



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR-KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE

# Polycopié pédagogique

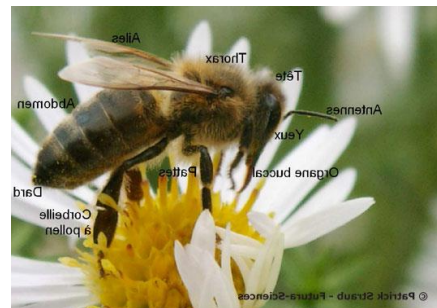
Cours en Anatomie des Insectes

Destiné aux étudiants de Master1

Biologie et contrôle des populations d'insectes

Rédigé par Dr. Rais Lynda

Année universitaire 2022/2023



# 1- Avant-Propos

Ce polycopié d'Anatomie des insectes s'adresse aux étudiants de master I de Biologie et contrôle des populations d'insectes. Il aborde les structures anatomiques de des différentes parties constituant le corps d'un insecte. Il apporte au lecteur des connaissances approfondies de la constitution anatomique des organes et appareils d'un insecte.

Nous avons, dans le premier chapitre présenté, au lecteur, un aperçu aussi schématique que possible de la morphologie des Insectes. Cette première partie constituera donc un glossaire précieux pour la lecture des chapitres suivants.

La seconde partie, quant à elle, est consacrée à l'étude de l'anatomie externe du corps de l'insecte. En premier lieu, la description de la tête mentionne une paire d'antennes, une paire d'yeux composés, des ocelles et trois ensembles d'appendices modifiés qui forment les pièces buccales. Puis, le thorax est composé de trois segments (prothorax, mésothorax et le métathorax) et porte généralement tous les organes locomoteurs (ailes ou pattes). L'abdomen est composé la plupart du temps de onze segments qui peuvent parfois porter des appendices tels des cerques, le furca, l'aiguillon ...etc caractéristiques des différentes espèces d'insectes.

Enfin, le troisième chapitre, traite l'anatomie interne, il contient une partie importante de la structure anatomique des organes importants ; l'appareil digestif, le système respiratoire, le système excréteur, le système excréteur, les organes reproducteurs, le système nerveux et endocrines et enfin la musculature chez les insectes.

# **Intitulé du Master : Biologie et contrôle des populations d'insectes**

**Semestre : S1**

**Intitulé de l'UE : FONDAMENTALES**

**Intitulé de la matière : Anatomie des insectes**

**Crédits : 6**

**Coefficients : 3**

## **Objectifs de l'enseignement**

Compréhension des particularités anatomiques des Arthropodes

**Connaissances préalables recommandées** Physiologie des grandes fonctions des Invertébrés du L3

## **Contenu de la matière :**

### ***I – INTRODUCTION***

### ***II- MORPHOLOGIE GENERALE***

- Tête
- Thorax
- Abdomen

### ***III - ANATOMIE EXTERNE***

#### **1. La tête**

- 1.1. Structure des yeux (ocelles et ommatidies)
- 1.2. Structure des Antennes
- 1.3. L'Appareil buccal

#### **2. - Le Thorax**

- 2.1. Les subdivisions
- 2.2. Structure des ailes (étude des cellules et nervures)
- 2.3. Structure des pattes

#### **3. - L'Abdomen**

- 3.1. Les tergites
- 3.2. Les Sternites
- 3.3. Les pleurites

3.4. L'aire pygidiale

#### **4. - Le tégument**

4.1. L'épiderme et les formations associées

4.2. La cuticule

#### ***IV- ANATOMIE INTERNE***

1. Appareil digestif

2. Appareil Excréteur

3. Appareil respiratoire

4. Appareil circulatoire

5. Appareil génital

6. Système nerveux

7. les Glandes endocrines

8. Les Muscles

# Table des matières

## Avant-Propos

## Liste des figures

### I- Introduction

1

### Chapitre II- Morphologie des insectes

1- La tête	3
2- Le thorax	5
3- L'abdomen	6

### Chapitre II- Anatomie externe

<b>1- La tête</b>	<b>8</b>
1-1 Sutures	8
1-1-1 Suture épicroânienne	8
1-1-2 Suture occipitale	9
1-1-3 Suture postoccipitale	9
1-1-4 Sutures subgénéales	9
1-1-5 Suture épistomale	9
1-1-6 Autres Suture	9
1-2 Régions Crâniennes	9
1-3 Structure des yeux	10
1-3-1 les ommatidies	10
1-3-2 Les ocelles	12
1-4 Structure des antennes	13
1-4-1 Définition	13
1-4-2 Différents types d'antennes	14
1-5 Structure des Pièces buccales	15
1-5-1 Mandibules	15
1-5-2 Superlinguae	16
1-5-3 Maxille	16
1-5-4 Labium	16
1-5-5 Différents types de pièces chez les insectes	17
<b>2- Le thorax</b>	<b>19</b>
2-1 Subdivisions	19
2-2 Structure des ailes (étude des nervures et cellules)	20
2-2-1 Types d'ailes	20
2-2-2 Nervures et cellules alaires	20
2-2-3 Aires et champs alaires	22
2-3 Structure des pattes	24
2.3.1. Différents type de Pattes	24
<b>3- L'abdomen</b>	<b>27</b>
3-1 Tergite	28
3-2 Les pleurites	28
3-3 Les sternites	28
3-4 L'aire pygidiale	29
3-4-1 Les cerques	30
3-4-2 Les forficules ( <i>Forficula auricularia</i> Linnaeus, 1758),	30
3-4-3 Le panorpe	30
3-4-4 Oviscapte	30
3-4-5 Les cornicules	31

3-4-6 Les Cerques	31
3-4-7 Les furcula	31
3-4-8 L'aiguillon	32
4- Le tégument	32
4-1 L'épiderme et les formations associées	32
4-2 La cuticule	33
4-2-1 L'épicuticule	34
4-2-2 La procuticule	34
4-2-2-1 L'exocuticule	34
4-2-2-2 l'endocuticule	34
4-2-3 La mésocuticule	35
<b>Chapitre IV. Anatomie interne</b>	
<b>1- Appareil digestif</b>	<b>37</b>
1-1 Régimes alimentaires	37
1-1-1 Les phytophages	37
1-1-2 Les Saprophages	38
1-1-3 Les prédateurs	38
1-1-4 Les parasites	38
1-2 Organisation fonctionnelle du tube digestif	39
1-2-1 La cavité préorale et les glandes salivaires	39
1-2-2 Le stomodeum	40
1-2-3 Le mésentéron	40
1-2-4 Le proctodeum	41
<b>2- Système respiratoire</b>	<b>42</b>
2-1 Système trachée	42
2-1-1 Stigmate	42
2-1-2 Les trachées	43
2-1-3 Les trachéoles et sacs aériens	44
2-2 Insectes aquatiques	44
2-2-1 Bulles, plastrons, siphons, antennes	44
2-2-2 Branchies	45
<b>3- Système circulatoire</b>	<b>46</b>
3-1 Le cœur dorsal (VD)	47
3-2 Les Diaphragmes	48
3-3 Les Cœurs Accessoires	49
<b>4- Système excréteur</b>	<b>50</b>
4-1 Tubes de Malpighi	50
4-2 organes excréteurs	51
<b>5- Appareil reproducteur</b>	<b>52</b>
5-1 Organes mâles	52
5-1-1 Tubes séminifères	52
5-2 Organes femelles	53
5-2-1 Deux ovaires	53
5-2-2 Structure des ovarioles	54
5-2-3 La spermathèque	55
<b>6- Le système nerveux</b>	<b>56</b>
6-1 Généralités	56
6-2 Système nerveux central	57
6-2-1 Le protocérébron	58
6-2-2 Région cérébrales particulières	58

<b>7- Le système endocrinien</b>	59
7-1 Cellules neurosécrétrices et les neurohormones	59
7-1-1 Cellules neurosécrétrices cérébrales et corpora cardiaca	60
7-1-2 Cellules neurosécrétrices	60
7-1-3 Glande de mue	60
<b>8- Système musculaires</b>	61
8-1 Organisation anatomique de la musculature	61
8-2 Les muscles viscéraux	61
8- 3Les muscles squelettiques	61
8-4 Les muscles abdominaux	62
8-5 Les muscles thoracique	62
8-6 Muscles céphaliques	63
8-7 Principaux types de muscles	64
8-7-1- Les muscles lamellaires ou tubulaires	64
8-7-2- Les muscles micorfibrillaires	64
8-7-3 Les muscles fibrillaires	65

## Liste des Figures

<b>Figure 1.</b> Morphologie générale d'un insecte	<b>3</b>
<b>Figure 2.</b> Morphologie de la tête	<b>4</b>
<b>Figure 3.</b> Morphologie du thorax et de l'abdomen	<b>5</b>
<b>Figure 4.</b> Vue latérale de thorax d'insecte (diptère)	<b>6</b>
<b>Figure 5.</b> Vue latérale d'un abdomen d'une femelle de criquet	<b>7</b>
<b>Figure 6.</b> Anatomie externe de la tête	<b>8</b>
<b>Figure 7.</b> Structure d'un œil composé (A) et d'une ommatidie	<b>11</b>
<b>Figure 8.</b> Structure d'un ocelle	<b>12</b>
<b>Figure 9.</b> Antenne d'un insecte	<b>14</b>
<b>Figure 10.</b> Différents types d'antenne des insectes	<b>15</b>
<b>Figure 11.</b> Structure des pièces buccale	<b>17</b>
<b>Figure 12.</b> Types de régime alimentaire des Insectes	<b>18</b>
<b>Figure 13.</b> Structure du thorax et de l'abdomen	<b>19</b>
<b>Figure 14.</b> Cellule alaire de la glossine	<b>20</b>
<b>Figure 15.</b> Anatomie d'une aile	<b>21</b>
<b>Figure 16.</b> Repères des landmarks et des largeurs de champs sur un élytre de criquet mâle	<b>23</b>
<b>Figure 17.</b> Structure d'une patte	<b>24</b>
<b>Figure 18.</b> Patte ravisseuse de mante ( <i>Iris oratoria</i> ) : 1ère paire	<b>25</b>
<b>Figure 19.</b> Patte fouisseuse de Bousier ( <i>Anoplotrupes stercorosus</i> ) : 1ère paire	<b>25</b>
<b>Figure 20.</b> Patte sauteuse de Criquet ( <i>Locusta migratoria</i> ) : 3ème paire	<b>27</b>
<b>Figure 21.</b> Anatomie externe de l'abdomen de la femelle du criquet <i>Lacusta migratoria</i>	<b>24</b>
<b>Figure 22.</b> Anatomie externe d'un forficule	<b>28</b>
<b>Figure 23.</b> Schéma de l'armure génitale mâle de lépidoptère en place	<b>29</b>
<b>Figure 24.</b> Sclérites abdominaux d'un insecte	<b>30</b>
<b>Figure 25.</b> Types de cornicules chez les pucerons	<b>31</b>
<b>Figure 26.</b> Anatomie d'un collembole	<b>32</b>
<b>Figure 27.</b> Structure de l'aiguillon	<b>32</b>
<b>Figure 28.</b> Anatomie de l'abeille	<b>32</b>
<b>Figure 29.</b> Dessin de la cuticule et des cellules associées à l'épiderme	<b>34</b>
<b>Figure 30.</b> Structure anatomique du tube digestif	<b>40</b>
<b>Figure 31.</b> Système respiratoire d'un insecte	<b>43</b>
<b>Figure 32.</b> Trachée et trachéole	<b>43</b>
<b>Figure 33.</b> Sacs aériens des insectes	<b>45</b>
<b>Figure 34.</b> Autres organes de respirations des insectes	<b>46</b>
<b>Figure 35.</b> Larves de moustiques	<b>47</b>
<b>Figure 36.</b> Système circulatoire des insectes	<b>47</b>
<b>Figure 37.</b> Schéma de la dissection de la Blatte orientale ( <i>Blatta orientalis</i> , Dictyoptère Blattidé)	<b>50</b>
<b>Figure 38.</b> Appareil reproducteur mâle	<b>53</b>
<b>Figure 39.</b> Appareil reproducteur femelle	<b>53</b>
<b>Figure 40.</b> Système nerveux des insectes	<b>55</b>
<b>Figure 41.</b> Organisations du système endocrinien d'un insecte	<b>56</b>
<b>Figure 42.</b> Muscles squelettique des insectes	<b>60</b>
<b>Figure 43.</b> Métamère d'un arthropode	<b>61</b>
<b>Figure 44.</b> Muscles céphaliques	<b>62</b>
<b>Figure 45.</b> Type de fibres musculaires squelettiques chez les insectes	<b>64</b>

## I. Introduction

Les Arthropodes, dont les insectes constituent la classe principale, sont caractérisés par leur squelette externe rigide et des appendices articulés, d'où leur nom.

Ce squelette est essentiellement protéique et chitineux, ce n'est d'ailleurs pas la chitine qui en est le principal élément rigide, mais la protéine très particulière qui le compose à 80%. La cuticule est composée de trois strates : l'épicuticule, l'exocuticule et l'endocuticule, secrétés par des cellules hypodermiques. Elle peut être garnie de poils, de chètes, etc. qui peuvent jouer un rôle important en systématique.

Les insectes ont un corps segmenté. A l'avant se trouve la tête, ce tagme est la capsule assez homogène où ne sont plus reconnaissables les segments originels

Le thorax comprend le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Chacun de ces segments porte une paire de pattes ambulatoires, les deux derniers, pouvant porter une paire d'ailes, constituent, chez les Ptérygotes, le ptérothorax ;

L'abdomen comprend originellement une douzaine de segments. Par suite de fusions ou de télescopages, il en comporte souvent un nombre visible bien moindre. En général, on peut admettre que l'abdomen se termine, par l'anus, sur le 11ème segment, quant au processus génital, il est porté par le 9ème.

La segmentation apparente d'un insecte ne correspond pas à la division originelle des somites, en effet, il se produit, au cours de la sclérification du tégument, un déplacement des articulations qui aboutit à ce qu'on appelle une métamérisation secondaire. Ainsi, la sclérification ne se fait qu'à la partie antérieure d'un segment puis gagne la suture et la partie postérieure du segment précédent. On a ainsi un décalage vers l'avant qui crée une deuxième ligne de sutures.

La trace de la segmentation originelle intersegmentaire est appelée suture antécostale (elle porte vers l'intérieur du corps des crêtes d'insertion musculaire) ; quant à la partie sclérifiée d'un segment rattachée au segment suivant, elle prend le nom d'acrotergite ou acrosternite suivant sa position dorsale ou ventrale. Si l'on considère l'insecte, non plus en coupe sagittale, mais transversale, on peut distinguer trois zones : notale, pleurale, sternale.

La partie dorsale d'un segment est le dorsum ou tergum ou notum, la partie ventrale est le sternum. La partie pleurale porte les appendices et les orifices respiratoires ou stigmates.

L'armure chitineuse des insectes est donc composée de pièces isolées par des sutures, ces pièces sont des sclérites. Ainsi, trouvons-nous dorsalement les tergites avec leurs acrotergites, ventralement des sternites, latéralement des pleurites (coxopleurites, anapleurites ...).

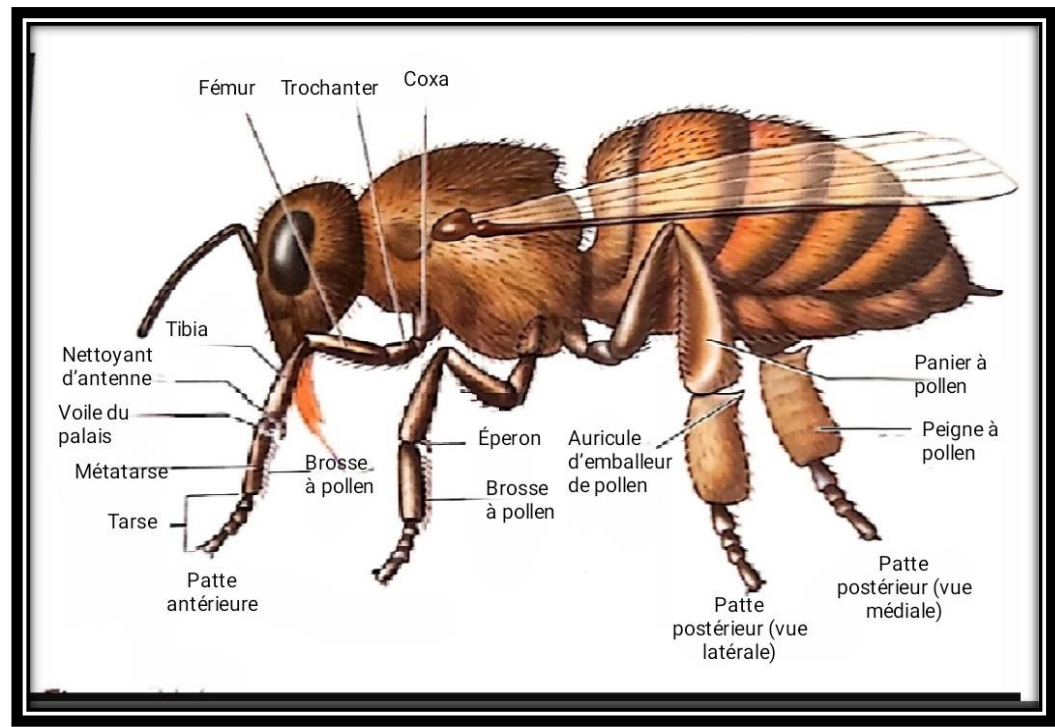
La morphologie générale du corps d'un insecte est développée dans le premier chapitre, nous avons présenté les trois tagmes constituant le corps des insectes ; à savoir la tête, le thorax et l'abdomen.

Le deuxième chapitre décrit l'anatomie externe du corps d'un insecte, les organes sensoriels portés par la tête sont présentés en premier, à savoir les yeux composés et les ocelles ainsi que les antennes. Concernant le thorax, les ailes et pattes sont décrites. Enfin, l'abdomen qui est le dernier tagme, on a décrit les parties qui constituent le revêtement externe, les tergites, les pleurites et les sternites, en plus de l'étude de l'aire pygidiale.

Le dernier chapitre de notre cours présente l'anatomie interne des insectes ; représentée par l'étude des différents appareils et systèmes assurant la physiologie des fonctions vitales d'un insecte.

## Chapitre II

### Morphologie des Insectes



**Figure 1.** Morphologie générale d'un insecte (HICKMAN *et al.*, 2008).

#### 1- La tête (voir fig. 2)

Chez la plupart des insectes au stade adulte ou larvaire, la tête est entourée d'un disque fortement sclérifié que l'on nomme capsule céphalique ou épïcône.

La capsule céphalique est la partie principale de la tête et elle porte les yeux composés, les ocelles, une paire d'antennes et les pièces buccales. Cette capsule est l'assemblage de 6 segments les plus antérieurs du corps.

- **Le front** est la partie de la capsule céphalique qui se retrouve à l'avant, juste en dessous des antennes. Il varie en forme et en taille. Chez certaines espèces, sa délimitation est relativement arbitraire. Chez d'autres, il est délimité par des sillons fronto-clypéaux ou épistomiaux. Dans le cas des insectes à trois ocelles, le médian est habituellement situé sur le front.

- Le **vertex** est le sommet de la tête, on retrouve des sutures frontales qui peuvent être de différentes formes (Y, U ou V). Lors de la mue de certains insectes, ces sutures s'ouvrent et

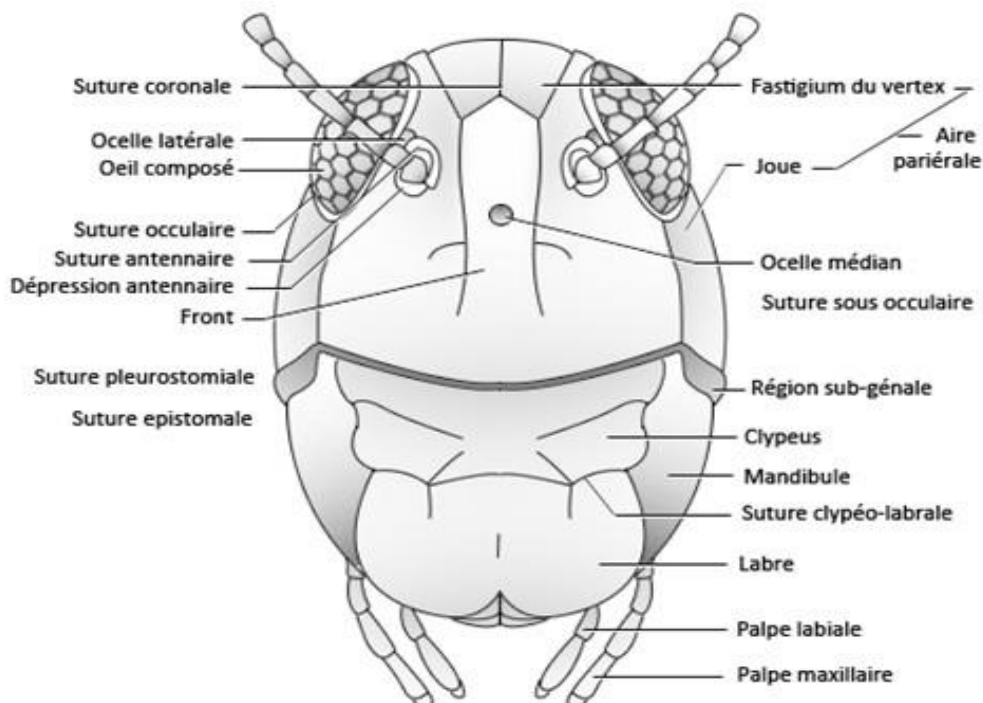
permettent à l'animal de s'extirper de son ancienne enveloppe. Les sutures frontales ne sont pas présentes chez tous les insectes.

- **Le clypéus** est la partie antérieure de la tête des insectes, comprise entre le labrum à l'avant et le front dorsal, métamère antennulaire, à l'arrière ;

- **Le labre** « du latin **labrum** « bord de la lèvre » est une pièce buccale impaire des arthropodes correspondant à un sclérite céphalique.

- **les gena ou joues** parties des aires pariétales justes sous les yeux.

