(Chironomidae) montrant les divers événements et stades de développement (Gullan & Cranston, 2010) .

Le développement larvaire au sein de l'œuf varie en fonction de la température et des contraintes physiologiques, dont l'existence d'un retard (diapause) chez certains taxons. Le premier stade larvaire, la larve se développe dans la capsule de l'œuf et s'est souvent replié sur lui-même au moment de l'éclosion. Un « éclateur d'œuf » ou une « dent d'œuf » peut aider les mandibules à casser le chorion. (Gregory W. Courtney & Cranston, 2015).

Le nombre d'œufs pondus par une femelle varie selon les espèces, de quelques œufs à des milliers. La femelle n'a aucune implication dans les soins de ses œufs, alors elle pond des œufs sur une réserve de nourriture où ils éclosent (Sarwar, 2020).

Les femelles déposent leurs œufs en touffes ou individuellement, généralement près de l'eau et de temps en temps attachées à d'autres choses. Les œufs ont tendance à ne durer que quelques jours, à l'exception des œufs en diapause, qui sont utilisés pour éviter les températures défavorables ou le manque d'eau dans l'environnement. Les larves, qui

ressemblent souvent à des vers, éclosent des œufs et après l'éclosion, les larves des espèces maximales traversent trois à quatre stades (six à sept chez les mouches noires) avant de se nymphoser sur terre ou près du fond ou à la surface de l'eau. Le stade larvaire dure de près de 2 semaines à quelques mois (Thorp & Rogers, 2011). Ces larves peuvent avoir de « fausses pattes » qui ressemblent aux petites pattes des chenilles. Mais, les larves de diptères n'ont pas de pattes vraiment articulées.

Pour les mouches, les temps de croissance varient en fonction de l'espèce (tableau 02) et de la température, mais le cycle de vie généralisé prend 3 à 4 semaines. Les œufs se trouvent en grappes pouvant aller jusqu'à 300 et il faut 1 jour entre la ponte et l'éclosion. Initialement, la larve du premier stade se nourrit de liquide suintant du corps, puis migre dans le corps et met 1 jour entre l'éclosion et la première mue. La larve du deuxième stade se déplace en masse d'asticots et de la première mue à la deuxième mue prend 1 jour. La larve au troisième stade se déplace toujours en masse, augmente considérablement en dimension et prend 2 jours de la deuxième mue à la pré-pupe. La pré-nympe s'éloigne du cadavre pour rechercher un emplacement de nymphose approprié (généralement dans le sol), ne se nourrit pas, se transforme en nymphe et prend 4 jours de pré-nympe à nymphe. La puppe existe à l'intérieur de la puppe, ne se nourrit pas et la transformation de la puppe en émergence de mouche adulte prend 10 jours. À l'émergence de la nymphe, les adultes s'accouplent, se nourrissent de protéines provenant des fluides corporels et pondent des œufs sur le cadavre et l'émergence à la ponte prend 2 jours (Sarwar, 2020).

**Tableau 02 : Temps de développement approximatif moyen (en heures) de certaines espèces de mouches spécifiques à 20°C (Sarwar, 2020) .**

Espèces	Œuf	Premier stade	Deuxième stade	Troisième stade	Pré-nymphe	Puppe	Total (jours)
<i>Hydrotaea rostrata</i>	48	60	60	36	144	324	28
<i>Chrysomya rufifacies</i>	24	36	36	72	72	168	17
<i>Calliphora augur</i>	/	24	24	60	96	336	23
<i>Calliphora stygia</i>	24	48	24	48	96	324	23
<i>Lucilia cuprina</i>	26	33	33	24	114	324	23
<i>Lucilia sericata</i>	21	31	26	50	118	240	20

Lors de mues consécutives, la taille des larves augmente de manière prévisible (suivant la loi de Dyar). Au dernier stade larvaire, la puppe en développement comprend les



primordiums adultes (bourgeons) des ailes et des pattes, des caractéristiques céphaliques et des organes d'échange gazeux proéminents tels que le thorax nymphal « branchies ». Le contenu du dernier stade larvaire est une nymphe pharate (voilée), qui n'est pleinement révélée qu'après la mue de la nymphose. La mue finale peut n'impliquer aucune relocalisation par le dernier stade larvaire, mais souvent un microhabitat spécifique et différent est recherché (Gregory W. Courtney & Cranston, 2015)

#### **4- L'importance pour la santé publique**

Bien que les diptères d'importance médicale ou vétérinaire ne représentent qu'un petit nombre de l'ensemble des diptères, leur diversité est extraordinaire, allant des moustiques à des ectoparasites aptères, à des larves parasitant humains ou animaux, ou participant à la décomposition des cadavres ou des déjections. Les diptères sont sans doute le groupe d'insectes qui ont l'impact le plus important sur la santé des humains et des animaux. Il suffit de penser aux mouches domestiques, cosmopolites et partout abondantes, qui peuvent être des transporteurs de nombreux agents pathogènes associés aux maladies diarrhéiques (Duvallet, 2017).

L'association étroite des diptères avec les humains les a amenés à être reconnus comme des créatures désagréables et dérangeantes, et certaines mouches sont certainement responsables de millions de maladies et de décès parmi les populations humaines. Ces insectes sont des vecteurs clés de certaines maladies (Sarwar, 2020). Aucun autre groupe d'insectes n'a autant d'impact sur la santé humaine et animale que les diptères (tableaux 03 et 04) (Gerhardt & Hribar, 2019).

**Tableau 03 : Principales maladies transmises par les mouches et problèmes connexes affectant la santé humaine (Gerhardt & Hribar, 2019)**

<b>Famille</b>	<b>Maladies et autres problèmes de santé</b>	<b>Occurrence géographique</b>
Psychodidae	Bartonellose	Montagnes des Andes de la Colombie, de l'Équateur et du Pérou
	Leishmaniose	Tropiques du Nouveau Monde ; Tropiques et régions tempérées de l'Ancien Monde
	Fièvre des phlébotomes	Zone méditerranéenne jusqu'au sud de la Chine et de l'Inde
Culicidae	La fièvre de la dengue	Répandu entre les latitudes 40°N et 40°S
	Encéphalite	Très répandu
	Filariose	Tropiques et Méditerranée
	Paludisme	Répandu sous les tropiques humides

	Fièvre jaune	Répandu sous les tropiques humides
	Chikungunya	Répandu sous les tropiques humides
	Zika	Répandu sous les tropiques humides
Simuliidae	Onchocercose	Afrique tropicale et Amériques
Tabanidae	loasis	Afrique tropicale
	Tularémie	Largement répandu dans l'hémisphère nord
Chloropidae	Conjonctivite	États-Unis (sud) et Mexique ; Orient
Muscidae	Maladies entériques	À l'échelle mondiale
Glossinidae	Trypanosomiase	Afrique tropicale
Calliphoridae	Maladie entérique	À l'échelle mondiale
	Myiase	À l'échelle mondiale
Sarcophagidae	Myiase	À l'échelle mondiale
Oestridae	Myiase	À l'échelle mondiale

L'évolution des pièces buccales avec des modifications efficaces de perçage ou de grattage associées à la nécessité d'un repas de sang pour la reproduction a facilité la transmission biologique et mécanique d'organismes pathogènes. Plusieurs des familles de diptères (Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae et Psychodidae) hébergent une variété d'agents pathogènes et de parasites, notamment des virus, des champignons, des bactéries, des protoctistes, des filaires et des nématodes (Wallace, 2009).

