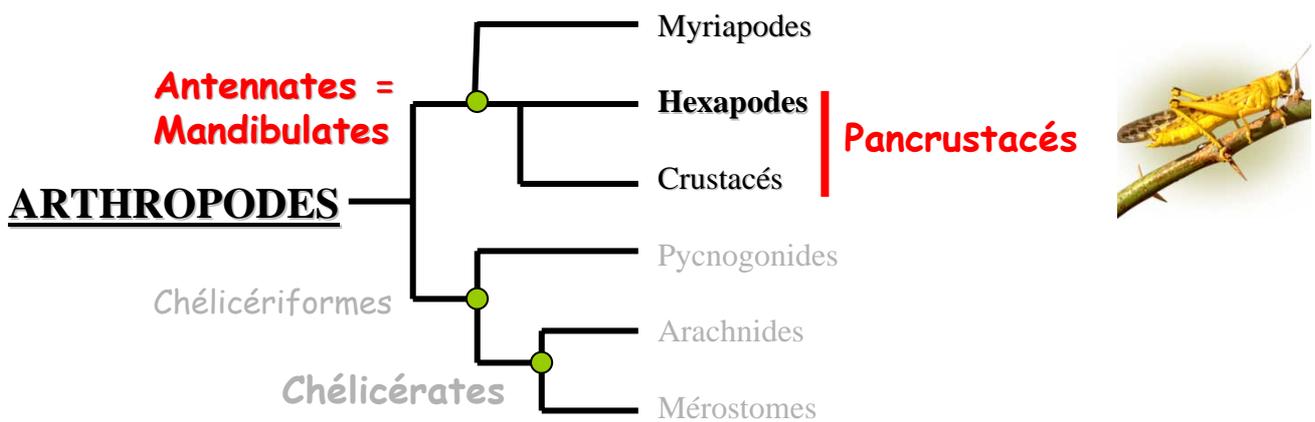


# Les Arthropodes Mandibulés

## Les Hexapodes: Introduction

Les **Hexapodes** représentent le plus imposant des groupes d'Arthropodes avec plus d'un million d'espèces décrites. On peut retrouver ces derniers dans tous les milieux à l'exception du milieu marin. Face à cette diversité qui est soutenue par d'innombrables variations, il est difficile de produire une image ne serait-ce qu'un peu extensive de ces derniers.



Néanmoins, parmi les Hexapodes, les **Insectes** doivent représenter à eux seuls >99% du nombre d'espèces et nous nous focaliserons avant tout sur ces derniers pour illustrer ce groupe et dans notre choix d'exemples.

Avant de décliner ceci il est aussi important de prendre la mesure de leur place au sein des Pancrustacés et par rapport aux Myriapodes, puisqu'ils partagent des caractères fondamentaux et relativement aisés à observer qui les rapprochent à première vue plutôt des Myriapodes que des Crustacés\*. Ils sont:

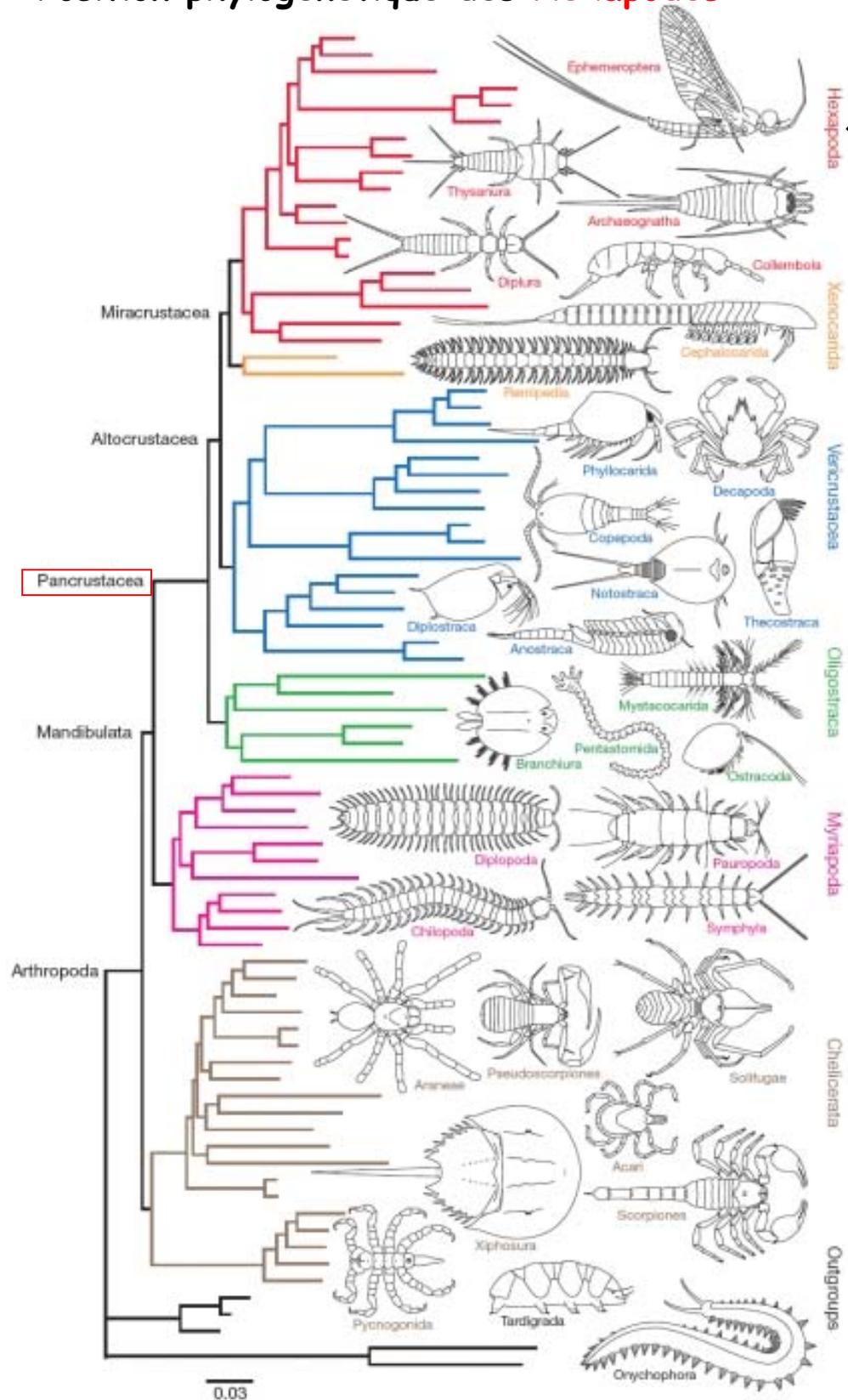
- **Segmentés** (tagmes, métamères)
- **Ecdysozoaire** (donc exosquelette → mue; existence de larves et d'adultes reproducteurs)
- **Appendices articulés uniramés** (comme les Myriapodes; )
- **Antennates à une seule paire d'antennes** (comme les Myriapodes, cette paire est homologue des antennules des Crustacés)
- **Trachéates** (donc fondamentalement aériens comme les Myriapodes mais **ce sont les seuls Arthropodes à avoir développé le vol**)
- **Œil composé**

Il est donc pédagogiquement plus intéressant de les présenter 'après' les Myriapodes qu'en suivant la phylogénie (p.2) qui voudrait qu'on les présente en parallèle des Crustacés et en tant que Pancrustacés. Nous abordons donc ce document dans une optique plutôt pratique que phylogénétique.

\* : les phylogénies regroupant Crustacés et Hexapodes au sein des Pancrustacés dont des phylogénies moléculaires, mais des caractères morphologiques fins non abordés ici les rapprochent également des Crustacés. Citons en particulier l'existence d'un **double chiasma optique**.

# Les Arthropodes Mandibulés

## Position phylogénétique des Hexapodes



Hexapodes une des feuilles terminales de la phylogénie des Mandibulés et monophylétiques parmi les Pancrustacés

## Les Arthropodes Mandibulés

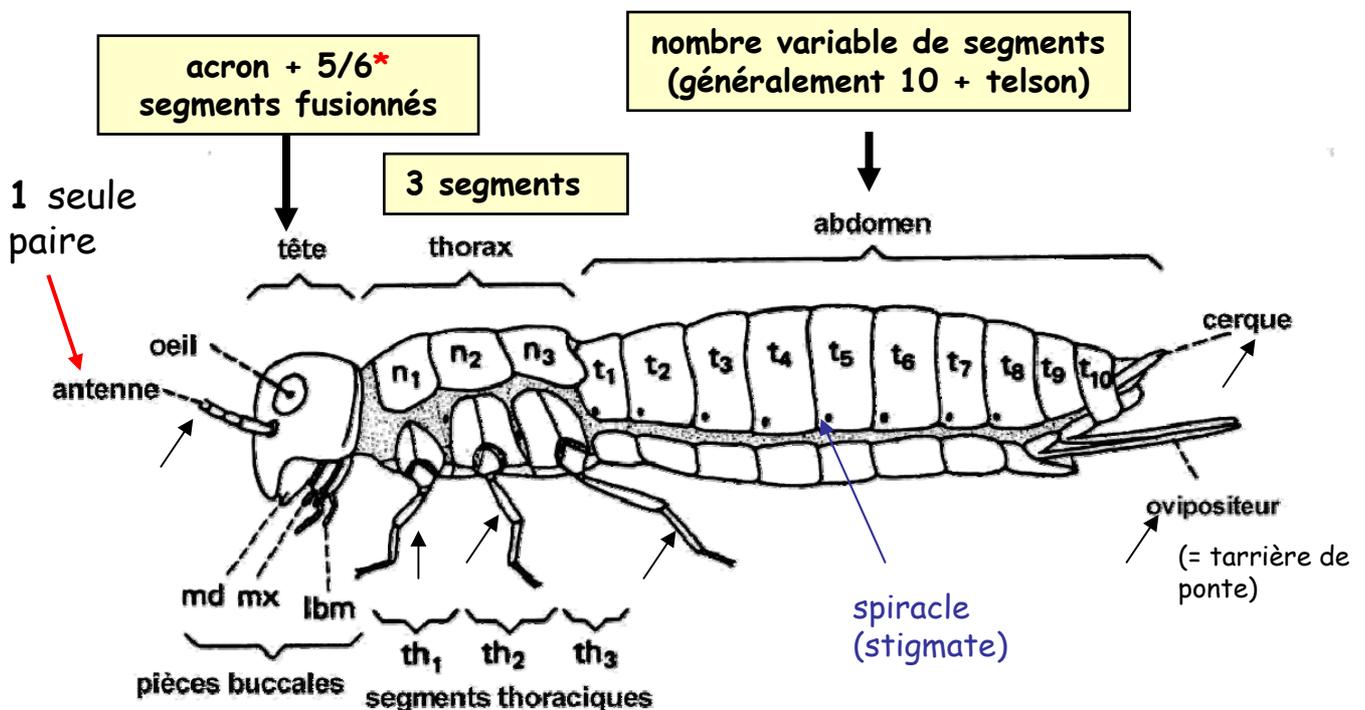
### Les Hexapodes: morphologie générale

Les Hexapodes possèdent une tagmatisation caractéristique en **tête**, **tronc**, **abdomen**.

Ces tagmes possèdent chacun une spécialisation marquée:

- la tête (acron + 6 segments) porte les principaux récepteurs sensoriels (yeux simples et composés, une paire d'antennes). La tête est ainsi le **tagme sensoriel**. Néanmoins elle porte également des pièces buccales souvent spécialisées;
- le thorax représente le **tagme locomoteur** puisque que chacun des 3 segments qui le composent possède une paire de pattes. Donc **6 pattes** au total ce qui donne le nom au groupe tout entier;
- l'abdomen est le **tagme viscéral**; il renferme les éléments majeurs des systèmes digestifs et reproducteurs et les systèmes circulatoire et respiratoire y sont souvent bien développés comme indiqué par la présence de spiracles/stigmates dans la figure ci-dessous.

Ils présentent une réduction globale du nombre d'appendices puisque dans le cas général il y a limitation du nombre voire disparition des appendices abdominaux.



↗ = appendices

*Pas d'appendices sur la plupart des segments abdominaux (cerques et ovipositeur sont souvent absents)*

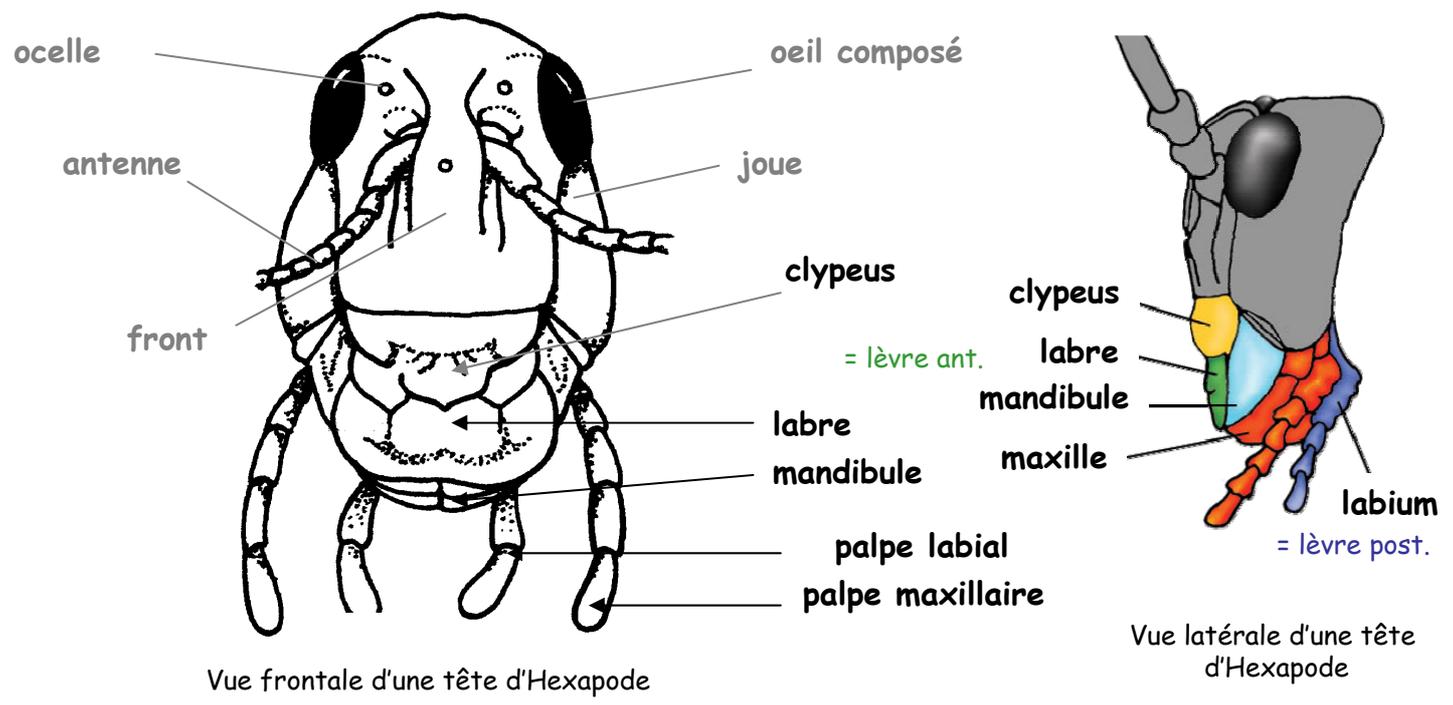
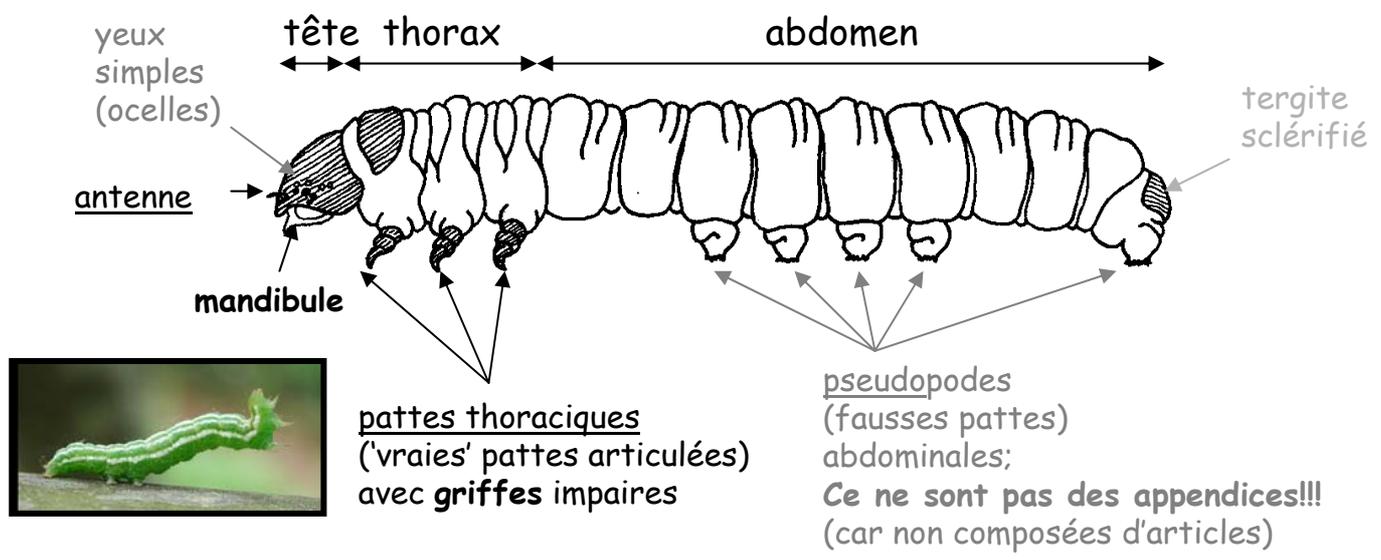
\*: ce nombre est un objet de controverse. Voir page 5.

# Les Arthropodes Mandibulés

## Les Hexapodes: morphologie générale

Puisque ce sont des Ecdysozoaires, les Hexapodes possèdent des stades larvaires qui présentent *souvent* la même tagmatisation que les adultes comme illustré sur une chenille ci-dessous.

On retrouve *souvent* sur les larves les appendices articulés majeurs des adultes mais en fonction des groupes ceux-ci peuvent disparaître. Des mandibules - appendices fondamentaux des Mandibulés - sont les appendices les plus conservés chez les larves.



# Les Arthropodes Mandibulés

## Les Hexapodes: morphologie de la tête

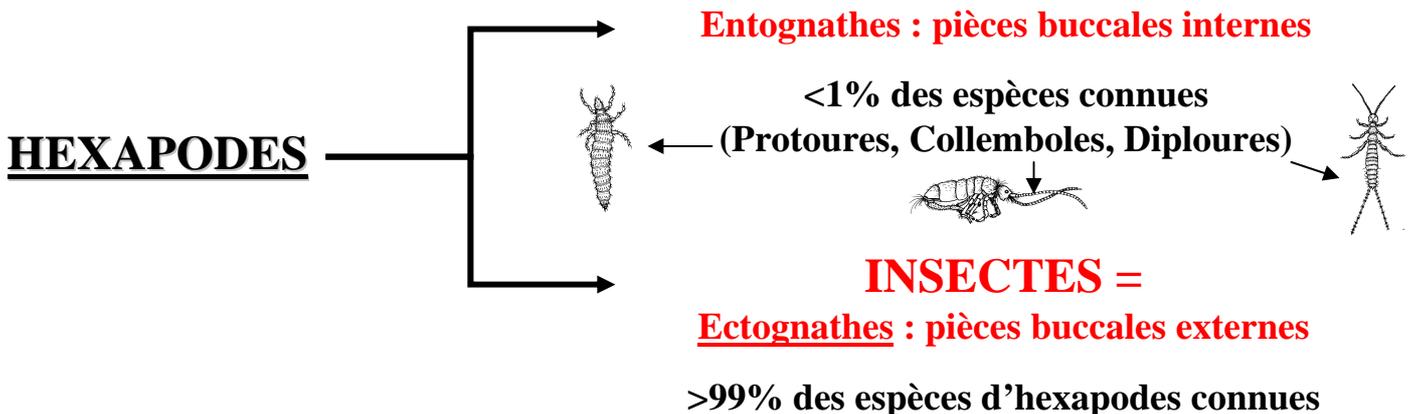
La tête des **Hexapodes** est un ensemble hautement intégré composé de l'acron qui porte les yeux et les ocelles (qui ne sont pas des appendices) et de métamères qui portent pour la plupart les appendices articulés que sont les antennes et les pièces buccales dont bien entendu des mandibules (page précédente).

Le nombre de métamères formant la tête en plus de l'acron est un objet de controverse. Les deux théories sont les suivantes et nous indiquons à chaque fois les appendices **en gras** ou les autres structures portées par les segments des adultes.

<p>↑ pièces buccales ↓</p>	Acron:	Yeux composés + ocelles (= yeux simples)		
	Métamère 1:	<b>Antennes</b> (homologue des antennules de Crustacés)		
	Métamère 2:	-		
	[Métamère 3:	Labre = lèvre antérieure]	Localisation de la bouche	
	Métamère 4 (ou 3)	<b>Mandibules (Md)</b>		
	Métamère 5 (ou 4)	<b>Maxilles (Mx1)</b>		
Métamère 6 (ou 5)	<b>Labium (Mx2, = lèvre postérieure)</b>			
Illustration de la théorie avec Acron (= segment 1) et 5 métamères (soit un total de 6 segments)			→	

Ainsi, on discute toujours sur le sujet depuis plus de 100 ans et réalise des travaux de biologie du développement incessants pour savoir si le labre est oui ou non un appendice lié à un métamère propre, ou si celui-ci est seulement une expansion cuticulaire qui n'a pas valeur d'appendice et qui serait porté par le métamère portant les mandibules. Le labre est dans tous les cas une pièce buccale située en avant de la bouche, mais sa nature appendiculaire est discutée

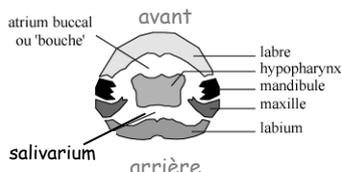
Quoi qu'il en soit de cette controverse, la manière dont sont portées les pièces buccales sur la tête définissent les deux groupes phylogénétiques rencontrés chez les Hexapodes: les **Entognathes** dont les appendices péribuccaux majeurs (Md, Mx1 et Mx2) sont *internes* (= dans une cavité) et les **Ectognathes** qui sont égaux aux **Insectes** dont les pièces buccales sont *externes*.



## Les Arthropodes Mandibulés

### Les Hexapodes: tête et pièces buccales

Chez les Insectes (= ectognathes) la tête comprend 4 types de pièces buccales véritables:



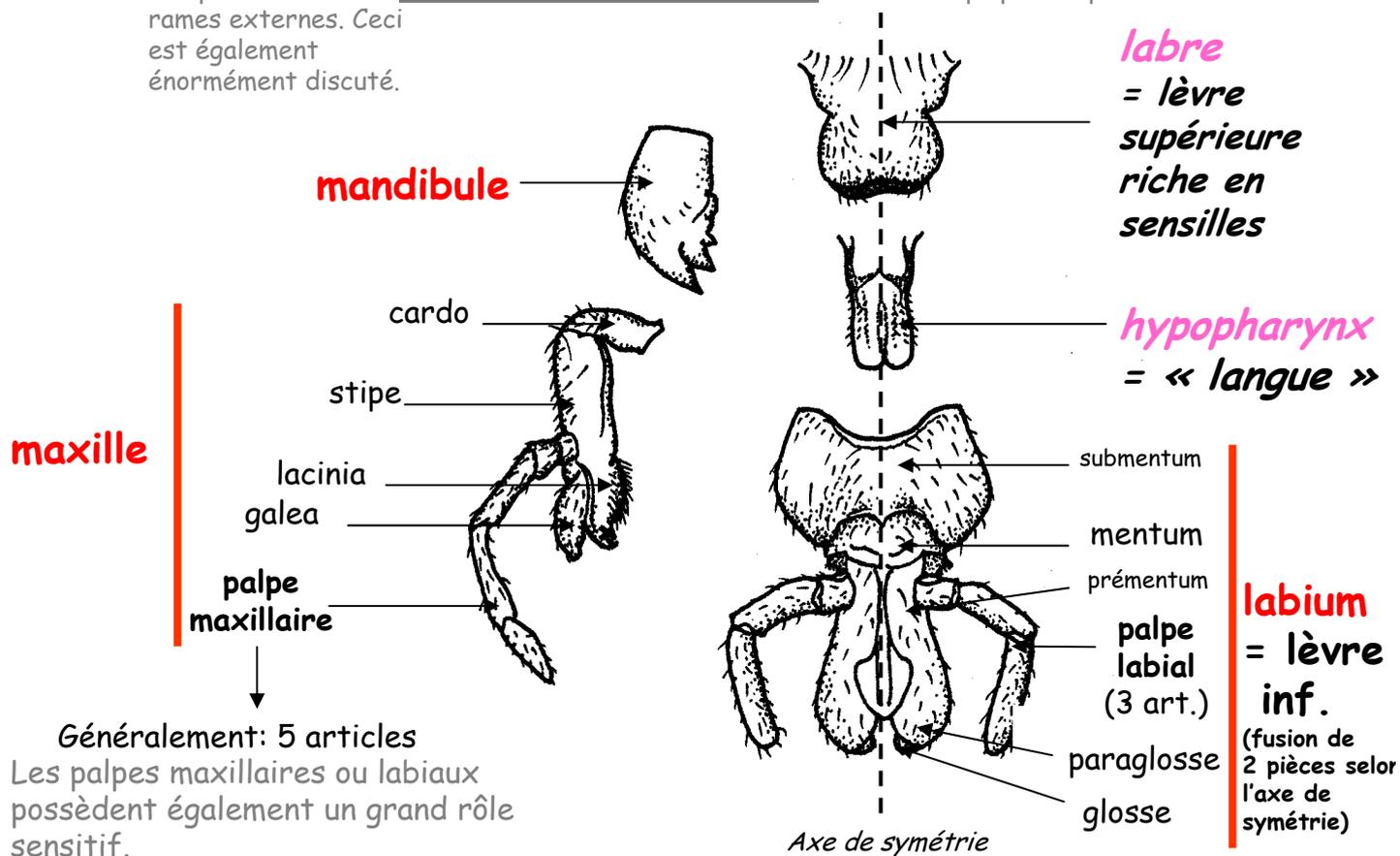
- le **labre**, dont on ne sait pas s'il est un appendice mais qui est une pièce buccale innervée, sensitive qui joue le rôle de lèvre antérieure. C'est une structure impaire.
- une paire de **mandibules** (Md = appendice articulé)
- une paire de **maxilles** (Mx1 = appendice articulé)
- un **labium**, pièce impaire, qui résulte de la fusion d'une seconde paire de maxilles (Mx2 = appendice articulé) et qui joue le rôle de lèvre postérieure.