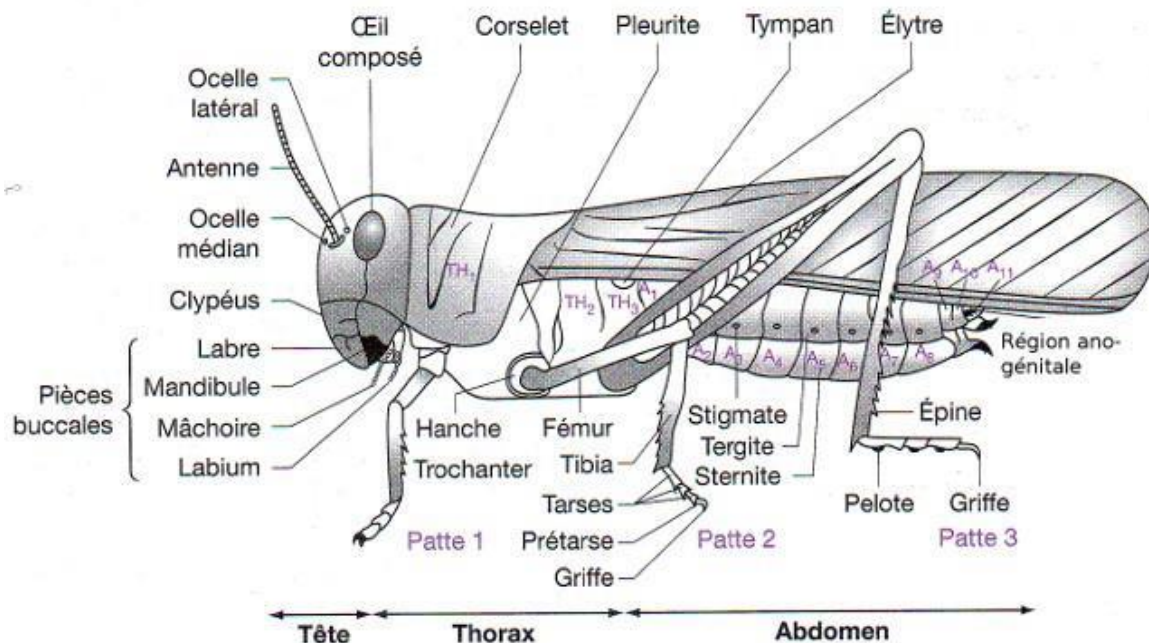
- ☐ les sclérites antennaires : à la base des antennes et délimités par les sutures antennaires
- ☐ Les sclérites oculaires : autour des yeux et délimités par les sutures oculaires
- ☐ La région occipitale ou occiput : partie comprise entre les sutures occipitale et postoccipitale
- ☐ La région postoccipitale : rebord du foramen magnum
- ☐ Les aires subgénéales : partie portant les pièces buccales situées sous les sutures pleurostomales.



**Figure 2.** Morphologie de la tête (site 1)

La Tête porte les **organes sensoriels** (antennes, yeux et ocelles) et les **pièces buccales**.

## 2. Le thorax



**Figure 3.** Morphologie du thorax et de l'abdomen (site 2)

C'est une partie souvent volumineuse (fig. 3), car elle renferme les muscles qui animent les appendices locomoteurs (pattes, ailes). Le **thorax** est formé par la réunion de **trois segments** qui restent cependant bien distincts et qui portent les noms suivants :

- Le **prothorax** (segment antérieur)
- Le **mésothorax** (segment médian)
- Le **métathorax** (segment postérieur)

Chaque segment est constitué de plaques solidaires et qui ont reçu le nom suivant (pour le prothorax par exemple

- Une plaque dorsale : le **pronotum**
- Deux ou quatre plaques latérales, lorsqu'il n'y a qu'une plaque de chaque côté on parle des **pleures**
- Lorsque chacune des plaques est divisée en deux, la plaque antérieure est appelée **épisternite prothoracique**, la plaque postérieure, **l'épimère prothoracique**.
- Une plaque ventrale, le **prosternum**.

Ces particularités ne s'observent que chez les insectes à thorax chitinisé.

Des orifices respiratoires (**stigmates**) peuvent s'observer au nombre de deux par segment.

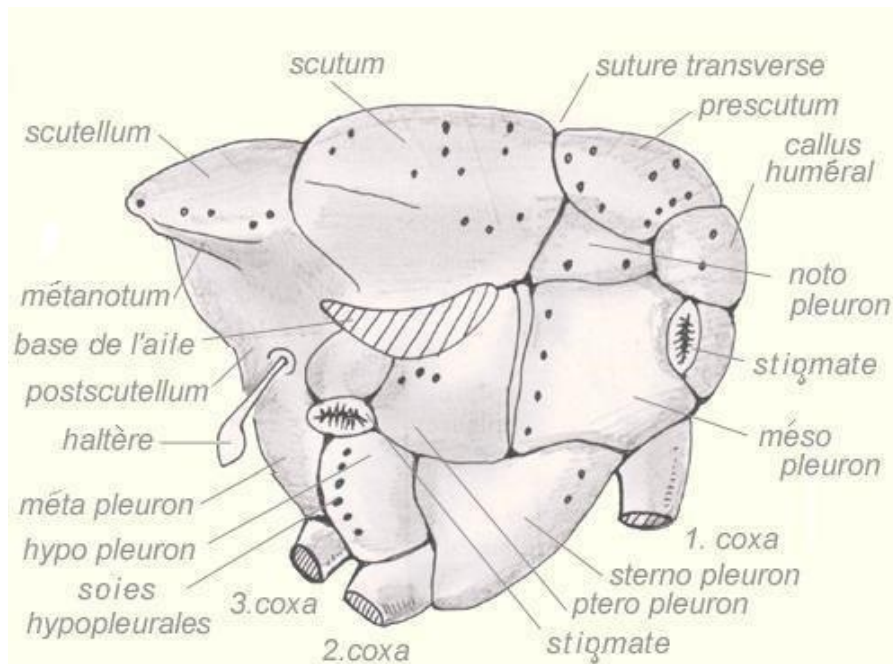


Figure 4. Vue latérale du thorax d'insecte (Diptères)

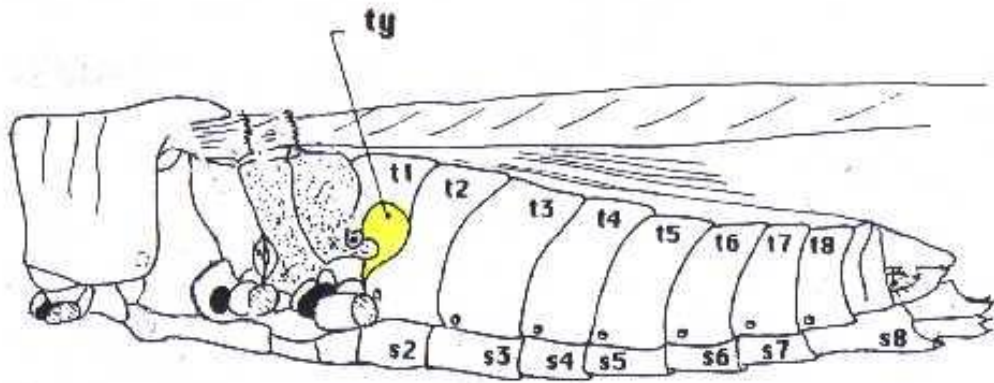
(Site 3)

### 3. L'abdomen

Selon les figures 3,5, il est normalement formé de 11 segments, mais chez de nombreux insectes, les deux ou trois derniers sont soudés de manière indistincte.

Chaque segment est constitué de deux demi cylindres chitinisés (chez les adultes) dénommés : **tergite** pour le dorsal, et **sternite** pour le ventral. Contrairement aux articles du thorax, ceux de l'abdomen jouent les uns par rapport aux autres par télescopage, ce qui permet des variations de volume utiles à la ventilation du corps de l'insecte.

En position latérale, chaque segment porte une paire de stigmates respiratoires, souvent invisibles chez les adultes, car cachés par la superposition des tergites.



t : tergite. s : sternite. ty : organe tympanique

**Figure 5.** Vue latérale d'un abdomen d'une femelle de criquet (site 4).

## Chapitre II Anatomie externe

### 1- La tête

#### 1-1 SUTURES

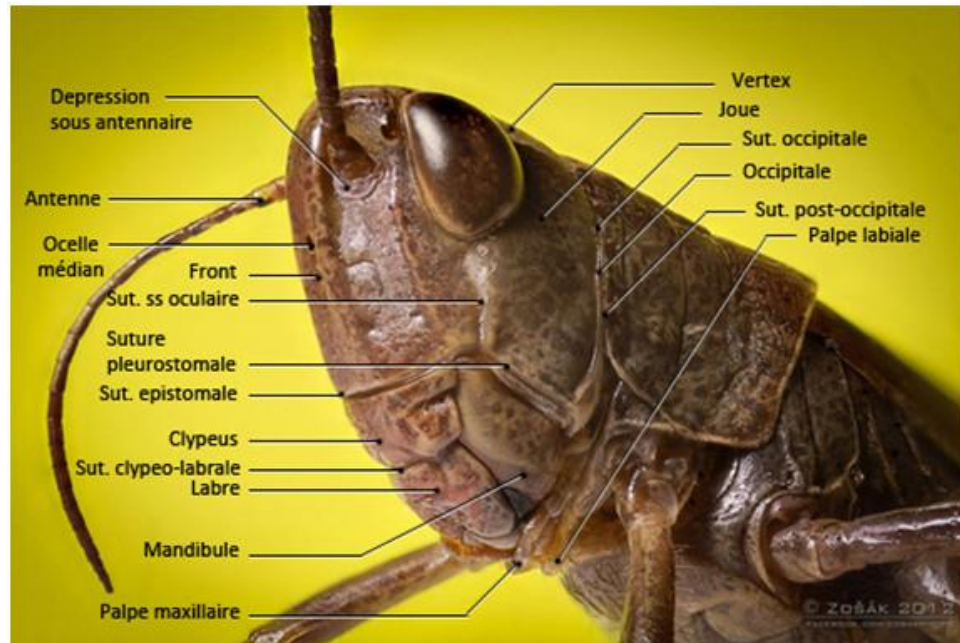


Figure 6. Anatomie externe de la tête (site 1)

#### 1-1-1 Suture épïcricânienne

Elle n'est pas toujours bien marquée surtout chez certains Ptérygotes. Elle divise le dessus de la tête en deux parties sous le nom de suture métopique ou coronale, puis se divise en deux branches encadrant le front : **les sutures frontales** (elles sont souvent incomplètes ou absentes).

Quand il y a 3 ocelles, les 2 supérieurs se trouvent de part et d'autre de la suture coronale, le troisième, médian, est dans la partie supérieure du front.

Les antennes sont généralement situées aux extrémités du front. Chez certains Ptérygotes, deux sutures divergent de la coronale, passent derrière les ocelles latéraux puis derrière les antennes après avoir rejoint souvent le sclérite oculaire, ce sont les sutures postfrontales. Elles sont bien développées chez certains dermaptères et Plécoptères, puis faiblement chez les Blattes et les Mantés (dyctioptères).

### **1-1-2 Suture occipitale**

Elle entoure le foramen magnum - ou trou occipital - et vient aboutir devant les articulations postérieures des mandibules. Elle porte une crête interne qui renforce la calotte crânienne.

### **1-1-3 Suture postoccipitale**

Elle entoure aussi le foramen magnum, en arrière de l'occipitale. Elle porte également une crête sur laquelle s'insère des muscles prothoraciques d'articulation.

### **1-1-4 Sutures subgénéales**

Elles sont situées de part et d'autre de la tête, le long de la cavité buccale, un peu au-dessus de l'attache des appendices. On les divise en plusieurs parties : - les sutures pleurostomales au-dessus des mandibules ; - les sutures hypostomales, en arrière ; - la suture épistomale, souvent formée des deux branches convergentes, à l'avant, des subgénéales. Elles forment intérieurement une crête soudée aux bras postérieur et antérieurs du fenforizm (fig. 13).

### **1-1-5 Suture épistomale (frontoclypéale)**

Elle peut donc être le prolongement des subgénéales, elle peut en être distincte.

### **1-1-6 Autres sutures**

On trouve parfois des sutures reliant le socle des antennes à la subgénale : sutures sous-antennaires (chez les Blattes, par exemple), parfois reliant les sclérites oculaires à la subgénale également : sutures sous-oculaires grillons, criquets). Il y a également des sutures oculaires et antennaires entourant la base des yeux et des antennes.

## **1-2 Régions Crâniennes**

- **le vertex** est le dessus du crâne, coupé par la coronale quand elle existe ;
- **le front** est la région antérieure isolée par les frontales, il porte l'ocelle médian ;
- **le clypéus** fait suite au front, il en est séparé par la suture épistomale, le labre est une pièce buccale qui prolonge le clypeus ;
- **les aires pariétales** sont les deux parties du vertex isolées par la coronale ;

- **les genae ou joues** sont les aires pariétales situées au-dessous du niveau des yeux ; - sous forme d'anneaux isolés par les sutures oculaires et antennaires, on distingue les sclérites oculaires et antennaires.

- **la région occipitale** est l'arche comprise entre les sutures occipitales et postoccipitale.

- **la région postoccipitale** est l'anneau isolé par la suture postoccipitale et le rebord du foramen magnum ;

- **les aires subgénéales** sont les parties craniennes situées sous les sutures subgénéales et qui portent les pièces buccales.

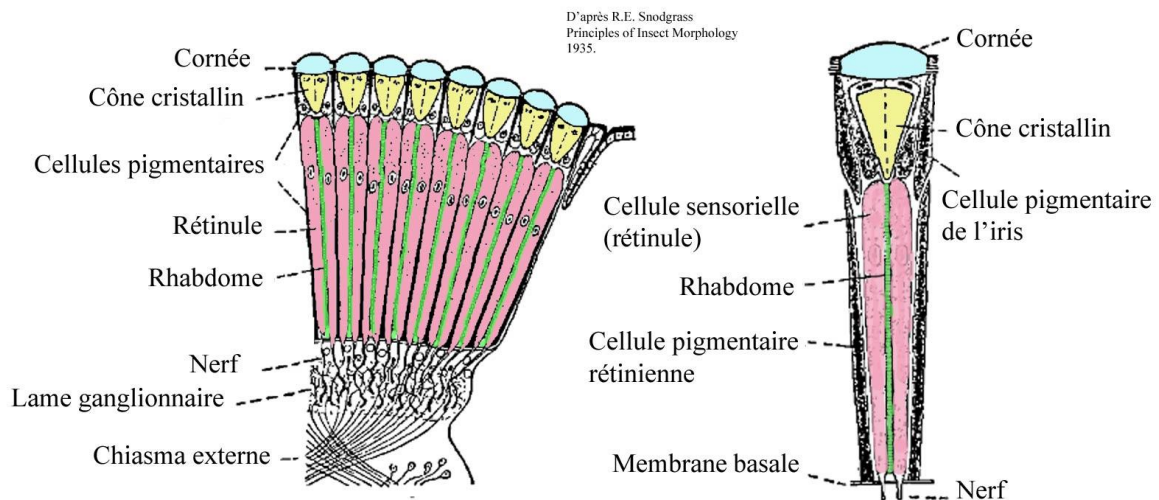
Leur diversité est intéressante à considérer suivant les ordres d'insectes : chez les chenilles, par exemple, elles forment deux lobes **hypostomaux** s'insérant dans la base du labium, chez les Hyménoptères, Hémiptères et Diptères, elles se rejoignent pour former un **pont hypostomal** fermant la base du trou occipital.

## 1-3 Structure des yeux

### 1-3-1 Les ommatidies

L'œil composé d'un insecte est constitué de milliers d'organes visuels nommés ommatidies

Les Aptérygotes ont des yeux composés de 8 ommatidies, sauf les Thysanoures, qui n'ont pas d'yeux du tout, de même que les Protozoaires (autrefois classés parmi les insectes). Chez les Ptérygotes, le nombre d'ommatidies peut être particulièrement élevé : 800 chez les drosophiles (Diptères), 7 500 chez les Diopsidés (Diptères), 10 000 chez les bourdons (Hyménoptères), ou encore 30 000 chez les libellules (Odonates).



**Figure 7.** Structure d'un œil composé (A) et d'une ommatidie (B) (site 5)

Chaque ommatidie est constituée de 3 parties : optique, de collecte de la lumière et sensorielle.

La surface d'une ommatidie est une lentille hexagonale (cristallin) surmontant une lentille conique (cône).

La lumière qui pénètre dans l'ommatidie est focalisée par ses lentilles jusqu'à une structure centrale appelée rhabdome où une image inversée se forme sur les cellules rétinienne. Des cellules pigmentées entourant le rhabdome empêchent la lumière issue des autres ommatidies de pénétrer.

Des fibres du nerf optique transmettent l'information provenant de chaque rhabdome au cerveau qui synthétise à partir de ces données une image du monde extérieur.

Grâce aux cellules pigmentaires les ommatidies sont plus ou moins isolées, d'où deux types d'yeux composés (H) :

- L'œil donnant une vision par images accolées dont les ommatidies sont complètement isolées optiquement. Avantage : pouvoir séparateur élevé (chaque ommatidie reproduit un point lumineux se trouvant sur son axe optique) ; inconvénients : faible intensité lumineuse (petit diagramme dans le revêtement pigmentaire).
- L'œil donnant une vision pour images superposées à l'ommatidie incomplète et isolée. L'avantage de ce type qui prédomine chez les animaux nocturnes : images très lumineuses ; inconvenantes : images peu nettes. Vision par images accolées grâce à la migration des pigments(adaptation).

- Les yeux composés des insectes sont fixés puisque leurs facettes sont partie intégrante d'un squelette externe, rigide, la cuticule.

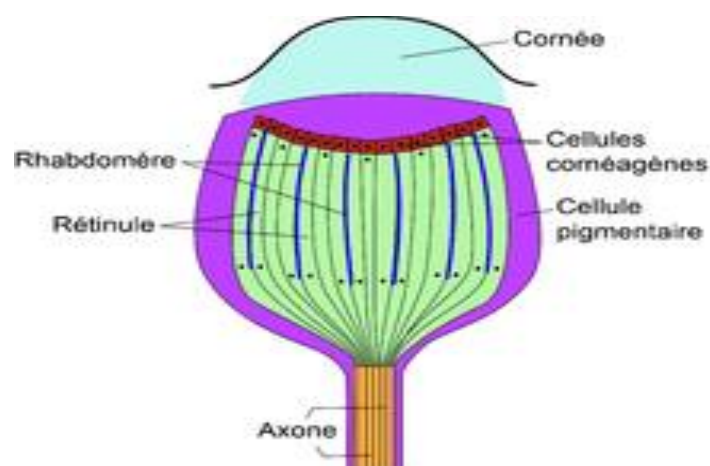
Chez les insectes ce sont les mouvements de la tête seule ou solidaire des déplacements du corps qui assurent ce balayage rétinien. Si les capacités perceptives et comportementales des insectes dépendent donc de beaucoup de leurs capacités de mouvement il est en revanche bien difficile de savoir si leur cerveau simule des actions. En particulier l'imagerie cérébrale n'est guère envisageable à l'heure actuelle, en raison de la petite taille des insectes.

### 1-3-2 Les ocelles

Les ocelles sont des organes sensibles à la lumière qui se trouvent sur la face dorsale ou frontale de la tête de nombreux insectes. Avec les yeux composés, les insectes possèdent deux types d'organes visuels avec des fonctionnalités bien différentes.

Le nombre, la forme et les fonctions de ces organes varient énormément chez les différents ordres d'insectes. Ils ont tendance à être de plus grandes tailles chez les insectes volants (en particulier les abeilles, les guêpes, les libellules et les criquets) et d'être présents en nombre de trois, un central et deux latéraux. Certains insectes terrestres, comme certaines fourmis et cafards, n'ont seulement que deux ocelles.

Ce type d'ocelle est constitué d'une cornée (lentille) et d'une couche de cellules photoréceptrices (cellules cornéagènes). La cornée peut être fortement courbée (ex : abeilles, criquets et libellules) ou plate (ex : cafard). Le nombre de cellules photoréceptrices peut varier de quelques centaines à plusieurs milliers.



**Figure 8.** Structure d'un ocelle (site 6)

La puissance de réfraction de la lentille n'est généralement pas suffisante pour former une image. Les ocelles sont rarement capables de percevoir les formes et sont généralement adaptés à capter l'intensité lumineuse. Compte tenu de la grande ouverture et de la faible perception focale, ils sont considérés comme beaucoup plus sensibles à celle-ci que les yeux composés. Le diamètre des interneurons ocellaires permet de croire que les ocelles perçoivent plus rapidement que les yeux composés.

#### Rôle

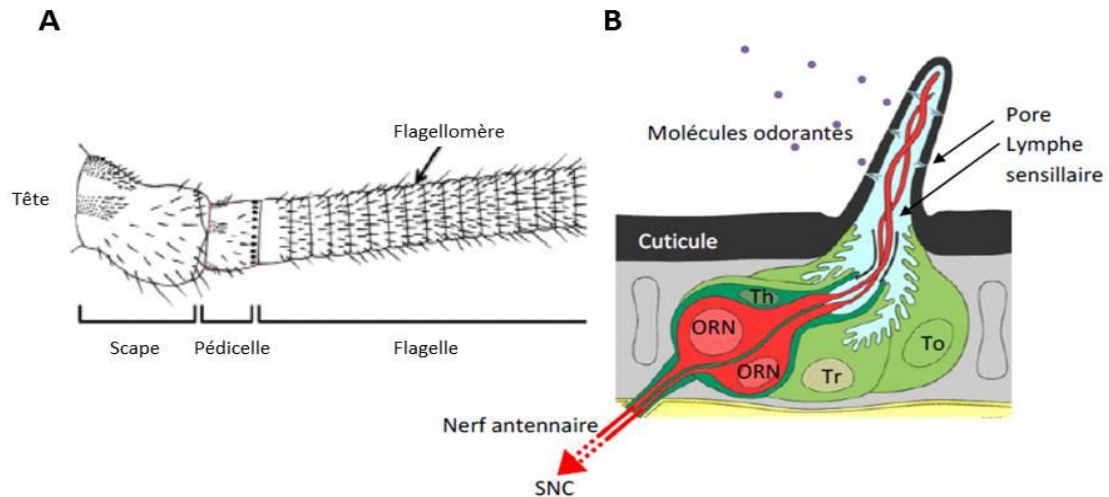
- aider à maintenir la stabilité pendant le vol à cause de leur capacité à détecter les changements dans la luminosité.
- Ils joueraient également un rôle dans la visualisation de la polarité ou encore comme détecteur du cycle circadien.
- Des études récentes ont démontré que les ocelles de certains insectes (notamment les libellules et certaines guêpes) sont capables de voir certains détails particuliers. Leur cornée forme une image à l'intérieur ou près des cellules photoréceptrices. Certaines recherches ont démontré que ces yeux sont capables de percevoir les mouvements.