**Tableau 04 :** Principales maladies transmises par les mouches et problèmes connexes affectant le bétail, la volaille et d'autres animaux domestiques ou sauvages (Gerhardt & Hribar, 2019)

Famille	Maladies et autres problèmes de santé	Occurrence géographique
Psychodidae	Leishmaniose	Tropiques du Nouveau Monde ; Tropiques et régions tempérées de l'Ancien Monde
Ceratopogonidae	fièvre catarrhale du mouton	Très répandu
Culicidae	Paludisme	Répandu sous les tropiques
	Dirofilariose	Largement répandu dans les régions tropicales et tempérées
	Encéphalite	Très répandu
	Variole aviaire	Très répandu

	Fièvre jaune	Réandu sous les tropiques humides
Simuliidae	Leucocytozoonose	Largement répandu, surtout en Amérique du Nord
	Dommages liés à l'alimentation	À l'échelle mondiale
Tabanidae	Anaplasmose	Très répandu
	Tularémie	Largement répandu dans l'hémisphère nord
	exsanguination	À l'échelle mondiale
Muscidae	Contrariété	À l'échelle mondiale
	œil rose bovin	Hémisphère Nord
	exsanguination	À l'échelle mondiale
Glossinidae	Nagana	Afrique tropicale
Calliphoridae	Myiase	À l'échelle mondiale
Sarcophagidae	Myiase	À l'échelle mondiale
Oestridae	Myiase	À l'échelle mondiale

Les diptères piqueurs qui habitent les eaux douces sont médicalement et économiquement le groupe d'insectes le plus important, sur la base du nombre d'agents pathogènes qu'ils transmettent, de l'ampleur des problèmes de santé que ces maladies causent aux humains et aux animaux dans le monde entier, ainsi que du facteur de gêne qui affecte le tourisme, les loisirs, l'aménagement du territoire, la production industrielle et agricole (c.-à-d. la réduction de la production de lait, d'œufs et de viande provenant du bétail) (**Wallace, 2009**).

Les adultes de la plupart des moustiques, des mouches noires, des moucheron piqueurs, des mouches à chevreuil, des taons et de certaines autres familles aquatiques se nourrissent du sang des humains, du bétail et des animaux sauvages. Ces diptères sont vecteurs de plusieurs maladies comme le paludisme, la fièvre jaune, la dengue, la fièvre chikungunya, la leishmaniose (**tableau 05**) (**Fusari et al., 2018**) et de virus du Nil occidental (**Los Huertos, 2020**).

**Tableau 05 : exemples des maladies et leurs vecteurs chez l'homme(Wyss & Cherix, 2013)**

Maladies	Vecteur	Type d'organisme
Anthrax	Taons ( <i>Tabanus</i> )	<i>Bacillus anthracis</i>
Dengue	Moustiques ( <i>Aedes</i> et <i>Culex</i> )	<i>Togaviridae</i>
Elephantiasis	<i>Culex fatigans</i>	<i>Wucheria bancrofti</i>
Encéphalites	<i>Aedes</i> et <i>Culex</i>	Togaviridae
Filaires	<i>Culicoides</i> Ceratopogonidae	<i>Monsonella, Dipetalonema</i>
Leishmaniose	<i>Phlebotomus</i> et <i>Lutzomyia</i>	<i>Leishmania</i>
Loiasis	<i>Chrysops</i> (Tabanidae)	<i>Loa loa</i>
Malaria	<i>Anopheles</i> (Culicidae)	<i>Plasmodium</i>
Onchocercose	<i>Simulium</i> (Simuliidae)	<i>Onchocerca volvulus</i>
Fièvre jaune	<i>Aedes aegypti</i> et autres espèces de culicidae	<i>Togaviridae</i>

En degré de gravité, les mouches noires (Simuliidae) causent les problèmes suivants aux humains, aux animaux domestiques et à la faune : (1) maladie - causée par la transmission de parasites, (2) traumatisme - causé par la perte de sang et/ou les réactions des toxines salivaires ; et (3) nuisance – causée par l'essaimage et les morsures. En plus de plusieurs maladies protozoaires et virales des animaux domestiques et sauvages, de la volaille et de la sauvagine, le ver filaire qui cause l'onchocercose humaine est transmis par les mouches noires et a causé d'importantes dévastations physiques, socio-économiques et culturelles en Afrique de l'Ouest et dans d'autres régions tropicales du monde(Wallace, 2009).

### **5- Nuisance et importance écologique**

Comme prévu pour un groupe omniprésent avec des habitudes et des habitats divers, les diptères ont une importance économique considérable. Les groupes de nuisibles peuvent avoir des impacts importants sur l'agriculture (par exemple, Agromyzidae, Tephritidae), la foresterie (par exemple, Cecidomyiidae), la santé animale (par exemple, Oestridae) et la santé humaine (par exemple, Culicidae, Simuliidae, Psychodidae).

D'autres groupes peuvent être une nuisance générale s'ils sont présents en grand nombre (par exemple, Muscidae, Ceratopogonidae) ou en raison de réactions allergiques aux poils détachés (par exemple, Chironomidae)(**Merritt et al., 2009**).

Les diptères hématophages ou muiasigènes (dont les larves infestent les hommes et les animaux) ont un impact considérable, insuffisamment pris en compte sur la productivité animale (**Duvallet, 2017**).

Les mouches mineuses *Liriomyza langei* Frick (famille Agromyzidae) du genre *Liriomyza* sont capables de transmettre le virus de la mosaïque du tabac et le virus de la mosaïque du sowbane. Cela semble être le premier cas signalé de transmission de virus par un insecte de ce groupe. Les résultats indiquent que la relation entre les virus transmis et le vecteur est de nature mécanique. Il est suggéré que le virus est probablement transporté en tant que contaminant sur l'ovipositeur de l'insecte. Il a été démontré que les mineuses induisent une abscission précoce des feuilles sur le houx *Ilex opca* Aiton, une plante ornementale, et transmettent des virus au céleri et courge(**Sarwar, 2020a**).