Il s'ajoute à ces pièces une autre pièce impaire, centrale: l'**hypopharynx**. Celui-ci est une expansion chitineuse du plancher buccal qui n'a pas valeur d'appendice et qui joue le rôle de langue.

Le tout forme un ensemble intégré et les pièces postérieures définissent un **salivarium** où débouche les glandes salivaires (sous l'hypopharynx).

Ces pièces buccales peuvent avoir de nombreuses déclinaisons (trompe des papillons, proboscis des mouches, stylets piqueurs des moustiques ou des punaises; cf. p. 7 et 8). Ci-dessous est donnée l'organisation du **type broyeur** (blatte, criquet,...) qui est parmi le plus primitif chez les Insectes.

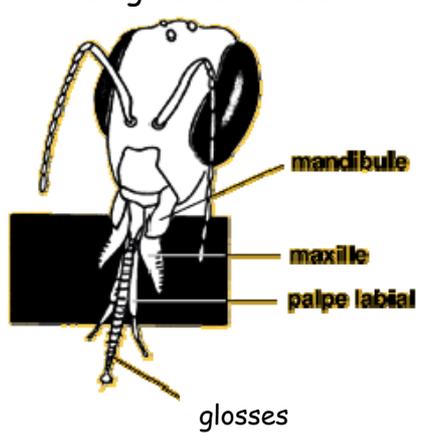
Noter que seuls les mandibules sont uniramés; les maxilles et le labium peuvent être vues comme des pièces biramées de manière similaire aux Crustacés et dont les palpes respectifs seraient les rames externes. Ceci est également énormément discuté.



# Les Arthropodes Mandibulates

## Les Hexapodes: tête et pièces buccales

Les principaux types de pièces buccales d'Insectes sont données ci-dessous à titre d'illustration. Ce ne sont que des exemples: les puces, les larves d'Odonates, etc., ont inventé également de solutions très particulières.

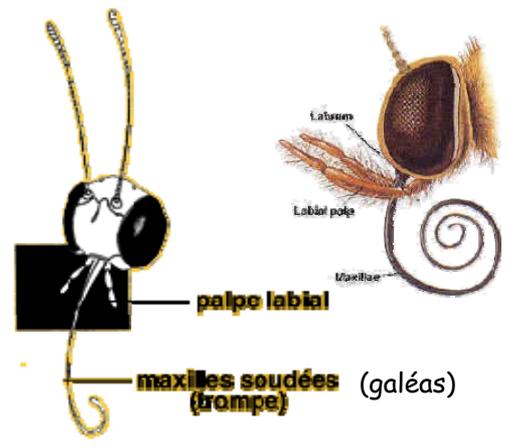


### ■ Type Lécheur



### ■ Type suceur maxillaire

palpes maxillaires

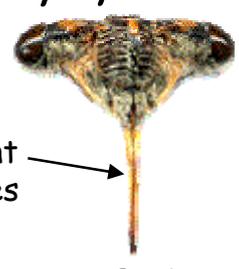


### ■ Type suceur labial



### ■ Type piqueur-suceur

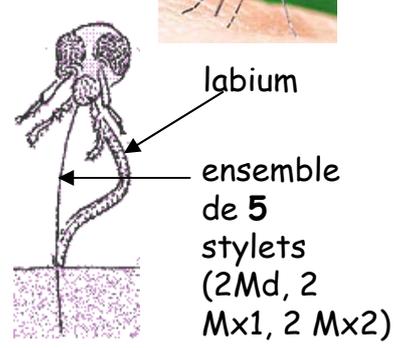
rostre labial contenant les autres p.bucc.



*Punaises, cigales, etc.*



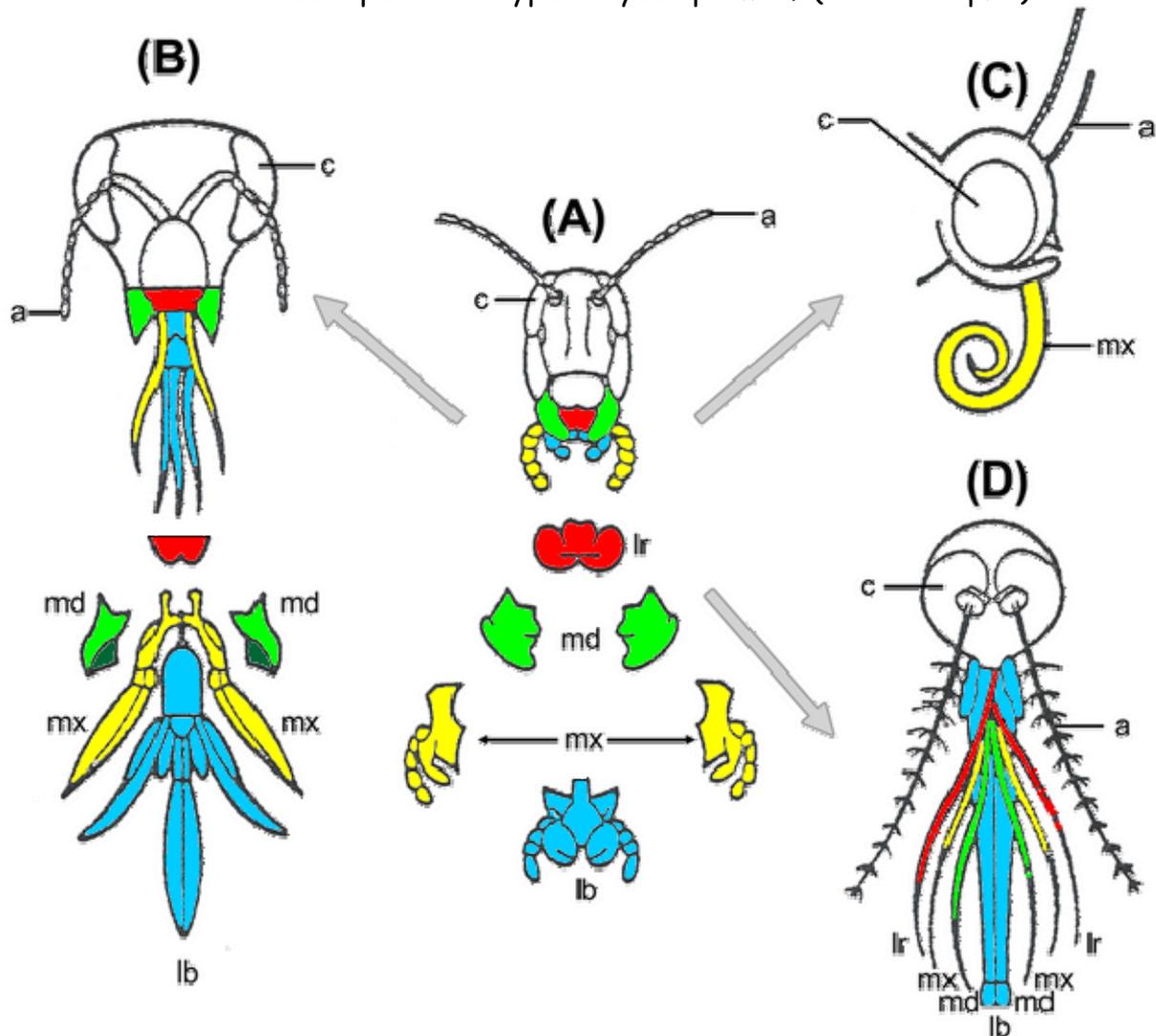
Mouche tsé-tsé (1 stylet : l'hypopharynx)



## Les Arthropodes Mandibulates

### Les Hexapodes: tête et pièces buccales

Ces types de pièces buccales correspondent à des hyper-développements ou au contraire à des réductions voire disparition de certaines pièces buccales. Leur forme, les éléments respectifs de chacune d'entre elles peuvent être modifiés. Par exemple, chez les Lépidoptères, les maxilles sont hypertrophiés. Une illustration est donnée ci-dessous à partir du type broyeur primitif (voir aussi p. 6)



md = mandibule

mx = maxille

lr = labrum

lb = labium

A. Broyeur

B. Lécheur

C. Suceur Maxillaire

D. Piqueur / suceur (cas du moustique)

## Les Arthropodes Mandibulates

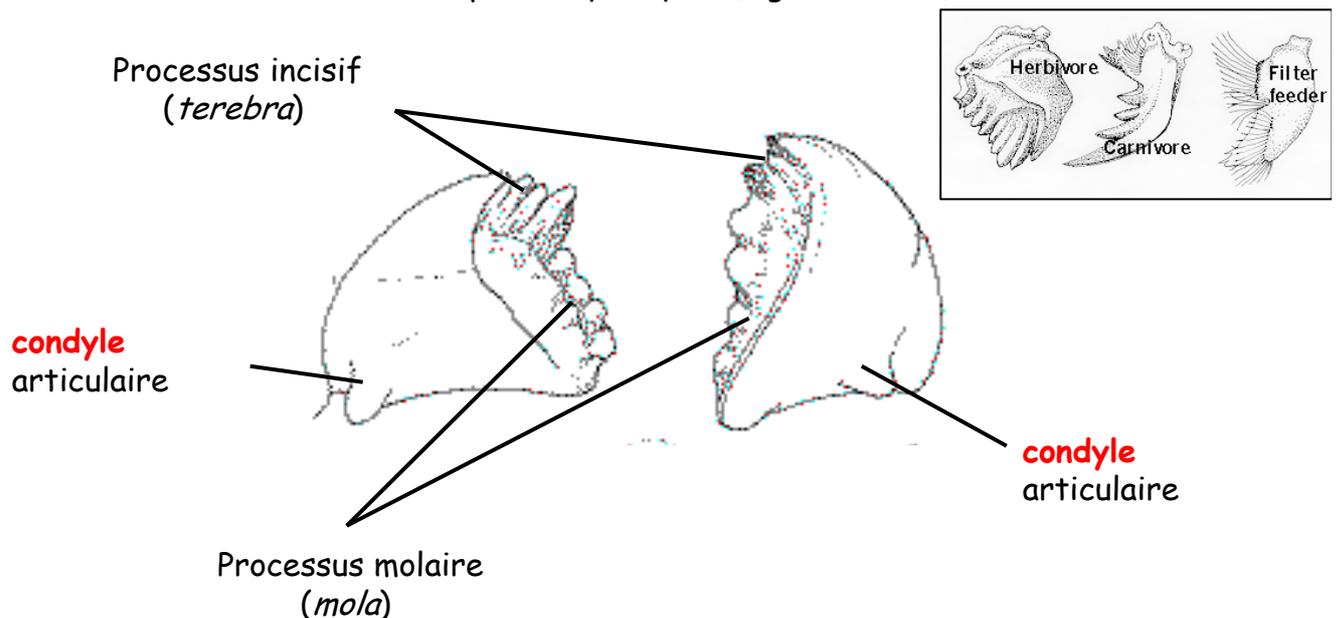
### Les Hexapodes: tête et mandibules

Les mandibules sont bien entendu les principales pièces buccales. Elles s'articulent sur la capsule céphalique à l'aide d'apodèmes généralement bien développés. Leur structure de base dans le cas de pièces buccales broyeuses est illustrée ci-dessous. On distingue deux processus:

- un **processus incisif** qui sert à découper/attraper la nourriture;
- un **processus molaire** servant à la broyer.

Le développement de ces deux processus dépend du régime alimentaire, comme par exemple un régime herbivore dans lequel le processus molaire est de première importance et un régime carnivore correspondant généralement à un processus incisif développé.

Sans tomber dans l'extrême de certaines pièces buccales de la page précédente où les mandibules peuvent totalement régresser à l'état adulte (papillon; type suceur maxillaire) ou disparaître (par ex. mandibules transformées en stylets chez les moustiques), des modifications comme l'apparition de soies filtrantes peuvent être observées chez certaines espèces aquatiques (fig. de droite).



**Phylogénétiquement**, l'élément important de classification au sein des Hexapodes n'est pas la mandibule elle-même mais le **nombre de condyles articulaires**. Les condyles sont les zone d'articulation entre les appendices et la capsule céphalique. **Les Insectes se divisent donc entre ceux qui portent un seul condyle sur la mandibule et ceux qui en possèdent deux.** On parle de **Monocondylés** et **Dicondylés**.

**IL EST DONC INTERESSANT DE REMARQUER QUE LES CARACTERES QUI SOUTIENNENT LA CLASSIFICATION INTERNE AUX HEXAPODES SONT LIES A LA TÊTE (ento- et ectognathes, mono- ou dycondilie mandibulaire)**

## Les Arthropodes Mandibulés

### La tête des Hexapodes: les yeux

La tête et plus précisément l'acron (segment 1) porte deux types d'yeux:

- des **yeux composés** que nous avons déjà évoqué mais qui ne sont parfois présents que chez les adultes,
- des **yeux simples** ou **ocelles** qui peuvent être présents en nombre variables selon les groupes, voire disparaître. Les larves de certains groupes ne portent que des ocelles (ex. chenille p. 4).

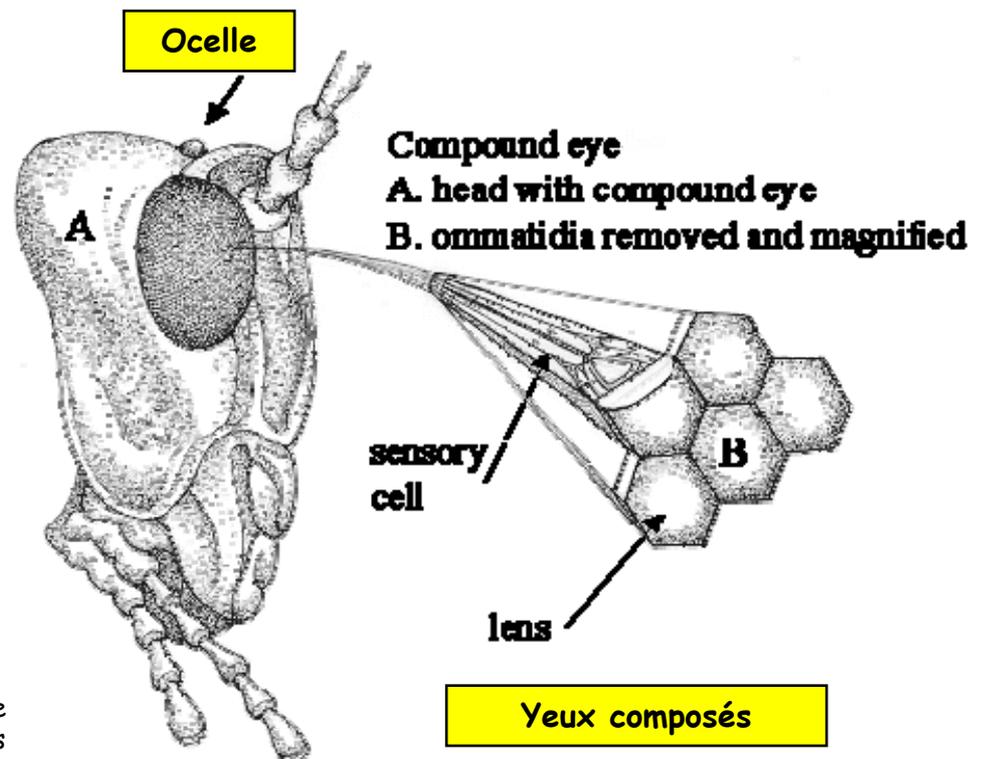
Les yeux ne sont pas des appendices puisque l'acron ne porte pas d'appendice.

L'œil composé regroupe des unités fonctionnelles photoréceptrices: les **ommatidies** construites sur quelques modèle qui ne varient qu'à la marge. Celles-ci peuvent être regroupés en nombres extrêmement variables qui vont de quelques dizaines à quelques milliers. Chaque ommatidie est un système élaboré qui permet la concentration de la lumière au niveau d'un axone récepteur. S'il y a un seul axone par ommatidie alors chaque ommatidie correspond à un seul pixel lumineux (exception chez les Diptères: jusqu'à 7 axones par ommatidie)

Les yeux composés ont très souvent une position supérieure sur la tête\*, et une grosseur relative variable qui permet à ceux-ci de posséder un large à très large champ de vision. Il est également important de se rappeler que leur sensibilité est généralement importante que la nôtre et qu'ils peuvent posséder une gamme élargie de sensibilité aux longueurs d'ondes principalement - mais pas uniquement - vers l'ultraviolet auquel l'œil humain est insensible. Par contre, ils voient rarement le rouge.

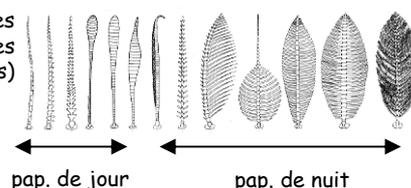


Comment un insecte voit une fleur par ses yeux composés



\*: mais certains insectes de surface peuvent posséder un double champ oculaire: l'un leur permet de regarder sous l'eau, l'autre hors de l'eau. Pratique...

Diversité des antennes  
chez les seuls Lépidoptères  
(papillons)



## Les Arthropodes Mandibulés

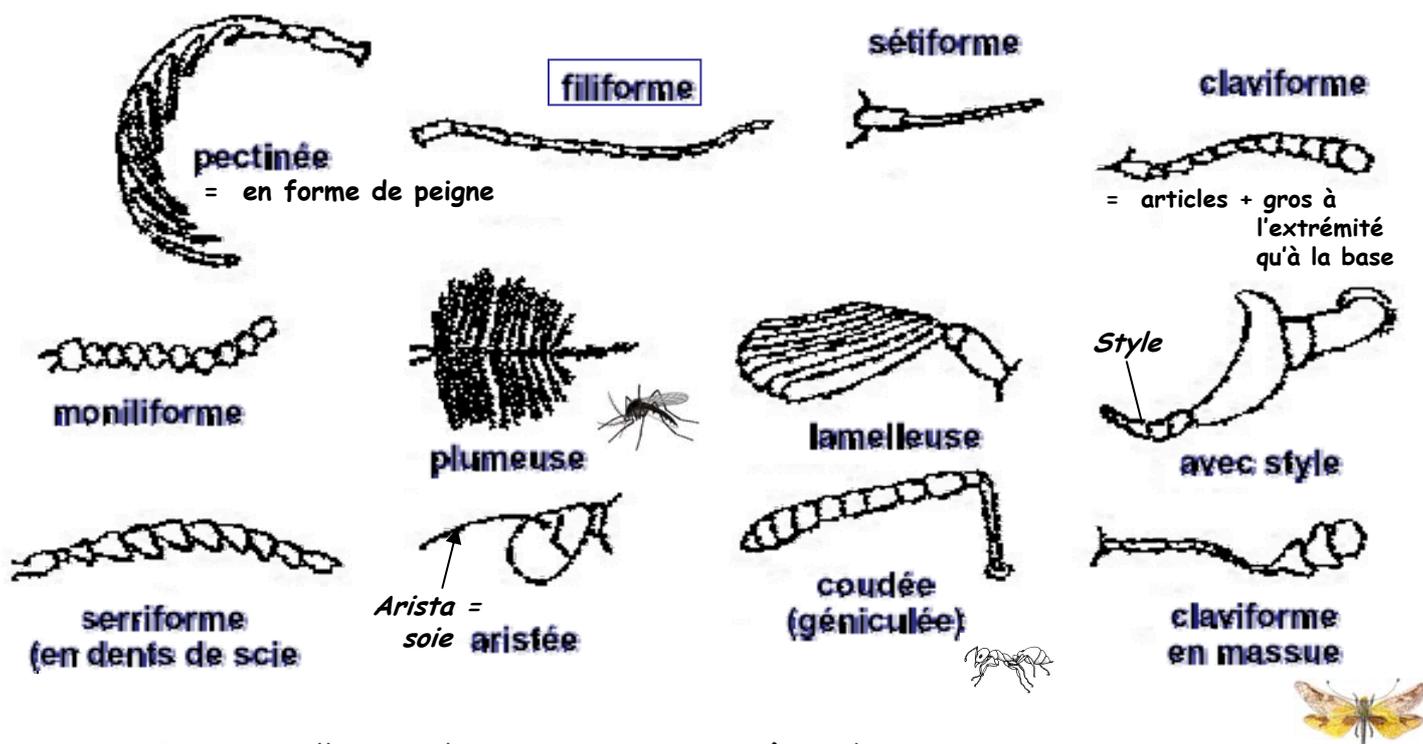
### La tête des Hexapodes: les antennes

En dehors des pièces buccales, les antennes sont les seuls autres appendices pluriarticulés présents sur la tête des Hexapodes. Elles sont portées par le 1<sup>er</sup> métamère (2<sup>ème</sup> segment, p. 5)

Ils n'en possèdent qu'une seule paire qui, comme chez les Myriapodes, est homologue de la première paire d'antenne des Crustacés.

Ces antennes sont fondamentalement uniramées comme les autres appendices des Hexapodes)

Chez les Hexapodes des groupes ancestraux (Entognathes; Dicondylés) ces antennes sont normalement filiformes mais il existe de très nombreuses variations chez des groupes considérés comme plus récents. Certains exemples sont donnés ci-dessous.



Fonctionnellement, les antennes peuvent être des:

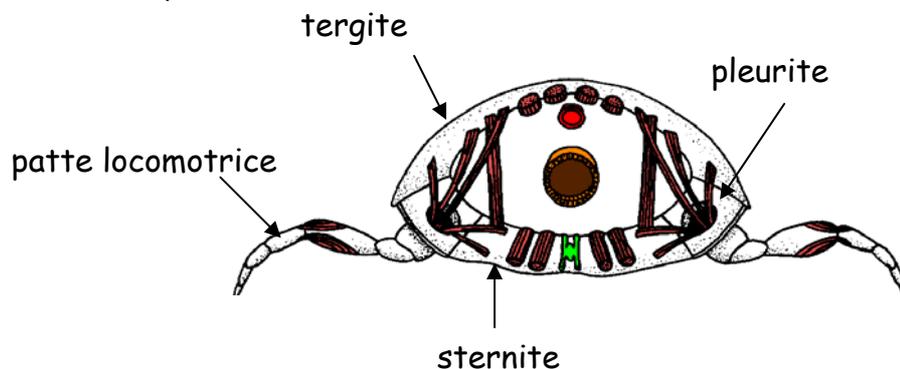
- récepteurs olfactifs
- récepteurs sensibles à l'humidité
- récepteurs auditifs (chez les moustiques)
- récepteurs permettant d'évaluer la vitesse du vent (chez certaines mouches)
- peuvent servir, par leur contact, à communiquer (fourmis, abeilles,...)

## Les Arthropodes Mandibulés

### Le thorax des **Hexapodes**: les pattes uniramées

Le thorax est le tagme locomoteur des hexapodes puisqu'il porte les trois paires de pattes articulées.