La recherche scientifique sur les ocelles est d'un grand intérêt dans la conception de petits véhicules aériens sans pilote. Ces petits drones font face à plusieurs défis dans la maintenance de la stabilité lors du vol. Les ingénieurs sont de plus en plus inspirés par ces animaux pour surmonter ce type de problème.

## 1-4 Structure des antennes

### 1-4-1 Définition

Les **antennes** sont des organes sensoriels portés sur la tête des **insectes** qui servent principalement pour l'odorat mais également pour le toucher et le goût, grâce à la présence de sensilles.



**A, Schéma d'une antenne d'insecte** d'après (Jiro Okada). **B, Schéma d'une sensille olfactive**, ORN : Neurone Récepteur Olfactif, Th : Cellule thécogène, Tr : Cellule trichogène, To : Cellule thormogène, SNC : Système Nerveux Central.

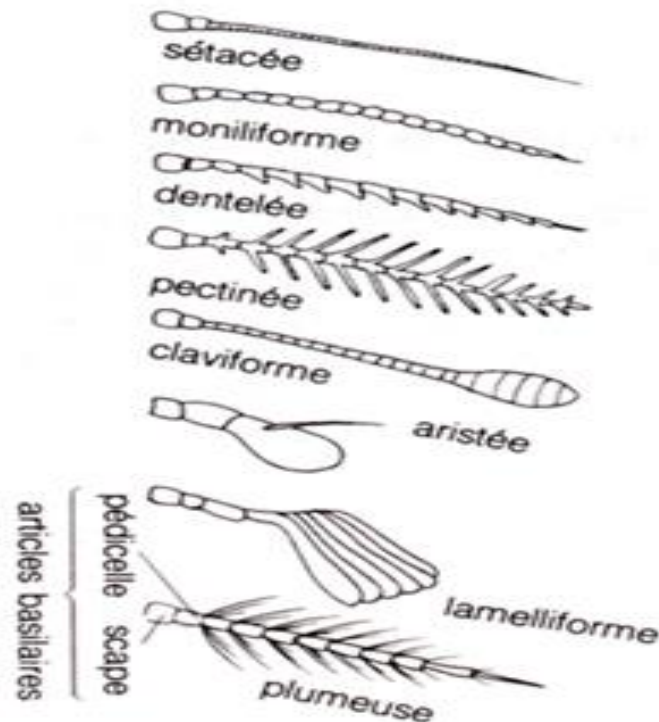
**Figure 9.** Antenne d'un insecte (site 7)

### 1-4-2 Différents types d'antennes

On distingue plusieurs formes d'antennes d'insecte :

- **Aristée** : forme élargie avec un poil latéral (ex : Diptera).
- **Filiforme** : forme simple, allongée et droite.
- **Sétacée** : l'antenne se rétrécit progressivement de la base à la pointe (Thysanoptera, Blattaria, Ephemeroptera, Plecoptera)
- **Moniliforme** : segments antennaires en forme ronde qui donnent une apparence de collier de perles (ex : Coleoptera).
- **Serriforme** : antenne qui est inclinée d'un côté donnant l'apparence d'un bord de scie (ex : Coleoptera).
- **Pectiniforme** : antenne ayant l'apparence d'un peigne, les segments sont plus longs d'un côté (ex : Coleoptera, Hymenoptera - Symphyta).
- **Claviforme** : segments antennaires qui s'élargissent à la pointe de l'antenne. Cela peut être progressif et présent sur toute la longueur ou une augmentation soudaine dans les derniers segments (ex : Coleoptera et Lepidoptera).
- **Lamelliforme** : segments antennaires aplatis formant des lamelles (ex : Coleoptera - Scarabeidae).

- **Coudée ou géniculée** : présence d'un coude dans l'antenne (Hymenoptera - Formicidae et Coleoptera).
- **Plumeuse** : Segments antennaires avec un certain nombre de branches fines, semblable à une plume (ex : Diptera et Lepidoptera - Saturniidae).



**Figure 10.** Différents types d'antenne des insectes.(site 8)

## 1-5 Structure des Pièces buccales

Forment l'appareil buccale des insectes, ces pièces sont portés par la tête. Ils sont formés par (Figure 11)

### 1-5-1 Mandibules

Elles sont les appendices du premier segment du gnathocéphalon et incontestablement homologues des mandibules des autres arthropodes. Chez certains Myriapodes, les mandibules présentent un aspect divisé, on peut distinguer un cardo et un stipe (formant un coxopodite) et un lobe terminal. Chez les insectes Aptérygotes on ne distingue plus la division entre cardo et stipe et la partie terminale n'est plus mobile, mais la

mandibule n'a pas encore l'aspect homogène de celles des Ptérygotes et est articulée sur un seul condyle (excepté chez les Lépismes) (fig. 11).

Chez les Ptérygotes, l'articulation est faite par deux condyles, antérieur et postérieur, et les mouvements sont transverses. Les mandibules sont typiquement des pièces homogènes, trapues, où l'on ne distingue plus qu'une partie distale incisive et une partie basale molaire.

### **1-5-2 Superlinguae**

On les appelle parfois aussi paraglosses. Il ne faut pas confondre ce terme avec ce même nom de paraglosses donné souvent à des parties du labium de certains Ptérygotes ; d'ailleurs, chez les Ptérygotes, elles n'apparaissent que comme deux petits appendices situés de part et d'autre de l'hypopharynx. Elles sont beaucoup plus développées chez les Aptérygotes. Plusieurs théories ont été formulées quant à leur origine,

### **1-5-3 Maxille**

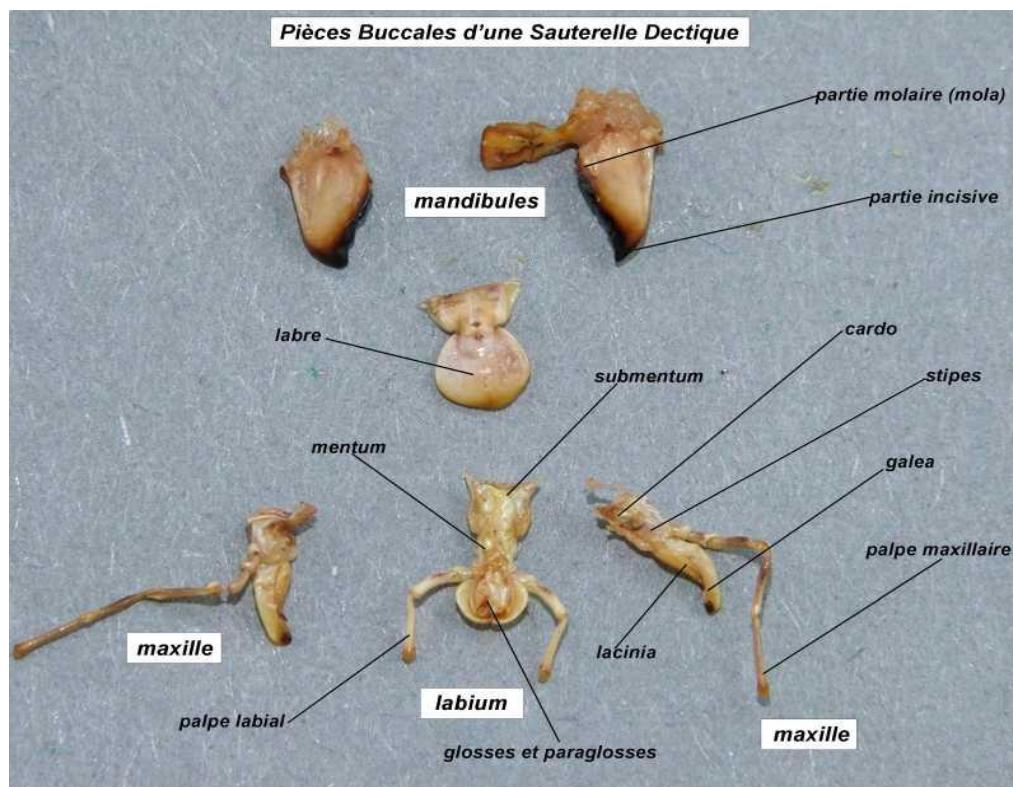
Les maxilles peuvent être considérées comme ayant un coxopodite (stipe + cardo), un télopodite (palpe) très semblable à une patte tant par sa musculature que sa segmentation, et un endite biramé.

Elles comportent un seul condyle porté par le cardo, ce dernier est suivi du stipe. Du stipe part un palpe maxillaire ; quant à la partie terminale, elle est formée de deux lobes : la lacinia interne et la galea externe. Ces maxilles peuvent être profondément transformées, ainsi les palpes ou l'un des deux lobes peuvent disparaître. Souvent, c'est la lacinia qui s'atrophie et la galea peut prendre des formes très particulières ; nous en verrons de nombreux exemples au cours de l'étude des pièces buccales par ordre.

### **1-5-4 Labium**

Il est formé de l'accolement de deux appendices homologues tout à fait semblables à des maxilles ; il correspond donc certainement aux deuxièmes maxilles des Crustacés. Suivant les auteurs, on peut le diviser en deux ou trois parties : Snodgrass, par exemple, le divise en prelabium composé des lobes terminaux et des stipes palpifères et en postlabium composé des cardo accolés ; la suture qui les sépare est appelée suture labiale. Beaucoup

cependant divise le labium en prementum (lobes), mentum (stipes) et postmentum (cardo), mais ces termes ne sont pas toujours bien définis dans l'esprit des auteurs et il faut les utiliser avec précautions. Le labium se termine donc par quatre lobes analogues à deux paires de laciniae et de galeae. Les deux laciniae sont appelées gloses (1) et les galeae, qui les flanquent, paraglosses. Ces lobes peuvent varier beaucoup dans leur taille et leur aspect, comme nous le verrons dans la revue des ordres. Les palpes sont, en général, triarticulés et plus courts que les palpes maxillaires.

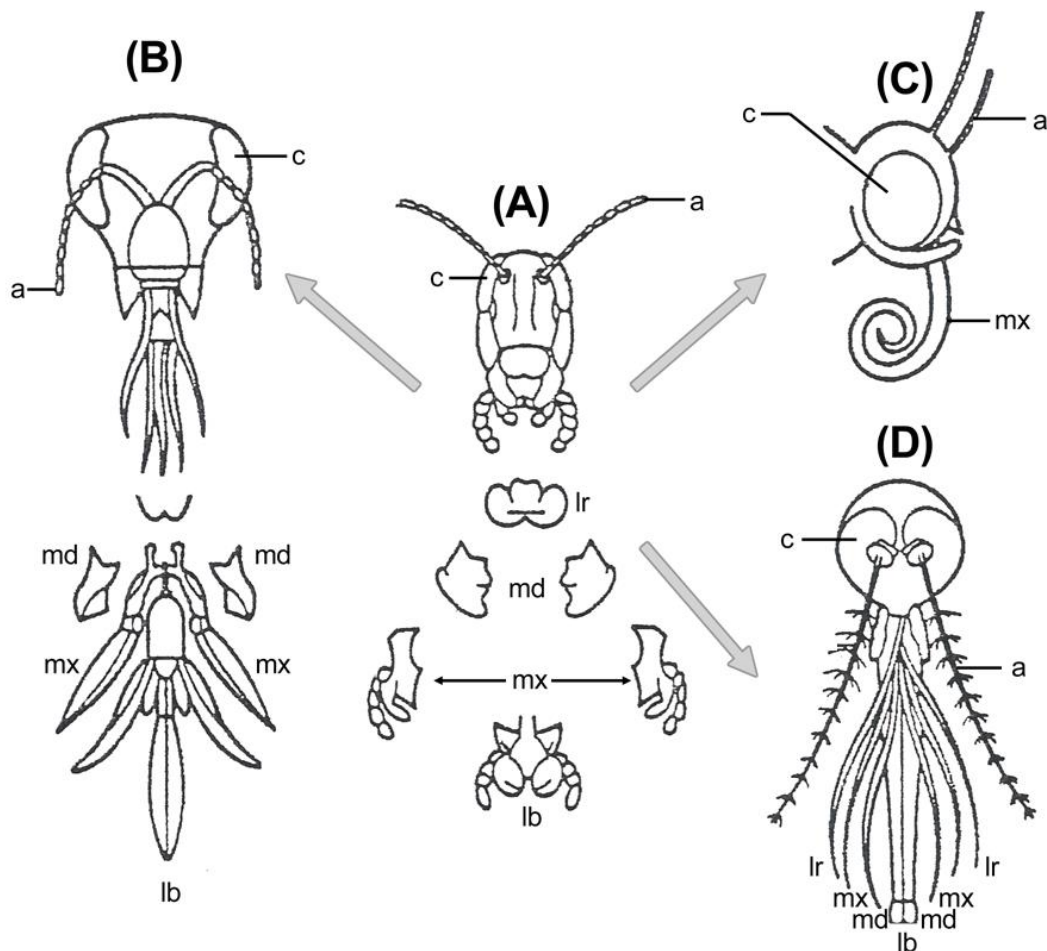


**Figure 11.** Structure des pièces buccale (site 3)

### 1-5-5 Différents types de pièces chez les insectes

- Type broyeur : caractérisé par des mandibules développées, ce type est rencontré chez les orthoptères et les coléoptères
- Type broyeur-lécheur : mandibule plus ou moins développée et labium transformé en langue, ce type est rencontré chez les Hyménoptères.
- Type piqueur-suceur : pièces buccales allongées en rostre, type rencontré chez les Héminoptères et les Diptères inférieures (moustiques).

- Type suceur-labial (suceur-lécheur) : labium transformé en « trompe » suceur, type rencontré chez les Diptères supérieures.
- Type suceur maxillaire (suceur-lécheur) : maxilles transformées en trompe spiralée suçeuse, type rencontré chez les Lépidoptères.



**Figure 12.** Types de régime alimentaire des Insectes (site 9).

## 2. Le Thorax (Figure 13)

### 2.1. Les subdivisions

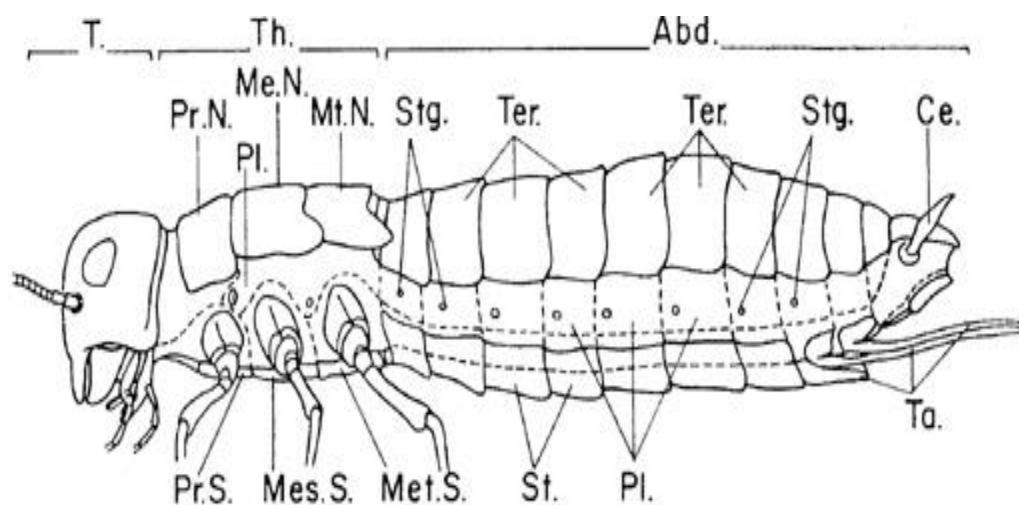
Le thorax est situé entre la tête et l'abdomen. Chez tous les insectes, le thorax comporte 3 métamères pourtant chacun une paire de patte. Les segments sont :

- Le prothorax
- Le mésothorax et
- Le métathorax.

Chaque segment thoracique est délimité par un sclérite dorsal ou Tergites

- ❖ Un sclérite ventrale ou sternite
- ❖ Deux sclérites latéraux ou pleuraux.

L'épisternite antérieure et l'épisternite postérieure. Le méso et le métathorax porte chacun une paire d'ailes entre le tergite et les sclérites pleuraux



**Figure 13.** Structure du thorax et de l'abdomen (site 1)

L'ensemble des tergites du thorax forme le notum, divisé en **pronotum**, **mésnotum** et **métanotum**. Selon les ordres d'insectes, le pronotum peut prendre la forme d'un large bouclier protégeant le thorax, (on l'appelle alors le **corselet**) ou, au contraire, régresser et tendre à disparaître. Le thorax porte les organes sensoriels ; ailes et pattes

## 2-2 Structure des ailes

Les ailes sont formées d'une fine membrane constituée de deux couches de cuticule accolées et tendues entre les épaissements que constituent les nervures alaires. Ces nervures renferment un canal sanguin et une trachée qui permettent de gonfler et d'étendre les ailes lors de la mue imaginale. Les ailes sont souvent transparentes et semblent glabres à l'œil nu, mais portent en réalité des soies microscopiques. Chez les Trichoptères, les ailes sont couvertes de longs poils abondants, et chez les Lépidoptères, elles sont recouvertes d'écailles colorées disposées comme les tuiles du toit d'une maison (**AGASSIZ, 1903**).

### 2-2-1 Types d'ailes

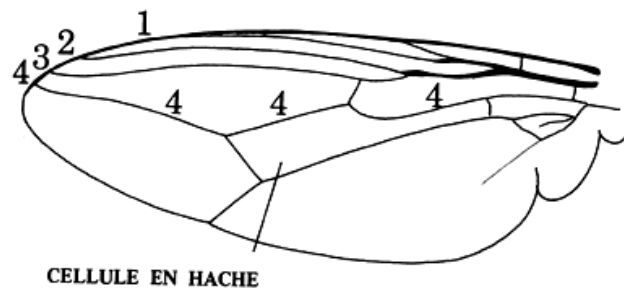
- Les ailes membraneuses : Elles sont généralement métathoraciques, sauf chez les Hyménoptères dont les deux paires d'ailes sont membraneuses.
- Les ailes écailleuses : Elles sont couvertes de sortes d'écailles qui leur confèrent des colorations très variées. Elles caractérisent les Lépidoptères.
- Les élytres : Ils sont méta thoraciques, dures, fortes et protègent les ailes postérieures souvent membraneuses. Elles se rencontrent chez les Coléoptères. Chez les Orthoptères, elles sont moins dures et sont appelées **Pseudoélytres**.
- Les héli- élytres : Ils présentent par une moitié basale sclérotique et l'autre moitié distale membraneuse. Ils caractérisent les Hémiptères

### 2-2-2 Nervures et cellules alaires

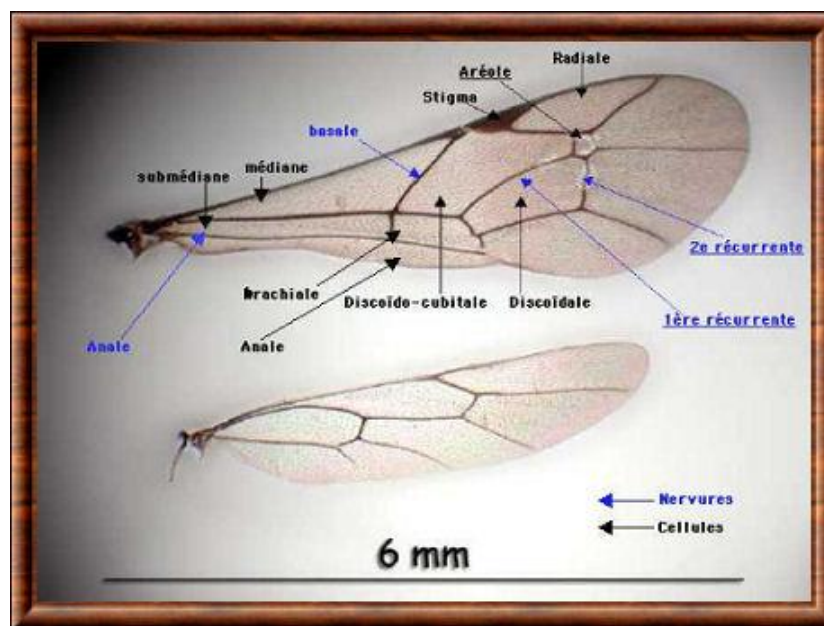
Les principales nervures longitudinales des ailes d'insectes sont, du bord antérieur de l'aile vers l'arrière :

- La nervure **costale** ;
- La nervure **sous-costale**, primitivement fourchue vers l'apex ;
- La nervure **radiale**, qui se divise en deux branches :
- La nervure radiale proprement dite (R1), qui atteint le bord de l'aile, et le **secteur de la radiale**, qui se divise en quatre nervures (R2 à R5) ;
- La nervure **médiane**, divisée en branches dont il ne subsiste plus, chez la plupart des insectes, que la branche postérieure ;
- La nervure **cubitale**, également divisée ;

- Les nervures **anales**, dont la première est souvent appelée **post-cubitale** car elle est associée à la nervure cubitale. Entre les nervures longitudinales, des nervures transversales délimitent un certain nombre de **cellules alaires** de différentes formes exemple chez la glossine elle est en forme de Hache (Figure 14)



**Figure 14.** Cellule alaire de la glossine (site 10)



**Figure 15.** Anatomie d'une aile (site 10).

Les ailes antérieures sont attachées au mésothorax ; elles peuvent être membraneuses ou sont encroûtées et coriace, on les nomme **élytres**. Elles forment des étuis qui recouvrent presque toute la masse postérieure du corps et sous lesquels les ailes de la seconde paire s'abritent en se repliant plus ou moins.