*Diopsis thoracica* Westwood (Diptera : Diopsidae), communément appelé foreur à œil pétiolé, est à ce jour le seul diptère identifié comme vecteur du virus de la marbrure jaune du riz (RYMV). Ses adultes se caractérisent par des yeux situés à l'extrémité de longues tiges, un thorax noir et un abdomen rouge orangé avec une forte pilosité. Les larves blanchâtres crémeuses émergées avec des marques jaunes sur les segments terminaux, descendent à l'intérieur de la gaine foliaire et se nourrissent au-dessus du méristème provoquant le "cœur mort" au stade du tallage et des "points blancs" au stade de la floraison qui conduisent à une réduction du rendement de la culture de riz(**Togola et al., 2011**).

Malgré ces impacts négatifs, les mouches peuvent jouer un rôle précieux en tant que charognards (par exemple, Mycetophilidae, Muscidae, Calliphoridae), parasitoïdes et prédateurs d'autres insectes (par exemple, Tachinidae, Empididae, Asilidae), pollinisateurs (par exemple, Syrphidae, Stratiomyidae, Bombyliidae), nourriture pour vertébrés (ex. Chironomidae, Tipulidae), bioindicateurs de la qualité de l'eau (ex. Chironomidae, Blephariceridae) et outils pour la recherche scientifique (ex. Drosophilidae)(**Merritt et al., 2009**).

La prédation des larves de diptères peut être intense de la part d'autres taxons de diptères et d'insectes d'autres ordres ainsi que d'autres invertébrés et vertébrés (en particulier les poissons). Dans les rivières à lit de sable hydrologiquement dynamique, comme celles des

Grandes Plaines des États-Unis, où le zooplancton de copépodes et de cladocères sont rares, les diptères peuvent être la principale source de nourriture pour les larves et l'alevin (poisson subadulte). Ils sont certainement la principale voie dans ces rivières pour que la nourriture passe des algues aux niveaux trophiques supérieurs en raison de leur dominance dans la communauté benthique. Les diptères adultes sont mangés par les oiseaux, les libellules et certains autres insectes (**Thorp & Rogers, 2011**).

Les moucheron, les mouches noires et les moustiques jouent un rôle important dans les écosystèmes aquatiques, étant souvent une nourriture importante pour les poissons et une partie importante des communautés benthiques. En tant que larves, les diptères ont un effet important dans le traitement de la matière organique, qu'il s'agisse de capturer de fines particules de matière organique dans la colonne d'eau ou de traiter de la matière organique dans le benthos (**Los Huertos, 2020**).

# **Chapiter 2**

## **les roles des diptères**

## 1- Les culicidés:

### 1-1- Rôle écologique

Les Culicidés ont un rôle dans les écosystèmes car ce sont les plus importants vecteurs d'agents pathogènes. Ils sont présents dans toute les surfaces émergées (à l'exception de l'Antarctique), tant dans des milieux forestiers qu'urbains tant qu'une surface d'eau doucement réduite ou temporaire est disponible. Les adultes mâles se nourrissent de nectar de fleurs, ils participent donc à la pollinisation au même titre que les autres diptères.

Les femelles piquent les animaux et l'homme et se nourrissent du sang. Ce repas sanguin constitue la source de protéines nécessaire pour compléter la formation des oeufs.

Les moustiques sont essentiels à la biodiversité spécifiques et fonctionnelles des zones humides (ruisseau, marécages ou encore saisons des pluies dans les pays tropicaux). Ils ont une importance pour les biologistes car ils leur servent de bioindicateurs. Les Culicidés (larves et adultes) sont une source de nourriture pour de nombreux prédateurs (insectes, lézards, batraciens, oiseaux...)

Transférant de l'eau à la terre quantités de biomasse. Certaines larves, représentant une part importante de la biomasse des écosystèmes aquatiques, filtrent jusqu'à deux litres par jour en se nourrissant de micro-organismes et déchets organiques. Elles participent donc à la bioépuration des eaux marécageuses. On peut donc affirmer que les moustiques s'avèrent être un facteur de pollinisation, de nourriture (les larves) et de diffusion d'agents pathogènes (maladies tropicales) au sein des écosystèmes. Le rôle des moustiques a toujours été ignoré alors qu'ils ont un rôle important au sein de la biodiversité. Malgré la mauvaise image que les moustiques ont, il faut apprendre à vivre avec car ils ont un impact plus positif que négatif (**Janet Fang, 2010**).

Les moustiques, soit à l'état larvaire soit à l'état adulte, font partie de plusieurs chaînes alimentaires. Ils forment une abondante source d'énergie pour de nombreuses espèces de prédateurs tant en milieu aquatique que terrestre. Dans l'eau, les stades immatures sont mangés par des insectes (larves de libellules, de dytiques) et des poissons. Les adultes sont des proies d'insectes, de batraciens, de reptiles, d'oiseaux et de chauves-souris. (**BENYOUB, 2007**) Les larves des moustiques s'alimentent de très petites particules de matière organique morte, dans les eaux stagnantes puis se transforment en moustiques adultes qui sont dévorés par divers prédateurs terrestres (**BOURASSA, 2000 ; COLDREY et BERNARD, 1999**), ce



sont des détritivores qui interviennent dans la chaîne des saprophages et jouent aussi un rôle considérable dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques d'eau stagnante

### **1-2- Rôle pathogène**

Un moustique infecté le reste toute sa vie. Or, comme la plupart des arbovirus, le CHIKV n'est pas pathogène pour le moustique vecteur. Cependant, cet attrait peut engendrer un coût physiologique. En effet, des recherches récentes ont montré qu'une diminution de la survie de l'ignée des femelles d'*Ae. albopictus* de l'île de La Réunion est observable consécutive à l'infection par le CHIKV. De même, ces femelles infectées présentent une ponte précoce en comparaison des femelles non infectées (**Martin et al., 2010**).

Chez l'homme, le virus est acquis après une injection de salive infectante d'un moustique vecteur, lors du repas sanguin de celui-ci. L'incubation de la maladie dure de quatre à sept jours en moyenne. La virémie, c'est-à-dire la période de présence du virus dans le sang, donc de transmission possible, s'étale pendant cette période. Cependant, l'infection par le CHIKV peut être asymptomatique. A l'île de La Réunion, il a pu être recensé 15% de porteurs sains (**Brouard et al., 2008**). Généralement, la maladie se déclare par une forte fièvre, parfois au-delà de 40°C, accompagnée de céphalées, durant environ trois jours. S'ensuit un érythème (éruption de boutons maculopapuleux et prurigineux sur le thorax) dans environ 33-50% des cas (**Pialoux et al., 2006**) et de courbatures très douloureuses, ainsi que de vives douleurs des articulations, clouant le malade au lit. Les arthralgies peuvent persister plusieurs mois, voire des années, de 3 à 5 ans et dans de rares cas jusqu'à 15 ans après la maladie (**Brighton, 1983, 1984 ; Carmona et al., 2008**). Deux faits nouveaux majeurs ont été observés durant ces dernières réémergences de chikungunya en 2005-2006. Alors qu'aucun décès n'avait été recensé auparavant, 203 décès ont été attribués au CHIKV (**Renault et al., 2007, 2008**), avec une moyenne d'âge de 79 ans. Un autre fait nouveau est la transmission materno-fœtale du virus chez 41 cas, avec une prévalence de 3 cas pour 1000 naissances (**Gerardin et al., 2008 ; Economopoulou et al., 2009**).