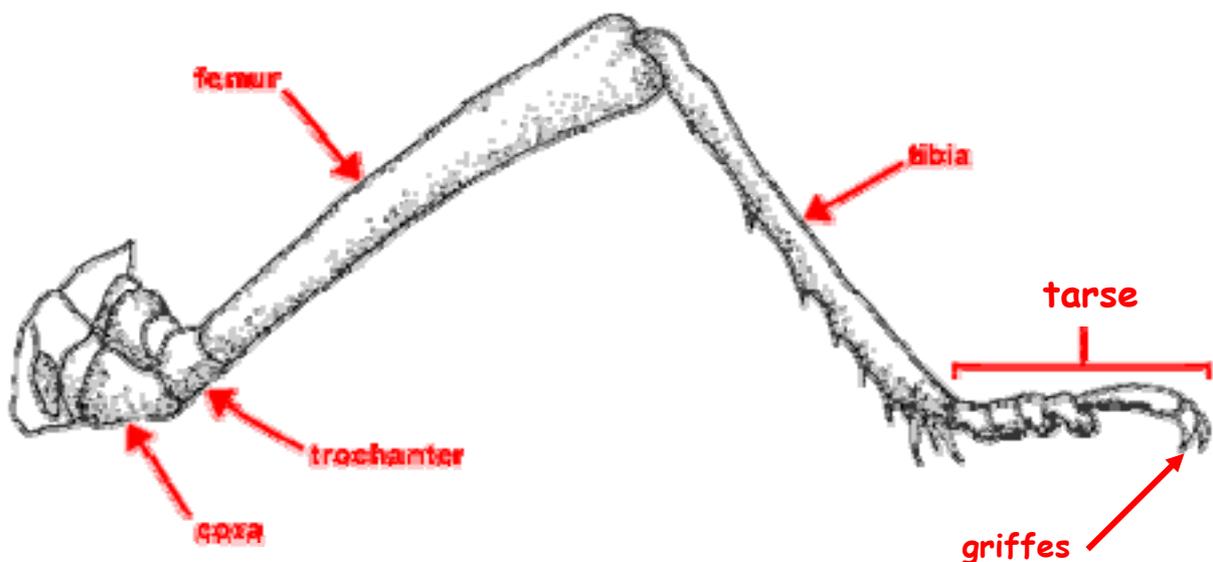
Il est composé de trois segments/métamères nommés respectivement **prothorax**, **mésothorax** et **métathorax** qui chacun porte une paire de ces pattes. Chez un certain nombre d'Hexapodes ou plus précisément d'Insectes où ils est bien visible, ce sont certainement les métamères qui se rapprochent plus du modèle classique du segment arthropodien.



Ces pattes sont **fondamentalement uniramées**, composées de **5 articles successifs**: coxa, trochanter, fémur, tibia, et tarse.

Le tarse est pluriarticulé; le nombre d'articles étant à la base de 5 mais des réductions de ce nombre sont souvent observées.

Il y a très généralement deux griffes qui termine ce tarse, parfois une seule (par ex. les poux)



## Les Arthropodes Mandibulés

### Le thorax des Hexapodes : les ailes

Si les pattes sont présentes chez tous les Hexapodes, chez un certain nombre de groupes **deux paires d'ailes** sont présentes à l'état fonctionnel chez les adultes. Ces ailes sont également portées par les segments du méso- et du métathorax.

Ce critère à valeur systématique chez les Insectes et on différencie donc le groupe des **Ptérygotes** du groupe des **Aptérygotes**. Les Aptérygotes ne portent jamais d'ailes, les Ptérygotes peuvent porter au maximum deux paires d'ailes à l'état adulte mais peuvent en perdre une paire (par. ex. les Diptères) ou les deux (fourmis [ouvrières], poux, puces, etc.). Dans ce dernier cas, on est face à des insectes Ptérygotes qui deviennent secondairement aptérygotes ou aptères.

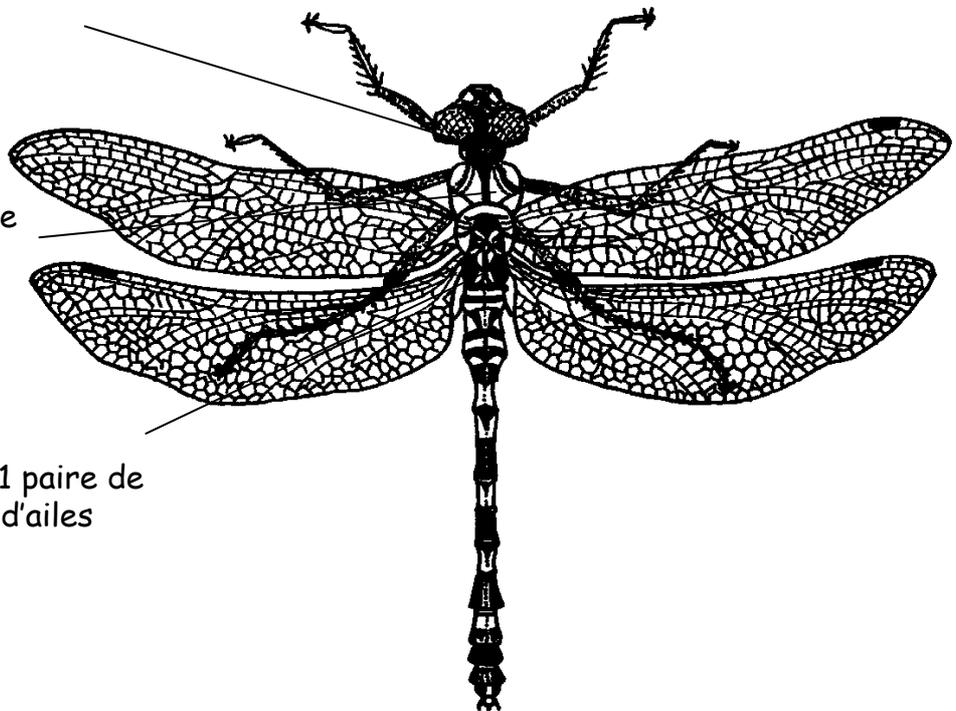
Il est à noter que:

- les Entognathes sont des Hexapodes aptérygotes (mas ce ne sont pas des Insectes: cf. page 5; 'aptérygote' est employé ici comme adjectif est n'a pas de valeur de classification);
- les stades larvaires d'aucune sorte ne possèdent d'ailes.

**Prothorax** = 1 paire de pattes, pas d'aile

**Mésothorax** = 1 paire de pattes, 1 paire d'ailes

**Métathorax** = 1 paire de pattes, 1 paire d'ailes



## Les Arthropodes Mandibulés

### Le thorax des Hexapodes : les ailes (suite)

Les ailes sont des structures membraneuses complexes qui apparaissent sous leur forme fonctionnelle chez les Ptérygotes lors de la mue imaginale (voir plus loin ce terme), lorsque une larve de dernier stade *ou* une puppe donne l'adulte (ou imago).

Les ailes sont initialement gonflées d'hémolymphe qui est ensuite réabsorbée par le corps de l'animal; ce gonflement permet aux ailes de se déplier. Leur aspect membraneux, durci, résulte également de la formation de la nouvelle cuticule. Elles portent des **nervures**.

Dans les groupes basaux d'Insectes Ptérygotes, elles ne peuvent se replier l'une sur l'autre et lorsque l'individu se pose les ailes restent individualisées comme sur l'illustration de la page précédente (un Odonate [libellule]). Ce groupe est celui des Insectes Ptérygotes **Paléoptères**.

Si les paires d'ailes se replient vers le corps et sont capables de se chevaucher on parle de Insectes Ptérygotes **Néoptères** qui sont de loin les plus courants.

Toute une nomenclature est associée aux ailes des Insectes Ptérygotes et cette nomenclature est importante en systématique. Nous n'entrerons pas dans les détails ici, mais pour comprendre les principes de base il faut savoir qu'il existe:

- des **champs alaires** résultent des divisions entre les **nervures longitudinales** des ailes. Les nervures longitudinales principales sont les nervures issues du corps de l'animal;
- des **nervures transverses** (ou **nervules**) qui relient des nervures longitudinales entre elles;
- des **cellules** qui sont les zones délimitées par un ensemble de nervures longitudinales et transversales.

Les variations et importances relatives de ces différents éléments ainsi que leur disparitions éventuelles sont à la base des critères systématiques.

C = costale

Sc = sub-costale

R = radiale

M = médiane

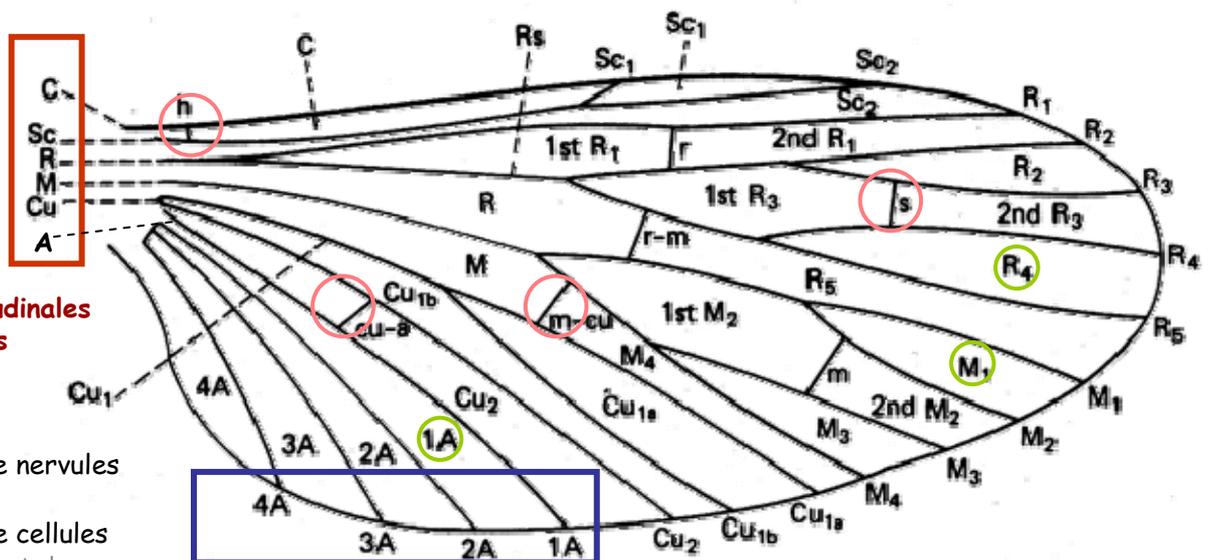
Cu = cubitale

A = anale

**Nervures longitudinales principales**

○ = exemple de nervures

○ = exemple de cellules  
(chaque cellule porte le nom de la nervure supérieure à la cellule)



**Nervures longitudinales anales** (2A, 3A, 4A) dérivant par division de 1A; les zones 1A à 4A définissent le champ anal. Les autres champs peuvent être déduits de cet exemple

## Les Arthropodes Mandibulés

### Le thorax des **Hexapodes** : les ailes (suite)

L'importance des ailes chez les Insectes Ptérygotes et leur possibilité de se replier vers ou sur le corps fait que celles-ci vont très souvent recouvrir le corps et en particulier l'abdomen.

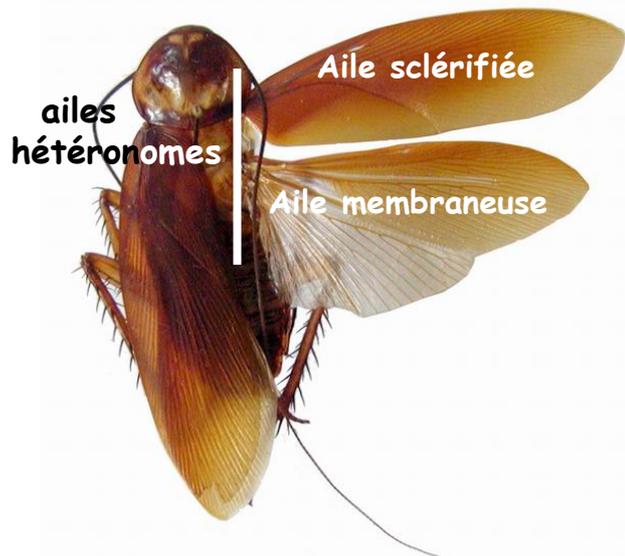
La première paire d'ailes va évoluer vers un rôle de protection. Elles ne seront alors plus fonctionnelles et ne joueront plus aucun rôle dans le vol.

La seconde paire d'ailes restera fonctionnelle.

Les ailes étant différentes morphologiquement, ces ailes sont alors hétéronomes.

Ces ailes seront partiellement sclérifiées par une cuticule épaisse et on parlera d'**hémélytres** comme c'est le cas chez la blatte vue en TP (mais aussi la mante religieuse, les punaises, les grillons, etc.).

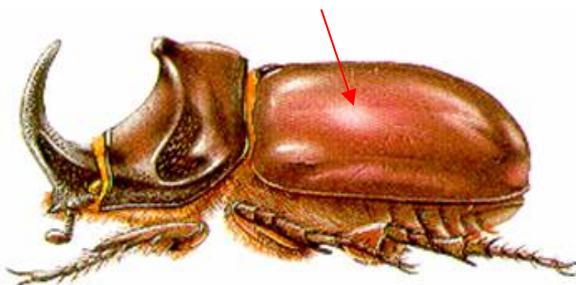
→  
Les **hémélytres**  
de la blatte.



Elles peuvent devenir complètement sclérifiées, plus épaisses et ornementées, recouvrant l'abdomen complètement dans le plupart des cas. On parle d'**élytres** qui sont caractéristiques du groupe des Coléoptères ou des Dermaptères (groupe des perce-oreilles).

**Élytre** (couvrant tout l'abdomen\*)

**Élytre** (ne couvrant pas tout l'abdomen)



Un coléoptère (*Oryctes nasicornis*)



Un dermaptère (*Forficula sp.*)

\* : la grande majorité des Coléoptères portent des élytres couvrant tout l'abdomen à l'exception notable des staphylins qui ont un faciès de... Dermaptères (sans en être)

## Les Arthropodes Mandibulates

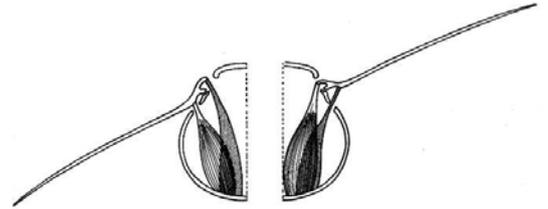
### Le thorax des Hexapodes : le vol

Il existe deux mécanismes musculaires présidant au vol chez les Hexapodes Insectes: un mécanisme direct, un mécanisme indirect. Ils peuvent être complétés et donc complexifié par d'autres ajustement permettant la rotation des ailes, etc. Nous n'entrerons pas dans les détails complexes de la biomécanique.

#### Le système direct

Ce système implique tout simplement que les muscles sont directement attachés aux ailes.

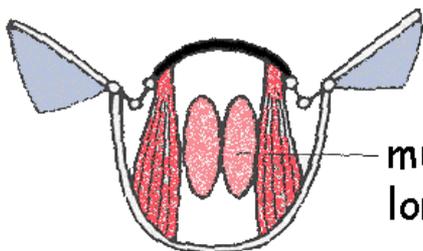
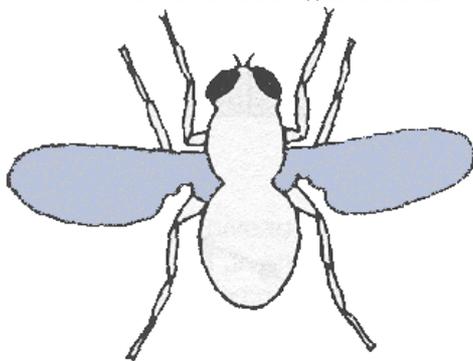
Pour chaque aile il existe donc une paire de muscles dorso-ventraux qui permet pour l'un de soulever l'aile, pour l'autre de l'abaisser. C'est donc un jeu de contraction-décontraction de ces muscles qui permet les mouvements du vol. Avec deux paires d'ailes ce système nécessite une coordination extrême qui est assurée par le système nerveux central. Ce dernier point est une contrainte forte. Néanmoins les Orthoptères comme les criquets possèdent un tel système (les criquets étant pour certains de bons migrants il ne faut pas voir dans ce système quelque chose d'inopérant mais de coûteux).



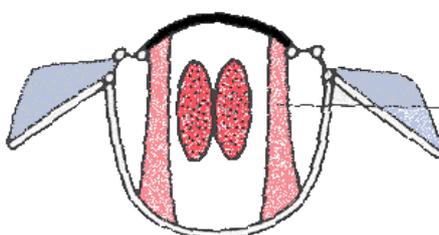
#### Le système indirect

Dans ce système les muscles ne sont pas attachés directement aux ailes mais il existe des muscles dorso-ventraux (du sternite au tergite, un seul muscle par aile)

et des muscles longitudinaux. Les muscles dorso-ventraux assurent le mouvement des ailes vers le haut en tirant sur les tergites. Les muscles longitudinaux font remonter les tergites en se contractant et faisant ainsi descendre les ailes. Le mouvement est transmis aux ailes par un système de "cliquet" plus ou moins complexe que l'on trouve à la base de chaque aile. Les ailes pivotent durant le vol autour de ce système. D'un point de vue sensori-moteur, le système nerveux doit initier le système, le moduler, mais le mouvement lui-même s'auto-entretient quasiment seul ce qui est avantageux. Les Diptères comme la mouche (ci-contre) possèdent un tel système. Chez ceux-ci il est possible d'atteindre plus de mille battements d'ailes à la minute.



muscles  
longitudinaux



muscles  
dorso-ventraux

## Les Arthropodes Mandibulés

### L'abdomen des Hexapodes

L'abdomen étant fondamentalement viscéral, il est possible de le décrire par l'anatomie puisque les principaux organes des différents systèmes y sont bien représentés. Nous ferons cependant une place particulière aux systèmes anatomiques uniquement par la suite.

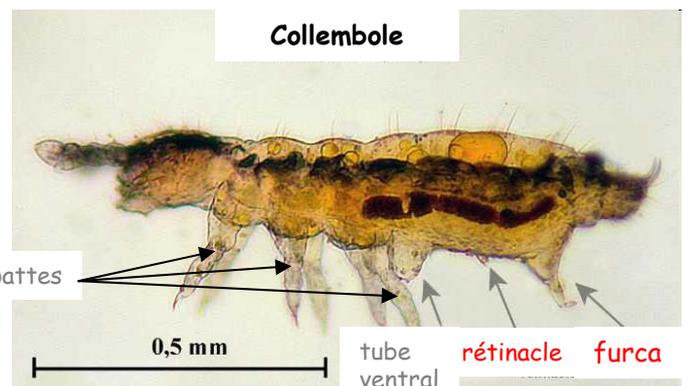
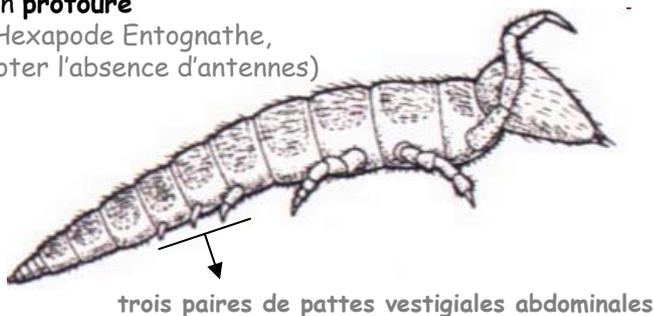
Par rapport à de nombreux autres Arthropodes, l'abdomen des Hexapodes porte peu ou pas d'appendices. La plupart du temps, ceux-ci se réduisent à des appendices génitaux (les *genitalia*, qui ont souvent un grand rôle en systématique) et à des **cerques** latéraux qui possèdent les caractéristiques classiques des appendices hexapodiens puisqu'ils sont uniramés et multiarticulés (voir le TP sur la Blatte). Ces types d'appendices sont situés uniquement à l'extrémité postérieure de l'abdomen. Chez les Hexapodes les plus évolués, toute trace d'appendice peut disparaître.

**Par contre**, chez les Hexapodes Entognathes (= ceux qui ne sont pas des Insectes), un certain nombre d'appendices est présent sur cet abdomen. Il s'agit:

- chez les Collemboles d'un réтинacle et d'une furca (= fourche) qui leur servent à sauter jusqu'à 50 fois leur taille. La furca vient s'insérer dans le réтинacle, sa brusque libération produit le saut. Il existe chez les collemboles un tube ventral qui n'est pas segmenté donc n'a pas valeur d'appendice. Il est étonnant que ces appendices ou que ces structures soient impaires puisque les appendices vont normalement fondamentalement par paire sur le segment arthropodien (voir Arthropodes\_1).

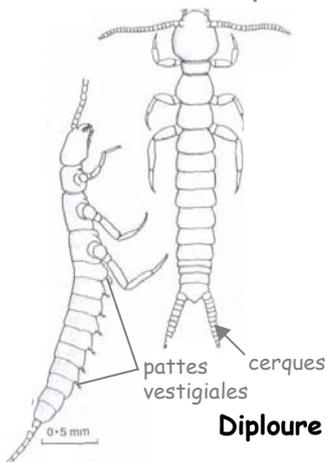
#### Un protoure

(Hexapode Entognathe, noter l'absence d'antennes)



- chez les Protoures il existe trois paires de pattes vestigiales sur les trois premiers segments abdominaux;

- chez les Diploures, il existe deux cerques latéraux à l'extrémité abdominale **mais aussi** parfois des structures abdominales paires interprétées comme des pattes vestigiales (non présentes chez toutes les espèces)



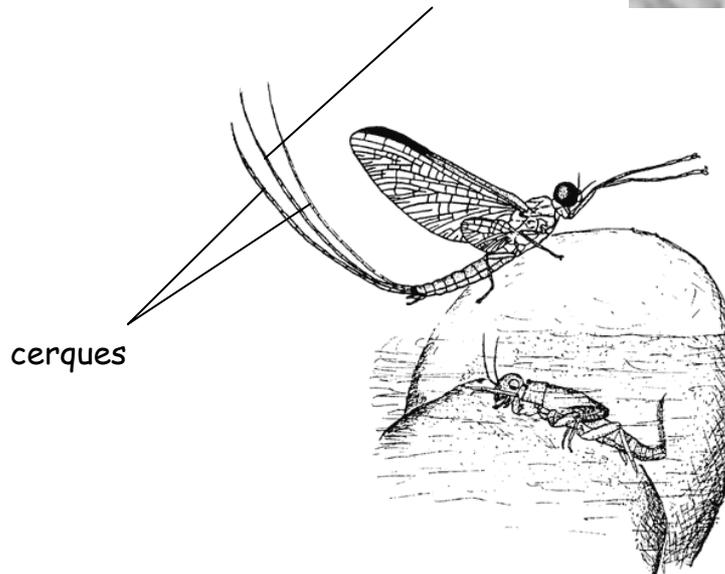
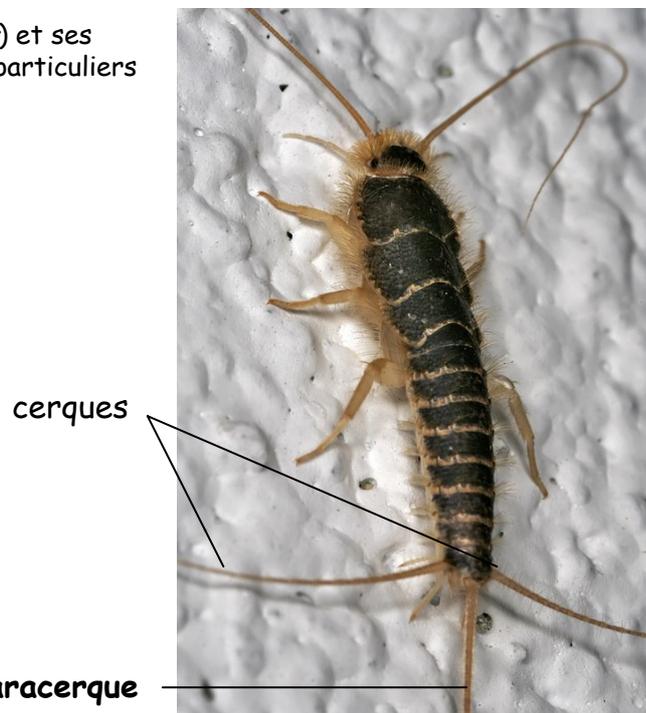
## Les Arthropodes Mandibulés

### L'abdomen des Hexapodes (suite)

Enfin des Hexapodes Ectognathes Aptérygotes « primitifs » portent une disposition d'appendices abdominaux particulières. Ce sont les Archéognathes et les Thysanoures (= Zygentoma) où l'on retrouve en position terminale de l'abdomen **deux cerques et un paracerque central**.

Cette structure avec trois appendices n'est pas pratiquement pas retrouvée dans des groupes plus évolués d'hexapodes (exception: Ephéméroptères, qui restent quand même un groupe assez archaïque puisque ce sont des Paléoptères).

Un Thysanoure (*Lepisma*) et ses appendices abdominaux particuliers



Un Ephéméroptère (imago ailé + larve aquatique).