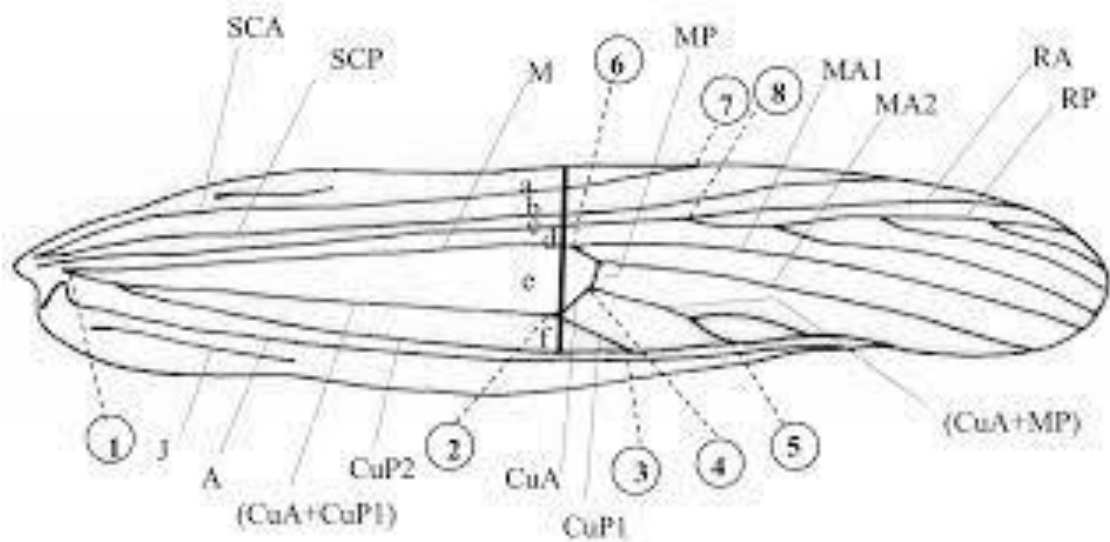
Les ailes des insectes peuvent être recouvertes de poils ou d'écaillés. Il s'agit du caractère qui définit l'ordre des lépidoptères, chez qui les ailes sont recouvertes d'écaillés colorées, ce sont des soies aplaties.

### 2-2-3 Aires et champs alaires

Aires principales des ailes antérieures et postérieures chez les insectes à ailes flexibles. Ces régions sont souvent séparées par des lignes de pliures (*Plica vannalis* et *plica jugalis*) permettant de distinguer la région axillaire ou champ axillaire (base des ailes) de la région rémigiale ou la région vannale (ou anale) et la région jugale. Il existe différentes nomenclatures alaires, mais cette méthode permet de distinguer les insectes Néoptères des Paléoptères en fonction respectivement de la présence ou pas du champ jugal (ou *Neala*)

Un autre mode de découpage consistant à distinguer les aires ou les champs entre les nervures où on distingue alors les **aires précostales** (ou champ médiastin), **costales** (ou champ scapulaire), **radiales**, **médiane** (ou champ discoïdal), **cubitales** (ou inter-ulnaire), **post-cubitales** (ou inter-ulnaire postérieur) et **anales** (ou champ axillaire). Cette méthode est plutôt utilisée pour les insectes Paléoptères (Odonates et Ephéméroptères).

Une possibilité de distinction des zones alaires consistant à effectuer un découpage en partant de la base de l'aile près du thorax et en remontant vers la frange, l'extrémité de l'aile. On parle alors plutôt d'aires. On y distingue **l'aire basale**, **l'aire discale (ou discoïdale)**, **l'aire postdiscale**, **l'aire submarginale**, **la marge puis la frange à l'apex de l'aile**. Cette méthode est plutôt utilisée à propos des ailes de Lépidoptères.



**Figure 16.** Repères des landmarks et des largeurs de champs sur un élytre de criquet mâle (site 21)

ASC = nervure sous-costale; R = nervure radiale; M = nervure médiane; Cu = nervure cubitale; A = nervure anale; J = nervure jugale; A = antérieure; P = postérieure; a = champ costal; b = champ souscostal antérieur; c = champ sous-costal postérieur; d = champ radial; e = champ médian; f = champ cubital antérieur. Le trait épais indique l'emplacement des mesures de largeurs relatives, entre le bord antérieur et CuP2.

## 2-3 Structure des pattes

La patte est composée d'un certain nombre de segments. On y distingue normalement, **la hanche, le trochanter, le fémur, le tibia et le tarse dont le nombre d'articles est variable** (figure 16). Les différents segments sont reliés par des membranes, souvent il n'y a pas de dispositif d'articulation entre segments, parfois il y en a un (en position supérieure), parfois deux (qui sont alors en position avant et arrière, sauf en ce qui concerne l'articulation trochanter-fémur).

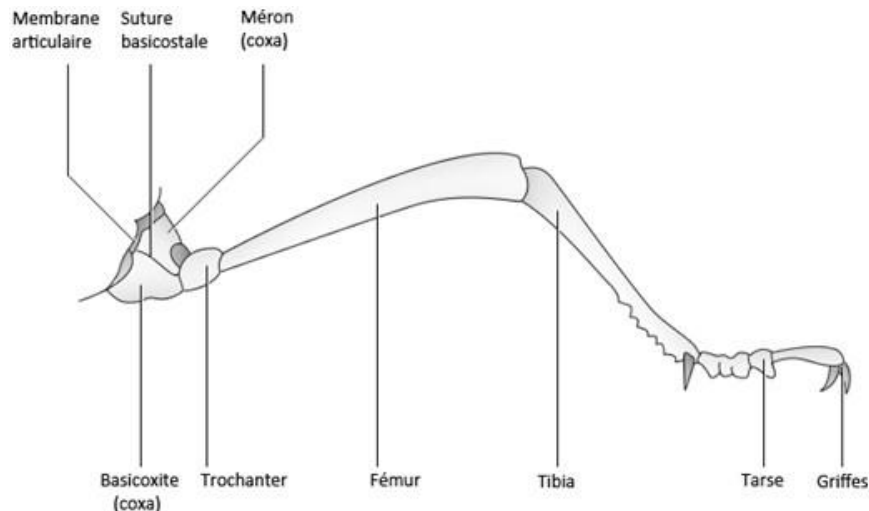


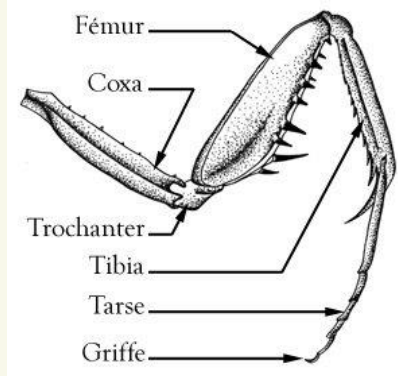
Figure 17. Structure d'une patte (site 11)

### 2.3.1. Différents types de Patte

Pour une espèce d'insecte donné, la forme des trois paires de pattes est généralement différente car les fonctions des trois paires sont-elles même différentes. Ainsi, dans le cas des Mantes religieuse, la première paire de pattes est ravisseuse. Les deux autres paires sont quant à elles locomotrices ; elles permettent à l'animal de se maintenir à l'affût sur une branche. La première paire par contre à un fémur recouvert de pics (constitués de cuticule) qui permettent un bon maintien de la proie. Le fémur, toujours, est fort développé afin de contenir une musculature puissante qui permet à la pince de rester fermée même si la proie se débat.

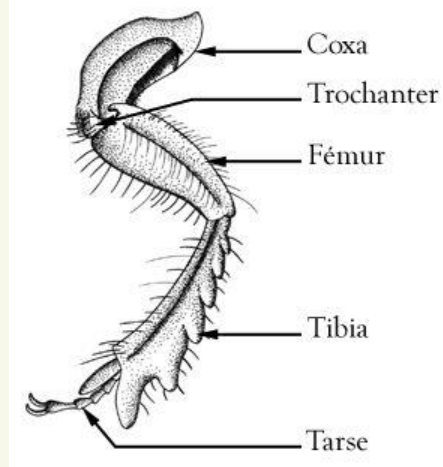
#### ➤ Patte ravisseuse

L'hypertrophie des tarses et leur disposition dans le prolongement du tibia permet d'augmenter la surface collectrice quand la pince est ouverte et donc d'augmenter les chances de capture. Exemple La mante (fig. 18).



**Figure 18.** Patte ravisseuse de mante (*Iris oratoria*) : 1ère paire (site 3)

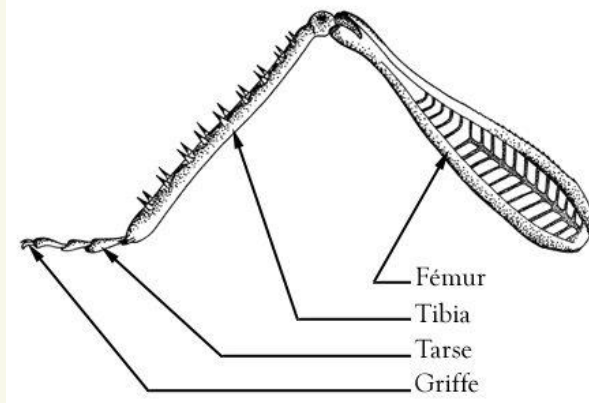
- **Patte fouisseuse** C'est surtout au niveau du tibia que le phénomène est facilement observable. Des excroissances aux formes arrondies permettent à l'insecte de pousser facilement les excréments et ainsi, de se frayer un chemin. Au niveau de la hanche (aussi appelé coxa), on note une grande bande de soies. Celle-ci vient frotter sur le fémur quand l'insecte le replie sur le coxa. Comme un balai qui vient broser, ces poils permettent de nettoyer (dans une certaine mesure) le fémur qui est difficilement accessible (fig. 19).



**Figure 19.** Patte fouisseuse de Bousier (*Anoplotrupes stercorosus*) : 1ère paire (site 3)

- **Patte sauteuse**

Les pattes chez les criquets (fig. 20) ont une triple fonction : déplacement, protection et stridulation. Le fémur, développé à l'extrême contient une musculature particulièrement efficace qui permet à l'insecte de réaliser des sauts impressionnants en rapport avec sa taille.



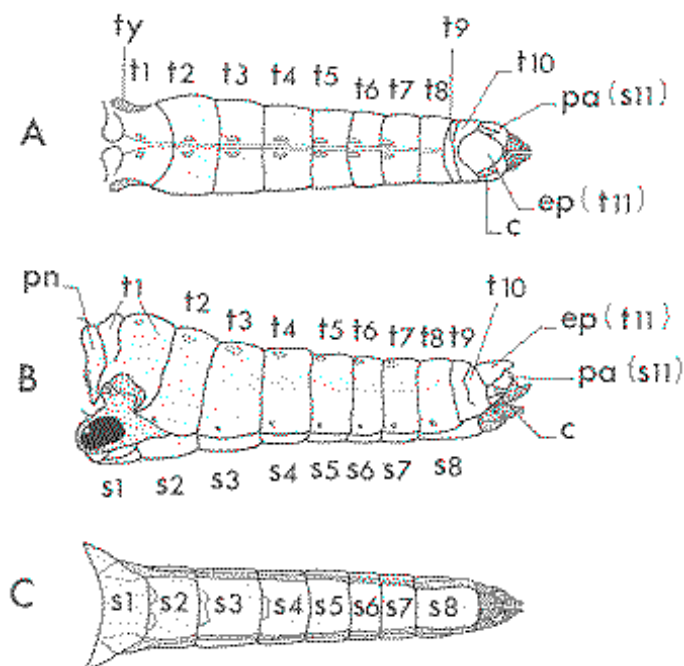
**Figure 20.** Patte sauteuse de Criquet (*Locusta migratoria*) : 3ème paire (site 3)

### 3- Structure de l'abdomen (Fig. 21)

L'abdomen est composé de 5 à 11 segments ; souvent bien visibles. Il contient les viscères, le cœur et les organes de reproduction, et il porte également des stigmates. Il peut être prolongé par des appendices. Dans l'aspect d'ensemble, il y a cependant des différences suivant les ordres, l'essentiel de l'évolution étant une réduction et un télescopage des derniers anneaux, c'est-à-dire une tendance à leur réduction en nombre. Il y en a normalement dix ou onze (embryologiquement 12), neuf dans les ordres les plus évolués et parfois cinq ou six seulement sont apparent

Chez le criquet l'abdomen est composé de onze segments. Les dix premiers sont divisés dorsalement en dix tergites, ventralement en neuf sternites chez les mâles et huit sternites chez les femelles. Les segments sont reliés entre eux par des membranes très extensibles permettant les mouvements respiratoires, la distension de l'abdomen lors de la maturation et son allongement pendant la copulation chez les mâles, la ponte chez les femelles.

Les segments abdominaux des insectes sont typiquement des segments secondaires tels qu'ils ont été définis dans les ((généralités sur la segmenta aussi en dirons-nous peu de choses.



**Figure 21.** Anatomie externe de l'abdomen de la femelle du criquet *Lacusta migratoria* (site 12).

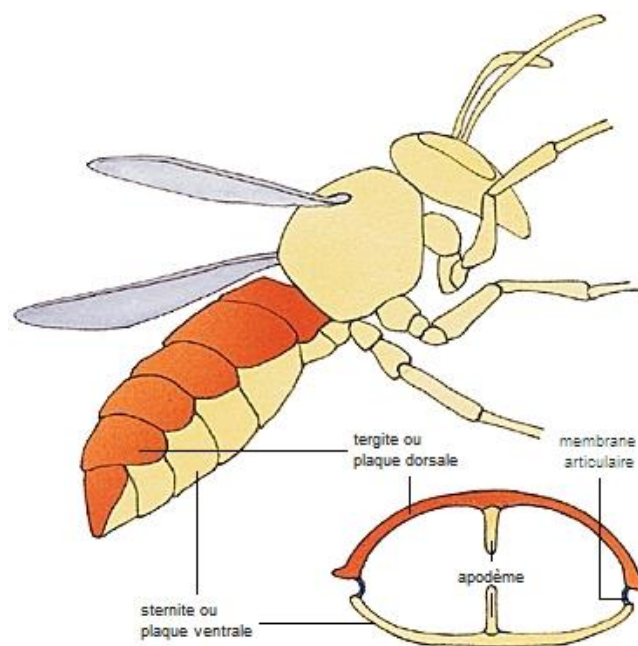
**3-1- Les tergites** représentent les plaques cuticulaires dorsales de l'abdomen (fig. 22)

### 3-2- Les Pleurites

Sclérite latéral chitineux d'un segment du corps des Arthropodes, et plus spécialement d'un des segments abdominaux chez les Insectes. Les deux pleurites latéraux sont situés entre sternite ventral et tergite dorsal. Sur un segment du thorax des Insectes, on trouve un sclérite dorsal qu'est le notum, deux sclérites latéraux que sont les pleures et un sclérite ventral qu'est le sternite. Le terme de pleurite a été plus spécialement utilisé par Tillyard pour parler de la partie latérale de l'abdomen (fig. 22)

### 3-3- Les Sternite

La région ventrale qu'est le sternum est composée de sclérites appelés sternites (fig. 22).

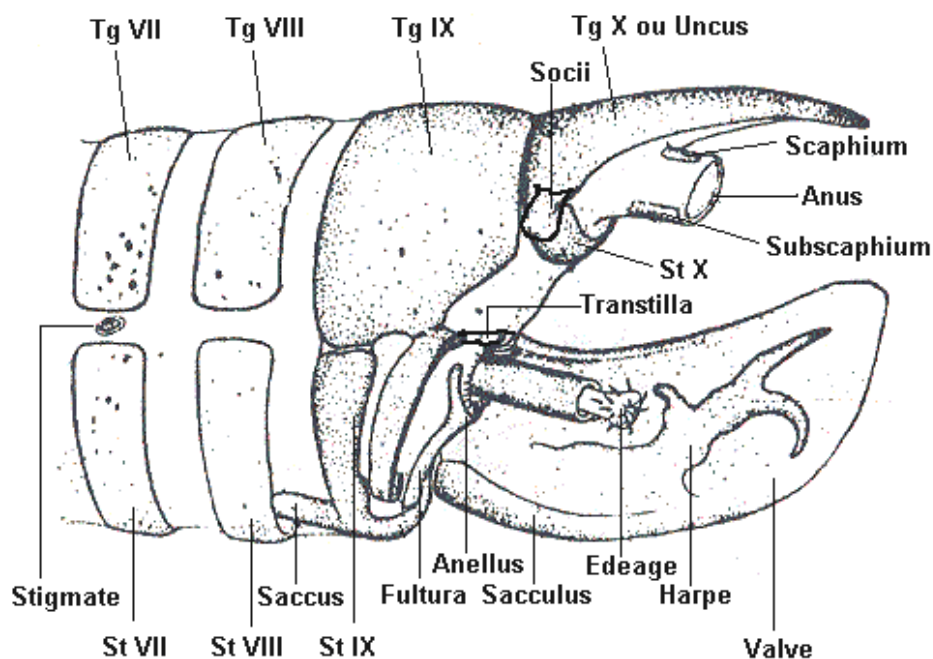


**Figure 22.** Sclérites abdominaux d'un insecte (Site 13)

### 3-4- L'aire pygidiale

Les *genitalia* Chez les mâles, c'est toujours le 9ème segment qui porte les organes copulateurs (sauf chez les Collemboles où le gonopore se situe entre les 5 et 6ème) ; chez les femelles, la position de l'ouverture génitale est plus variable, parfois elle se trouve en arrière du 7ème, mais le plus souvent sur le 9ème ; les 8ème et 9ème segments interviennent alors dans la formation des organes de ponte. En ce qui concerne les segments postérieurs :

- Le 10ème. Il absorbe souvent le 11ème. Il peut porter une paire d'appendices tels que les socii des Lépidoptères (fig. 23) ou des Trichoptères adultes, les cerques des Tenthredès adultes, etc., tous ces processus ne pouvant absolument pas être assimilés à des appendices ;
- le 11ème. Il forme un anneau normal chez les Protozoaires et les embryons des insectes peu évolués. Il est atrophié chez la plupart des Holométaboles, quand il existe encore, il fusionne avec le 10ème. Il porte, quand il existe, l'épiprocte et les paraproctes, les cerques sont implantés plutôt au contact du 10ème ; lorsque ce 11ème segment disparaît, tous ces éléments se reportent sur le 10.



**Figure 23.** Schéma de l'armure génitale mâle de lépidoptère en place (site 14)

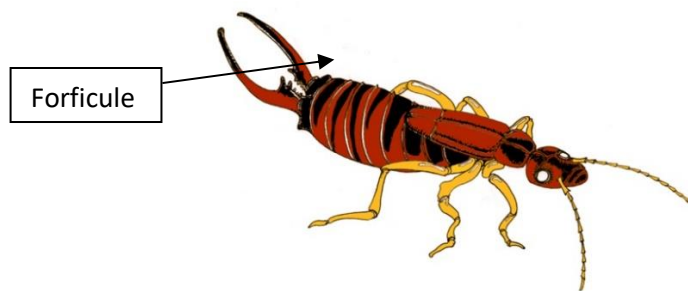
### 3-4-1 les cerques

Ce sont des harpagones sont des organes pairs, mobiles, portés par le 9ème segment. Ils peuvent être adjoints d'autres lobes, non mobiles cette fois, issus du *tergum* ou du *sternum* (organes phalliques, phallomères, etc.)

- presque toujours il y a un pénis. Il est, en général, placé dans la membrane articulaire, en arrière du segment IX.

### 3-4-2 Les forficules (*Forficula auricularia* Linnaeus, 1758),

Perce-oreille (pluriel perce-oreilles), est un insecte dermaptère polyphage de la famille des Forficulidae (fig. 23).



**Figure 23.** Anatomie externe d'un forficule (site 15).

### 3-4-3 Le panorpe

L'abdomen des mâles appartenant au genre *Panorpa* est recourbé vers le haut, se termine par un bulbe génital formant une pince (gonostyles) et portant des pièces copulatrices (paramères).

Ce genre d'insectes appartient à l'ordre des Mécoptères, regroupant une partie des panorpes appelées aussi mouches scorpions.

### 3-4-4 Oviscapte

L'oviscapte ou ovipositeur est l'appendice abdominal, généralement long et effilé, à l'aide duquel de nombreuses femelles d'insectes à l'aide duquel de nombreuses femelles d'insectes déposent leurs œufs dans les endroits les plus favorables à leur développement. Ils existent plusieurs types d'oviscapte. Généralement, cet organe de ponte est en forme de Sabre (ou de poignard recourbé) comme chez certaines sauterelles.

### 3-4-5 Les cornicules : sont une paire d'appendices présents chez la majorité des pucerons

La longueur, la couleur et la forme des cornicules sont extrêmement variables (fig. 24).

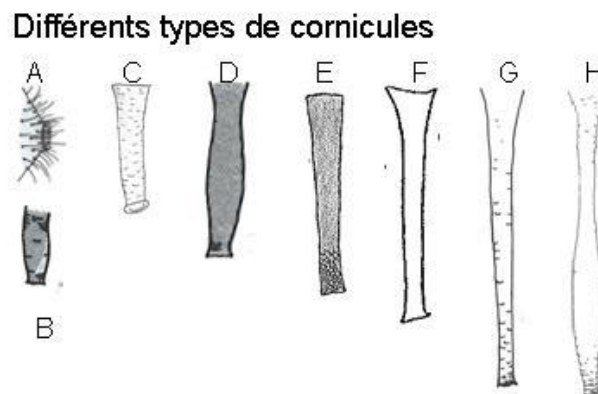


Figure 24. Types de cornicules chez les pucerons (site 16)

### 3-4-6 Les Cerques

Un appendice, généralement en nombre pair, situé à l'extrémité de l'abdomen et servant de palpeur. Chez certains insectes, un cerque désigne ainsi chacun des deux longs appendices sensoriels portés par le 10<sup>e</sup> segment abdominal. Les cerques (ou forceps) sont les piliers abdominaux appariés du dernier segment abdominal chez les Insectes.

### 3-4-7 Les furcula

Chez un petit insecte collemboles qui sont des insectes sans ailes, avec antennes courtes. Corps allongé ou ovoïde, mesurant moins de 6 mm ; abdomen à six segments, possède un appendice bifide (la furcula) sur le cinquième segment abdominal. Habituellement la furcula est replié vers l'avant sous l'abdomen et l'insecte saute en la déployant vers le bas et l'arrière.