Les Culicidés ont un rôle majeur dans la transmission des maladies, il s'agit des microparasites (virus, parasites, bactéries). Certains parmi eux tirent profit de leur hôte sans causer de dégâts. D'autres ont la capacité de transmettre des agents pathogènes qui peuvent amener la mort de leur hôte. (**BENYOUB, 2007**) Les maladies transmissibles par les culicidés et les plus dangereuses sont les suivantes :

### **1-2-1- Les maladies d'origine virale**

Les culicidés sont également capables de transmettre des maladies virales, liées à la transmission d'arboviroses pathogènes dont les plus graves correspondent à la dengue et plus récemment la fièvre du chikungunya.

### **1-2-2 Les maladies d'origine parasitaires : Le paludisme**

Le paludisme, ou malaria qui touche environ 600 millions de personnes dans le monde et entraîne le décès de plus de 2 millions de personnes par an, est la plus répandue des maladies parasitaires (OMS). Elle est due à *Plasmodium falciparum*, agent pathogène transmis l'homme par un moustique. En Afrique, où le paludisme est endémique, les moustiques du genre *Anopheles* sont les seuls vecteurs de cette maladie. Les nombreux travaux qui leur ont été consacrés ont permis de caractériser les différentes espèces et d'identifier, parmi celles-ci, les espèces vectrices. A ce jour, on recense sur ce continent 4 groupes de vecteurs du genre *Anopheles* : *Anopheles gambiae*, *A. funestus*, *A. nili* et *A. moucheti*, regroupant chacun un ensemble d'espèces morphologiquement très proches mais génétiquement différentes

**Tableau6:** quelques affections vectorielles transmises à l'homme par les Culicidae

Maladies	Agent infectieux	Vecteurs	Symptômes	Répartition
Le paludisme	Un protozoaire du genre Plasmodium OMS(2019).	moustique du genre Anophèles. (Institut Pasteur, (2013)	Fièvre, céphalées, courbatures intenses, troubles digestifs, hépatosplénomégalie (Pino et al, 2019)	Afrique subsaharienne, l'Asie du Sud-Est, de la Méditerranée orientale, du Pacifique occidental et des Amériques (OMS, 2019).
Le chikungunya	Le virus est un arbovirus (Alpha virus de la famille des Togaviridae)(Gaüzere, et al, 2016).	Moustique Aedes aegypti et Aedes albopictus.(Chompoosri,Jakkrawarn, et al 2016)	Fièvre, maux de tête, éruption cutanée, vomissements et douleurs articulaires. (Kajeguka, Debora C., et al. 2016).	Asie du Sud et du Sud-Est, dans le nord de l'Italie dans le sud-est et le sud de la France Amérique du Sud et Amérique centrale. (Nsoesie, E et al, 2016).
Le virus de la fièvre de la vallée du Rift (FVR)	Le virus appartient au genre Phlébovirus dans la famille des Bunyaviridae (De Araujo Batista ,2015)	Moustiques des genres Aedes et Culex (Pépin, M. 2011).	un syndrome fébrile sans grande gravité, douleurs cervicales, dans des rares cas hépatite encéphalite, rétinite, fièvre hémorragique.(Pépin, M.2011).	Dans les pays d'Afrique subsaharienne et à Madagascar En Arabie Saoudite, Yémen (CDC,2016)
La dengue	Le virus de la dengue appartient à la famille Flaviviridae, genre Flavivirus, quatre sérotypes sérologiquement liées mais antigéniquement distincts existent :(DENV-1, DENV-2, DENV-3 et DENV-4) (Grange et al, 2014).	Moustique Aedes aegyptien Aedes albopictus, vecteur secondaire de la dengue (daudé et al.2015)	une infection virale aiguë caractérisée par une fièvre (DF) qui peut progresser vers une dengue hémorragique (DHF) et précède très souvent l'apparition du syndrome de choc (DSS). (daudé et al.2015)	Dans L'Afrique, Asie, l'Amérique du sud (OMS, 2015)

Le zika	Le virus appartient à la famille Flaviviridae, genre Flavivirus (Musso et Gubler, 2016)	Moustique Aedesaegypti et Aedes albopictus (Petersen et al, 2016)	la fièvre, des éruptions cutanées, de la conjonctivite, des douleurs musculaires et articulaires, un état de malaise et des céphalées. (OMS, 2018).	Égypte, Afrique de l'Est, Nigéria, Inde, Thaïlande, Vietnam, Philippines, Polynésie française Îles du Pacifique, Malaisie orientale, Cambodge, Amérique du sud (Petersen et al, 2016).
Filarioselymphatique (La filaire de Bancroft)	parasites du genre filaire que sont Wuchereria bancrofti, Brugia malayi ou Brugia timori (Woehl) (B et al, 2020).	des moustiques vecteurs des genres Culex, Aedes, Anopheles et Mansonia (Hamadé, A, et al, 2019).	un éléphantiasis de la jambe ou des organes génitaux (hydrocèle), de la vulve et des seins. Des altérations cliniques, notamment rénales, Des poussées inflammatoires avec surinfection (Gillet, J. et al, 2010).	Régions tropicales et subtropicales (Afrique, Asie, Amérique du Sud, Pacifique (Hamadé, A., et al. 2019)
la fièvre jaune	le virus de la fièvre jaune est le prototype du genre flavivirus dans la famille des Flaviviridae (Marianneau et al, 2010).	moustiques des genres Aedes et Haemogogus. (OMS, 2019).	une maladie fébrile aiguë, caractérisée par une hépatonéphrite, des hémorragies et un choc hypotensif (Marianneau et al, 2010).	Les régions tropicales d'Afrique, d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud. (OMS, 2019).

## 2- Muscidae

### 2-1-Rôle économique

La spoliation sanguine et les piqûres douloureuses des stomoxes sont responsables de perte de poids et d'une baisse de production lactée (**Catangui et al., 1993**).