## Les Arthropodes Mandibulés

### Les cycles de vie possibles chez les Hexapodes

et

### la différence entre mue et métamorphose

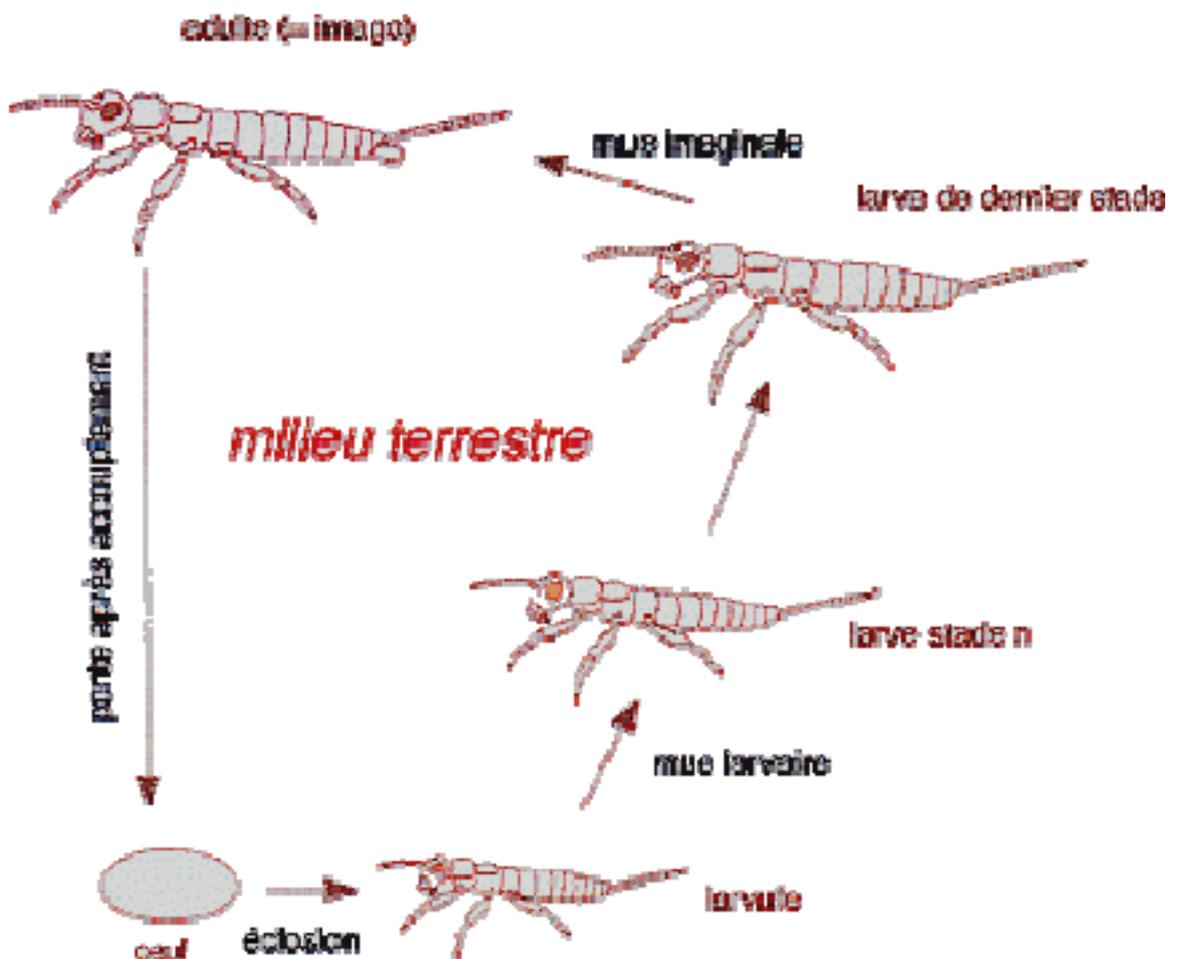
La mue caractérise les périodes de croissance chez les Hexapodes et les autres Arthropodes (voir Arthropodes\_1). La mue caractérise aussi le passage de la vie larvaire (reproduction impossible) à la vie adulte ou vie imaginaire qui est le stade reproducteur.

Ceci peut être atteint de trois manières distinctes.

#### A - Cycle amétabole

Dans ce cycle qui ne concerne que les aptérygotes (c'est-à-dire Collemboles, Protoures, Diploures, Archéognathes, Thysanoures), les larves sont morphologiquement similaires à l'adulte ou imago (donc possèdent œil composé, antennes, etc.). Le développement se fait après une **succession de mues larvaires** auxquelles fait suite une **mue imaginaire** au cours de laquelle l'organisme acquiert la maturité sexuelle.

IL n'y a pas de métamorphose au cours de ce cycle.



## Les Arthropodes Mandibulates

### Les cycles de vie possibles chez les Hexapodes

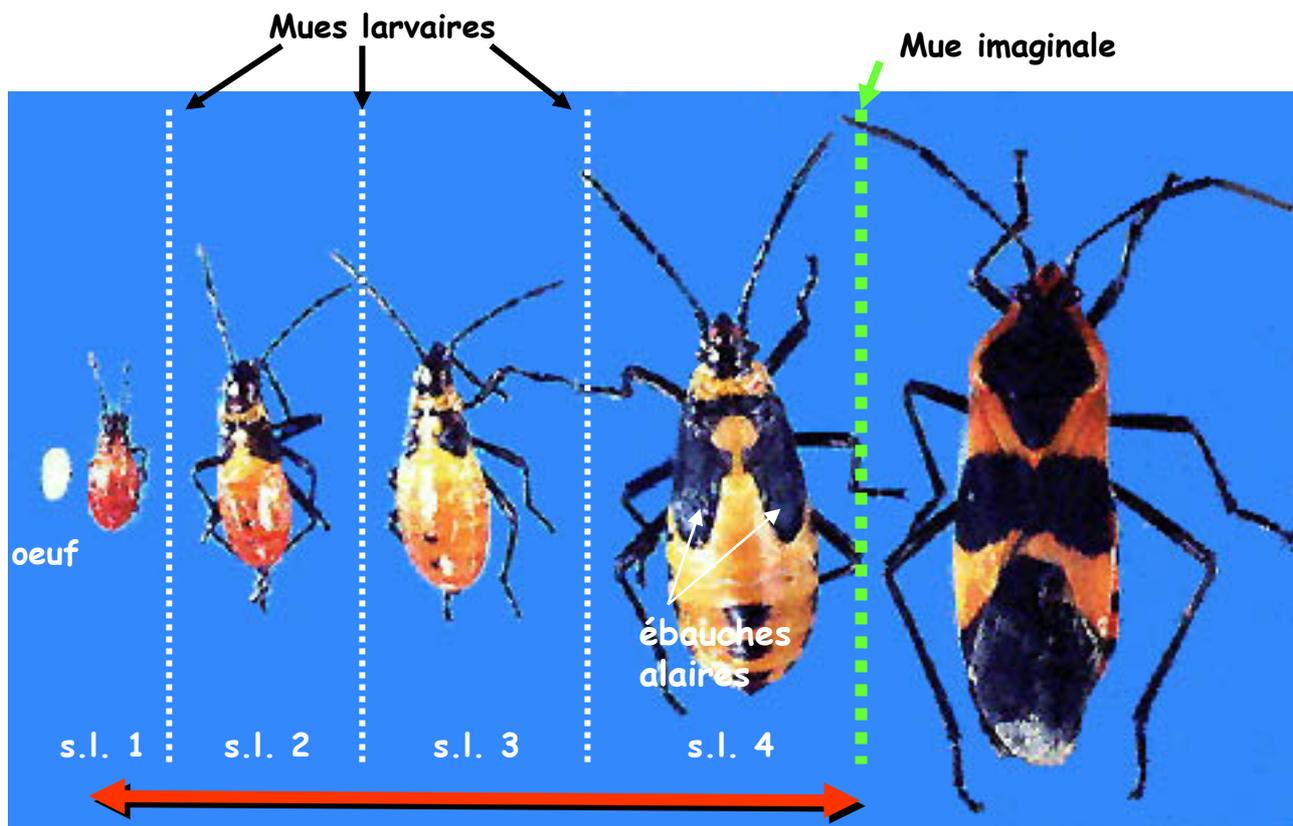
et

### la différence entre mue et métamorphose (suite)

#### B - Cycle Hétérométabole (dit à « métamorphose incomplète »)

Il n'est observé que chez les Insectes Ptérygotes, tant Néoptères que Paléoptères. En plus de l'acquisition du caractère reproducteur lors de la mue imaginale, l'adulte acquiert des ailes fonctionnelles au cours cette mue. Ces dernières n'étaient présentes chez les larves que sous la forme d'ébauches visibles lors des derniers stades larvaires, d'où le terme de métamorphose incomplète car ce n'est pas une apparition 'complète' entre dernier stade larvaire et stade imaginal.

Ces ailes étant décelables à l'état larvaire on parle d'**Insectes Exoptérygotes** (= ailes à l'extérieur durant la vie larvaire). Antennes et yeux composés existent chez la larve



Stades larvaires  
(sans ailes, mais on peut distinguer des ébauches d'ailes dans les derniers stades)

adulte  
imago  
(ailé)

Les **ébauches alaires** sont  
contenues dans des fourreaux externes  
→ **EXOPTERYGOTES**

Seul capable  
de reproduction

## Les Arthropodes Mandibulés

### Les cycles de vie possibles chez les Hexapodes

et

### la différence entre mue et métamorphose (suite)

Dans le cas des Hétérométaboles on distingue deux sous-types selon que les larves et les adultes vivent ou non dans le même milieu. Souvent le mode de vie est également différent (par exemple prédateur en vie larvaire, phytophage à l'état adulte, etc.)

#### B1 - Cycle Hétérométabole paurométaboles

Chez les Paurométaboles les larves partagent un même régime alimentaire et un même mode de vie que l'adulte c'est-à-dire un mode de vie aérien.

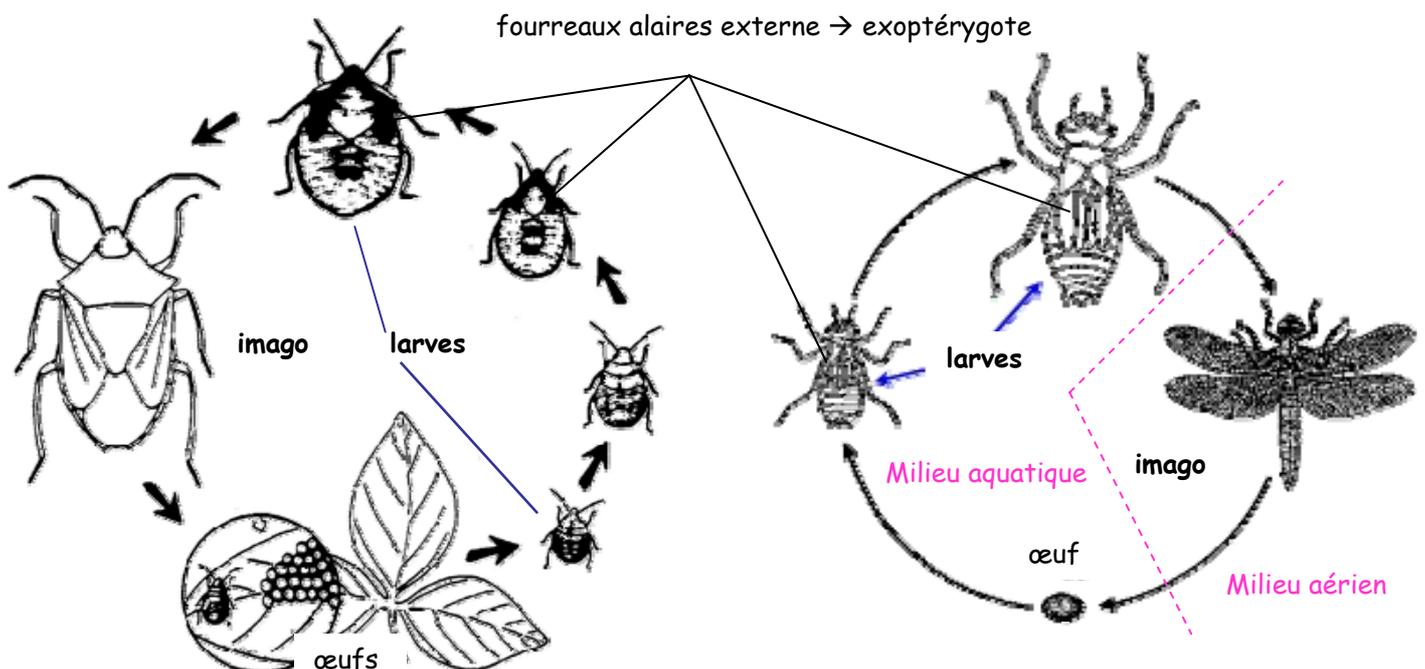
#### B2 - Cycle Hétérométabole hémimétaboles

Chez les Hémimétaboles, les larves sont aquatiques alors que l'adulte est fondamentalement aérien. Donc un hémimétabole est un organisme dont le cycle à cheval sur deux milieux qu'il partage au cours de son cycle de vie (d'où l'utilisation du préfixe 'hémi' = moitié).

Les morphologies et donc le régime alimentaire sont souvent *assez différentes* entre larves et adultes.

Exemple de cycle Hétérométabole  
Paurométabole: une punaise  
(Hémiptère)  
Larves et adultes sont phytophages  
avec des pièces buccales de type  
piqueur-suceur et aériens

Exemple de cycle Hétérométabole  
Hémimétabole: une libellule (Odonate)  
Les larves sont aquatiques; les adultes  
sont aériens.



# Les Arthropodes Mandibulés

## Les cycles de vie possibles chez les Hexapodes

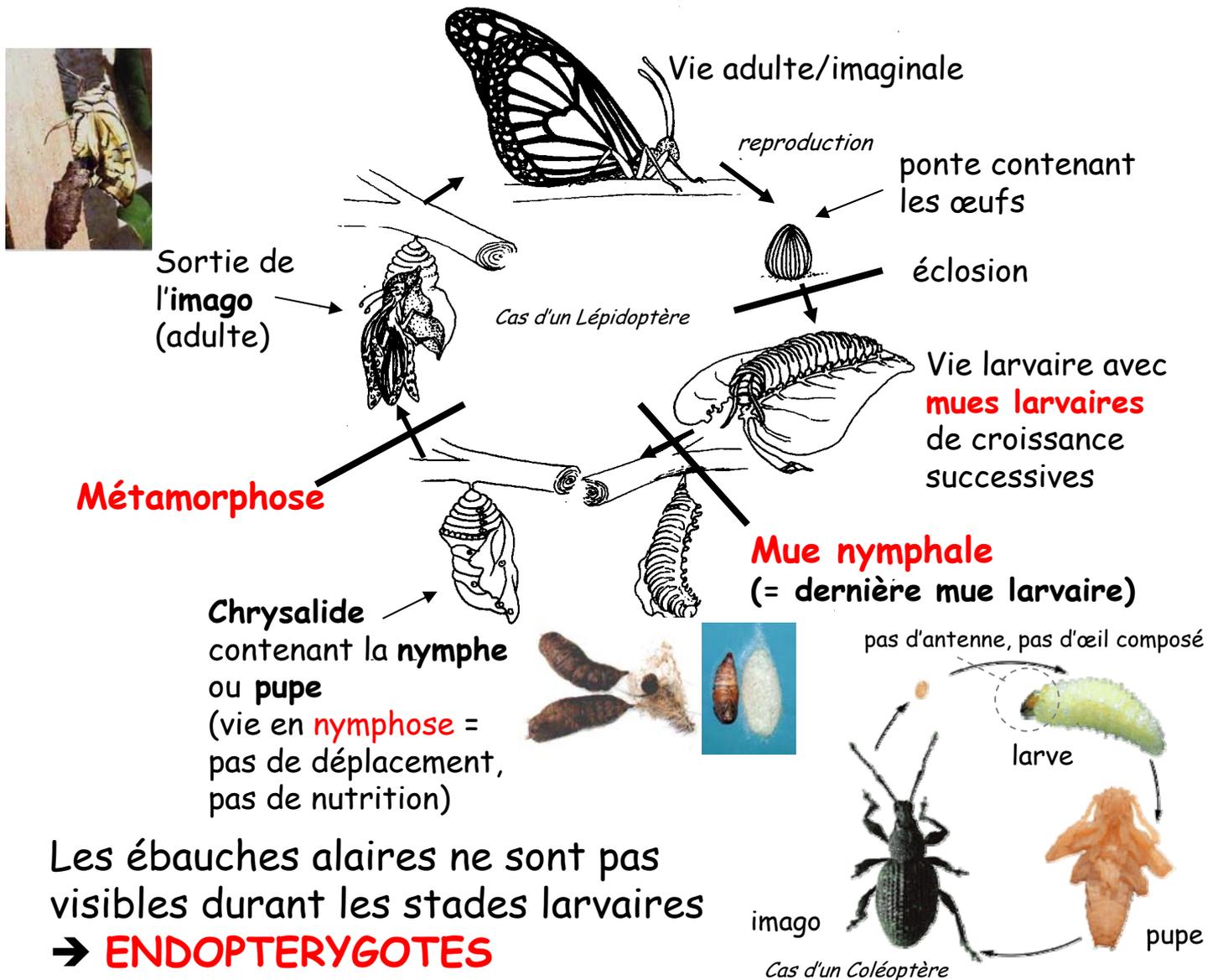
et

## la différence entre mue et métamorphose (suite)

### C - Cycle Holométabole (dit à « métamorphose complète »)

Il n'est observé que chez les Insectes Ptérygotes, uniquement Néoptères. C'est le seul cycle à posséder une véritable métamorphose qui implique un stade intermédiaire entre larves et adultes: la **pupe** ou **nymphe** contenue dans une **chrysalide**. Il existe donc une **mue nymphale** entre le dernier stade larvaire et cette pupe. La **métamorphose** étant le passage entre la pupe et l'imago (il n'y a pas de mue imaginale).

Contrairement aux Hétérométaboles, les larves n'ont quasiment aucun caractère en commun avec l'adulte et surtout **aucune ébauche alaire, ni œil composé (seulement des ocelles), ni antennes**. Les holométaboles sont donc Endoptérygotes. Les morphologies et donc le régime alimentaire sont souvent très différentes entre larves et adultes.



Les ébauches alaires ne sont pas visibles durant les stades larvaires

→ **ENDOPTERYGOTES**

# Les Arthropodes Mandibulates

## Les cycles de vie possibles chez les Hexapodes

### C - Cycle Holométabole et disques alaires

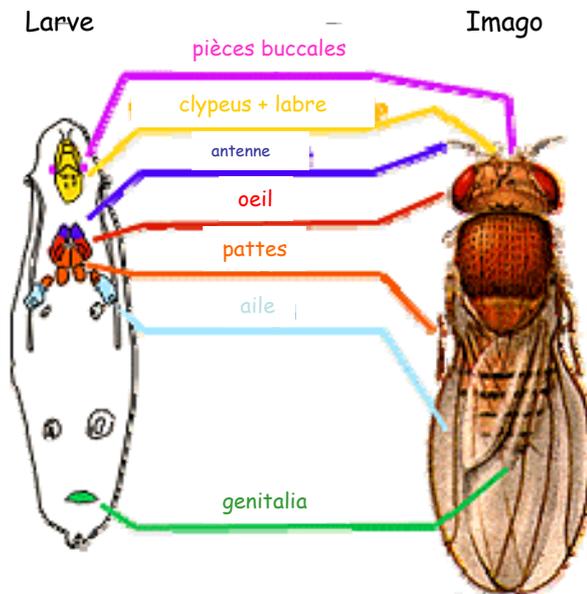
S'il n'y a pas d'ébauches alaires chez les Insectes Holométaboles, les ailes possèdent donc une origine développementale différente.

Cette origine est localisée dans des massifs cellulaires indifférenciés qui - sous l'influence de régulation complexes prenant place lors de la vie nymphale - se différencieront pour donner les deux paires d'ailes. Il s'agit des **disques alaires**.

Les disques alaires font partie des **disques imaginaires** qui sont des territoires cellulaires larvaires où sont spécifiés les organes de l'adulte.

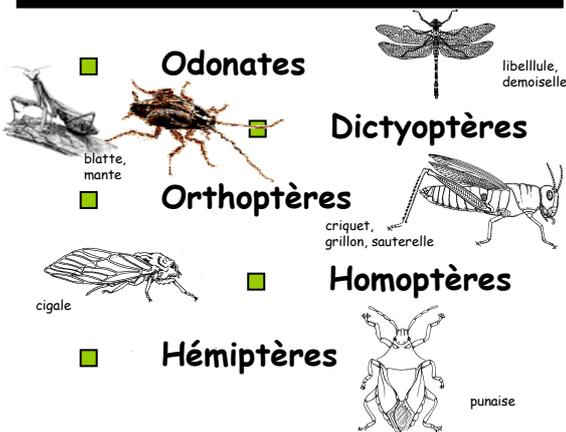
Durant la métamorphose, il y a **histolyse** complète des organes larvaires et recombinaison de l'adulte à partir des cellules des disques imaginaires.

Les taches colorées représentent certains disques imaginaires présents chez la larve (ici un asticot de *Drosophile*). Les correspondances avec *certaines* organes ou structures adultes sont indiquées dont celle des ailes (disques alaires en bleu clair). Noter certains aspects dont un disque imaginal pour l'œil composé situé très en retrait sur la larve alors que celui-ci sera porté par l'acron qui est antérieur sur l'adulte;