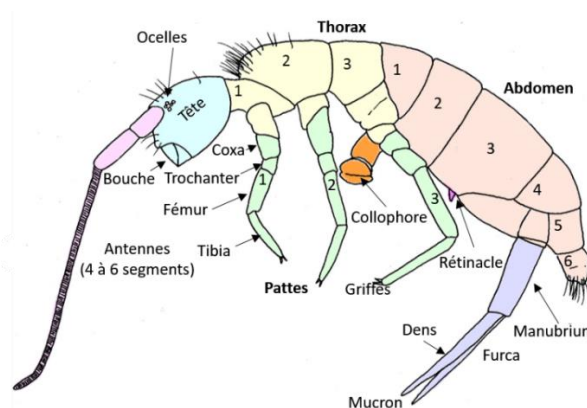


Figure 25. Anatomie d'un collembole (site 17)

### 3-4-8 L'aiguillon

Chez les fourmis, l'aiguillon est un organe pointu d'attaque ou de défense, parfois connecté à une glande venimeuse, qui va provoquer une blessure par percement et/ou envenimation. L'aiguillon des fourmis est une modification de l'organe de ponte.



Figure 26. Structure de l'aiguillon (Site 18)

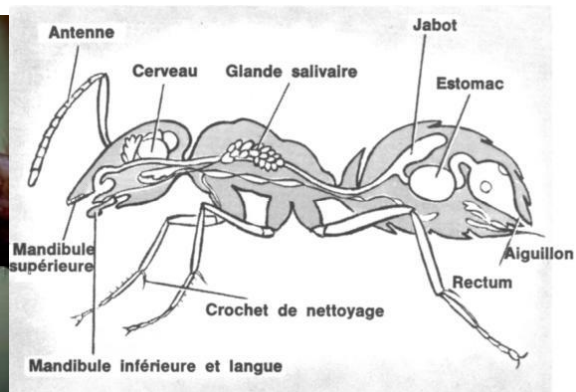


Figure 27. Anatomie de l'abeille (site 19).

## 4- Le tégument

Le **tégument** est le revêtement externe du corps. Il est généralement très dur et agencé en segments articulés les uns aux autres. Il comprend une couche de cellules hypodermiques et des produits de sécrétions formant la **cuticule**.

### 4-1 L'épiderme et les formations associées

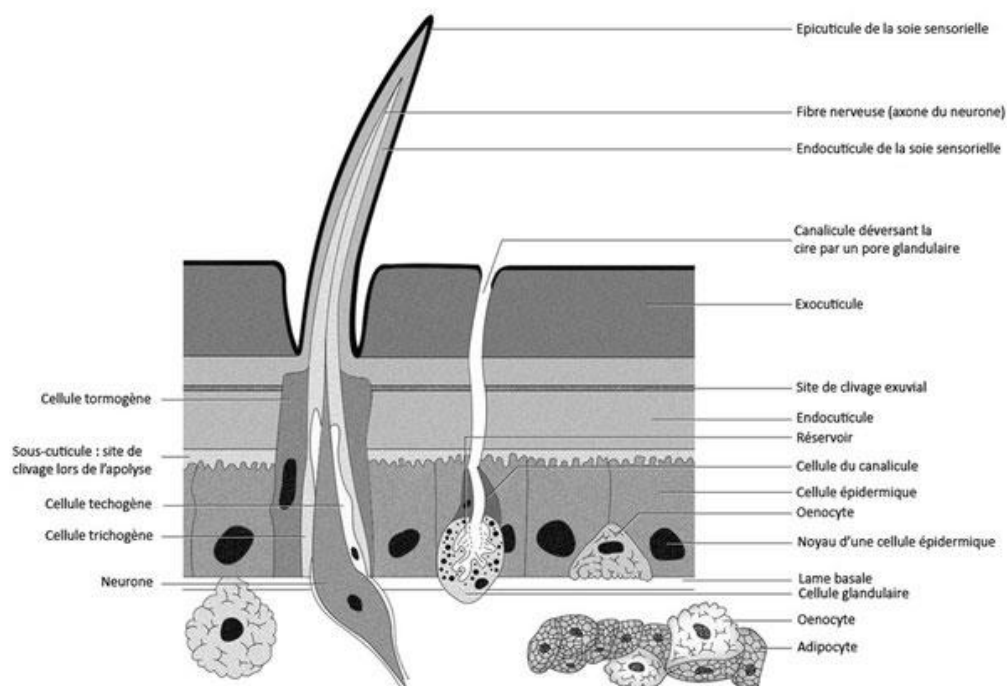
L'épiderme est un épithélium uni stratifié, forme une couche continue sous la cuticule. Le premier type sont des cellules banales qui participent à la sécrétion du revêtement squelettique, d'autres cellules sont spécialisées pour réaliser des structures sensorielles, se sont différenciées en glandes sécrétrices particulières. Les Oenocytes sont des cellules d'origine ectodermique qui se sont différenciées pendant le développement embryonnaire ; les Oenocytes peuvent rester en étroite association avec l'épiderme, se trouvant entre les cellules épidermiques et la membrane basale. Mais souvent ils se séparent de l'épiderme : chez les Lépidoptères, certains coléoptères et diptères, ils forment des amas au voisinage des stigmates, chez d'autres insectes, ils sont englobés dans le corps gras.

## 4-2 La cuticule

La cuticule a une épaisseur et des propriétés physiques et mécaniques qui varient selon les parties du corps et les espèces d'insectes considérées. Mais on y reconnaît des caractéristiques fondamentales. La cuticule est une structure acellulaire sécrétée par un épithélium formé de cellules épidermiques reposant sur une membrane basale. De plus, la cuticule est composée de plusieurs couches (fig. 28).

Chez les insectes, la cuticule est constituée de chitine et protéines associées (le tout étant minéralisé au carbonate ou phosphate de calcium pour les "Crustacés" et Myriapodes diplopes) et composée de plusieurs couches, dont 3 principales (épicuticule, exocuticule et endocuticule). Le revêtement cuticulaire intervient de façon déterminante sur de nombreux aspects de la physiologie et de la vie des Insectes.

- ☐ Ses propriétés chimiques et physiques en font une barrière efficace entre le milieu extérieur et l'organisme et donc une protection contre les pertes d'eau, la pénétration de substances, les attaques d'éléments pathogènes, etc.
- ☐ Ses propriétés mécaniques lui font assurer le rôle d'exosquelette dont la présence permet la réalisation de mouvements précis, d'une locomotion rapide et induit une croissance par mues (exuviations).



**Figure 28.** Dessin de la cuticule et des cellules associées à l'épiderme (Beaumont & Cassier, 2000)

La cuticule a une épaisseur et des propriétés physiques et mécaniques qui varient selon les parties du corps et les espèces d'insectes considérées. Mais on y reconnaît des caractéristiques fondamentales.

#### **4-2-1 L'épicuticule**

La partie la plus externe s'appelle le ciment, c'est comme un vernis, cassant et très fin. Une couche de cire avec des polyphénols présents suivant les cycles. Ils diffusent à travers l'épicuticule et tannent les couches les plus superficielles. L'incorporation de polyphénols dans la cuticule augmente sa rigidité, réduit sa teneur en H<sub>2</sub>O, rend sa couleur plus foncée, et augmente sa résistance à la dégradation enzymatique. Elle est de 200 à 500 nm d'épaisseur est formée de lipoprotéines, de composés aromatiques et de stérols, l'épicuticule est secrétée après l'apolyse. Elle est d'une grande importance ; elle détermine la forme du corps. Les deux couches de l'épicuticule forment une assise imperméable qui limite les pertes d'eau par évaporation.

#### **4-2-2 La procuticule**

Elle contient de la chitine, composé caractéristique des Arthropodes et abondant chez les insectes. Généralement formée de deux sous couches.

##### **4-2-2-1 L'exocuticule**

Couche externe, dure stratifiée qui varie selon les groupes d'arthropodes, du 1/12 au 1/2 de l'épaisseur totale de la cuticule. Elle est rigide grâce à la présence de protéines tannées, les scléroprotéines dont les radicaux NH<sub>2</sub> libres sont tannés par quinones issus de la Tyrosine. Elle est mince, voire absente dans les régions articulaires et au niveau des lignes exuviales de manière à permettre les mouvements ou la sortie de l'insecte. Par contre elle est développée en particulier chez les insectes à tégument dur notamment les Coléoptères. Elle prend sa teinte rouge caractéristique ou conserve le plus souvent sa couleur naturelle, brune.

##### **4-2-2-2 l'endocuticule**

Couche interne, ne contient pas de protéines tannées. Elle est plus épaisse que l'épicuticule (10 à 20 μ), élastique, incolore, très riche en chitine (50%) et en protéines diverses dont l'arthropodine et la résiline. Elle est feuilletée d'une manière régulière et striée

verticalement par de fins canaux qui joignent les cellules épidermiques à l'épicuticule où ils s'ouvrent par des pores.

### 4-2-3 La mésocuticule

Chez certains insectes comme les blattes il existe une région intermédiaire riche en tyrosine et d'une teinte rouge. Ses propriétés sont comprises entre celles de l'endocuticule et l'exocuticule. Après la cuticule, on distingue divers éléments dans le tégument des insectes : La sous-cuticule qui sépare l'apex des cellules épidermiques de l'endocuticule. C'est un espace rempli par des mucopolysaccharides acides qui par leurs propriétés physiques et chimiques participent à l'équilibre hydrique.

- Les cellules épidermiques elles-mêmes - Les canalicules cuticulaires, qui traversent intégralement ou en partie la cuticule et permettent notamment d'excréter les substances produites par les glandes dermiques. On distingue :

- des canalicules exuviales: se terminant dans l'espace qui sépare la nouvelle cuticule de la vieille - des canalicules cirifères : traversent l'épicuticule et mettent en place les structures cireuses

- des canalicules du ciment

- des canalicules poraires: elles sont occupées par un axe cytoplasmique et partent de l'apex des cellules épidermiques pour traverser la procuticule.

- Des soies exocuticulaires reliées à des cellules sensorielles elles-mêmes implantées sur la lame basale de l'épiderme sous-cuticulaire. Ces cellules sensorielles sont aussi associées à d'autres cellules (tormogènes et trichogènes).

- Enfin, on peut mentionner la présence d'oénocytes, souvent situés entre la lame basale et les cellules épidermiques. Ces oénocytes pourraient participer à la sécrétion de cuticuline et des précurseurs de la cire. Constituants et caractéristiques chimiques de la cuticule. On sait déjà que la procuticule contient de la chitine et des protéines. La chitine est une substance souple, molle, perméable et incolore, qui représente 33 à 55 % du poids sec de la cuticule. C'est un polysaccharide azoté de poids moléculaire élevé, dont l'unité est le N-acétyl-glucosamine.

La chitine est donc une molécule linéaire, non ramifiée qui a de nombreuses propriétés en commun avec la cellulose. La chitine est associée à des protéines sous la forme de complexes glycoprotéiques plus ou moins stables. Les protéines représentent 25 à 37 % du poids sec de la cuticule. Parmi elles, l'arthropodine, en fait un mélange de protéines est celle qui est prédominante. Ces complexes glycoprotéiques, micelles allongées, donnent à la cuticule une structure fibreuse. La dureté de la cuticule est due à une sclérotinisation qui s'effectue peu après la mue. Il s'agit du tannage d'une protéine, vraisemblablement l'arthropodine elle-même, par des quinones.

Les molécules de quinone réagissent avec des groupes amine libres des molécules protéiques et réalisent des liaisons transversales entre les différentes chaînes. Cette protéine tannée nommée sclérotine est colorée et contribue avec le dépôt de mélanines à la coloration de la cuticule. La chitine peut être associée à une protéine très particulière, la résiline, dont les propriétés rappellent celle de l'élastine. Les chaînes de résiline sont liées entre elles par des résidus de dityrosine et de trityrosine de manière à réaliser, à intervalles relativement espacés, un réseau tridimensionnel. Cette molécule géante n'a de limitations ni en taille ni en forme et elle présente les mêmes caractéristiques mécaniques que le caoutchouc : la résiline peut être étirée et reprendre ensuite immédiatement sa longueur initiale dès que la tension est supprimée. En bref, plus la concentration relative en sclérotine est élevée, plus la cuticule sera rigide. Mais, plus il y aura de résiline, plus elle sera élastique. L'endocuticule sera donc d'autant plus souple qu'elle contient de la résiline et l'exocuticule d'autant plus rigide qu'elle contient de la sclérotine, qui lui est caractéristique d'ailleurs. Ainsi, si l'exocuticule atteint une grande épaisseur au niveau des sclérites et assure la dureté des mandibules broyeuses, elle est soit absente, soit divisée au niveau des membranes articulaires afin de permettre la souplesse des articulations et donc le mouvement de l'insecte. Dans les régions élastiques (c'est à dire majoritairement dans l'endocuticule) la résiline devient la protéine prédominante, formant des couches continues, séparées par de fines lamelles de chitine ; au niveau des membranes articulaires de l'aile, la résiline peut même se trouver à l'état pur.

## **Chapitre IV. Anatomie interne**

### **1- Appareil digestif**

#### **1-1 Régimes alimentaires**

La diversité des habitudes alimentaires de la digestion chez les insectes rend difficile une généralisation à l'ensemble des insectes des faits établis sur les mécanismes de la digestion chez un nombre relativement faible d'espèces. Il faut tenir compte en plus que de nombreux insectes changent le régime alimentaire à la métamorphose

##### **1-1-1 Les phytophages**

La phytophagie représente le type alimentaire fondamental pour l'immense majorité des Orthoptères, Homoptères, Lépidoptères. Elle est fréquente chez les Coléoptères, les Hyménoptères et les Diptères sont associés aux plantes. Seules quelques espèces sont très polyphages, la plupart des insectes effectuent un choix plus au moins rigoureux, étant soit des oligophages, soit des monophages stricts. Toutes les parties de la plante peuvent être consommées mais généralement par des différents insectes, l'insecte se spécialisant également pour le niveau de la plante dont il se nourrit.

- Les défoliateurs (chenille de Lépidoptères, larves de Symphytes) se nourrissent de feuilles, de nombreux Hémiptères se nourrissent au dépens de feuilles ou des tiges en perçant et en aspirant le suc cellulaire et la sève.
- Les insectes qui forent les racines vont d'une plante à l'autre par des voyages souterrains. Les insectes se nourrissant des pétales sont rares mais de nombreux insectes ailés visitent les fleurs pour le pollen et le nectar (assurant la pollinisation des plantes)
- Les larves de Coléoptères (Bruchidae, Curculionidae), de Lépidoptères consomment les graines qui contiennent les éléments essentiels à la croissance de la plante.

### **1-1-2 Les Saprophages**

Se nourrissent de substances animales ou végétales en décomposition, les saprophages jouent un rôle important : ils facilitent la décomposition des substances organiques. Les saprophages des végétaux en décomposition sont principalement des larves de Coléoptères et des larves de Diptères, les Nécrophores s'attaquent aux cadavres comme la Mouche du genre *Calliphora*, *Lucilia*.

### **1-1-3 Les prédateurs**

Les proies sont le plus souvent d'autres insectes, soit Phytophages, soit saprophages ; les odonates les Mantidae sont très polyphages, la proie étant choisie essentiellement en fonction de sa taille. Les prédateurs appartenant à des ordres plus spécialisés s'attaquent le plus souvent à une seule espèce bien précise

- Les larves et imagos des Coccinellidae : sont des prédateurs utiles, d'Aphidoidea, Coccoidea : *Rodolia cardinalis* a été introduit aux U.S.A pour limiter les populations d'Icerya
- Chez les Hyménoptères : les imagos vivent généralement en butinant les fleurs, la majeure partie des larves sont carnivores, et se nourrissent des proies procurées par leur mère
- Les larves de Diptères sont mal armées pour le prédatisme, mais à l'état imaginal les Asilidae sont des prédateurs remarquables et capturent des insectes bien plus grands qu'eux.

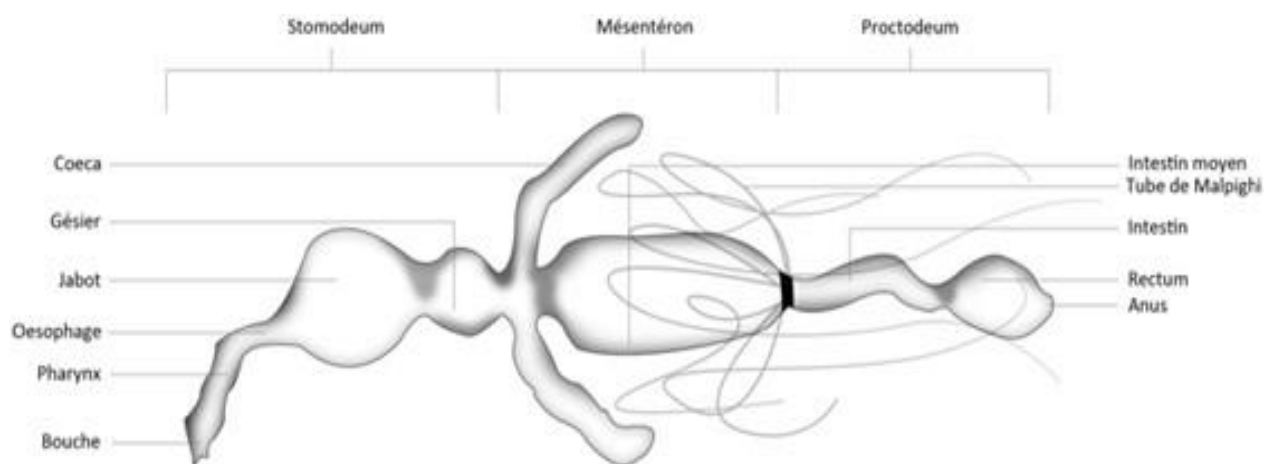
Les insectes prédateurs ont donc un grand rôle dans les régulations des populations de phytophage

### **1-1-4 Les parasites**

La plupart des insectes parasites sont des ectoparasites et essentiellement des hématophages. Ils peuvent être des vecteurs de maladies infectieuses et parasitaires pour l'homme (Paludisme, Trypanosomiase) ou pour les animaux domestiques parmi ces hématophages ; les moustiques et les puces ne sont ectoparasite qu'à l'état imaginal, les poux et les punaises sont dépendent de leur hôte pendant toute leur vie.

- Les insectes endoparasites des vertébrés sont peu nombreux ; ce sont essentiellement des Diptères, hautement spécialisés : Gasterophilidae, Oestridae
- Les insectes entomophages sont très nombreux. Ils mènent une vie parasitaire seulement à l'état larvaire sur ou dans l'insecte hôte, l'imago est libre. La larve commence généralement à se nourrir aux dépens du sang et des organes non vitaux de son hôte, n'attaquant qu'en dernier lieu le système nerveux. Comme cela entraîne la mort de l'hôte.

## 1-2 Organisation fonctionnelle du tube digestif



**Figure 29.** Structure anatomique du tube digestif (MAISSIAT *et al.*, 2005)

Le tube digestif présenté dans la fig. 29, de la cavité orale comprend trois parties d'origine embryologique différente : Le stomodeum ou intestin intérieur, le mésentéron ou intestin moyen, le proctodeum ou intestin postérieur. Le stomodeum et le proctodeum qui sont des dérivés ectodermiques, présentent un revêtement cuticulaire. Le mésentéron peut être considéré, au moins dans certains cas, comme une formation endodermique. Chez de nombreuses espèces une membrane péritrophique est présente accroché dans sa lumière le bol alimentaire. Le tube digestif est entouré des muscles longitudinaux et circulaires

### 1-2-1 La cavité préorale et les glandes salivaires

Chez les formes les plus généralisées, qui possèdent des pièces buccales du type broyeur, la cavité préorale délimitée par le labre, les mandibules, les maxilles, et le labium,

est divisée en deux compartiments par l'hypopharynx : le cibarium au fond duquel se situe la bouche, le salivarium dans lequel aboutit le canal salivaire.

## **1-2-2 Le stomodeum**

Originellement le stomodeum a pour seule fonction d'amener les aliments jusqu'au mésentéron. L'épithélium stomodeal est généralement plat, recouvert d'une couche cuticulaire assez épaisse. Les aliments sont acheminés par les mouvements du stomodeum. Celui-ci possède une tunique musculaire importante avec des fibres circulaires externes et des fibres longitudinales internes. Chez les insectes primitifs et chez certaines larves le stomodeum un simple tube s'étendant de la bouche au mésentéron. Mais chez la plupart des insectes, il se différencie en plusieurs régions spécialisées

### **1-2-2-1 Le jabot**

La première partie du stomodeum joue le rôle du stockage des aliments, le jabot parfois une simple dilatation stomodéale ; dans un autre cas, il s'agit d'un diverticule du tube digestif, le jabot est souvent le siège de phénomène de digestion sans produire lui-même des enzymes.

### **1-2-2-2 Le proventricule**

La partie terminale du stomodeum est le proventricule, lieu de broyage des aliments solides ou il est transformé alors en gésier : la tunique musculaire est très développée, l'intima cuticulaire épaisse et sclérotinisée est munie de denticules puissants. Chez les insectes broyeur le gésier est bien développé, un tamis de soies peut retenir les particules trop grosses et ne laisser passer que les particules les plus fines vers le mésentéron. Chez les Hyménoptères Aculéates, le proventricule joue le rôle de « bouche de l'estomac », en effectuant un tri entre les grains de pollen et le nectar transformé en miel ; seul le pollen est dirigé vers le mésentéron. Le retour des aliments du mésentéron vers le stomodeum est empêché au moins dans une certaine mesure par la valvule œsophagienne cardiaque.

### **1-2-3 Le mésentéron**

Le mésentéron est la partie réellement digestive du tube digestif : il sécrète les enzymes digestifs et intervient dans les phénomènes d'absorption. La surface d'absorption

est augmentée par l'existence d'une ou plusieurs paires de caecums gastriques. La paroi intestinale forme parfois de profonds replis. Elle comprend un épithélium plus haut qu'au niveau du stomodeum une musculature moins épaisse, discontinue, avec des fibres circulaires internes et des fibres longitudinales externes. Ainsi l'épithélium intestinal est par endroit séparé de l'hémolymphe seulement par la membrane basale et une fine couche de tissu conjonctif. Selon les insectes, on

### **1-2-4 Le proctodeum**

La jonction entre le mésentéron et le proctodeum est marquée par une valvule. A ce niveau débouchent les tubes de Malpighi. Le proctodeum est souvent différencié en section antérieure, étroite et tubulaire et une section postérieure ou rectum, plus large généralement l'absorption des produits de la digestion est achevée lorsque le contenu intestinal quitte le mésentéron et l'intervention du proctodeum dans l'absorption des acides aminés et des acides gras est minime. Le proctodeum a pour rôle d'évacuer les excréments ainsi que les produits d'excrétion des tubes de Malpighi ; le rectum a une musculature plus développée.