Pour les bovins à viande, des différences de gains moyens quotidiens (G.M.Q.) de l'ordre de 20 à 600 g par animal sont rapportées par différents auteurs (**Campbell et al., 2001**). Bruce et Decker (1958) ont montré une baisse de production lactée de 0,7%, ainsi qu'une diminution de 0.65% du taux butyreux par stomoxe et par mois. Ces baisses de production sont partiellement expliquées par le dérangement des animaux entraînant une consommation alimentaire moindre (**Campbell et al., 1987**).

Aux Etats Unis, l'impact de *S. calcitrans* a été estimé à plus de 400 millions de dollars par an pour la filière viande bovine (**Taylor & Berkebile, 2006**) et à plus d'un billion de dollars pour la filière lait (**Taylor et al., 2012**). En outre, cette espèce constitue également une nuisance pour les humains, dans les zones côtières touristiques, dont l'impact économique n'est pas clairement établi (**Isard et al., 2001**).

### 2-2rôlemédicale

#### 2-2-1 Rôle pathogène direct

La salive de *S. calcitrans* est dépourvue de molécules anesthésiantes (**Cortinas & Jones, 2006**). Sa piqûre douloureuse perturbe les animaux pouvant entraîner une diminution du temps de pâture (**Hall et al., 1983**) ou au contraire une légère augmentation du temps de pâture comme cela a été observé par **Dougherty et al. (1995)** pour des infestations expérimentales en pâtures de 0 à 100 mouches par bovin.

Des modifications comportementales sont également observées en présence des stomoxes. Les bovins se regroupent sur le pâturage pour se protéger mutuellement des mouches par des battements de queue, ce qui est à l'origine de perte d'herbe par piétinement. En outre, ils dépensent de l'énergie pour se défendre comme cela a été rapporté par **Dougherty et al. (1995)** sur des bovins infestés par 100 mouches. Ils ont compté par minute en moyenne 3.3 mouvements de tête, 3.7 mouvements d'oreilles, 14 contractions cutanées et surtout 36 coups de queue. Des résultats semblables sont rapportés par **Vitela et al.**

(2007). Cela expliquerait au moins en partie les baisses de production de lait et de viande observées par Campbell et al. (1987) lors d'infestations massives. En revanche Mullens et al. (2006) rapportent que de faibles infestations (moins de 2 mouches / patte pendant 2 min) n'ont pas d'incidence sur la production lactée.

Les piqûres sont également responsables de perturbations physiologiques. Schwinghammer et al. (1987) ont observé chez des bovins à l'engraissement infestés par 100 *Haematobia irritans* + 25 *Stomoxys calcitrans* ou 500 *H. irritans* + 50 *S. calcitrans*: une augmentation de la fréquence respiratoire (20,3 et 23 respirations / minute respectivement) une augmentation du rythme cardiaque (13,1 et 22,6 battements / minute respectivement), une élévation de la cortisolémie et une augmentation de la température corporelle (0,3 et 0,4°C respectivement). Ces modifications sont des témoins du stress.

Enfin, les lésions cutanées provoquées par les stomoxes vont de simples plages œdémateuses sur la peau des chevaux et des bovins (observations personnelles) à des lésions nécrotiques aussi bien sur les chevaux, que sur les bovins et les chiens (**Yeruham & Braverman, 1995**).

### **2-2-2- Rôle pathogènes indirects**

*Stomoxys calcitrans* est un vecteur soit biologique soit mécanique de différents agents pathogènes, parasitaires, viraux ou bactériens.

- **Virus**, tels que les Capripoxvirus (famille des Poxviridae) responsables de la dermatose nodulaire contagieuse, les Bunyavirus (Bunyaviridae) agents de la fièvre de la vallée du Rift (**Hoch et al. 1985**), les Pestivirus (Flaviviridae) responsables de la peste porcine africaine (**Foil & Gorham, 2000**) et les Lentivirus (Retroviridae) responsables de l'anémie infectieuse des équidés (**Foil & Issel, 1991**). En septembre 2007, à l'université du Montana (Etats-Unis), Greg Johnson a observé que des *S. calcitrans* se nourrissaient sur des oiseaux. Cette observation, et le fait que le virus West Nile a été trouvé chez ces mouches, suggère que *S. calcitrans* pourrait être impliqué dans l'amplification et/ou la transmission du virus West-Nile dans la colonie de pélicans étudiée (observation non encore publiée). Enfin, suite à des expérimentations conduites en laboratoire, **Eigen et al. (2002)** ont émis l'hypothèse de l'implication des stomoxes dans la transmission (le passage) du virus HIV des grands singes à l'homme.

- **Bactéries**, telles que *Anaplasma marginale*, agent causal de l'anaplasmose (**Foil & Gorham, 2000**), *Bacillus anthracis*, agent causal de l'anthrax ou fièvre charbonneuse (**Chantal, 1997**) et *Dermatophilus congolensis*, responsable de la dermatophilose (**Richard & Pier, 1966; Foil & Gorham, 2000**).

- **Parasites** (protozoaires et helminthes) : plusieurs espèces de stomoxes (**S. calcitrans**, **S. niger** et **S. taeniatus Bigot 1888**) sont capables de transmission mécanique de trypanosomes tels que *Trypanosoma evansi*, *T. brucei* et *T. vivax* (**Mihok et al., 1995a; D'Amico et al., 1996**). *S. calcitrans* serait aussi capable de transmettre des *Leishmania* spp. (**Foil & Gorham, 2000**), mais de nombreux spécialistes consultés en doutent. Il a été montré que *S. calcitrans* était aussi hôte intermédiaire d'helminthes du genre *Habronema*, parasites de la paroi stomacale des chevaux (**Zumpt, 1973**).

### 3- Tabanidae

#### 3-1-rôle médicale et vétérinaire

##### 1.3.1. Nuisance

Les taons ont un impact sur la santé humaine et animale, d'une part à cause de la nuisance qu'ils occasionnent, d'autre part à travers la transmission d'agents pathogènes (**Mullen & Durden 2002**). La nuisance des taons est liée à leur piqûre, à leur comportement autour de l'hôte et à la perte de sang induite par la piqûre. Les taons sont des diptères telmophages, par opposition aux diptères solénophages comme les moustiques (**Lehane 2005**). Une fois posée, la femelle commence par cisailer la peau de l'hôte avec ses mandibules puis elle suce le sang qui s'écoule de la plaie. Sa piqûre est donc très douloureuse. De plus, la femelle harcèle véritablement son hôte afin de trouver un site de piqûre favorable où elle pourra se gorger complètement sans être chassé. En cas d'interruption, elle va immédiatement chercher à compléter son repas sanguin en attaquant le plus souvent le même individu (**Desquesnes et al. 2009**). Une femelle taon ponctionne de 20 µL pour les espèces de petite taille (e.g. *C. callidus*) à plus de 600 µL pour les espèces de grande taille (e.g. *T. atratus*) (**Hollander & Wright 1980**).