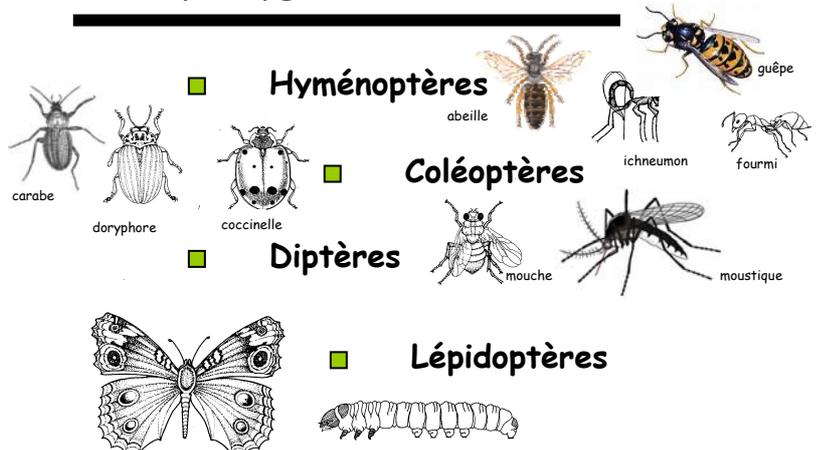


### DES EXEMPLES D'INSECTES:

#### Exoptérygotes = Hétérométaboles



#### Endoptérygotes = Holométaboles



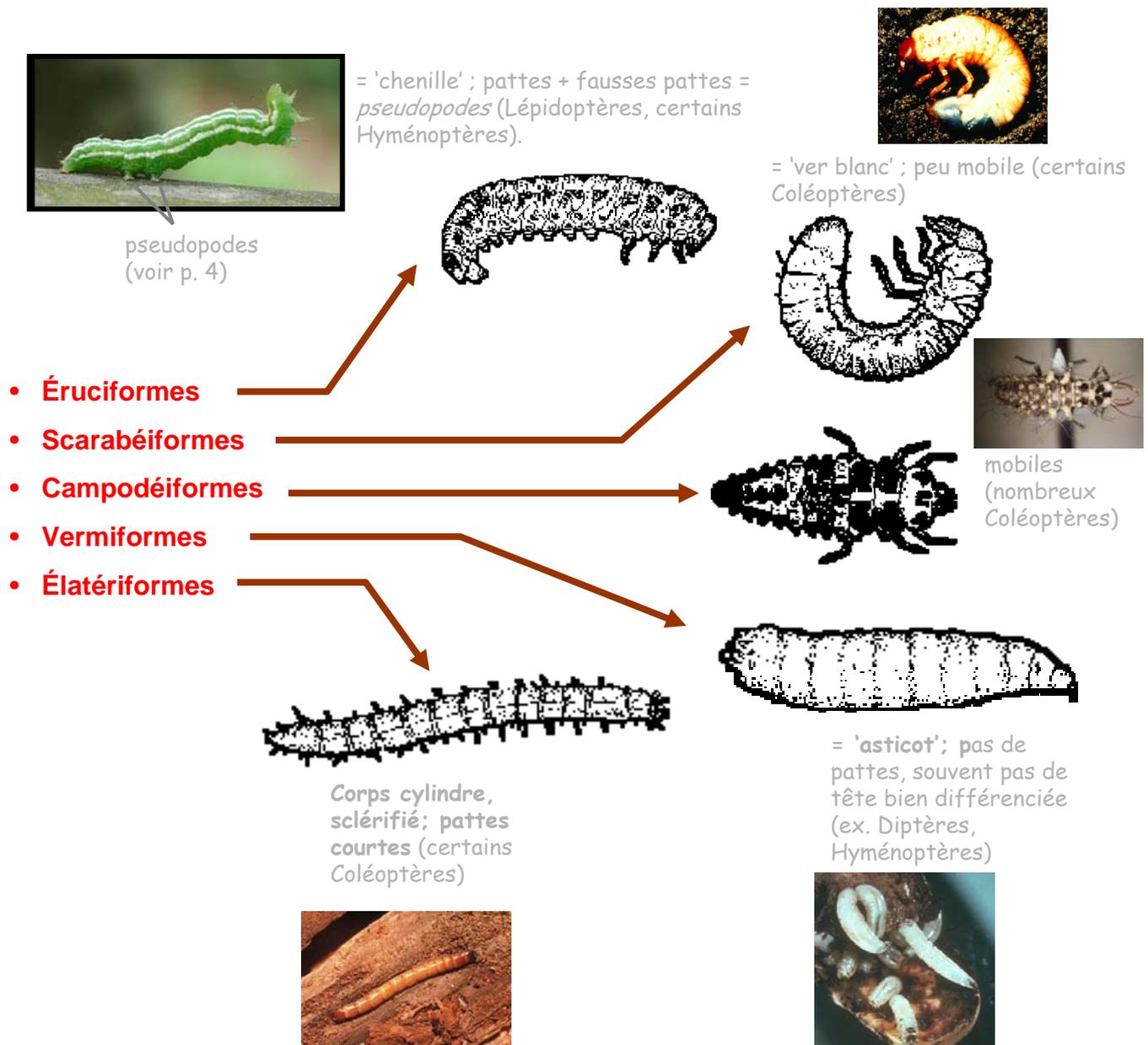
# Les Arthropodes Mandibulés

## Les cycles de vie possibles chez les Hexapodes

### C - Cycle Holométabole et types larvaires

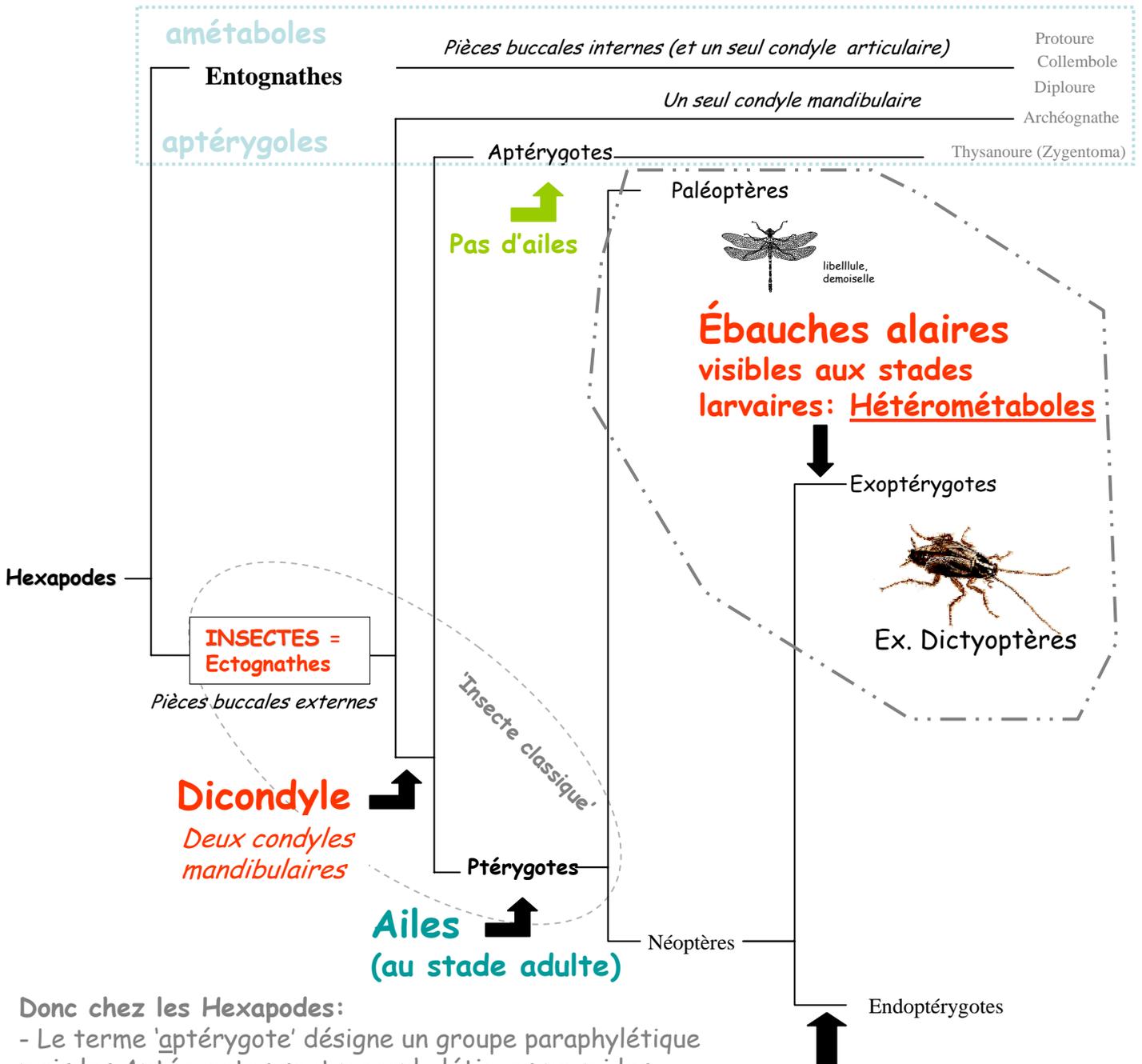
Chez les Holométaboles - *et uniquement chez les Holométaboles* - on distingue plusieurs types de larves. Aucune de ses larves ne possèdent d'ébauches alaires

Ces types de larves possèdent des morphologies distinctes, sont plus ou moins actives



# Les Arthropodes Mandibulés

## Replaçons des caractères dans une phylogénie des Hexapodes



Donc chez les Hexapodes:

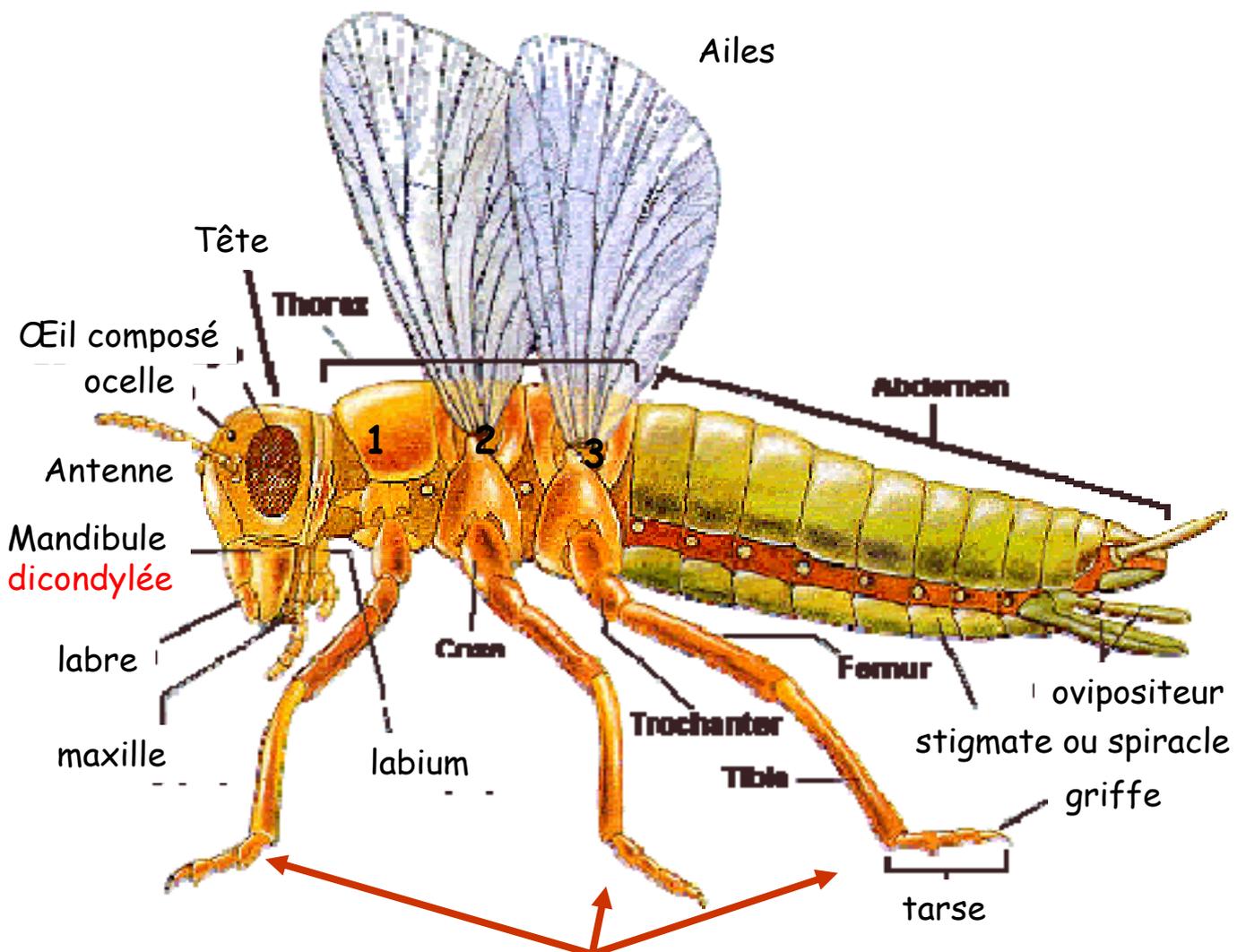
- Le terme 'aptérygote' désigne un groupe paraphylétique mais les Aptérygotes sont monophylétiques parmi les Dycondilés
  - De manière similaire, le terme 'amétabole' désigne un groupe paraphylétique. Idem pour le terme 'hétérométabole'.
  - Par contre, les Holométaboles = Endoptérygotes sont monophylétiques.
- C'est un peu complexe...

**Pas d'ébauches alaires  
visibles aux stades larvaires  
Métamorphose  
Holométaboles**

## Les Arthropodes Mandibulés

### Morphologiquement, qu'est-ce qu'un « Insecte classique »?

C'est un **Hexapode** donc un mandibulate antennate (1 paire d'antennes) dont les métamères portent des appendices uniramés dont trois paires de pattes portées par les trois segments du thorax. Il possède des pièces buccales externes (**Ectognathe**) dont des mandibules possédant deux condyles mandibulaires (**Dicondylé**) et qui - **au stade adulte** - porte des ailes (**Ptérygote**) portées par le méso- et le métathorax (segments 2 et 3 du thorax). Son abdomen porte peu ou pas d'appendices. Ces insectes classiques se divisent alors en Exoptérygotes et Endoptérygotes qui dépendent du cycle de développement de ces organismes (cycles hétéro- ou holométabole).



Chaque segment du thorax porte une paire de pattes = 6 pattes (Hexapodes)



## Les Arthropodes Mandibulés

### Anatomie du tube digestif des « Insectes classiques »

Un intestin d'Insecte est constitué de trois régions successives (voir page précédente):

- l' **intestin antérieur** ou **stomodeum** ("stome" = bouche) qui est un repli ectodermique interne;
- l' **intestin moyen** ou **mésentéron** qui est de nature endodermique;
- l' **intestin postérieur** ou **proctodeum** qui est également un repli endodermique interne.

Par leur nature tissulaire, les régions intestinales antérieure et postérieure subissent des événements de mue.

Elles ne sont pas assimilatrices et seul l'intestin moyen permet l'assimilation des nutriments. Ce dernier peut subir de nombreuses modifications en fonction des régimes alimentaires; la page précédente n'illustre qu'un cas type.

Comme ceci est le cas chez certains autres (Pan)Arthropodes (Tardigrades, Myriapodes, certains Chélicérates...) le système excréteur est en liaison directe avec le tube digestif.

Ce système excréteur est formé de **tubes de Malpighi** qui rejoignent le système digestif à la jonction mésentéron-proctodeum. Ces tubes assurent la filtration de l'hémocœle. Généralement de l'acide urique précipite à cette jonction et est éliminé avec les fèces (ci-dessous).

Si le proctodeum n'a classiquement aucun rôle dans l'assimilation des aliments, l'ampoule rectale de celui-ci a très souvent un rôle important dans l'osmorégulation en réabsorbant l'eau présente dans le tube digestif ainsi qu'en assurant le maintien de l'équilibre sodium-potassium dans l'organisme (ré-absorption des ions potassium dans cette zone).

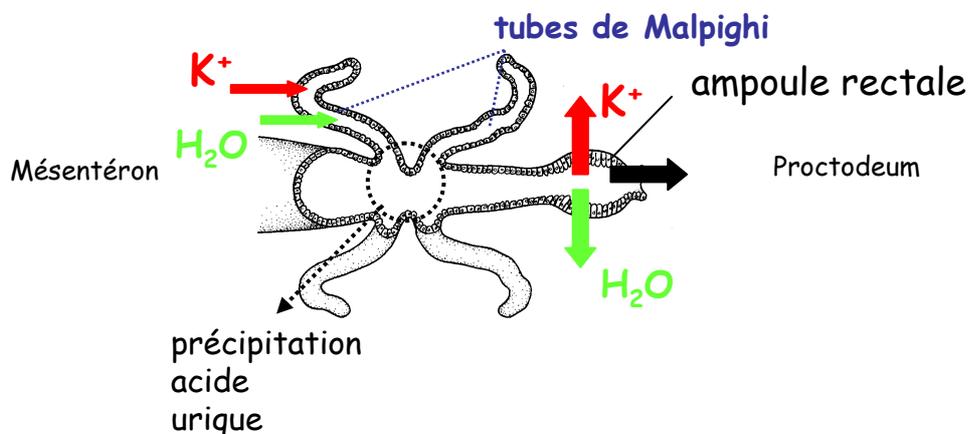
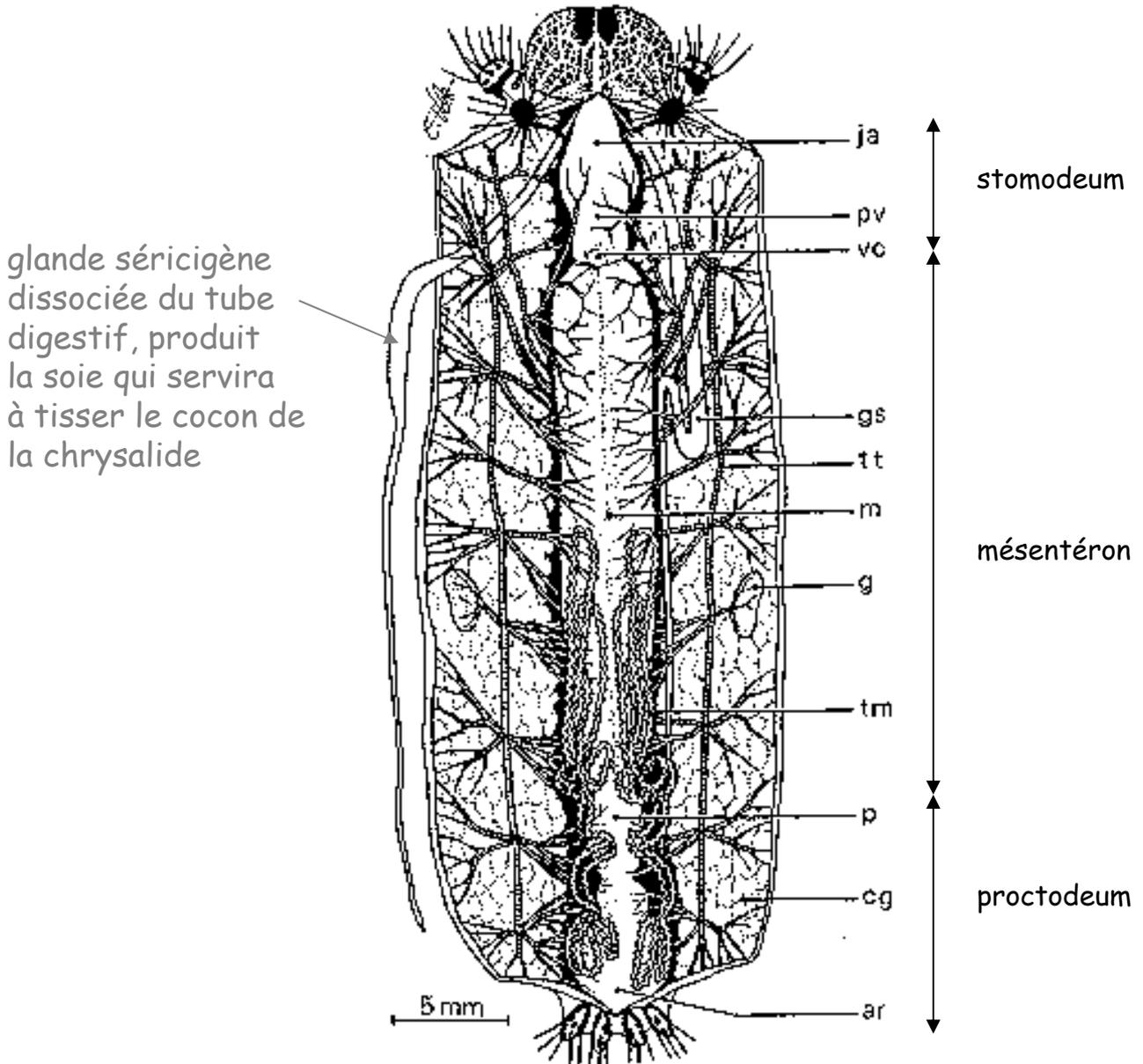


Schéma de principe du fonctionnement du système **excréteur** chez un Insecte

## Les Arthropodes Mandibulés

### Anatomie du tube digestif des « Insectes classiques »

Il est bon de noter que cette structure du tube digestif en trois parties successives est également présentes chez les larves.



Dissection le long de la ligne médio-dorsale d'une chenille (Lépidoptère). **ja**: jabot; **pv**: proventricule; **vc**: valvule cardiaque; **gs**: glande séricigène; **tt**: tronc trachéen; **m**:intestin moyen; **g**: gonade; **tm**: tube de Malpighi; **p**: intestin postérieur; **ar**: ampoule rectale.

## Les Arthropodes Mandibulés

### Anatomie du système circulatoire d'un Hexapode

Comme chez les Arthropodes, le système circulatoire est ouvert et principalement constitué tant chez les larves que chez les imagos d'un vaisseau dorsal dont la totalité ou uniquement certaines régions sont contractiles et jouent le rôle de cœur. Il y a rarement un cœur bien individualisé.

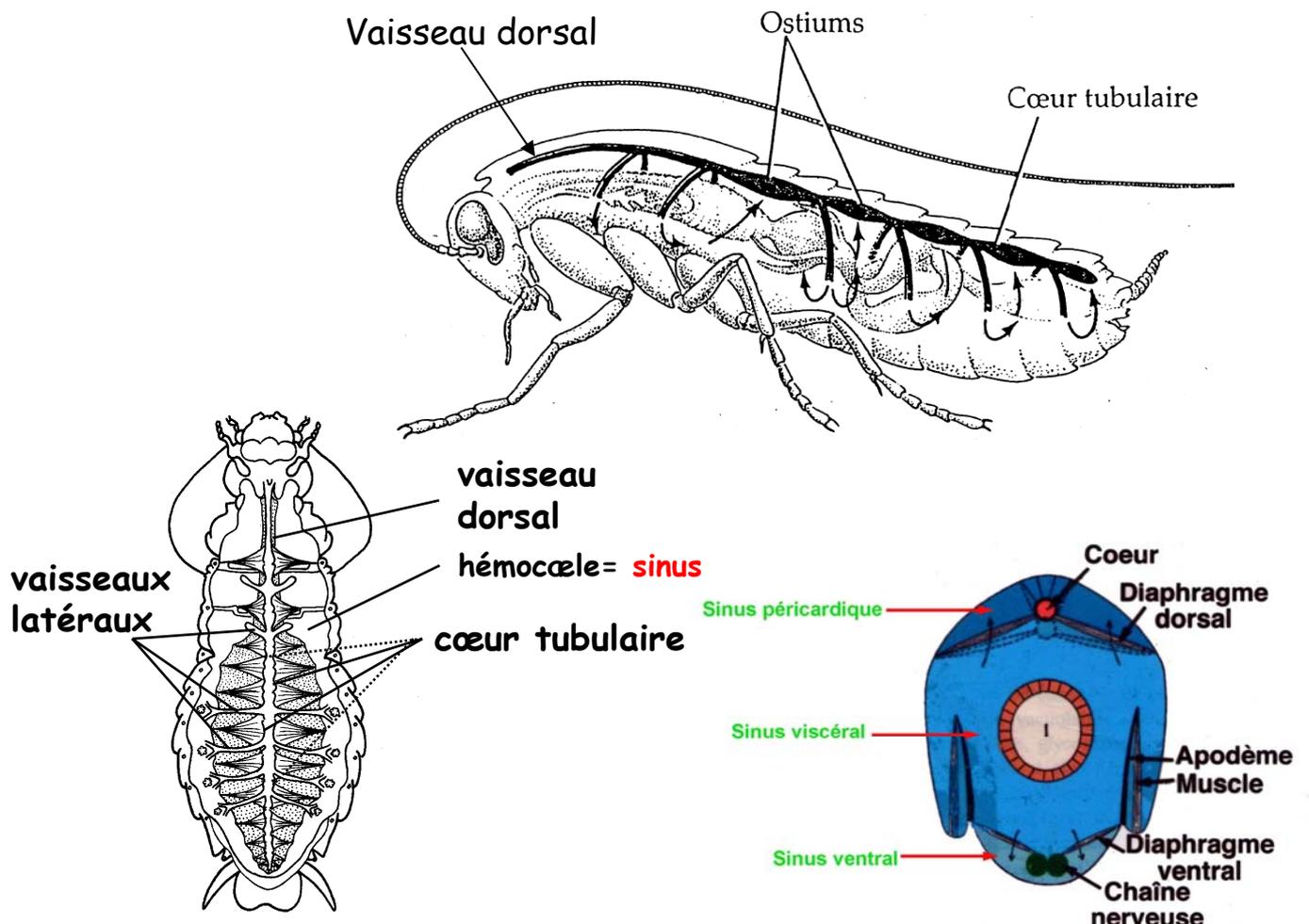
Ce cœur tubulaire est percé d'ostioles (= ostiums) qui récupèrent l'hémolymphe et la réintègre dans le système circulatoire.

Ce système circulatoire est complété par des vaisseaux latéraux en nombre variable qui diffusent l'hémolymphe dans les cavités de l'hémocœle ou **sinus**.

Trois sinus principaux et longitudinaux sont généralement présents au moins dans l'abdomen:

- un sinus péricardique dorsal (cœlomique);
- un sinus viscéral médian où baignent la plupart des organes digestifs, excréteurs (tubes de Malpighi) et reproducteurs;
- un sinus ventral contenant la chaîne nerveuse.

Les mouvements de leurs cloisons (diaphragmes, figure en bas à droite)) assurent la mise en mouvement de l'hémolymphe et donc la diffusion des gaz dissous, des nutriments, des déchets métaboliques présents dans ces cavités.