Le moulage des fèces implique une récupération d'eau et des ions provenant soit du mésentéron, soit des tubes de Malpighi. Le proctodeum a donc son rôle dans la régulation de la pression osmotique. Les cellules responsables de cette réabsorption sont souvent groupées en papilles ou glandes rectales.

## 2- Système respiratoire

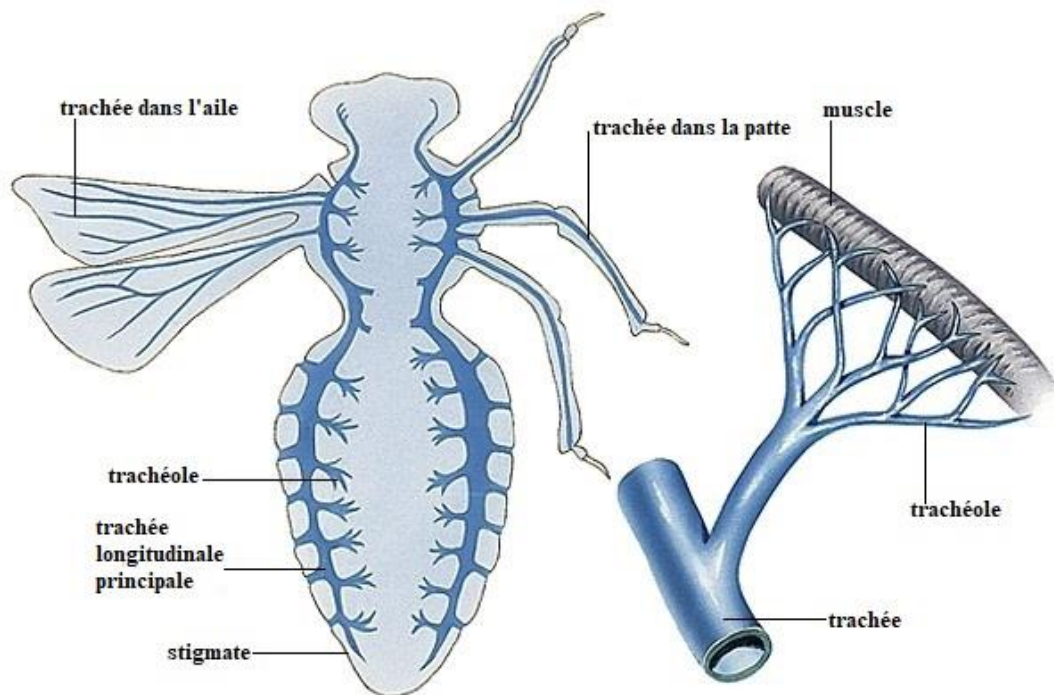


Figure 30. Système respiratoire d'un insecte (site 20)

### 2-1 Système trachée

Anatomiquement, le système respiratoire des insectes est formé de stigmates, de Trachées et de trachéoles, Sacs aériens. D'après la figure 24, la structure est.

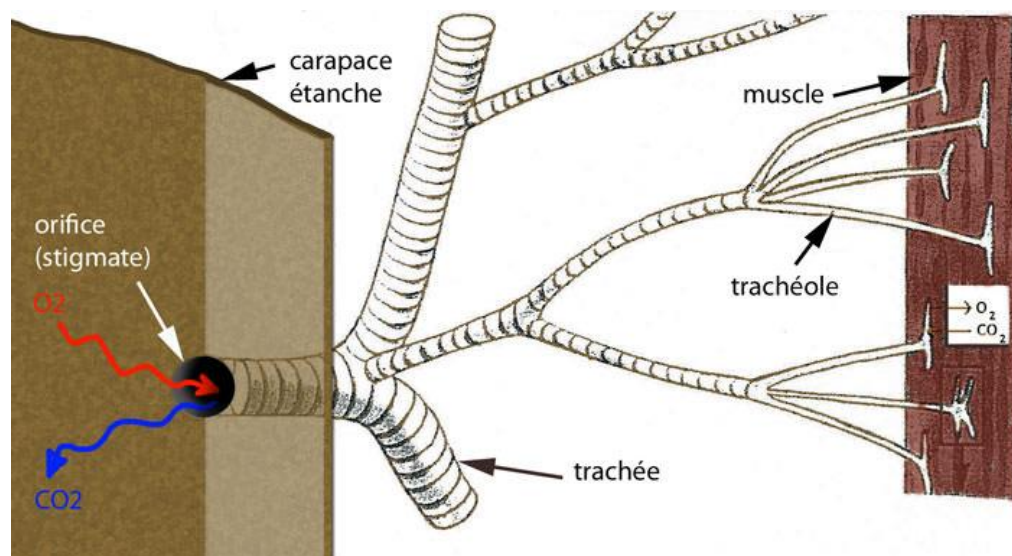
#### 2-1-1 Stigmate

Chez certains Aptérygotes, les stigmates sont de simples orifices qui mettent en relation les trachées avec l'extérieur. S'ils assurent les échanges respiratoires ils sont responsable aussi de pertes d'eau importante obligent ces insectes à vivre dans des milieux humides. Chez les autres insectes, des structures adaptatives limitent les pertes en eau tout en permettant les échanges respiratoires. La trachée stigmatique ne s'ouvre plus directement à l'extérieur mais dans un atrium. La paroi atriale est revêtue de poils qui empêchent l'entrée des poussières et de l'eau. Un appareil de fermeture permet de restreindre les pertes d'eau.

## 2-1-2 Les trachées

Les orifices débouchent, à l'intérieur du corps de l'insecte, sur une série de petits tubes de couleur blanc nacré, formant un réseau plus ou moins dense : ce sont des **trachées**.

Les trachées ont une paroi qui a la même structure que le tégument (d'origine ectodermique). Elle est rejetée et remplacée lors de chaque mue. Elle présente des épaissements ou taeniides disposés en cercles complets ou en spirale dans les trachées de diffusion. L'extrémité des trachées pénètre à l'intérieur des organes de l'animal, ce qui permet à l'air d'atteindre directement les cellules de ces organes : l'oxygénation des organes est donc directe, sans intervention de sang ni de vaisseaux sanguins ; d'ailleurs, le corps des insectes ne présente aucun vaisseau sanguin (le sang circule librement, grâce à l'activité d'un cœur dorsal allongé tubulaire, dans les organes de l'animal



**Figure 31.** Trachée et trachéole (site 21)

Les principaux troncs longitudinaux forment deux systèmes dans le thorax :

- le **système ventral** dessert la chaîne nerveuse ganglionnaire et les muscles sternaux,
- le **système dorsal** irrigue la tête, les appendices ambulatoires, les ailes et la musculature dorsale.

L'oxygène est diffusé par contact trachée-trachéole-organe. Ce système d'oxygénation est

### 2-1-3 Les trachéoles et sacs aériens

Les troncs trachéens principaux se ramifient pour donner des trachées de plus en plus étroites, qui se ramifient encore pour se terminer par des trachéoles en forme de « doigts de gant » très fins (1  $\mu\text{m}$ ) au cœur des cellules trachéolaires, qui assurent un apport direct de l'oxygène aux tissus. L'extrémité des trachéoles est remplie de liquide trachéolaire, dans lequel les gaz respiratoires se dissolvent (ce qui est nécessaire pour leur diffusion transmembranaire) et dont le niveau varie selon l'activité métabolique des cellules. Certaines espèces, en particulier les bons voiliers (Hyménoptères), possèdent des trachées élargies en « sacs aériens ». Ceux-ci peuvent être petits soit isolés comme dans les pattes, soit nombreux comme dans le muscles, les sacs aériens peuvent se dilater et se remplir d'air et s'aplatir et se vider. Leur présence permet une ventilation du système trachéen.

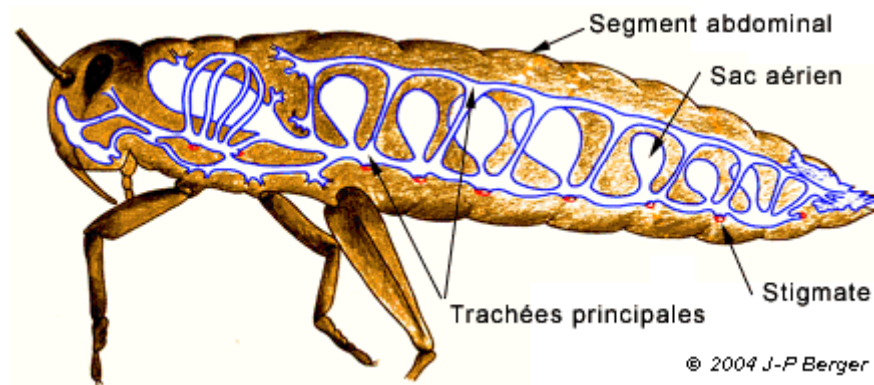


Figure 32. Sacs aériens des insectes (site 21).

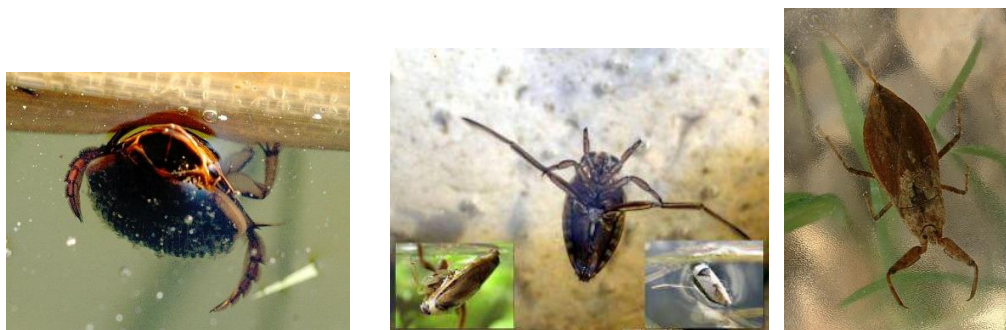
## 2-2 Insectes aquatiques

### 2-2-1 Bulles, plastrons, siphons, antennes

Les insectes utilisant l'oxygène gazeux, qu'il soit prélevé dans l'air, ou plus rarement, dans les canaux aérifères des végétaux, sont aussi bien des adultes (Coléoptères et les Hémiptères uniquement) que des larves. Pour respirer, le Dytique (Col. Dytiscidé) adulte fait affleurer l'extrémité postérieure de son abdomen à la surface de l'eau, en position oblique, ventre vers le bas. Les insectes sont essentiellement des Arthropodes terrestres à respiration aérienne trachéenne.

Certains sont devenus secondairement aquatiques (3 % des insectes) mais ils ont conservé leur système de trachées qui conduit l'oxygène de l'air jusqu'aux cellules. Les insectes respirent dans l'eau soit de l'air en nature – principalement emporté sous forme de

bulles ou aspiré par un tube (« siphon ») – soit l’oxygène dissous – au travers du tégument ou via des trachéobranchies. La respiration aquatique des insectes Le dernier segment s’allonge et fait saillie sous les élytres, venant en communication avec l’air extérieur. Des poils hydrofuges permettent la communication avec l’espace sous-élytral. L’air inspiré en surface se loge sous les élytres où il est mis en contact avec les trachées par les stigmates abdominaux situés non plus latéralement mais en face dorsale. La larve possède un siphon, percé de deux stigmates, à l’extrémité de l’abdomen. Comme chez l’adulte, la respiration se fait tête vers le bas. C’est dans une position similaire, mais ventre vers le haut, que l’air pénètre sous le corps de la Notonecte glauque (Hém. Notonectidé). Grâce aux longs poils hydrofuges de la carène médiane



Poils hydrophobes

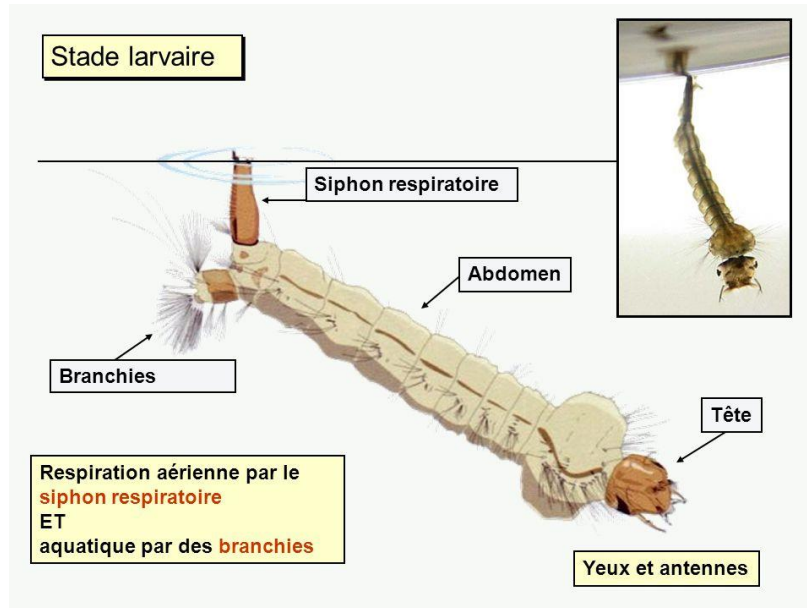
Bulle d’air

Syphon

**Figure 33.** Autres organes de respirations des insectes (site 22)

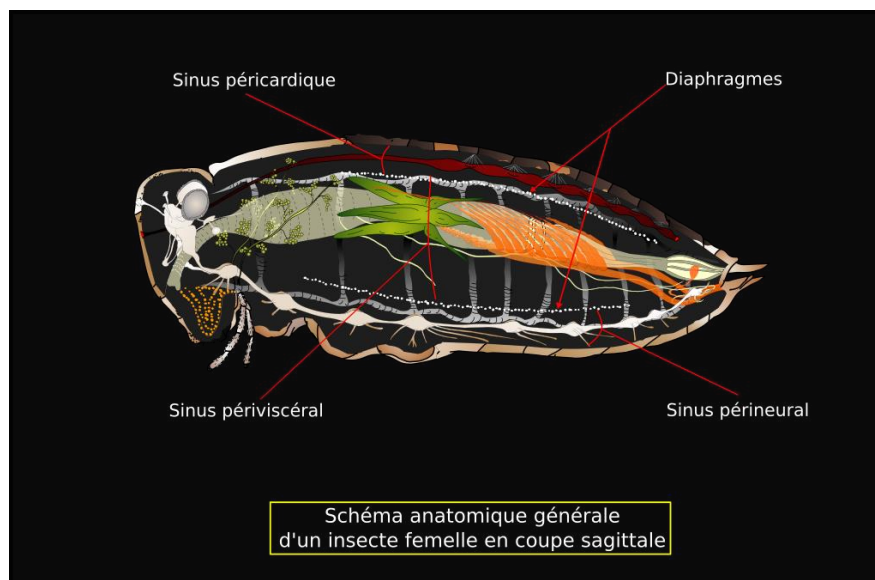
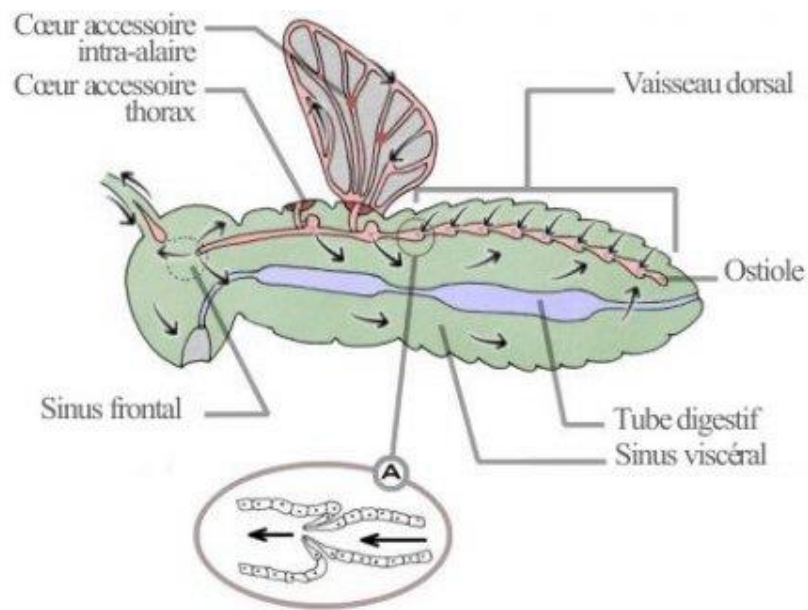
### 2-2-2 Branchies

Une spécialité larvaire Seules les larves utilisent l’oxygène dissous grâce à des systèmes branchiaux. Chez de nombreuses espèces, la respiration des premiers stades se fait directement au travers des téguments et des tissus. Pour d’autres espèces de petite taille, c’est même le mode unique de respiration à tous les stades larvaires. La respiration tégumentaire est toujours plus ou moins présente même lorsque d’autres systèmes sont opérants. Elle alimente alors, soit le système trachéen, soit le système circulatoire (hémolymphe).



**Figure 34.** Larves de moustiques (site 22)

### 3- Système circulatoire



**Figure 35.** Système circulatoire des insectes (site 23)

Comme tous les Arthropodes, les insectes possèdent un liquide nourricier interne, l'**hémolymphe**, transparent, il ne joue pas un rôle important dans la respiration.

Cette hémolymphe n'est pas contenue dans un réseau vascularisé, mais baigne littéralement tous les organes, et leurs apporte les éléments nutritifs. Sa mise en mouvement est assurée par un vaisseau contractile situé dans la partie supérieure de la cavité abdominale, il se nomme : le **cœur dorsal**.

### **3-1 Le cœur dorsal (VD) (figure 33)**

C'est l'organe le plus visible de la mise en mouvement de l'hémolymphe ; on l'a longtemps appelé cœur. Schématiquement, c'est un tube creux ouvert à l'avant qui court tout au long du corps de l'insecte, en position médiane dorsale. Des muscles annulaires assurent sa contraction (systole) ; des ligaments élastiques attachés à la cuticule le ramènent en position dilatée (diastole). Chez la plupart des espèces, on distingue deux parties que l'on a nommées d'après l'anatomie des vertébrés, plus familière : l'aorte à l'avant et le cœur à l'arrière. Si la systole propulse l'hémolymphe à la fois vers l'avant et l'arrière chez les Diploures (hexapodes Archéognathes) et quelques insectes « primitifs », comme les Éphéméroptères, le courant va très généralement vers l'avant. La contraction débute à l'extrémité postérieure et se propage vers l'avant (péristaltisme). Chez les nymphes et les imagos des Lépidoptères, des Diptères et des Coléoptères, ce mouvement s'inverse régulièrement. L'hémolymphe pénètre dans le vaisseau dorsal (VD) par des ostioles, une paire par segment abdominal, et se déverse dans la cavité générale par l'ouverture antérieure, au niveau du protocérébron (cerveau) et du ganglion sous-œsophagien. Cet organe est particulièrement bien irrigué et drainé, ainsi que les corps cardiaques et corps allates, organes neuro hormonaux. Chez les Dictyoptères (blattes et mantes) et certains Orthoptères, des vaisseaux latéraux (dépourvus de muscles) s'embranchent à l'avant du vaisseau dorsal et canalisent l'hémolymphe sortante. Les contractions du vaisseau dorsal sont automatiques, elles débutent chez l'embryon. Leur rythme est de l'ordre de 60 Hz chez la blatte au repos, de 20 chez la larve de Cerf-volant. Il passe de 0 – au repos – à 300 – en vol – chez la Mouche domestique, sous l'influence d'une régulation nerveuse, sans lien avec les contractions des muscles aliformes (voir ci-dessous).

### **3-2 Les Diaphragmes**

Fait de tissu conjonctif associé à des fibres nerveuses, le diaphragme dorsal délimite un sinus dorsal dans la cavité générale de l'insecte. Le VD est inclus dans ce sinus.

Les fibres nerveuses sont disposées en éventails, se projetant de chaque côté de celui-ci (notamment chez la blatte), d'où le nom de muscles aliformes. Ceux-ci se contractent lentement et irrégulièrement.

Le diaphragme ventral est bien développé chez les espèces où la double chaîne nerveuse ventrale se prolonge dans l'abdomen ; il est absent chez les Diptères chez qui celle-

ci se condense en un gros ganglion thoracique. Il délimite un sinus ventral périneural et son rôle de perfuser le système nerveux, il paraît plus clair que celui du diaphragme dorsal. En outre, il participe à la thermorégulation par ses mouvements musculaires (commandés par le système nerveux) qui diffusent l'hémolymphe réchauffée par les muscles du vol (jusqu'à 45°C chez le Sphinx du tabac<sup>1</sup>) vers l'abdomen où elle se refroidit. Chez des insectes bons voiliers (Hyménoptères, Diptères, Lépidoptères), une disposition particulière allège le corps en réduisant le volume et donc le poids de l'hémolymphe. Le corps est séparé entre une partie antérieure et une partie postérieure par une constriction (avec une soupape, dans certains cas). Le péristaltisme du VD fait passer l'hémolymphe alternativement d'un compartiment à l'autre, ce qu'on a pu nommer flux et reflux tidaux.

### 3-3 Les Cœurs Accessoires

Si le vaisseau dorsal et les diaphragmes assurent le brassage de l'hémolymphe dans le corps de l'insecte, les mouvements de celle-ci jusqu'aux antennes, pattes, ailes et cerques sont assurés par des « cœurs » accessoires, dits aussi ampoules. Distincts du vaisseau dorsal, leur fonctionnement est autonome. Placés en général à la base de l'appendice, ils propulsent l'hémolymphe vers son extrémité distale au travers d'un « vaisseau » ou d'une cavité délimitée par un diaphragme.