##### 1-3-2- Chez l'Homme

les taons sont surtout gênants pour les agriculteurs (élevage, riziculture) et les personnes pratiquant des activités de loisirs en extérieur (camping, randonnées, golf, plaisance). Ils peuvent ainsi constituer un réel problème économique dans certaines zones comme par exemple à proximité des marais salants sur la côte Est des Etats-Unis où pullulent majoritairement deux espèces, *T. nigrovittatus* et *C. atlanticus* (**Hansens 1979**).



**Figure :09P. aprica sur une patte de vache Les mouches sucent le sang autour de la piqûre de la femelle taon. (F. Baldacchino, 2012)**

Mais les taons sont surtout une nuisance pour le bétail et les chevaux. Des attaques importantes peuvent entraîner une réduction du gain de poids des animaux, une baisse de la production de lait et des lésions au niveau des sites de piqûres. Une pression de 66 à 90 taons par jour peut réduire le gain de poids journalier de 0,1 kg chez des génisses, notamment à cause du stress induit par les attaques (**Foil & Hogsette 1994**). En Oklahoma (USA), pendant les périodes où les taons sont les plus actifs, Hollander & Wright (1980) ont estimé une perte de sang supérieure à 200 mL par animal et par jour. Les sites de piqûres vont de plus attirer les mouches suceuses ainsi que les mouches à l'origine de myiases (**Foil & Hogsette 1994**) (**Figure 09**).



# Conclusion

## **Conclusion**

En conclusion Les diptères ou Diptère sont un ordre de la classe des insectes. Il s'agit de l'un des ordres dominants en matière de nombre d'espèces. .

Ce groupe comprend des espèces désignées par les noms vernaculaires de mouches, syrphes, moustiques, taons, moucheron.

L'étude des diptères en tant que spécialité de l'entomologie s'appelle la diptérologie. Comme de nombreux autres groupes d'invertébrés, les mouches, moustiques et autres diptères sont très peu étudiés et le nombre de spécialistes est très réduit. Cela pose de nombreux problèmes, notamment pour évaluer l'action de l'être humain sur l'environnement. Seules les espèces touchant aux domaines de l'agriculture ou de la santé font l'objet d'investigations en règle

Malgré le caractère désagréable ou dangereux de certaines espèces, la plupart jouent un rôle écologique important. Non seulement elles participent pour une large part à l'élimination des excréments (espèces coprophages) et des cadavres (espèces nécrophages), mais leurs larves qui vivent souvent dans le sol produisent des quantités importantes d'humus.

En plus de son rôle en pathologie et vétérinaire , car il est responsable de la transmission de plusieurs maladies et son rôle économique

**Référence  
bibliographique**

## Référence bibliographique

- Amorim, D. (2009).** Neotropical Diptera diversity: Richness, patterns, and perspectives. In D. B. R. M. T. Pape (Ed.), *Diptera diversity: Status, challenges and tools* (pp. 71-97). Leiden: Koninklijke Brill NV.
- BENYOUB N., 2007** Contribution à l'étude de la bio écologie des Culicides (Diptera-Nématocéra) dendrotelmes dans la commune de Mansourah (w.Tlemcen).Men.Ing.Uni.Tlemcen.Fac.Sciens :85p
- Berge T, 1975-** International Catalogue of Arboviruses, including certain other viruses of Vertebrated.US Depart. HLth. Educ ; And Welfare .Public .N°75-8301,2 Edit
- Blondel J, 1979-** Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p
- BOURSSA J. P., 2000-** Le moustique : par solidarité écologiques-Les Editions du Boréal. Montréal : 237p
- Brighton S. W., O. W. Prozesky, and A. L. de la Harpe. 1983.** Chikungunya virus infection. A retrospective study of 107 cases. S Afr Med J 63: 313-5.
- Brighton, S. W., and I. W. Simson. 1984.** A destructive arthropathy following Chikungunya virus arthritis possible association. Clin Rheumatol 3: 253-8
- Brouard C., P. Bernillon, I. Quatresous, J. Pilonel, A. Assal, H. De Valk, and J. C. Desenclos. 2008.** Estimated risk of Chikungunya viremic blood donation during an epidemic on Reunion Island in the Indian Ocean, 2005 to 2007. Transfusion 48: 1333-41.
- CAMPBELL J.B., BERRY I.L., BOXLER D.J., DAVIS R.L., CLANTON D.C., DEUTSCHER G.H.** Effects of stable flies (Diptera-Muscidae) on weight gain and feed efficiency of feedlot cattle. J. Econ. Entomol., 1987, 80, 117-119.
- CAMPBELL J.B., SKODA S.R., BERKERILE D.R., BOXLER D.J., THOMAS G.D., ADAMS D.C., DAVIS R.** Effects of stable flies (Diptera: muscidae) on weight gains of grazing yearling cattle. J. Econ. Entomol., 2001, 94, 780-783.
- Carvalho, C., Rafael, J., Couri, M., & Silva, V. (2012).** Diptera Linnaeus, 1758 In G. A. R. M. J.A. Rafael, C.J.B Carvalho, S.A. Casari & R. Constantino (Ed.), *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. (pp. 701–744). Ribeirão Preto: Holos.
- CATANGUI M.A., CAMPBELL J.B., THOMAS G.D., BOXLER D.J.** Average daily gains of Brahman-Crossbred and English × Exotic feeder heifers exposed to low, medium, and high levels of stable flies (Diptera: Muscidae). J. Econ. Entomol., 1993, 86, 4, 1144-1150.
- Chantal, J. (1997)** Actualités de l'Anthrax ou fièvre charbonneuse. Médecine Tropicale, 57, 52- 60.
- Chomposri, J., Thavara, U., Tawatsin, A., Boonserm, R., Phumee, A., Sangkitporn, S., & Siriyasatien, P. (2016).** Vertical transmission of Indian Ocean Lineage of chikungunya virus in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes. Parasites & Vectors, 9(1), 227.