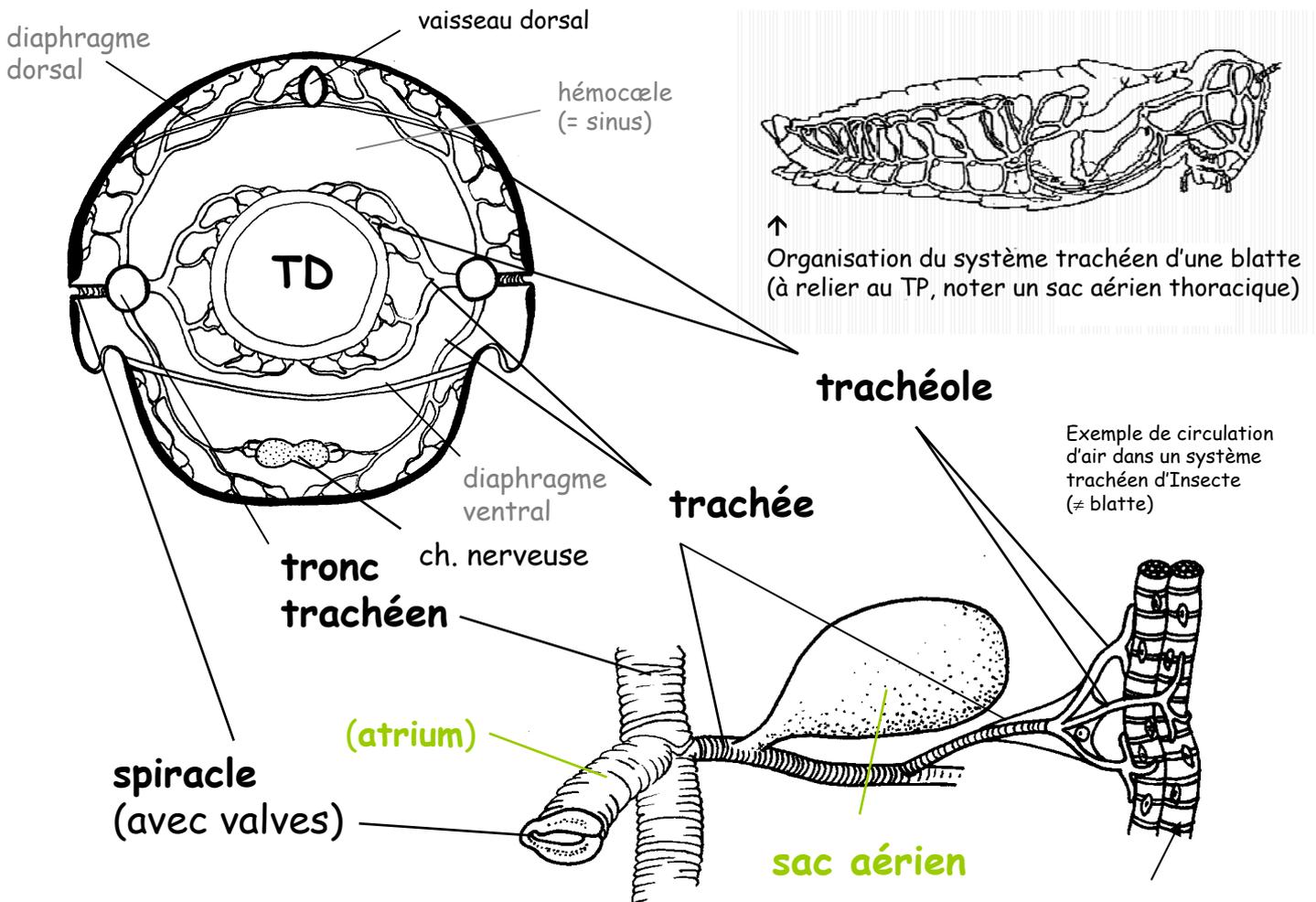


## Les Arthropodes Mandibulés

### Anatomie du système respiratoire trachéen d'un Hexapode

Excepté quand l'oxygène diffuse à travers le tégument, le système respiratoire est généralement basé sur un réseau trachéen complexe qui permet la diffusion de l'air et donc de l'oxygène jusqu'au niveau cellulaire où celui-ci assure son rôle de comburant dans les réactions métaboliques. La traduction morphologique de ce système trachéen est l'ouverture de stigmates (ou spiracles) sur les pleurites des segments arthropodiens abdominaux (voir p. 26). Il n'y a **jamais de poumons chez les Hexapodes** quels qu'ils soient qui sont des **Trachéates** comme les Myriapodes. Les stigmates peuvent être plus ou moins complexes, être en nombre plus ou moins important selon certaines adaptations, posséder de système de quasi fermeture (valves) et de systèmes de filtration dans un atrium qui succèdent au stigmate lui-même empêchant la pénétration d'éléments étrangers dans le système trachéen. Ce système trachéen peut porter ou non les traces d'une métamérie initiale mais celle-ci est souvent altérée.

On observe une succession de **trons trachéens** dorso-ventraux ou longitudinaux, de **trachées** qui diffusent vers le centre de l'organisme puis de **trachéoles** au contact intime des tissus et du système circulatoire dorsal. Des sacs aériens peuvent être présents. Les larves possèdent ces mêmes éléments morphologiques\*.



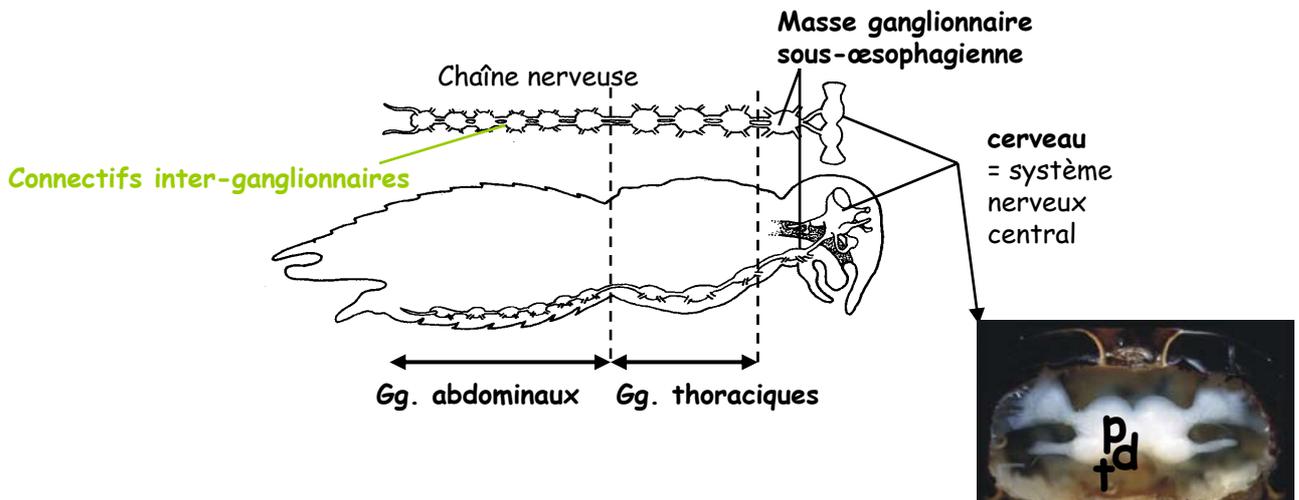
\*: le système trachéen peut être absent chez certaines larves ou chez des Hexapodes de petite taille (par ex. Collemboles, Protoures, cf. p. 17). La respiration est alors tégumentaire.

## Les Arthropodes Mandibulés

### Anatomie du système nerveux d'un Hexapode

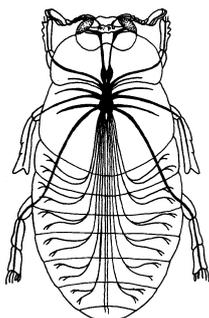
Le système nerveux des Hexapodes est similaire à celui de bien des organismes hyponeuriens:

- une chaîne nerveuse ventrale portant un ganglion (fusion de deux ganglions initiaux) dans chaque métamère,
- les ganglions successifs sont reliés par des connectifs,
- de chaque ganglion partent des nerfs principaux,
- il existe un collier péri-œsophagien déjà rencontré chez les Annélides et les Arthropodes Chélicérates par exemple qui relie un cerveau et une masse ganglionnaire sous-œsophagienne qui résulte de la fusion de plusieurs ganglions de la tête. Il part de cette masse les nerfs innervant la plupart des pièces buccales.

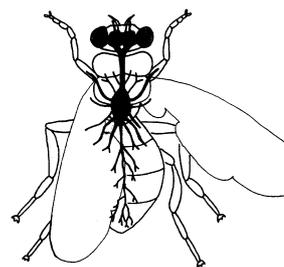


Il est bon de rappeler que le **cerveau** (= système nerveux central) est constitué de la quasi fusion de plusieurs ganglions (on ne peut plus parler de ganglions cérébroïdes) et qu'il est constitué d'un **protocérébron** (p), d'un **deutocérébron** (d), d'un **tritocérébron** (t).

**Donc**, comme chez les Chélicérates, des **phénomènes de fusions ganglionnaires** prioritairement localisés dans la région antérieure caractérisent la chaîne nerveuse des Hexapodes. Ces fusions peuvent être particulièrement poussées dans les groupes d'Insectes Holométaboles les plus évolués et affecter l'ensemble de la chaîne nerveuse.

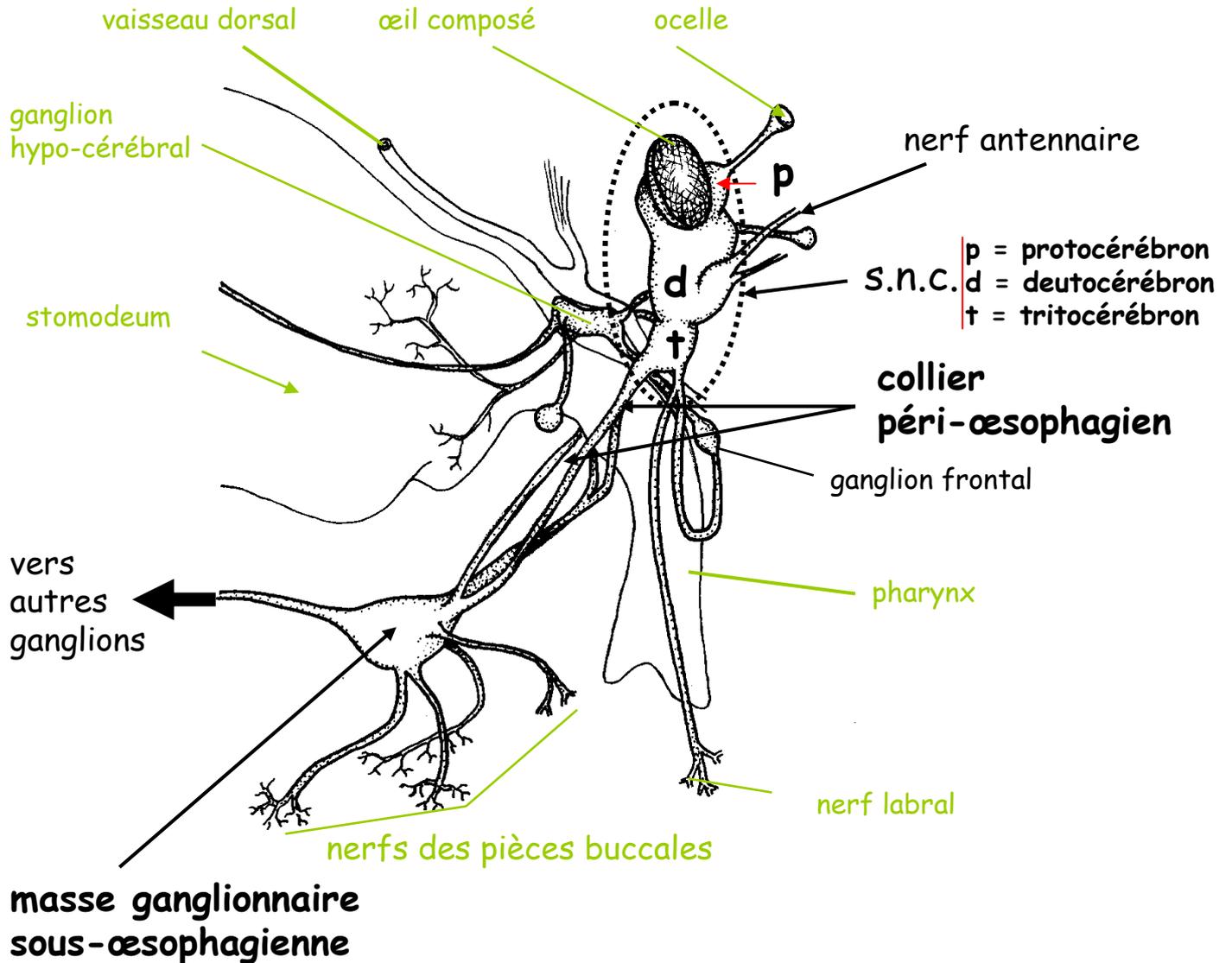


Exemples de condensation du système nerveux chez des Insectes holométaboles. A gauche: cas du hanneton commun (*Melolontha melolontha*, Coléoptère). A droite: cas de la mouche commune (*Musca domestica*, Diptère)



## Les Arthropodes Mandibulés

### Anatomie du système nerveux d'un Hexapode (suite)



Détail de la région antérieure d'une chaîne nerveuse de blatte (Dictyoptère)

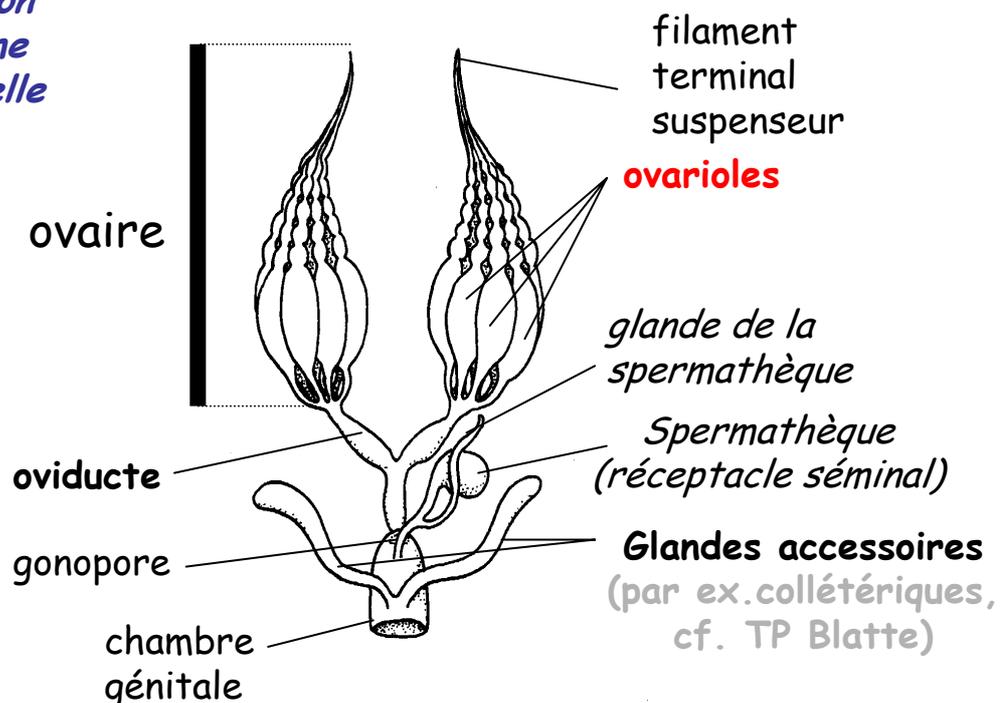
## Les Arthropodes Mandibulés

### Systèmes reproducteurs des Hexapodes

Les Hexapodes sont très largement gonochoriques, même si des cas de parthénogenèse sont bien connus (par ex. de nombreux phasmes, les pucerons au cours de leur cycle de vie, etc.). Leurs systèmes reproducteurs sont variables, mais ils diffèrent essentiellement par les pièces et appendices associés impliqués dans la reproduction (pièces génitales ou *genitalia*) qui sont très souvent utilisés comme critères systématiques. Ces pièces chitineuses complexes visent à assurer le transfert du sperme du mâle vers la femelle afin d'optimiser la reproduction. Notons ici que chez certaines punaises (Hémiptères) il existe aussi un type de reproduction/fécondation traumatique: le mâle perce la cuticule de la femelle en un point x et injecte son sperme directement dans l'hémocœle de la femelle grâce à des pièces génitales fonctionnant comme une seringue hypodermique.

Chez la **femelle**, l'organisation globale peut se résumer par la figure ci-dessous: les ovaires sont généralement pairs et constitués de faisceaux d' **ovarioles** qui sont les unités contenant des ovocytes riches en vitellus. Un utérus leur fait suite. Dans de très nombreux cas on trouve des glandes associées accessoires, une spermathèque pour préserver le sperme (= un événement de reproduction se traduit par de nombreux événements de fécondation) et souvent une chambre génitale à la structure plus ou moins complexe servant à 'recevoir' les pièces génitales mâles.

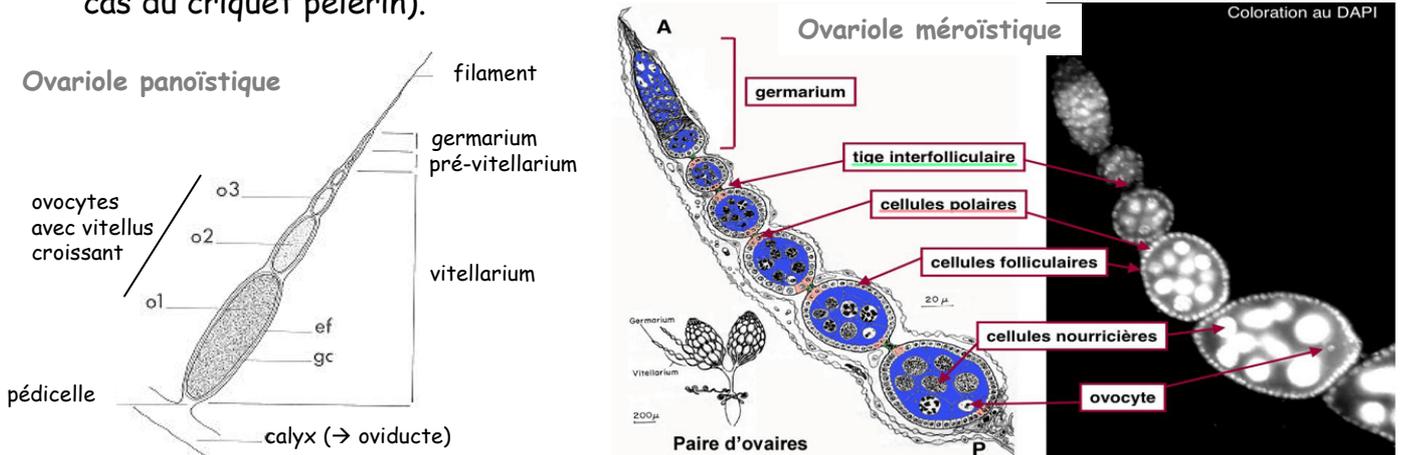
*Exemple  
d'organisation  
d'un système  
génital femelle*



# Les Arthropodes Mandibulés

## Systèmes reproducteurs des Hexapodes

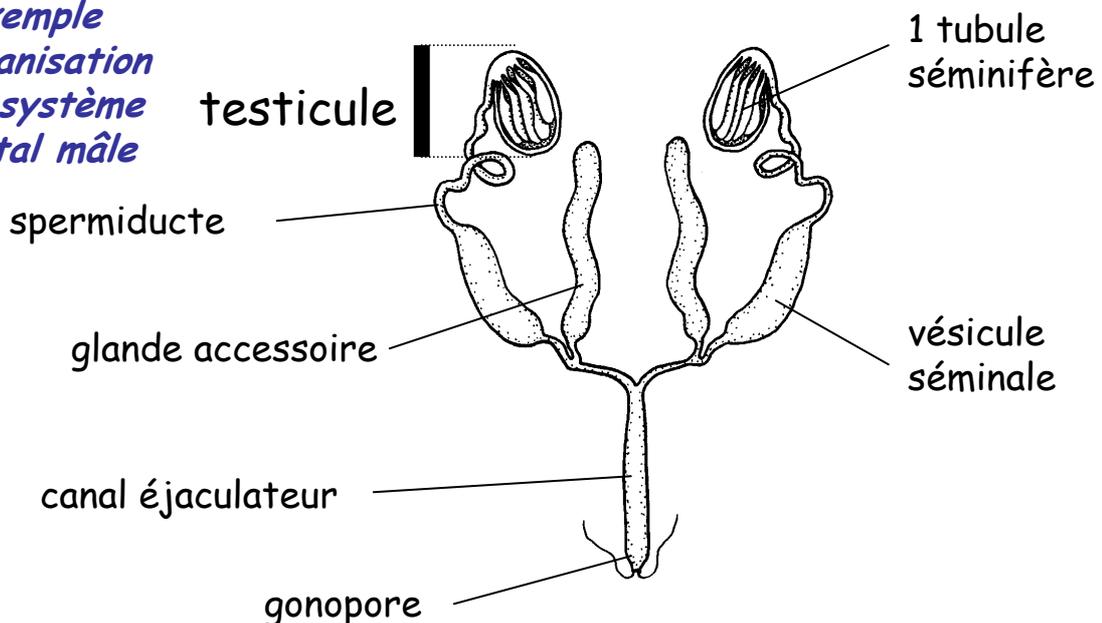
Les ovarioles peuvent être soit de type **méroïstique**, soit de type **panoïstique**. Ceci traduit l'existence ou non de cellules folliculaires et nourricières associées à l'ovocyte dans le développement. Elles sont présentes dans le cas méroïstique (à droite ci-dessous, chez la drosophile), absentes dans le cas panoïstique (à gauche ci-dessous, cas du criquet pèlerin).



Chez le **mâle**, on observe généralement des systèmes reproducteurs anatomiquement plus simples avec généralement deux testicules bien individualisés, des spermiductes, des vésicules séminales et parfois des glandes accessoires qui servent dans de nombreux cas à produire des spermatophores qui sont assez courants chez les Hexapodes.

Néanmoins tant chez le mâle que chez la femelle, il existe une diversité extrême de cas qu'il est impossible de couvrir dans ce document. Nous nous limiterons donc uniquement à ces deux schémas.

### Exemple d'organisation d'un système génital mâle



## Un résumé sur les Hexapodes Insectes

Les Hexapodes sont, pour la majorité, représentants des Insectes ; néanmoins il ne faut pas oublier les autres groupes (protoures, collembolés,...) qui jouent des rôles fondamentaux dans certains écosystèmes comme les sols. Ces groupes sont encore négligés. Il existe sans doute plusieurs millions d'espèces dans cet embranchement et au moins autant sont à découvrir qu'il en est de déjà décrits.

**Morphologiquement** on observe 3 groupes de segments bien distincts:

- Tête (6 segments) : Elle porte
  - ✓ 1 paire d'antennes uniramiées (appendices à fonction sensorielle)
  - ✓ Des pièces buccales complexes (appendices spécialisés dans la prise de nourriture)
  - ✓ 1 paire de mandibules (Md)
  - ✓ 1 paire de maxilles (MxI)
  - ✓ 1 labium (MxII) résultant de la fusion de la seconde paire de maxilles
- Thorax (3 segments: pro-, méso- et métathorax) :
  - ✓ 3 paires de pattes uniramiées (1 paire / segment)
  - ✓ 0, 1, 2 paire(s) d'ailes
- Abdomen (11 segments généralement mais de nombreuses variations) :
  - ✓ Peu d'appendices; aucun dans bien des cas

**Anatomiquement** des tubes de Malpighi et surtout un système trachéen illustrent une adaptation fondamentale au milieu terrestre.

Ces caractéristiques anatomiques typiques du milieu aérien confluent avec leur morphologie qui leur a permis de développer le vol et de pousser encore plus loin la conquête du milieu aérien.

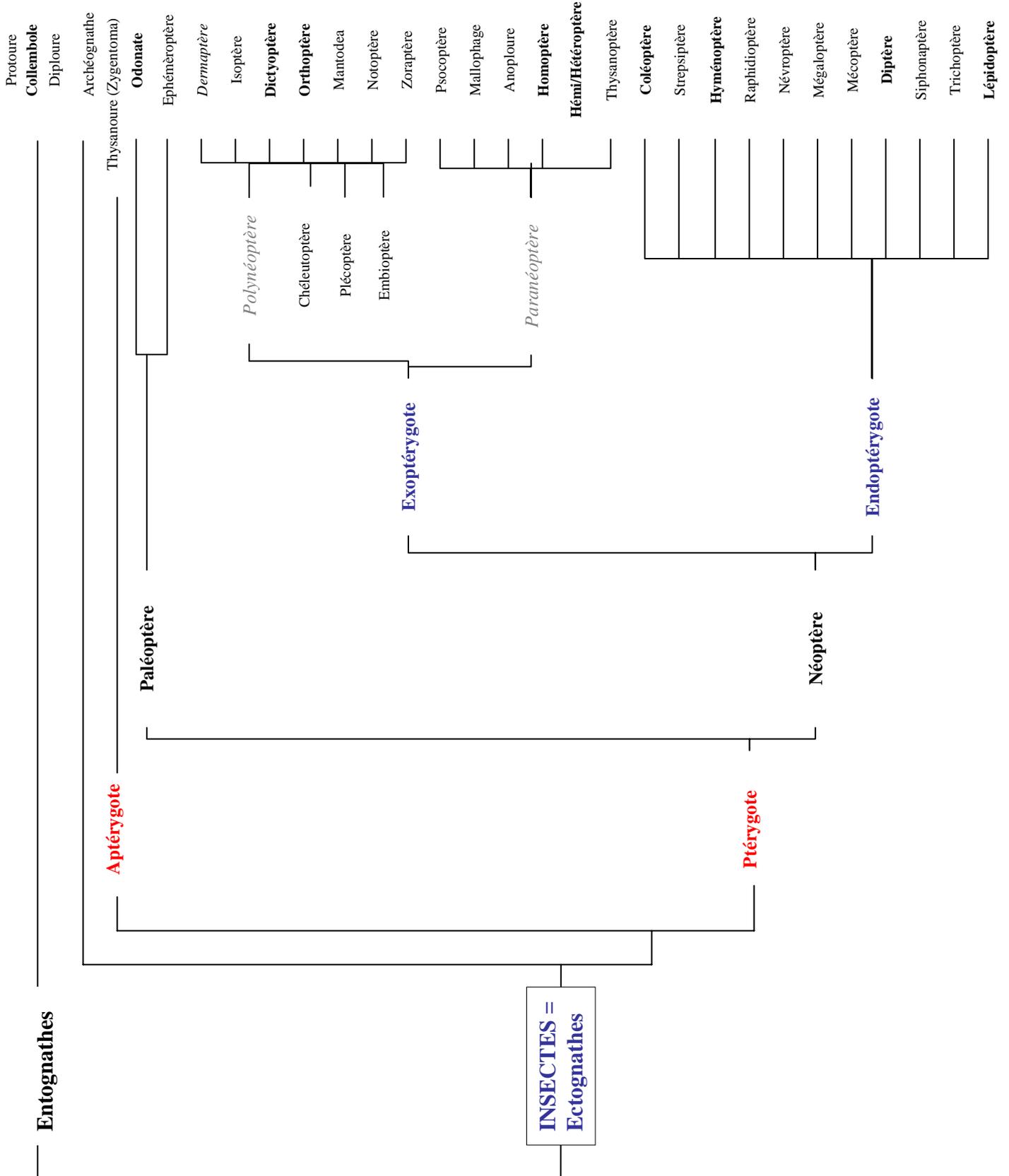
Du point de vue du **développement**, ils ont mis en place des cycles de vie complexes à travers les cycles de développement hétérométabole et surtout holométabole dans lequel ils ont inventé à la fois un stade de développement particulier (le stade nymphal) et un type de métamorphose.