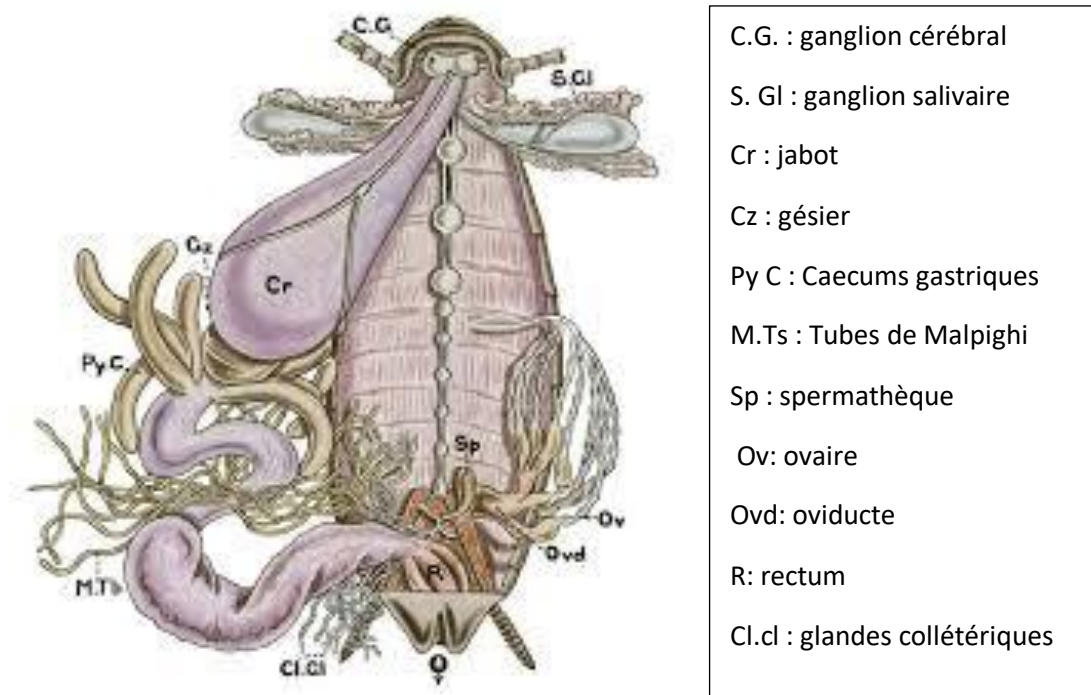
Les cœurs antennaires sont présents chez presque tous les insectes, ils font défaut chez les Anoploures (poux) et les Siphonaptères (puce), aux antennes extrêmement courtes. Chez la blatte, en plus de leur rôle mécanique, ils secrètent des hormones qui régulent la sensibilité des sensilles présentes sur les antennes.

Au niveau des pattes il peut y avoir spécialisation des deux cavités longitudinales délimitées par le diaphragme (ou septum) central : l'organe pulsatile à leur base propulse l'hémolymphe d'un côté, laquelle est ramenée, sous cette pression, vers le thorax par l'autre canal. Chez d'autres insectes, un sac trachéal participe au flux et au reflux de l'hémolymphe dans la patte.

L'aile de l'insecte, contrairement à une croyance répandue, n'est pas un organe mort et sec, une fois déployée. Elle est parcourue de trachées et de nerfs, et l'hémolymphe circule dans la lumière des nervures, mue par des organes pulsatiles thoraciques (pairs ou impairs). Au moment du déploiement de l'aile, à l'émergence de l'imago, l'hémolymphe draine les cellules épithéliales qui ont produit la cuticule des faces supérieure et inférieure. Dans la

tête, des « cœurs » particuliers assurent le déroulement de la trompe des papillons et le déploiement des lamelles des antennes du hanneton.

#### 4- Système excréteur



**Figure 36.** Schéma de la dissection de la Blatte orientale (*Blatta orientalis*, Dictyoptère Blattidé) femelle (site 24).

#### 4-1 Tubes de Malpighi

Les *tubes de Malpighi* sont des minces tubules impasse, dans confluentes proctodeo immédiatement après la valve pylorique. Leur nombre est extrêmement variable. À cet égard, les insectes se divisent en deux catégories :

- ✚ Espèce *polinefriche*. Elles sont équipées d'un grand nombre de tubes de Malpighi, l'ordre de dizaines, dans certains cas, encore plus de 200.
- ✚ Espèce *oligonefriche*. Elles sont équipées d'un nombre limité de tubes de Malpighi, de l'ordre de quelques unités.

La fonction principale des tubes de Malpighi consiste à filtrer (pour la sécrétion) l'hémolymphe, les produits du métabolisme protéine (ammoniaque, urée, l'acide urique) Et régler la balance sel. Espèce *criptonefriche*, généralement régime alimentaire xilophagous, les tubes de Malpighi remplissent la fonction de la réabsorption de l'eau des matières fécales.

En plus de l'excrétion, les tubes de Malpighi peuvent également effectuer d'autres fonctions secondaires. Dans ce cas, peut accueillir des micro-organismes symbiotes, sécréter soie, etc.

#### **4-2 organes excréteurs**

**La nefrociti** sont les reins rudimentaires se composent de groupes de cellules dispersées, parfois isolées, associées à la stomodeo et les glandes salivaires et, en particulier, au vaisseau dorsal (*nefrociti pericardiali*). Leur fonction est de régler le pH de l'hémolymphe, neutralisation travail préparatoire et d'agir en tant qu'intermédiaires organes excréteurs, le transformant en une forme catabolites qui sont ensuite éliminées à travers les tubes de Malpighi.

##### **Néphrocytes.**

Ces cellules sont présentes chez tous les *Arthropodes* terrestres, elles peuvent être individuelles ou en amas et sont dispersées dans tout le corps. Chez les crustacés elles sont disposées dans l'hémocoèle le long de l'axe branchial. Chez les *Insectes* on les trouve au niveau du sinus péricardique. Ces cellules sont là pour dégrader les substances complexes qui ne peuvent pas être dégradées dans tes tubes de Malpighi. Les néphrocytes absorbent les produits et les dégradent, ces nouveaux produits sont largués dans l'hémolymphe et réabsorbés par les tubes de Malpighi.

##### **Corps adipeux.**

Ces éléments contiennent des cellules à urate ayant un rôle de rein d'accumulation. En effet, ces cellules précipitent l'acide urique.

#### **Les reins d'accumulation**

Ce sont des structures où sont stockés les métabolites azotés à vie chez les *Arthropodes* terrestres. Par exemple, il y a un endroit chez le criquet qui garde ces métabolites, le tissu adipeux, c'est le siège de l'accumulation de bases puriques. Les tubes de Malpighi peuvent, chez certaines espèces, servir au stockage définitif. Les néphrocytes sont aussi capable de stocker des déchets azotés.

## 5- Appareil reproducteur

### 5-1 Organes mâles

L'appareil reproducteur mâle comporte deux **testicules** disposés au-dessus et de part et d'autre du tube digestif. Chaque testicule est formé :

#### 5-1-1 Tubes séminifères

A la base desquels s'ouvrent deux **canaux déférents** servant à l'évacuation des **spermatozoïdes** par l'intermédiaire d'un **canal éjaculateur** ou d'un **sac éjaculateur**. Le débouché des voies sexuelles forme un **pore génital** (le **gonopore**) placé à l'extrémité du pénis, pièce centrale du complexe phallique.

1/Le germarium : (A l'apex) contient les cellules germinales primordiales ou spermatogonie qui se multiplient activement, mêlés à des cellules mésodermiques, au sommet du tube se trouve souvent une grande cellule apicale assurant un rôle trophique

2/ Zone de spermatocyste I : chaque spermatogonie se trouve entourée par une enveloppe de cellules mésodermiques qui délimite un cyste. La spermatogonie donne à la suite de plusieurs divisions (6 à 8) en suite un clone de 64 à 256 cellules qui subissent un léger accroissement et deviennent les spermatocytes I.

3/ Zone de maturation : les spermatocytes accomplissent les deux divisions de la méiose, donnant chacun 4 spermatides.

4/ Zone de spermiogenèse : les spermatides encore enfermés dans leur spermatocyste, se transforment en spermatozoïdes flagellés, la spermiogenèse implique la concentration du matériel nucléaire dans la tête du spermatozoïde.

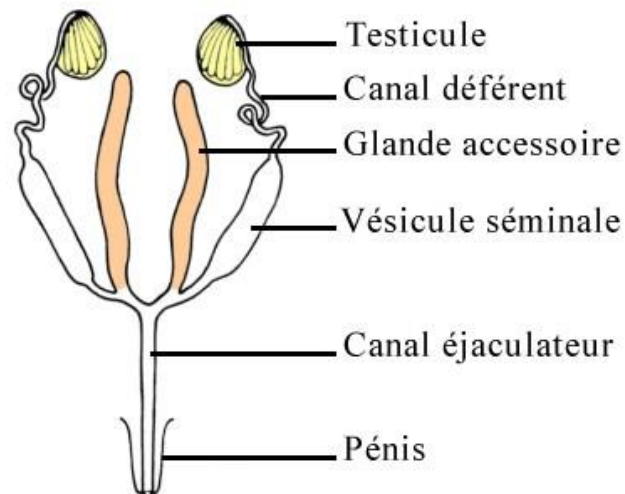


Figure 37. Appareil reproducteur mâle (site 25)

## 5-2 Organes femelles L'appareil génital femelle est formé de

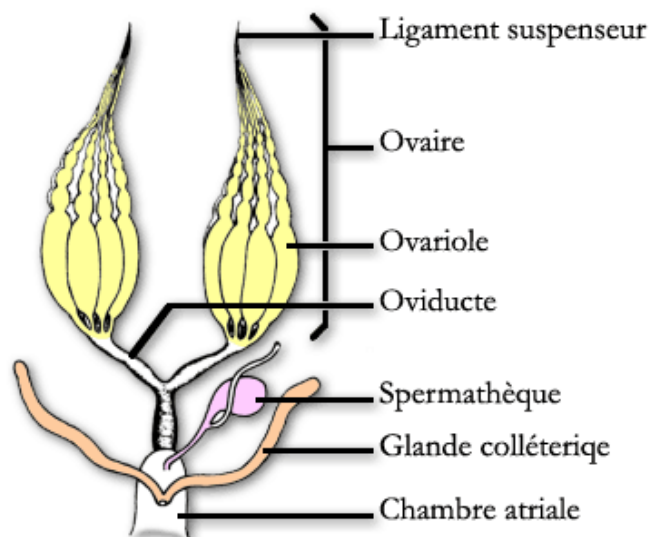


Figure 38. Appareil reproducteur femelle (site 25)

### 5-2-1 Deux ovaires

Les deux ovaires sont accolés au-dessus et de part et d'autre du tube digestif. Chaque ovaire est composé d'**ovarioles**. La partie antérieure de l'ovaire se termine par un **filament suspenseur** qui se prolonge en un filament médian attaché au niveau de l'aorte, à la hauteur du mésothorax. La base de chaque ovariole s'ouvre sur un canal appelé **calice**. Celui-ci se transforme vers l'arrière du corps en un **oviducte** latéral, de chaque côté du tube digestif. Les deux oviductes latéraux fusionnent ensuite en un **oviducte commun** dont l'extrémité forme une poche, le **vagin**.

## 5-2-2 Structure des ovarioles

Un ovariole est un tube épithélial dans lequel les ovocytes sont en succession linéaire qui reflète l'état de leur développement. Chaque ovariole est divisé en deux parties

### □ **Le germarium**

Dans cette partie étroite et antérieure les ovogonies se multiplient et évoluent en ovocytes et éventuellement en cellules nourricières ou trophocytes.

### □ **Le vitellarium**

Il représente la majeure partie de l'ovariole, son importance dépend de l'activité reproductrice de l'insecte.

Selon la présence ou non des trophocytes on distingue deux types des ovarioles :

**1/ Ovarioles panoïstiques** : représente le type le plus primitif (Orthoptères, Isoptères, odonates et plécoptères)

**2/ Ovarioles méroïstiques** : Des trophocytes sont présents plus les éléments déjà mentionnés pour les ovarioles panoïstiques. Ces cellules nourricières dérivent de la ligne germinale contribuent à l'accumulation des réserves de l'ovocyte

**3/Ovarioles télotrophiques ou acrotrophiques** : ce type caractérise les Hémiptères, les Coléoptères Polyphaga

**4. Ovarioles polytrophiques** : sont présents chez les Holométaboles ainsi que chez certains Hétérométaboles.

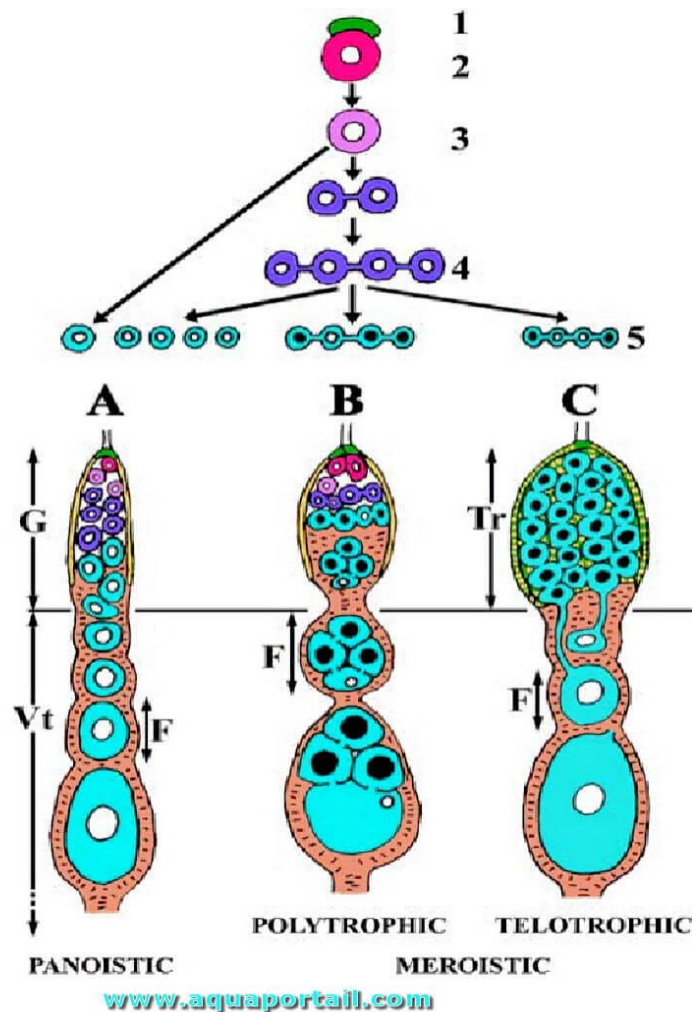


Figure 39. Différents types d'ovarioles des insectes (site 25)

### 5-2-3 La spermathèque

La spermathèque est un tube ou un sac qui entrepose et conserve les spermatozoïdes pendant une période (de l'accouplement à l'ovulation) très variable selon les espèces. Chez les insectes, la femelle peut gérer l'utilisation des spermatozoïdes en synchronisant leur libération de la spermathèque au moment de la ponte. Ceux-ci auront alors un accès à l'œuf passant dans l'oviducte médian

À l'avant, les calices sont différenciés en **glandes accessoires**. Les sécrétions émises auraient un rôle dans la fécondation des œufs et la ponte. Mais les calices et les oviductes ont aussi des fonctions sécrétoires utiles à la formation de la matière spumeuse (**qui présente l'apparence d'une mousse blanchâtre**). Une autre glande annexe, la **spermathèque** ou **réceptacle séminale** est ancrée au-dessus du vagin. Elle conserve vivants les spermatozoïdes après que la femelle ait été inséminée.

## 6- Le système nerveux

### 6-1 Généralités

Le système nerveux qui assure le fonctionnement rapide et la coordination des effecteurs en fonction des informations reçues par les récepteurs, est constitué des cellules dont les longs axones assurent la propagation d'impulsions nerveuses. Ces neurones dérivent au cours du développement embryonnaire de l'ectoderme. Le système nerveux central comprend un cerveau situé dorsalement dans la tête et une double chaîne ganglionnaire ventrale d'où partent des nerfs vers les organes sensoriels périphériques. Un système nerveux viscéral équivalent au sympathique est associé au système nerveux central.

### 6-2 Système nerveux central

Le cerveau reçoit les impulsions excitatrices des organes sensoriels de la tête ainsi que des neurones d'associations de la chaîne nerveuse ventrale. IL est donc le principal centre d'association. Le cerveau des insectes se compose de trois parties (fig. 19) :

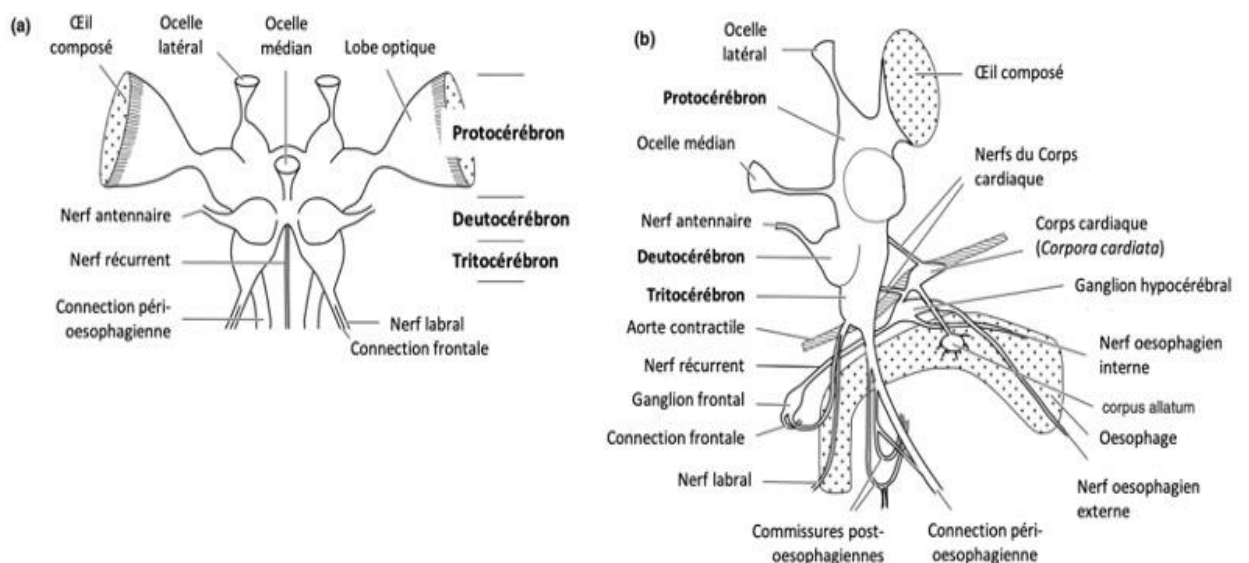


Figure 40. Système nerveux des insectes (site 26)

## 6-2-1 Le protocérébron

Est le plus volumineux et le plus complexe, il reçoit les nerfs des organes visuels (yeux composés et ocelles), lobes optique, corps central, pont protocérébral, corps pédonculé, sa partie médiane est antérieure ou pars intercérébralis assure un rôle important dans physiologie de l'insecte.

**6-2-2-** Le deutocérébron : Est composé essentiellement de deux centres antennaires d'où partent des nerfs antennaires mixtes.

**6-2-3-** Le tritocérébron : est de taille réduite ses parties droites et gauche sont reliés par une commissure, le tritocérébron envoie des nerfs vers le labre et des connectifs frontaux au ganglion frontal appartenant au système stomatogastrique. Deux connectifs parœsophagiens relient le cerveau à la chaîne nerveuse ventrale.

La masse nerveuse sous œsophagienne innerve les organes sensoriels et les muscles des pièces buccales, les glandes salivaires, les récepteurs et les muscle du cou.

2-Structure : Le cerveau et la chaîne nerveuse ventrale sont entourés par une couche extracellulaire nommé lamelle neurale, cette lamelle est formée de fibre voisine du collagène, l'une des rôles de la lamelle neurale serait mécanique, maintien la cohésion et la forme du système nerveux. Elle est élaborée au moins partiellement par prineurium sous-jacents. Les cellules périneurales sont considérées comme cellules gliales. Les cellules nerveuses d'insectes peuvent être classées en quatre catégories (fig. 8) :

### □ **Neurones sensoriels ou afférents**

Dont les péricaryones sont situés à la périphérie de l'organisme. Ces neurones sont généralement bipolaires leur dendrite est associée à une structure sensorielle où s'effectue la transduction, l'axone entre d'un ganglion et s'y termine en arborisations. Des neurones sensoriels multipolaires, ont leurs péricaryones sur la surface interne du tégument, sur la paroi intestinal, leur axone se dirige vers le système nerveux central.

□ **Neurones moteurs ou efférents** : Leurs péricaryones localisés sous le périneurium constituent la couche corticale du ganglion les neurones moteurs sont unipolaires, un tronc commun à l'axone et à une collatérale part du péricaryone. L'axone quitte le système nerveux central tandis que la collatérale se dirige vers le centre du ganglion, ces neurones agissent sur les muscles

- Neurone d'association ou interneurones : Contrairement aux autres neurones, les neurones d'association sont entièrement inclus dans le système nerveux central. Certains sont segmentaires, établissant des synapses dans un seul ganglion ; d'autres sont intersegmentaires, avec des ramifications dendritiques.
- Cellules neurosécrétrices : Elles ont acquis une fonction sécrétrice ; leurs produits de neurosécrétion élaborée dans le péricaryones, cheminent le long de l'axone et sont ainsi transportés généralement jusqu'à un organe neurohémal.

## 6-2-2 Région cérébrales particulières

### □ Les lobes optiques

L'une des parties les plus complexes du cerveau consistent de 3 masses neuropiliaires ou zones synaptiques qui sont de la périphérie vers l'intérieur : la lamina ganglionnaire, la médulla externe, et la médulla interne

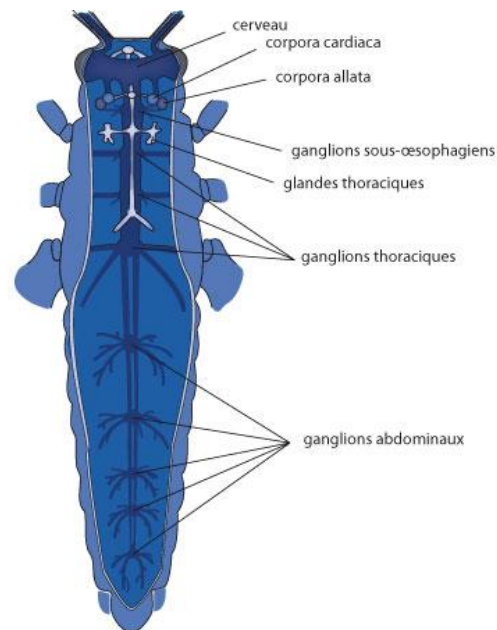
### □ Les corps pédonculés

Sont l'une de régions cérébrales qui a été le plus analysés, cent chez les Hyménoptères sociaux les corps pédonculés se présentent comme un pédoncule divisé en lobe  $\alpha$  et lobe  $\beta$ , ces corps sont donc considérés comme recevant les informations sensorielles les plus complexes et comme le siège de leur traduction en model comportementaux

### □ Le système nerveux sympathique

Encore dit viscéral, est étroitement uni au système nerveux central. Il comporte : – une partie dorsale innervant le vaisseau cardiaque, l'intestin antérieur et moyen, – une partie ventrale pour l'intestin postérieur et les organes reproducteurs. Le système dorsal est lié à des glandes endocrines situées en arrière du cerveau : les Corpora allata et les Corpora cardiaque. Le ganglion frontal et les nerfs récurrents font partie de ce système dorsal ou stomatogastrique. Le système sympathique formé par un nerf médian qui sort de la région postérieure de chaque ganglion et bifurque en deux nerfs transverses qui innervent les stigmates du segment correspond.