- COLDREY S. & BERNARD G., 1999**-Le moustique. Les Editions école active. Montréal : 25p
- CORTINAS R., JONES, C.J.**Ectoparasites of cattle and small ruminants. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, **2006**, 22, 3, 673-693.
- Courtney, G. W., & Cranston, P. S. (2015)**. Chapter 40 - Order Diptera. In J. H. Thorp & D. C. Rogers (Eds.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)* (pp. 1043-1058). Boston: Academic Press.
- Courtney, G. W., & Merritt, R. W. (2009)**. Diptera (Non-Biting Flies). In G. E. Likens (Ed.), *Encyclopedia of Inland Waters* (pp. 288-298). Oxford: Academic Press.
- Cranston, P. S., & Gullan, P. J. (2009)**. Chapter 199 - Phylogeny of Insects. In V. H. Resh & R. T. Cardé (Eds.), *Encyclopedia of Insects (Second Edition)* (pp. 780-793). San Diego: Academic Press.
- DAJOZ, R. (2010)**. *Dictionnaire d'entomologie: anatomie, systématique et biologie*. France: LavoisierDuvallat, G. (2017). Généralité sur les dipteres (Diptra). In G. Duvallat, D. Fontenille & V. Robert (Eds.), *Entomologie médicale et vétérinaire* (pp. 165-181). France IRD Éditions.
- Daudé, É., Vaguet, A., & Paul, R. (2015)**. La dengue, maladie complexe. *Natures Sciences Sociétés*, 23(4), 331-342.
- DOUGHERTY C.T., KNAPP F.W., BURRUS P.B., WILLIS D.C., CORNELIUS P.L.** Behaviour of grazing cattle exposed to small populations of stable flies (*Stomoxys calcitrans* L.). *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1995, 42, 231-248.
- Economopoulou A., M. Dominguez, B. Helynck, D. Sissoko, O. Wichmann, P. Quenel, P. Germonneau, and I. Quatresous. 2009.** Atypical Chikungunya virus infections: clinical manifestations, mortality and risk factors for severe disease during the 2005-2006 outbreak on Reunion. *Epidemiol Infect.* 137: 534-41.
- Eigen, M., Kloft, W.J. & Brandner, G. (2002)** Transferability of HIV by arthropods supports the hypothesis about transmission of the virus from apes to man. *Naturwissenschaften*, 89 (4), 185-186.
- ENSAF A. et BOUREE P. (2017)**. Entomologie médicale Aspects élémentaires. Ed. World. 195 p.
- Foil, L.D. & Issel, C.J. (1991)** Transmission of retroviruses by arthropods. *Annual Review of Entomology*, 36, 355-381.
- Foil, L.D. & Gorham, J.R. (2000)** Mechanical transmission of disease agents by arthropods. In: B.F. Eldridge and J.D. Edman, *Medical Entomology*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers: pp 461-514.

- Fusari, L. M., Dantas, G. P. S., & Pinho, L. C. (2018).** Chapter 16 - Order Diptera. In N. Hamada, J. H. Thorp & D. C. Rogers (Eds.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)* (pp. 607-623): Academic Press.
- Gaüzere, B. A., & Aubry, P. (2016).** Infection à virus Chikungunya. Cours de médecine tropicale en ligne: <http://medecinetroppicale.free.fr/cours/chik.pdf>
- Gerardin P., G. Barau, A. Michault, M. Bintner, H. Randrianaivo, G. Choker, Y. Lenglet, Y. Touret, A. Bouveret, P. Grivard, K. Le Roux, S. Blanc, I. Schuffenecker, T. Couderc, F. Arenzana-Seisdedos, M. Lecuit, and P. Y. Robillard. 2008.** Multidisciplinary prospective study of mother-to-child chikungunya virus infections on the island of La Reunion. *PLoS Med* 5: e60
- Gerhardt, R. R., & Hribar, L. J. (2019).** Chapter 11 - Flies (Diptera). In G. R. Mullen & L. A. Durden (Eds.), *Medical and Veterinary Entomology (Third Edition)* (pp. 171-190). USA: Academic Press.
- Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2010).** *The Insects: An Outline of Entomology*. Oxford: Blackwell.
- Lecointre, G., Visset, D., Guyader, H. L., & Charrier, D. (2013).** *Classification phylogénétique du vivant: Plantes à fleurs, cnidaires, insectes, squamates, oiseaux, téléostéens*. Paris: Belin.
- HALL D., THOMAS G.D., BERRY I.L., FISCHER F.J., FOEHSE M.C.** Relative abundance of stable flies, *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae), at dairies, feedlots and Pastures in Missouri. *J. Kans. Entomol. Soc.*, 1983, 56, 223-228.
- Hamadé, A., Bensalah, N., Woehl, B., Jambert, L., Bellity, A., Pianezze, M., & Buschenreider, N. (2019).** Filariose, Kaposi méditerranéen: Afrique, Asie, Pacifique, Bassin méditerranéen. *JMV- Journal de Médecine Vasculaire*, 44(2), 124-125.
- Hoch, A.L., Gargan, T.P. & Bailay, C.L. (1985)** Mechanical transmission of Rift Valley fever virus by hematophagous Diptera. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 34 (1), 188-193.
- Institut Pasteur (2013)** paludisme. <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/paludisme>, consulté en janvier 2013.
- ISARD S.A., KRISTOVICH D.A.R., GAGE S.H., JONES C.J., LAIRD N.F.** Atmospheric motion systems that influence the redistribution and accumulation of insects on the beaches of the Great Lakes in North America. *Aerobiologia*, 2001, 17, 275-291.
- JANET FANG. (2010).** Imagine un monde sans moustiques, *Courrier international*, numéro 1049, article traduit en français depuis un article publié en anglais dans la revue *Nature*, 466,432-434 (2010) : en *Ecology* : A world with out mosquitoes.

- Kajeguka, D. C., Kaaya, R. D., Mwakalinga, S., Ndossi, R., Ndaro, A., Chilongola, J. O., & Alifrangis, M. (2016).** Prevalence of dengue and chikungunya virus infections in north-eastern Tanzania: a cross sectional study among participants presenting with malaria-like symptoms. *BMC infectious diseases*, 16(1), 183
- Los Huertos, M. (2020).** Chapter 3 - The Players: Evolving Aquatic Species. In M. Los Huertos (Ed.), *Ecology and Management of Inland Waters* (pp. 67-130): Elsevier.
- Marianneau, P., Desprès, P., & Deubel, V. (2010).** Connaissances récentes sur la pathogénie de la fièvre jaune et questions pour le futur. *Médecine et maladies infectieuses*, 54, 89-105.
- Martin E., S. Moutailler, Y. Madec, and A. B. Failloux. 2010.** Differential responses of the mosquito *Aedes albopictus* from the Indian Ocean region to two chikungunya isolates. *BMC Ecol* 10: 8.
- Merritt, R. W., Courtney, G. W., & Keiper, J. B. (2009).** Chapter 76 - Diptera: (Flies, Mosquitoes, Midges, Gnats). In V. H. Resh & R. T. Cardé (Eds.), *Encyclopedia of Insects (Second Edition)* (pp. 284-297). San Diego: Academic Press.
- Mihok, S., Kangethe, E.K. & Kamau, G.K. (1995 b)** Trials of Traps and Attractants for *Stomoxys* spp. (Diptera, Muscidae). *Journal of Medical Entomology*, 32 (3), 283-289.
- Musso, D., & Gubler, D. J. (2016).** Zika virus. *Clinical microbiology reviews*, 29(3), 487-524.
- MULLENS B.A., LII K.-S., MAO Y., MEYER J.A., PETERSON N.G., SZIJJ C.E.** Behavioural responses of dairy cattle to the stable fly, *Stomoxys calcitrans*, in an open field environment *Med. Vet. Entomol.*, 2006, 20, 122-137.
- Nsoesie, E. O., Kraemer, M. U., Golding, N., Pigott, D. M., Brady, O. J., Moyes, C. L., ... & Hay, S. I. (2016).** Global distribution and environmental suitability for chikungunya virus, 1952 to 2015. *Eurosurveillance*, 21(20), 30234
- OMS, (2019).** La Fièvre jaune <https://www.who.int/fr/news-room/factsheets/detail/yellow-fever> consulté le 07/05/2019.
- OMS, Organisation Mondiale de la Santé (2015)** Dengue et dengue sévère. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/fr/>, consulté le 05/07/15
- Pavan M, 1986** - Una revolutione. Cultural. Europea .La carte sugli invetebrate .Univ. Pavia 33 :1-15
- Pépin, M. (2011).** Fièvre de la vallée du Rift. *Médecine et maladies infectieuses*, 41(6), 322-329.