S'il n'est pas possible de décrire tous les aspects de la biologie de ces groupes, il est obligatoire de rappeler l'existence de **sociétés structurées**, bâtisseuses et qui ont parfois inventé des formes d'agriculture pour subvenir à leurs besoins (Isoptères [termites], Hyménoptères [abeilles, fourmis, frelons,...]). Ce sont des **alliés fondamentaux** des activités agricoles et horticoles humaines par leur capacité de pollinisation ou par leur utilisation dans la lutte biologique. Si leur origine pré-date l'apparition d'une végétation terrestre luxuriante (« forêts de fougères » du Carbonifère), leur diversité a été dépendante de tels événements et cette diversité a explosé avec l'apparition des Angiospermes (relation avec la pollinisation). A l'inverse, ce sont des **vecteurs de nombreuses maladies** invalidantes humaines ou de pathologies végétales, ainsi que de tout temps des pestes et des ravageurs redoutables de presque toutes les cultures ou des ressources forestières (les criquets pèlerins sont mentionnés dans la Bible [7<sup>ème</sup> plaie d'Égypte]). Ils possèdent des **capacités de communication** extraordinaires soit à distance (émission de phéromones, de sons), soit dans une relation plus

# Les Arthropodes Mandibulés

## Les principaux groupes d' Hexapodes

Les termes en gras/couleurs sont particulièrement importants; les taxons 'majeurs' figurent en gras.



## ■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

### Odonates: (Libellules [Anisoptères] et Demoiselles [Zygoptères])

Long abdomen, ailes antérieures et postérieures de la même taille; yeux composés très grands et antennes (très) courtes.



*Anax imperator*

- Insecte broyeur, chasseur actif
- 2 paires d'ailes membraneuses
- Pour l'accouplement, la femelle arc-boute son corps sous le mâle; ils forment alors un cercle. Ils peuvent voler tout en s'accouplant
- Larve aquatique
- Hétérométabole (hémimétabole)

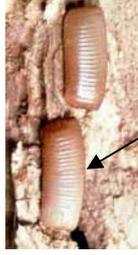
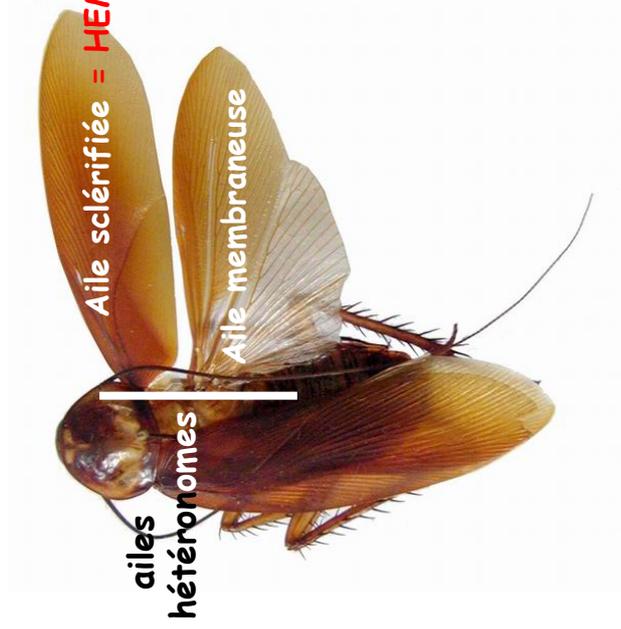
**Paléoptère: Les ailes ne peuvent pas se replier ou pas complètement au repos.**

**Hétérométabole:** caractérisés par un **développement progressif**, sans stade immobile entre la larve et l'adulte. Leurs larves ressemblent à des imagos sans ailes. Se divisent en deux sous-catégories: les **Paourométaboles** (=sédentarisation : les larves et adultes vivent dans le même milieu, aquatique ou aérien, toute leur vie) et les **Hémimétaboles** (un **changement de milieu** de vie au cours de leur développement).

■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Dictyoptères:** Forme aplatie avec 2 paires d'ailes dont la première est partiellement sclérifiée (**hémélytre**); 2 cerques abdominaux terminaux pluriarticulés et pattes assez longues. **Une structure particulière liée à la reproduction: l'oothèque**

Groupe des Blattoidea



oothèque assez plate



Une blatte (*B. germanica*) femelle en train de pondre

■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Dictyoptères:** Forme aplatie avec 2 paires d'ailes; 2 cerques abdominaux terminaux pluriarticulés et pattes assez longues.

Groupe des Mant[e]idea



*Mantis religiosa*

*Mante religieuse*



- **Pattes antérieures ravisseuses**
- Vert clair ou roux
- **Carnassière**, cannibalisme fréquent ( la femelle dévore le mâle). **Chasse à l'affût [cou]**, se confondant facilement avec son environnement [cou]
- **Oothèque**
- **Hétérométabole, paurométabole.**



Un Empuse (manteidae)

■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Phasmoptères** = **Chéleutoptères**: allongés en forme de bâtonnet, le plus souvent aptères et pourvus de longues pattes.

• Vert ou brun, avec quelques lignes claires.

• **Insectes au mimétisme** très accentué ; miment les brindilles (*bâton du diable*) = **phasmes**, ou des feuilles = **phyllies**.

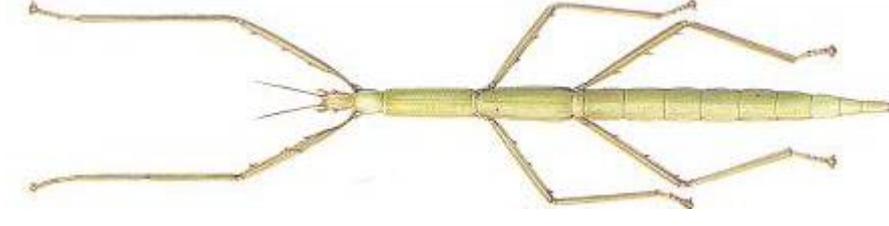
• Très généralement **aptères** (si ailes → néoptères)

• Insectes **hétérométaboles**, **paurométaboles** de grande taille, des régions chaudes.

• Chez certaines espèces, il n'y a que les femelles qui se reproduisent par **parthénogenèse**.



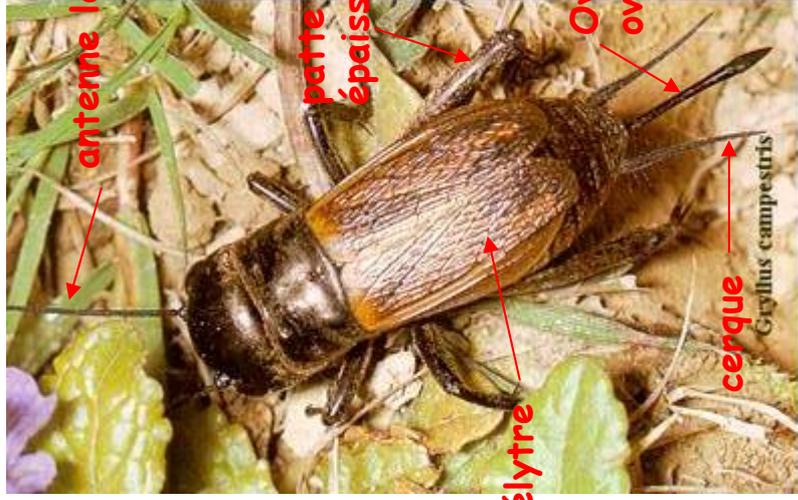
*Phyllium sp.*



*Bacillus rossi*  
(*petit bâton*)

- Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Orthoptères** (étym.: ailes droites): Pattes postérieures adaptées au saut; insectes chanteurs (criquets, grillons, sauterelles). Première paire d'ailes en partie sclérifiée (hémélytres).



- Femelle avec oviscapte/ovipositeur /tarière de ponte très développée en forme de sabre (= **insifère**); cerques généralement présentes.
- Antennes longues, corps souvent comprimé latéralement
- Chez le mâle , organe stridulant sur les ailes antérieures ; organes tympaniques sur les tibias antérieurs.
- Hétérométaboles, paurométaboles.
- Adaptés au saut.



*Grillus campestris*

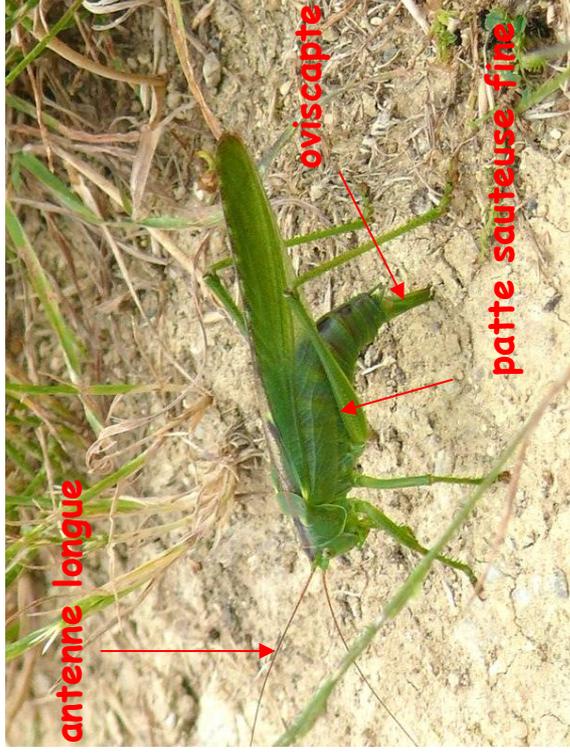
- Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Orthoptères** (étym.: ailes droites): Pattes postérieures adaptées au saut

Groupe des insifères (antennes longues et oviscapte long)

L'oviscapte est un appendice abdominal femelle

Les « sauterelles » dont les ***Ehippigères*** (« porte-selle »)



***Tettigonia viridissima*** en train de pondre



***Ehippiger ehippiger***

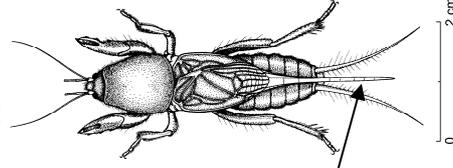
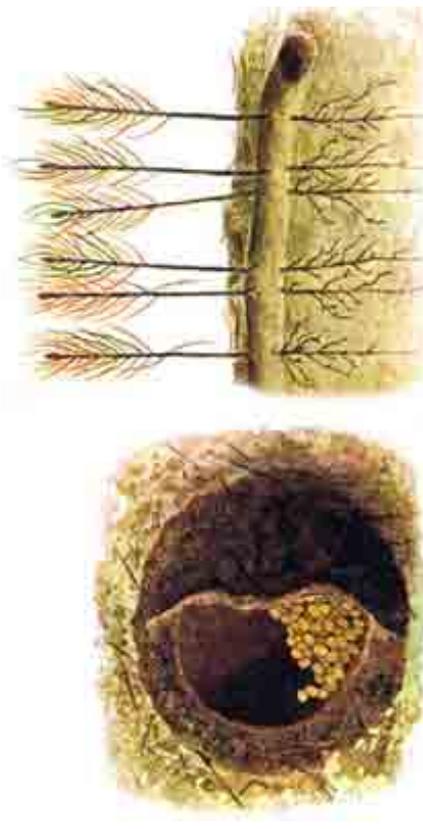
- Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Orthoptères** (étym.: ailes droites): Pattes postérieures adaptées au saut

Groupe des insifères (antennes longues et oviscapte long)

- Vie fouisseuse avec adaptations remarquables (1ère paire de pattes raccourcie et élargie pattes sauteuses réduites)
- Ravageur des cultures
- C'est un insifère bien que les antennes soient réduites (vie fouisseuse...) mais l'oviscapte est bien développé chez la femelle

***Gryllotalpa gryllotalpa***  
(courtillière)



- Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Orthoptères** (étym.: ailes droites): **Pattes postérieures adaptées au saut**

patte sauteuse forte  
courte

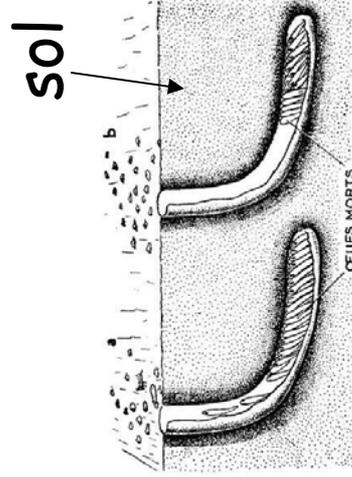
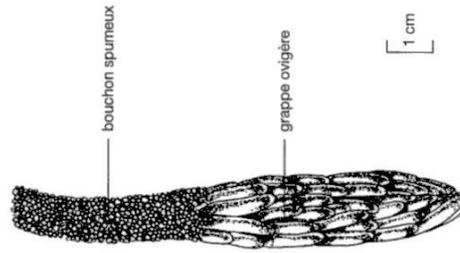
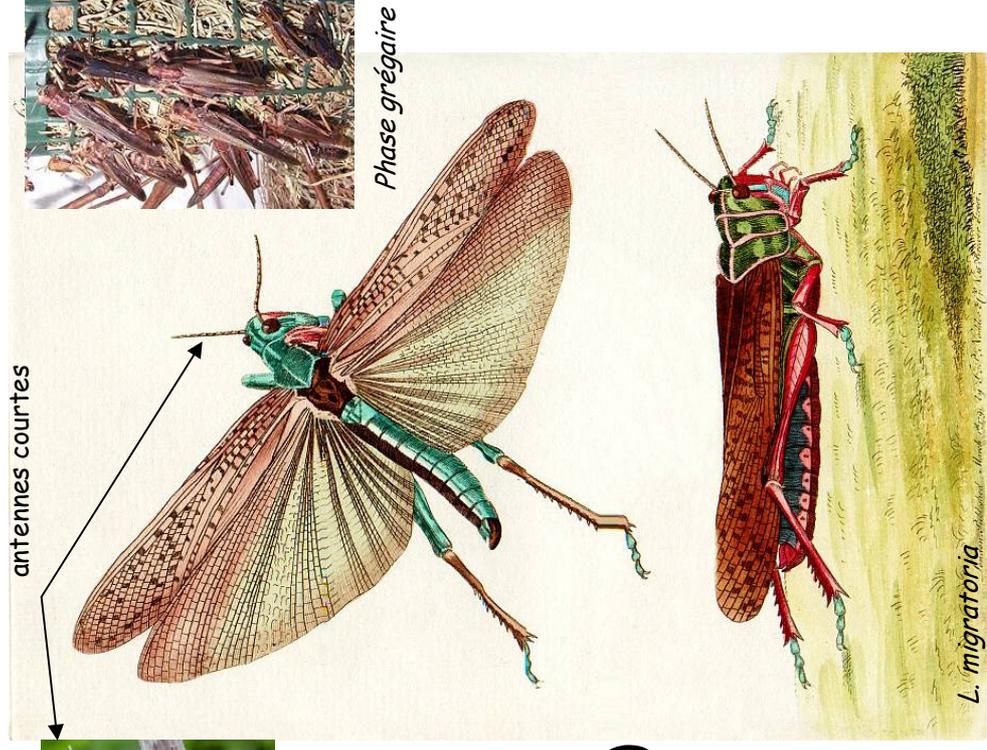


*S. gregaria*

Groupes des **célifères**

C'est-à-dire à **antennes et oviscapte courts**

*Locusta migratoria*  
*Schistocerca gregaria*  
= « **criquets pèlerins** »  
(groupe des **Acridiens**)



■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Hémiptères** (ou Hémiptéroïdes) = Homoptères + Hétéroptères [punaises]

→ **Appareil buccal piqueur - suceur type avec rostre.**

**1 - Homoptères:** Ailes semblables - Ailes antérieures de consistance uniforme, ou entièrement cornées ou entièrement membraneuses en général inclinées en toit au dessus du corps.

Ordre polymorphe, taille très variable. Exclusivement terrestres.

Les différentes parties du corps peuvent être plus ou moins soudées, jusqu'à former un bouclier (cochenilles).

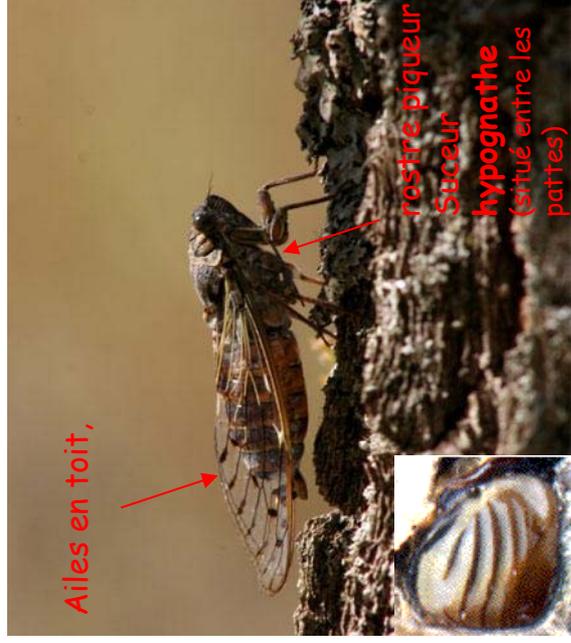


Métamorphoses incomplètes mais souvent compliquées, avec des stades intermédiaires (de 3 à 7 mues). Alternance de générations sexuées et asexuées (parthénogenèse chez les **pucerons**). Larves et imago se nourrissent de sève (phytophages) et font des dégâts accrus par les agents pathogènes qu'ils véhiculent.

## ■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

### Hémiptères

#### 1 - Homoptères:



organe stridulant de *C. orni*

#### *Cicada orni* (Cigale de l'orme)



Opercules protecteurs de l'appareil stridulant chez *L. plebejus*

- Les Cigales sont des insectes de grande taille ou moyenne, aux ailes le plus souvent transparentes ou brillantes.
- A l'état adulte, elles vivent principalement sur les arbres, se nourrissant de leur sève.
- Les mâles produisent des sons divers que l'on appelle "chant" ou « cymbalisation » par mise en vibration de leurs cymbales ou timbales (organe stridulant) situés sur la face ventrale de l'abdomen\*.
- Leur vie adulte dure environ 5 à 6 semaines. La femelle pond sur des végétaux secs une quarantaine d'œufs positionnés chacun dans un trou qu'elle réalise à l'aide de son oviscapte terminal.
- En automne les larves éclosent et se laissent tomber sur le sol où elles s'enterrent, elles vivent ainsi plusieurs années (4 ans pour *Lyristes plebejus*). Les Cigales sont essentiellement méridionales.

\* Pour plus d'information : *Le Chant des Cigales* par H.Bennet-Clark, Pour la Science N°249 juillet 1998

## ■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces



rostre piqueur  
suceur  
**Hypognathe (=**  
**spus la tête)**

### Hémiptères:

#### 2 - Hétéroptères: ailes dissemblables, Appareil buccal piqueur - suceur type

Les **Cryptocérates hydrocorises**: punaises **aquatiques** (antennes courtes cachées = cryptocérates / Hétéroptères d'eau douce = hydrocorises).

Rostre piqueur-suceur: prédateurs, carnassiers. Respiration aérienne (réserve d'air située sur la face ventrale plastron aériefère). Renouvellement de la réserve d'oxygène, à la surface, par étirement de l'abdomen.

Bons nageurs grâce aux pattes postérieures rameuses. Larves aquatiques, hémimétaboles.



3ème paire de pattes  
→ **natatoire**

***Notonecta glauca***

- 15-17mm. Corps allongé.
- La notonecte nage de façon caractéristique avec la face ventrale tournée vers le haut.
- Piqûre douloureuse.
- Eau stagnante

- Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

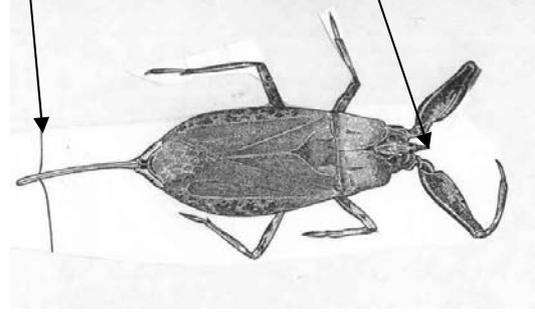
## Hémiptères:

### 2 - Hétéroptères: ailes dissemblables, Appareil buccal piqueur - suceur type

#### Cryptocérates hydrocorises

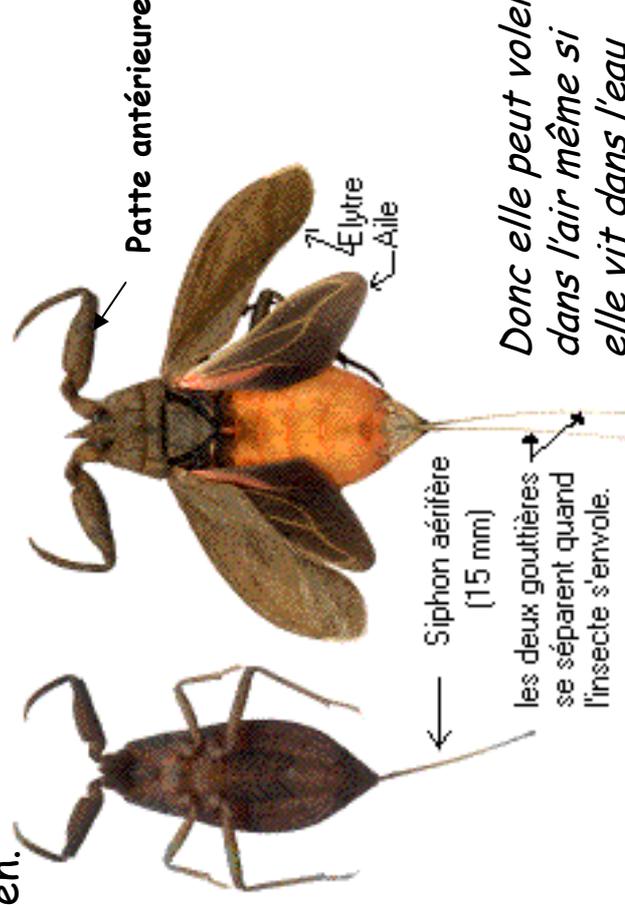
Rostre piqueur-suceur; prédateur, carnassiers. Pattes antérieures ravisseuses; chasse à l'affût

Respiration aérienne grâce à un siphon formé de deux pièces/gouttières coaptées en liaison avec le système trachéen.



**La nêpe  
(*Nepa cinerea*)  
« Scorpion d'eau »**

Rostre piqueur suceur  
prognathe (dirigé vers l'avant)



*Donc elle peut voler dans l'air même si elle vit dans l'eau*

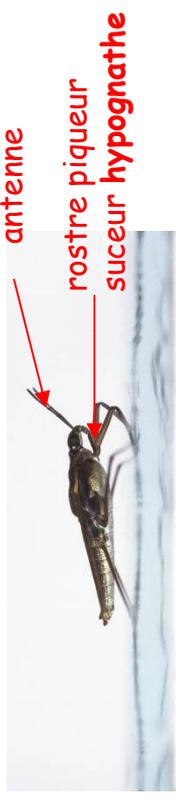
## ■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

### Hémiptères:

#### 2 - Hétéroptères: ailes dissemblables

Les **gymnocérates amphicorises**: punaises aquatiques de surface (antennes libres et saillantes = gymnocérates; hétéroptères aquatiques de surface = amphicorises) [comparaison avec page précédente]

Se déplacent à la surface grâce à la tension superficielle, à la finesse de leurs pattes et à des poils hydrofuges. Prédateurs. Se reposent et hivernent à terre.



*Gerris sp. (Araignée d'eau)*



- 8-15mm. Corps long.
- Eaux calmes. Se déplace par saccades rapidement à la surface de l'eau, à la recherche des proies.
- Pattes antérieures servent à la préhension. Les deux dernières paires de pattes sont longues, fines et servent à glisser sur l'eau.
- Larves aquatiques.