## 7- Le système endocrinien



**Figure 40.** Organisations du système endocrinien d'un insecte (site 27)

Le système endocrine des insectes comprend des cellules neurosécrétrices au sein du système nerveux central, organes neurohémaux (Corpora cardiaca, organes périsympathiques), des glandes endocrines épithéliales : Corpora alata et glande de mue et certains tissus comme le tissu prothoracique (fig. 34).

### 7-1 Cellules neurosécrétrices et les neurohormones

#### 7-1-1 Cellules neurosécrétrices cérébrales et corpora cardiaca

Les cellules neurosécrétrices sont des neurones unipolaires qui présentent en outre des caractères cytologiques de cellules glandulaires. Elles peuvent être reconnues grâce à certaines techniques histologiques (coloration) et au niveau ultra structural par la présence de granules neurosécréteurs qui apparaissent comme des vésicules de 1000 à 3000 Å de diamètre. Les neurosécrétions sont élaborées dans le péricaryone au niveau du réticulum endoplasmique granulaire et sont ensuite condensés en granules par l'appareil de Golgi. Ceux-ci sont transportés le long de l'axone, s'accumulent aux extrémités renflées des nombreuses ramifications axonales (fig. 34). Les axones traversent le cerveau et une partie d'entre eux s'entrecroisent et constituent les nerfs cardiaques qui traversent les corpora cardiaca pour se terminer dans le corpora allata. Les corpora cardiaca représentent un lieu de stockage, et ils renferment aussi les terminaisons des axones neurosécréteurs provenant du cerveau.

## **7-1-2 Cellules neurosécrétrices**

De la chaîne nerveuse ventrale et organes périsympathiques : Des cellules neurosécrétrices se répartissent tout le long de la chaîne nerveuse ventrale. Le ganglion sous œsophagien contient d'assez nombreux neurones sécréteurs, les ganglions thoraciques et abdominaux ont également leurs propres cellules neurosécrétrices dont la localisation a été précisée pour certaines espèces. Les axones des cellules neurosécrétrices cheminent le long des nerfs sympathiques (médian et transverse) pour se terminer dans de petits organes neurohémaux ou organes périsympathiques qui apparaissent comme de légers épaississements sur le trajet des nerfs médians ou transverses issus des différents ganglions.

les organes périsympathiques peuvent s'associer étroitement aux nerfs somatiques afin de permettre une libération efficace des neurohormones dans l'hémolymphe, les axones neurosécréteurs se ramifient abondamment dans l'organe neurohémal (fig. 34).

## **7-1-3 Glande de mue**

Les glandes de mues exercent un contrôle sur le déroulement de la mue. Les glandes de mue se reconnaissent par leurs caractères cytologiques, les cellules du système endocrine faiblement liées entre elles, ont un cytoplasme fortement basophile. Leur activité sécrétrice se déroule selon un cycle synchrone de celui de la mue

### **7-1-3-1 Les Corpora allata**

Chez la plupart des insectes les corpora allata acquièrent l'aspect d'un massif compact de cellules semblables, entouré par une fine enveloppe conjonctive (fig.). Des ramifications trachéennes et nerveuses pénètrent à l'intérieur. Les corpora allata reçoivent une innervation venant du cerveau par l'intermédiaire des corpora cardiaca, ainsi qu'une innervation issue du ganglion sous-œsophagien.

## 8- Système musculaires

Chez les Arthropodes, la présence d'un exosquelette articulé a profondément influence l'évolution de la musculature. Des muscles très nombreux responsables de mouvements spécifiques pour des parties déterminées du corps se sont développés si bien que la musculature squelettique est particulièrement complexe ; le muscle d'insecte et le muscle strié de Vertébrés ont une structure générale semblable.

### 8-1 Organisation anatomique de la musculature

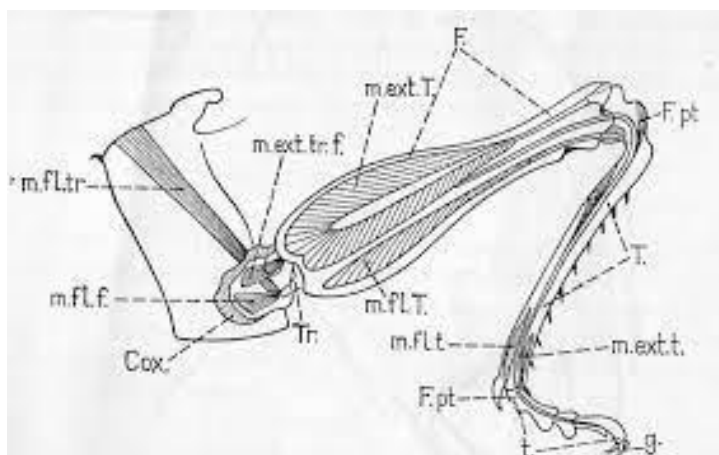
Les muscles sont classés en plusieurs catégories selon leur localisation : Muscles squelettiques, muscles viscéraux et myocardes.

### 8-2 Les muscles viscéraux

Revêtent les organes à l'intérieur de la cavité générale. Ils peuvent former une double couche régulière de fibres longitudinales et circulaires autour du tube digestif.

### 8-3 Les muscles squelettiques

Ils sont généralement une de leurs extrémités attachées à une partie squelettique fixe l'origine et l'autre reliée à une région mobile. Ils sont souvent très nombreux (environ 200 chez les larves de Lépidoptères) ; leur disposition diffère d'un groupe d'insectes à un autre



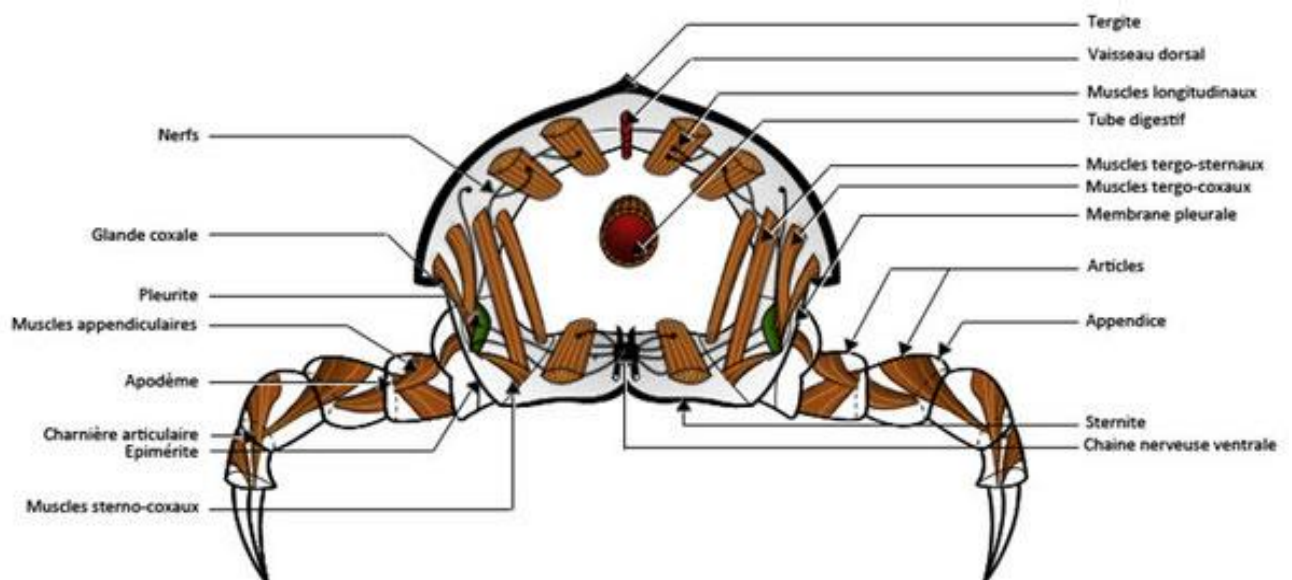
**Figure 41.** Muscles squelettiques d'un insecte (site 28)

Cox : coxa, F : fémur, F.pt : muscle fléchisseur du prétarse et son tendon, g : griffes, m.ext.t et m. ext.T : muscles extenseurs du tarse et tibia, m.ext. tr.f : muscle du trochanter et fémur, m.fl.f, m.fl.t, m.fl.T, m.fl.tr : muscles fléchisseurs du fémur, du tarse, du tibia et du trochanter, t : tarse, T : tibia, Tr : trochanter

## 8-4 Les muscles abdominaux

L'abdomen a des muscles segmentaires et intersegmentaires permettant des contractions et des dilatations considérables. Un complexe musculaire important anime les valves génitales des femelles en vue de la copulation, du forage et de la ponte. Le jeu des muscles de l'abdomen est également important chez les mâles pour permettre l'accouplement. Chaque segment du corps possède trois groupes de muscles : dorsaux, ventraux et latéraux. Les muscles dorsaux et ventraux se répartissent en muscles longitudinaux et en muscles transverses. Les muscles longitudinaux s'étendent sur toute la longueur d'un segment et sont attachés sur les replis intersegmentaires lorsque le tégument est souple ou sur les antercostal de deux segments successifs lorsque la cuticule est sclérotinisée. Agissant ensemble, les muscles longitudinaux dorsaux et ventraux sont rétracteurs, par télescopages des segments abdominaux les uns dans les autres ; agissant séparément, ils provoquent la courbure de l'abdomen. Les muscles transverses, internes par rapport aux précédents sont les muscles des diaphragmes dorsal et ventral. Les muscles latéraux sont pour la plupart intersegmentaires avec insertion tergo-sternale et parfois tergo-pleurale

## 8-5 Les muscles thoracique



**Figure 42.** Métamère d'un arthropode (site 28)

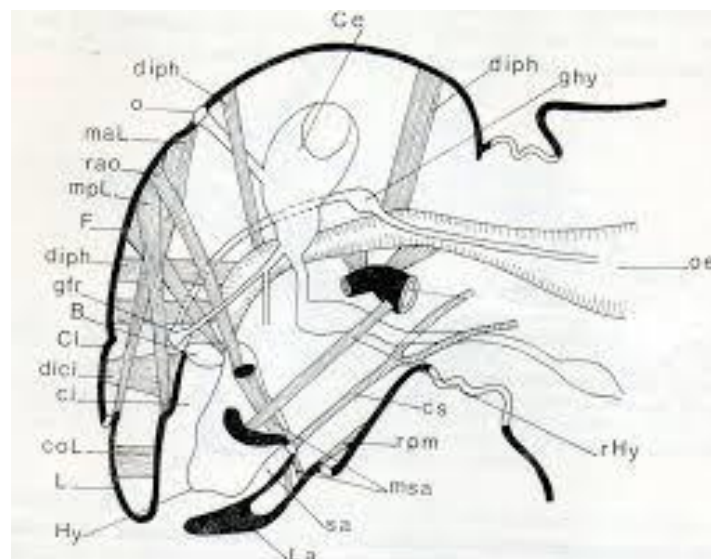
La musculature thoracique atteint sa plus grande complexité dans ptérothorax (mésos- et métathorax) par suite de la présence simultanée des ailes et des pattes. Deux ensembles des muscles agissent sur les mouvements des ailes : les muscles indirects sont habituellement les plus volumineux ; ils ne sont pas fixés sur la base de l'aile, mais sur la paroi thoracique. Les muscles directs du vol comprennent les muscles axillaires et les muscles basilaires et subalaires, insérés sur de petits sclérites épi-pleuraux, les mouvements de l'aile pendant le vol doivent à l'intervention de ces muscles, l'aile.

Les muscles des insectes apparaissent décrire un circuit en forme de 8. Les muscles directs interviennent également dans les mouvements d'extension de l'aile.

Les mouvements d'ensemble de la patte sont assurés par la contraction de muscles extrinsèques qui ont leur origine dans le thorax et s'insèrent soit sur le coxa elle-même, soit sur des apodèmes issus de la membrane articulaire coxo-pleurale (fig. 37).

Chez les Acridiens qui présentent une musculature de patte d'un type général avec un seul point d'articulation entre le coxa et le thorax.

## 8-6 Muscles céphaliques



Musculature céphalique. B : bouche, ce ceveau, ci : cibarium, Cl : clypeus, col : compresseur du labre, cs : canal salivaire, dici : dilatateur du cibarium , dipg : dilatateur du pharynx, F : front , gfr : ganglion frontal, ghy : ganglion hypercérébral , Hy : hypopharynx, L : labre , La labium, maL et mpL : muscles antérieur et postérieur du labre , msa : muscles du salivarium, o : ocelle, oe : œsophage, rao : rétracteur, sa : salivarium.

**Figure 43.** Muscles céphaliques (site 28)

La grande mobilité de la tête est assurée par le cou, étroite zone membraneuse souvent caché par le bord antérieur du prothorax, des muscles longitudinaux dorsaux ou élévateurs de la tête s'attachent en avant sur la crête post-cubitale et en arrière sur le phragme du mésothorax. (fig. 28). Dans la tête, les principaux muscles sont associés aux pièces buccales, à la cavité préorale, ainsi qu'à la portion céphalique du stomodeum. L'anatomie de la pièce buccale liée au mode d'alimentation.

## **8-7 Principaux types de muscles**

Selon leur forme et leur disposition, on distingue trois types musculaires (fig. 28)

### **8-7-1 Les muscles lamellaires ou tubulaires**

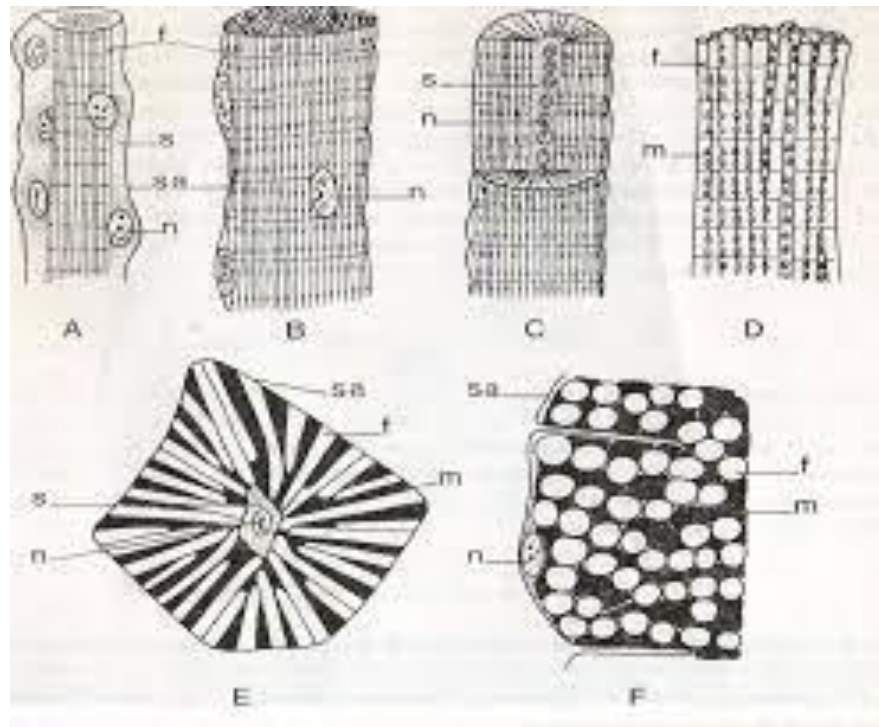
Ils ont des fibres de diamètre relativement petit ; celle-ci apparaît tubulaire en coupe transversale car les noyaux, sont situés dans une colonne centrale de cytoplasme ; les fibrilles forment des lamelles disposées radialement autour de cette colonne. Ce type de fibre est le plus fréquent, caractéristique de la plupart des muscles du corps ainsi que des muscles du vol chez certains insectes primitifs comme les blattes ou chez les Odonates ou les Mantres

### **8-7-2 Les muscles micofibrillaires**

Chez la plupart des insectes, les muscles du vol sont soit microfibrillaires soit fibrillaires. Dans les muscles micofibrillaires ; les fibrilles ont diamètres qui ne dépasse guère le micron, les muscles microfibrillaires sont typique des Orthoptères, Trichoptères et Lépidoptères.

### **8-7-3 Les muscles fibrillaires**

Les muscles indirects du vol chez les Diptères, Coléoptères, Hyménoptères et Hémiptères sont des muscles fibrillaires, leurs fibrilles dont le diamètre est de 2  $\mu$  ou plus sont lâchement associé.



**Figure 44.** Type de fibres musculaires squelettiques chez les insectes (site 28)

A : de larve d'abeille, B : muscle de patte de Melolontha, C : muscles des pattes d'abeille (muscle tubulaire), D : muscles indirect du vol d'abeille, E : coupe transversale d'un muscle du vol tubulaire d'Odonate, F : coupe transversale d'un muscle fibrillaire, f : myofibrille, m : mitochondrie, n : noyau, s : sarcolemme, sa : sarcoplasme.

## Références bibliographiques

**AGASSIZ, 1903.** (« Étude la coloration des ailes des papillons- formation du couleur. **Kessinger Publishing** (39 pp).

**HICKMAN C.P.Jr.; ROBERTS L.S.; Keen S.L.; LARSON A.; L'ANSON H. & EISENHOUR D.J. (2008).** Integrated principales of zoologie. Mc GRAW-Hill international edition (New York), 910 pp.

**BEAUMONT A. & Cassier P., 2000-** Biologie animale : Des protozoaires aux métazoaires épithélioneuriens. 3ème édition, Paris, Dunod. ISBN : 2 10 048660 8.

**KABECHE- BELLOULI N- Z., KHATIB- ZAGH N., LABCIR- ZOUAOUI H. et YAHIA CHERIF- SADAOUI S. (2015).** ZOOLOGIE (travaux pratiques). Office des publications universitaires. 221 pp.

**MAISSIAT J., BAEHR J-C. et PICAUD J-L. (2005).** Biologie Animale (Invertébrés) 2ème édition. Edition : Dunod, Paris. 239pp.

**NATURA (2002).** Connaissances et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire (Tome 7. Espèces animales). La documentation française, Paris. 225-306.

### Sites internet

- 1- <https://entomologic.jimdofree.com/les-insectes/morphologie-et-plan-d-organisation/>
2. <https://docplayer.fr/41226237-Tp-dissection-du-criquet.html>
3. <http://aramel.free.fr/INSECTES3.shtml> consulté le 31/05/2023
4. [https://www.wikiwand.com/fr/Thorax\\_%28anatomie\\_des\\_insectes%29](https://www.wikiwand.com/fr/Thorax_%28anatomie_des_insectes%29)
5. <https://www.geocities.ws/chantignole401/sauterel2.html> consulté le 31.05.2023
6. <https://www.meslibellules.fr/blog/2019/10/09/anatomie-loeil-et-la-vision-3-3/> consulté le 01/06/2023.
7. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ocelle\\_%28C5%93il%29#/media/Fichier:Insecte\\_ocelle\\_diagram.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ocelle_%28C5%93il%29#/media/Fichier:Insecte_ocelle_diagram.png)
8. <https://www.aquaportail.com/definition-8265-moniliforme.html> consulté le 01/06/2023
9. <https://www.manimalworld.net/pages/animaux/insectes.html> consulté le 01/06/2023.

10. <https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons> consulté le 01/06/2023
11. <https://collembolles.fr/anatomie/>. Consulté le 01/06/2023
12. <http://bestiolesetcie.weebly.com/abeille.html>. consulté le 01/06/2023
13. <https://www.larousse.fr/encyclopedie>. consulté le 02/06/2023
14. <https://www.animateur-nature.com>. consulté le 02/06/2023
15. <http://www.jpbitmap.com>. consulté le 02/06/2023
16. <https://www.collectionetincelle>. Consulté le 06/06/2023
17. <https://totakenature.fr/tag-biologieanimale>. consulté le 06/06/2026
18. <https://www.insecte.org/spip.php?article32>. Consulté le 06/06/2026
19. <https://passion-entomologie.fr/le-cerveau-des-insectes> consulté le 06/06/2023
20. [https://www.researchgate.net/figure/Schema-de-la-nervures-alaires-de-la-glossine-1-2-3-4-5-premiere-deuxieme\\_fig4\\_344434317](https://www.researchgate.net/figure/Schema-de-la-nervures-alaires-de-la-glossine-1-2-3-4-5-premiere-deuxieme_fig4_344434317) consulté le 09/06/2023
21. [https://locust.cirad.fr/tout\\_savoir/morphologie/morpho\\_5.html](https://locust.cirad.fr/tout_savoir/morphologie/morpho_5.html) consulté le 09/06/2023.
22. <http://insectes.xyz/pdf/i165maquart.pdf> consulté le 10/06/2023
23. <https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/BA/2019/02.%20CHAPITRE%20II.pdf> consulté le 10/06/2023.
24. [http://zoologie.umons.ac.be/asef/pdf/2006\\_42\\_01/full/Petit\\_ASEF\\_2006\\_42\\_1\\_63\\_73\\_full.pdf](http://zoologie.umons.ac.be/asef/pdf/2006_42_01/full/Petit_ASEF_2006_42_1_63_73_full.pdf) Consulté le 21/06/202.
25. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/insectes/4-reproduction/>
26. <https://passion-entomologie.fr/le-cerveau-des-insectes/>
27. <https://www.zoologie-uclouvain.be/new/arthropodes.html>
28. [irtin.fr/2013/07/03/les-muscles-des-insectes/](http://irtin.fr/2013/07/03/les-muscles-des-insectes/)