**Petersen, L. R., Jamieson, D. J., Powers, A. M., & Honein, M. A. (2016).** Zika virus. *New England Journal of Medicine*, 374(16), 1552-1563.

**Pialoux G., B. A. Gauzere, and M. Strobel. 2006.** [Chikungunya virus infection: review through an epidemic]. *Med Mal Infect* 36: 253-63

**Pino, P., Soldati-Favre, D., & Heussler, V. (2019).** Plasmespine IX et Plasmespine X: deux nouvelles cibles dans la lutte contre la malaria. In *Forum Médical Suisse* (Vol. 19, No. 1112, pp. 192-195). EMH Media.

**Renault P., J. L. Solet, D. Sissoko, E. Balleydier, S. Larrieu, L. Filleul, C. Lassalle, J. Thiria, E. Rachou, H. de Valk, D. Ilef, M. Ledrans, I. Quatresous, P. Quenel, and V. Pierre. 2007.** A major epidemic of chikungunya virus infection on Reunion Island, France, 2005-2006. *Am J Trop Med Hyg* 77: 727-31.

**Sarwar, M. (2020a).** Chapter 27 - Insects as transport devices of plant viruses. In L. P. Awasthi (Ed.), *Applied Plant Virology* (pp. 381-402): Academic Press. Sarwar, M. (2020b). Typical flies: Natural history, lifestyle and diversity of Diptera. In M. Sarwar (Ed.), *Life Cycle and Development of Diptera* (pp. 50). London: IntechOpen.

**SCHWINGHAMMER K.A., KNAPP F.W., BOLING J.A.** Physiological and nutritional response of beef steers to combined infestations of horn fly and stable fly (Diptera: Muscidae). *J. Econ. Entomol.*, 1987, 80, 120-125.

**Senevet G ; Anderlli L, 1956-** Les Anophèles de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen. *Encycl. Ent. Paris*, 33,280 p, 666fig.

**TAYLOR D.B., BERKEBILE D.** Comparative Efficiency of Six Stable Fly (Diptera: Muscidae) Traps. *J. Econ. Entomol.*, 2006, 99, 1415-1419.

**TAYLOR D.B., MOON R.D., MARK D.R.** Economic impact of stable flies (Diptera: Muscidae) on dairy and beef cattle production. *J. Med. Entomol.*, 2012, 49, 198-209.

**Terra, W. R., & Ferreira, C. (2005).** 4.5 - Biochemistry of Digestion. In L. I. Gilbert (Ed.), *Comprehensive Molecular Insect Science* (pp. 171-224). Amsterdam: Elsevier.

**Thorp, J. H., & Rogers, D. C. (2011).** Chapter 27 - Midges, Mosquitoes, Blackflies, and Other True Flies: Insect Order Diptera. In J. H. Thorp & D. C. Rogers (Eds.), *Field Guide to Freshwater Invertebrates of North America* (pp. 247-260). Boston: Academic Press.

**Togola, A., Nwilene, F., Agbaka, A., Degila, F., Tolulope, A., & Chougourou, D. (2011).** Screening upland varieties of NERICA and its parents for resistance to stalk-eyed fly, *Diopsis* sp. (Diptera, Diopsidae) in Benin. *Journal of Applied Sciences*, 11(1), 145-150.

**VITELA M.I., CRUZ-VAZQUEZ C., SOLANO J.J., ORIHUELA A.**

A note on the associations between the prevalence of stable flies (*Stomoxys calcitrans*) and



the behaviour of dairy cows under semi-arid conditions. *J. Anim. Vet. Adv.*, **2007**, 6, 1284-1290

**Wallace, J. R. (2009).** Diptera (Biting Flies). In G. E. Likens (Ed.), *Encyclopedia of Inland Waters* (pp. 280-287). Oxford: Academic Press.

**Wiegmann, B. M., Trautwein, M. D., Winkler, I. S., Barr, N. B., Kim, J. W., Lambkin, C., . . .**

**Yeates, D. K. (2011).** Episodic radiations in the fly tree of life. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *108*(14), 5690-5695. doi: 10.1073/pnas.1012675108

**Woehl, B., Krafft, A., Jambert, L., Tusch, J., Bensalah, N., Michel, P., ... & Hamadé, A. (2020).**

Filariose lymphatique découverte par un tableau d'œdème de la cuisse, à propos d'un cas. *JMV- Journal de Médecine Vasculaire*, 45, S47

**Wood, D, M" 1965,** Diptères piqueurs du Canada qui s'attaquent à l'homme et au bétail. Ministère de l'agriculture du Canada, 170 l/P, Ottawa,

**Wilson O, 1988-** Biodiversité .P.3-18. Washington D C National Academy press. Parasitologie. Ornithologia, Entomologia. Institute of ecology, Vilnius. ISSN 13926 .

**Wyss, C., & Cherix, D. (2013).** Les insectes nécrophages. In C. Wyss & D. Cherix (Eds.), *Traité*

*d'entomologie forensique: Les insectes sur la scène de crime* (pp. 101-132). Suisse: Presses

polytechniques et universitaires romandes.

**YERUHAM I., BRAVERMAN Y.** Skin lesions in dogs, horses and calves caused by the stable fly *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae). *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1995, 48, 4, 347-349.

**Zumt, F. (1973)** The Stomoxiine biting flies of the world. Taxonomy, biology, economic importance and control measures. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 175 pp