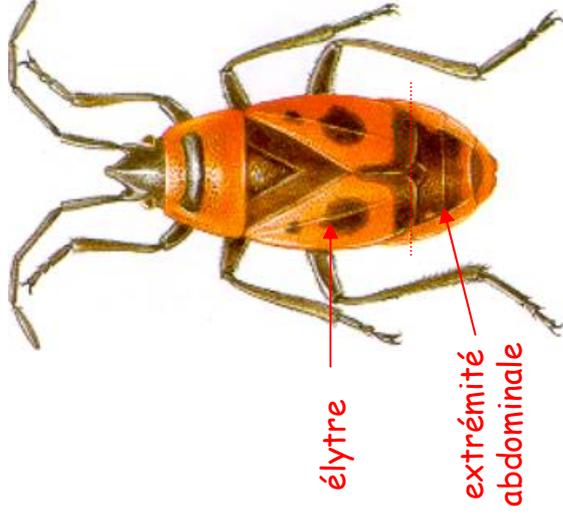
## ■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

### Hémiptères:

#### 2 - Hétéroptères: ailes dissemblables

Les gymnocérates **géocorises**: **punaises terrestres**

Antennes libres et saillantes = gymnocérates; Hétéroptères terrestres = géocorises)



élytre

extrémité  
abdominale

***Pyrrhocoris apterus***

**(*Swisse, cherche midi, gendarme*)**



rostre  
piqueur  
suceur

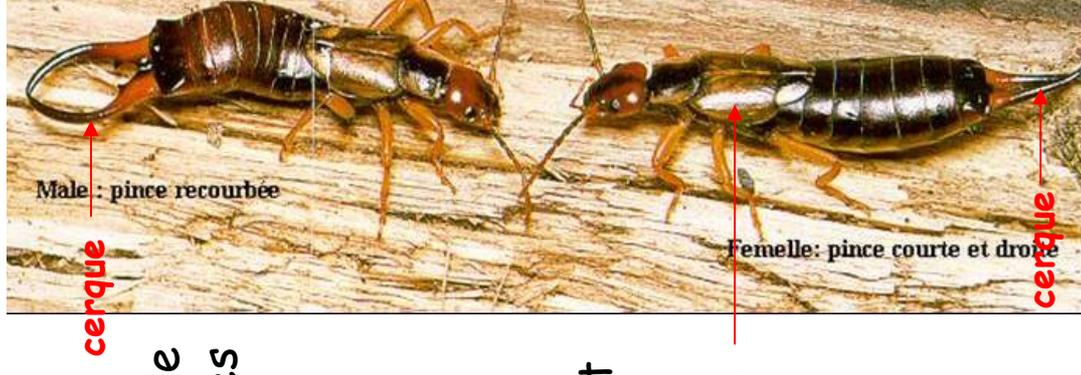
hypognathe  
(ici déplié)

- 7-12mm. Noir et rouge.
- Prés de la base de l'élytre une petite tache noire.
- Elytre court sans membrane, laisse l'extrémité de l'abdomen libre.
- Commun dans tout le midi, ne cause aucun dommage. Sociétés nombreuses au pied des tilleuls, ormes...
- Hiverne sous les écorces et sous les pierres.

■ Insectes hétérométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Dermaptères:** Grandes ailes postérieures repliées sous de courtes ailes antérieures sclérifiées (= élytres); cerques terminaux en forme de pinces

- Hétérométabole, paurométabole...
- Cosmopolite, vit à proximité de l'homme.
- Mange des tissus végétaux tendres, ou éventuellement des insectes à corps mou.
- Absolument inoffensif (il faut le dire...)
- La femelle prend soin des œufs.



***Forficula sp. ou perce-oreilles***

*Forfex* : diminutif de ciseaux.

■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces



**Coléoptères:** Ailes antérieures sclérifiées (élytres) se rejoignant au milieu du dos suivant une ligne médiane droite.



L'un des plus grands sinon le plus grand des groupes d'Insectes

• L'un des plus gros coléoptères d'Europe



• Mâle avec une longue corne céphalique recourbée vers l'arrière.



• Femelle avec un petit tubercule sur la tête.

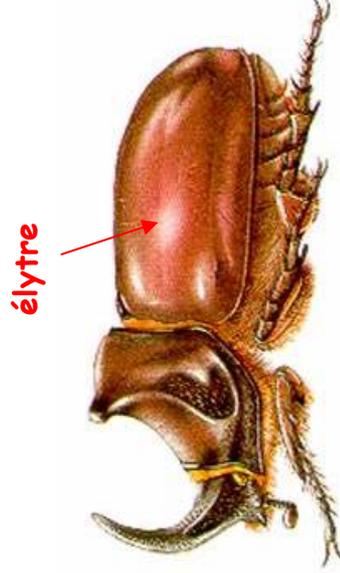


• L'adulte est crépusculaire.

• Les larves se développent dans les matières végétales en décomposition.

**Oryctes nasicornis**

(cuirassé - corne sur le nez)



Chez la majorité des coléoptères, les **élytres** recouvrent tout l'abdomen à la différence des dermoptères (diapo précédente) [exception: les staphylins]



Élytre ne recouvrant pas l'abdomen  
mais pas de pincss!!

Staphylin (*Ocypus olens*)

■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

Névroptères ou Planipennes (nervures -ailes): 2 paires d'ailes semblables, en toit au repos, couplées pendant le vol; larves terrestres.

Ressemblance avec les membres d'autres ordres (Odonates, Lépidoptères) d'où confusion!

Antenne en massue



• Corps mélangé de jaune et de noir. Ailes avec de nombreuses taches brun clair, transparentes avec un réseau très dense de nervures. Envergure de 110-120mm

• Aspect de Libellules mais en diffère par ses antennes en massues (claviformes) ; par ses ailes terminées en pointe et rabattues en toit sur le corps au repos

- Larve carnassière (p. b. broyeur chez adulte)
- Vol lent, tout le midi de l'Europe

Antenne en massue



Autre espèce:  
L'ascalaphe



*Palpares libelluloïdes, Le grand fourmilion*

■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces



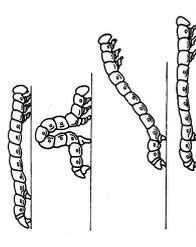
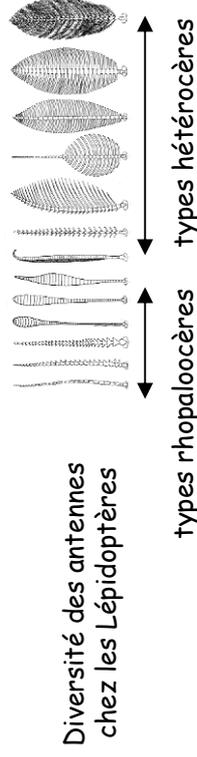
**Lépidoptères** (papillons): 4 ailes larges couvertes d'écaillles souvent très colorées; pièces buccales du type lécheur maxillaire (voir TP) chez les espèces de taille macroscopique; larves éruciformes (= en forme de chenille). Taille de quelques mm à 30cm.

1°) **Homoneures** = nervation semblable aux 2 paires d'ailes. Couplage alaire de type jugum ou jugo-frénate. Papillons diurnes et crépusculaires.

2°) **Hétéroneures** = nervation différente. Réduite aux ailes postérieures par rapport aux antérieures. Couplage alaire de type frénate (ou amplexiforme).

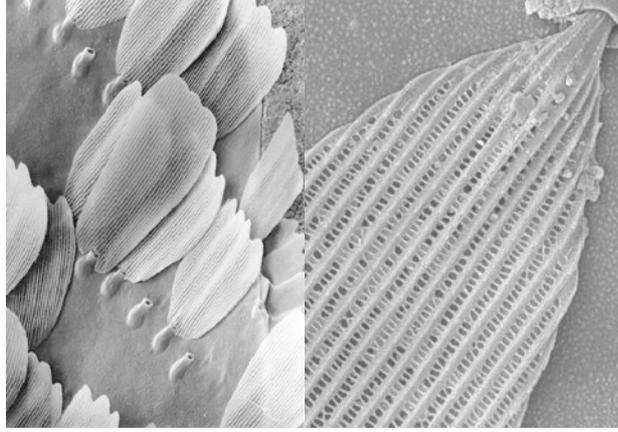
- **Rhopalocères** = Antennes filiformes/terminées en massues. Pas de frein.  
**La plupart des papillons diurnes.**

- **Hétérocères** = Antennes de formes variables, ciliées, pectinées, denticulées. Frénates. **Papillons de nuit.**

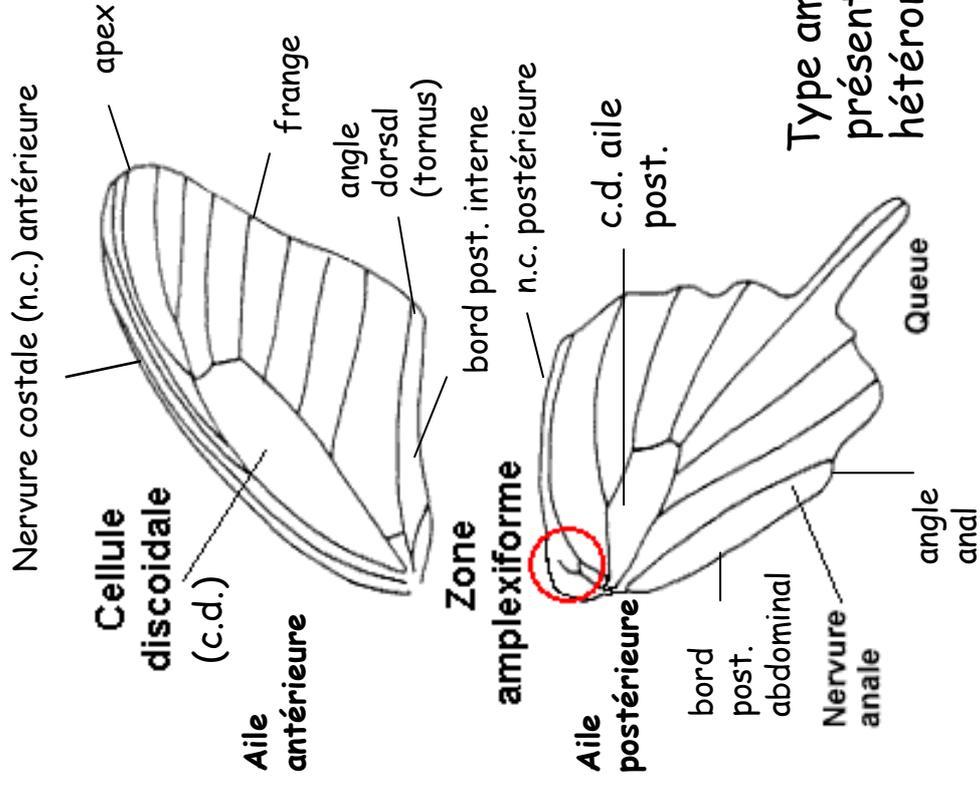


■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Lépidoptères** (papillons): données supplémentaires sur l'accrochage des ailes



Détails d'écaillés de papillon



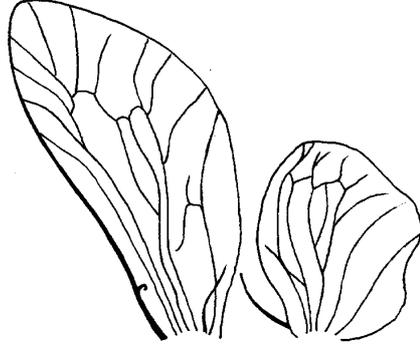
Type amplexiforme, présent chez les hétéroneres

■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître / exemples d'espèces

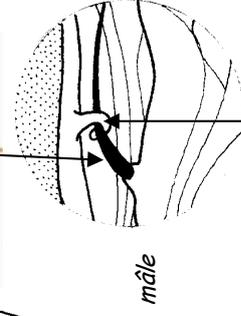
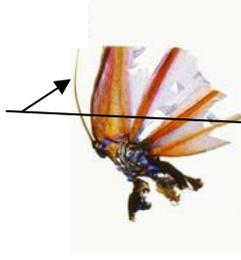
**Lépidoptères** (papillons): données supplémentaires sur l'accrochage des ailes



Zygène  
(*Zygaena filipendulae*)



« *Frein* »  
fregulum



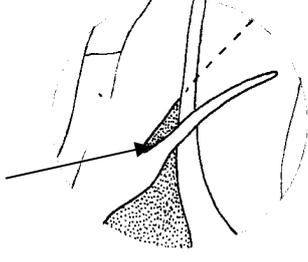
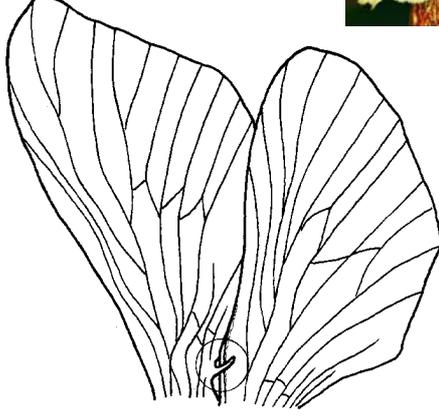
mâle

retinacule



type freinate, présent chez les hétéroneures

jugum « *joug* »



noctuelle

Type jugate, présent chez les homoneures

## ■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître / exemples d'espèces

- *Papilio* = papillons en général.

- Envergure 60-80mm, Corps jaune et noir.

- Ailes antérieures à taches irrégulières et à nervures noires dessinant un réseau; fond jaune vif. Ailes postérieures, avec une tache ocellée près de leur angle postérieur, festonnées et présentant une queue.

- Diurne, Néoptère

- Zones tempérées. Prairies, friches, souvent sur les fleurs.

- Chenille verte avec des anneaux noirs, sur les ombellifères



antenne typique  
de rhopalocécères

*Papilio machaon*

= Machaon, « grand porte queue »

6 pattes



Groupe de fausses pattes non articulées ou pseudopodes

## ■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

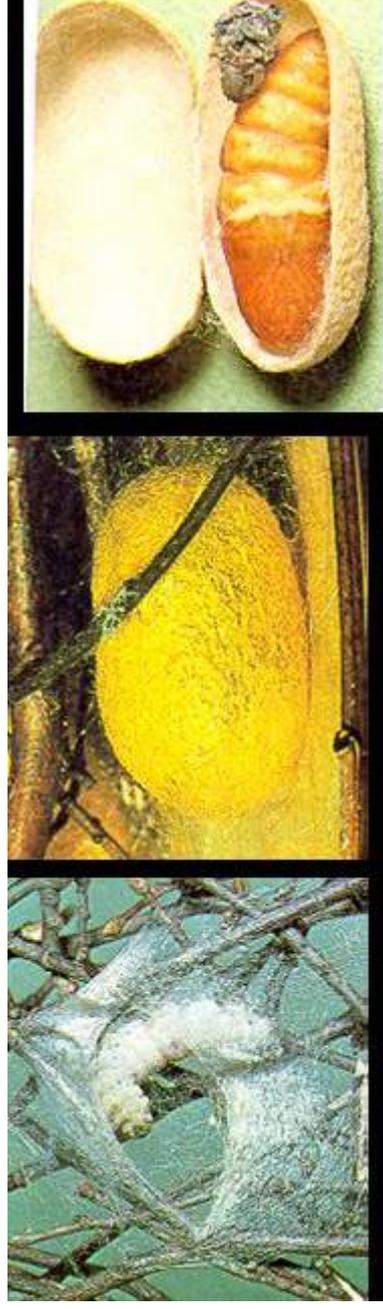
- *Bombyx mori*
- **Chenille/« ver » à soie**
- *Bombyx* = insecte bourdonnant ; nom grec d'un papillon qui fournissait une soie. *mori*= du mûrier.
- N'existe pas à l'état sauvage, mais seulement dans les **magnaneries** où on l'éleve. Son pays d'origine paraît être la Chine.
- Le ver à soie se nourrit des feuilles du mûrier.
- Est sujet à de graves épidémies : la **pébrine** provoquée par une **microsporidie**, *Nosema bombycis* et qui a été soignée par Pasteur (1849-1869).



antenne typique d'hétérocères

***Bombyx mori***

(Femelle quittant son cocon)



Chenille filant son cocon de soie

cocon terminé

chrysalide

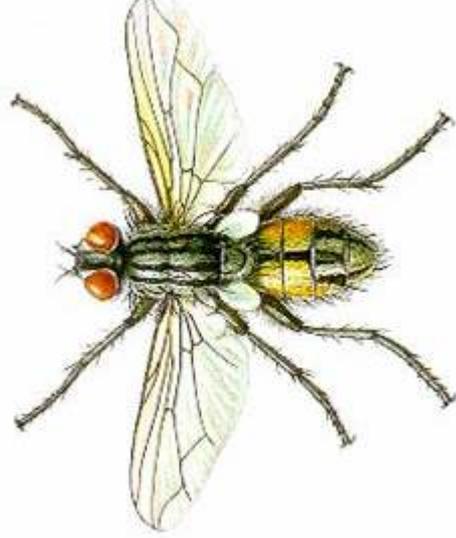
## ■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

**Diptères:** Insecte très spécialisé; 1 paire d'ailes antérieures, 1 paire de **balanciers** (transformation des ailes postérieures); pièces buccales du type piqueur-suceur ou lécheur-suceur (= suceur labial). Larves saprophages aquatiques ou terrestres. Se divisent en:

**Nématocères:** aux antennes longues (moustiques)

**Brachycères:** aux antennes courtes (mouches, taons)

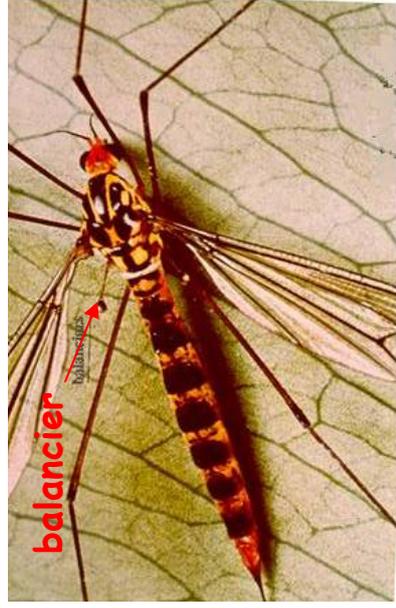
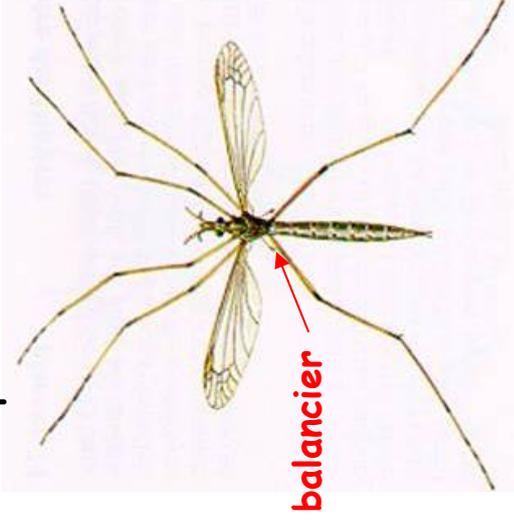
### Exemple de Brachycère



***Musca califora/domestica***

- Appareil buccal lécheur - suceur (trompe)
- Commensale de l'homme
- Très commune
- Nombreuses générations annuelles, hiverne. Larve dans les détritrus, la viande...
- Nymphose dans le sol
- Les **balanciers** sont quasi invisibles chez ce type de mouches

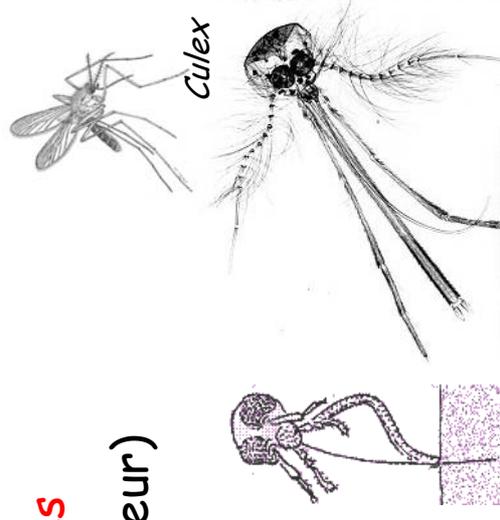
■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces



**Tipula sp.**

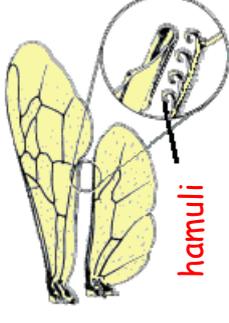
## Exemple de Diptère Nématocère

- Les pattes se brisent facilement quand on le manipule.
- Au repos, ailes étalées.
- Abdomen de la femelle se terminant en pointe pour faciliter la ponte dans le sol.
- **Balanciers très visibles**
- Inoffensif (= non piqueur)



Se rappeler de l'importance considérable de certains moustiques - autres nématocères - (*Culex*, *Anopheles*, *Aedes*) qui sont vecteurs de parasites à cause de leur pièces buccales de type piqueur-suceur

■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces



hamuli

**Hyménoptères:** Ordre très important par son nombre d'espèces. Les 2 paires d'ailes sont couplées dans le vol par un système d'accrochage. Nombreux cas de vie sociale plus ou moins complexes. Appareil buccal de types broyeur lécheur ou broyeur suceur. Se divisent en:

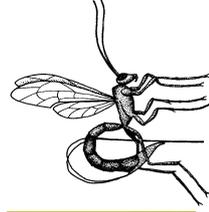
**Symphites** (= *mouches à scie*): l'abdomen fait suite directement au thorax; ovopositeur en forme de scie pour pondre dans les tissus végétaux.



Symphite (*Macrophya*)

ovipositeur

**Apocrites** (=pétiolés ou taille de guêpe): étranglement entre le thorax et l'abdomen.



Les **Térébrants** ou « porte tarière »: organe de ponte en fine tarière bien visible (ponte dans végétaux ou animaux)

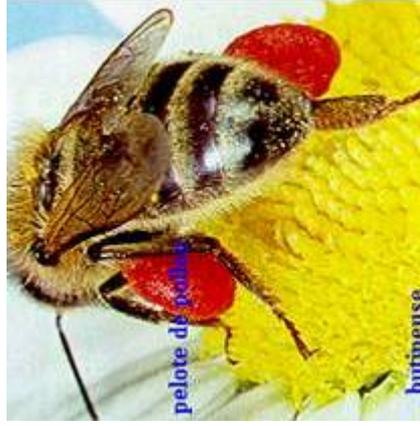
Les **Aculéates** ou « porte aiguillon »: ovopositeur transformé en aiguillon venimeux au bout de l'abdomen (**fourmis** [donc parfois aptères], guêpes, abeilles, bourdons....)

*Hymen* = membrane

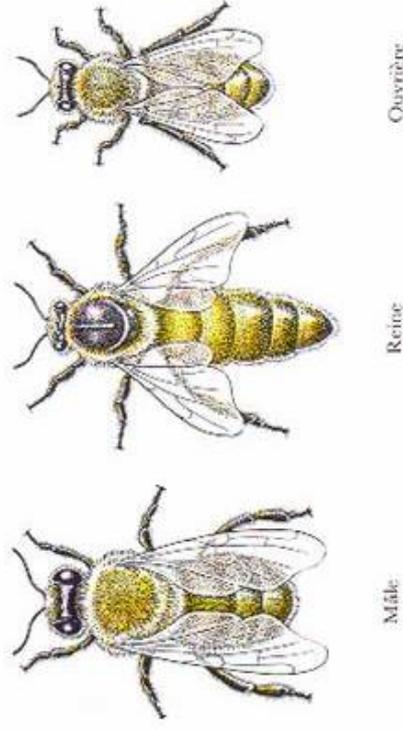


## ■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

### Hyménoptères



- *Apis* = abeille, *mellifera* = miel **ACULEATES**
- Corps brun noir, couvert de poils gris à bruns; ailes légèrement colorées, nervures foncées.
- L'abeille ne pique **qu'une seule fois**. Elle abandonne sur place son **dard barbelé** ainsi que la glande à venin, et **meurt peu après**, mais la poche à venin continuera d'injecter le venin dans la chair de la victime.



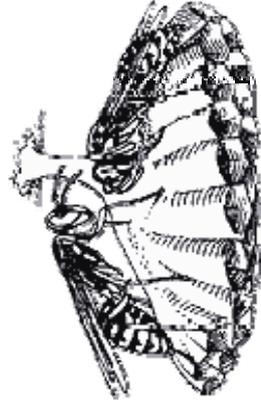
- Grande importance pour la pollinisation, fournit le miel et la cire.
- Vie sociale.
- La ruche peut abriter jusqu'à 50 à 80000 ouvrières, 200 mâles ou faux bourdons, 1 reine.

■ Insectes holométaboles: les groupes à reconnaître /exemples d'espèces

Hyménoptères



*Polistes gallicus*  
(la poliste française)



- 10-20mm, Guêpe élégante, commune dans le sud de la France **ACULEATES**
- Noir et jaune
- Vit en petits nids formés d'une cinquantaine d'alvéoles accolées, prolongées par un court pédoncule excentré dans les friches boisées, broussailles, bords des chemins.
- Les larves sont nourries avec des insectes, les imagos se nourrissent de nectar