Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

EPLEFPA Dijon Quetigny Plombières-lès-Dijon
Site de Quetigny (21) • LEGTA Olivier de Serres
Classe préparatoire ATS (Adaptation Technicien Supérieur) Biologie
Préparation des Concours agronomiques et vétérinaires (voie C)

ENSEIGNEMENT DE BIOLOGIE • TRAVAUX PRATIQUES
Partie A. L'unité et la diversité du monde vivant

TP A6 et A7

Les Insectes

Morphologie, Anatomie, Développement post-embryonnaire, Diversité, Importance agronomique

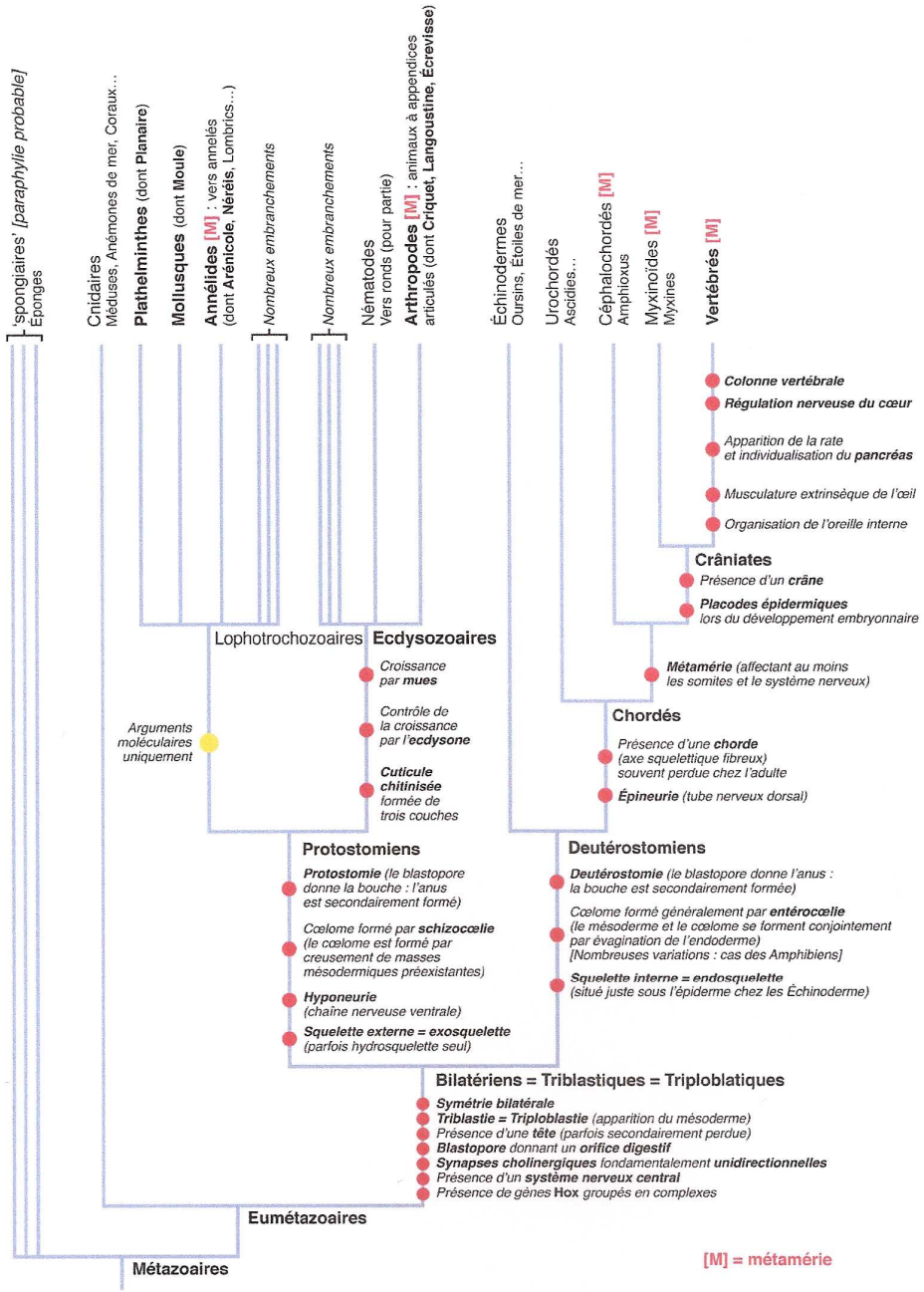
Objectifs : extraits du programme

TP A6 : L'organisation et les caractères distinctifs du groupe des Insectes Orthoptères (2h)	Étudier l'organisation morphologique et anatomique des Insectes à partir d'observations externes et de la dissection du Criquet.
TP A7 : La diversité des Insectes et les groupes d'intérêt agronomique (4h)	Étudier la diversité des Insectes à partir des caractères morpho-anatomiques et du mode de développement post-embryonnaire. Seuls les Orthoptères, Coléoptères, Hyménoptères, Diptères, Lépidoptères, Hémiptères (Hétéroptères), Homoptères sont abordés.

Introduction

Les **Insectes** sont **la classe** (ou **sous-classe**, selon les auteurs) **d'organismes la plus diversifiée** sur Terre, avec **plus d'un million d'espèces connues** (notons qu'avec les espèces non décrites, ce chiffre serait à multiplier par 2 à 30 selon les études). Ces organismes, fondamentalement adaptés au **milieu aérien**, ont **colonisé tous les milieux** à l'exception des milieux marins où seules quelques espèces sont présentes. Ce sont des **animaux métamérisés** (= **segmentés**) dont les **segments** s'organisent en **trois *régions anatomo-fonctionnelles*** (**tagmes**) : la **tête** qui ***porte entre autres des organes sensoriels et la bouche***, le **thorax** qui ***porte les appendices locomoteurs*** et l'**abdomen** qui constitue la ***partie postérieure de l'animal***. Ils sont en outre caractérisés par la présence de **3 paires de pattes**.

Comment s'organisent les Insectes ? Comment peut-on les classer ? Comment se développent-ils ? Comment interviennent-ils dans les enjeux agronomiques ?
[Programme limité à 1 dissection et 7 groupes]



➢ **FIGURE 1. Arbre phylogénétique des Métazoaires.** Cet arbre phylogénétique est simplifié et ne retient qu'une partie des taxons. Les ronds rouges correspondent aux caractères dérivés acquis par les différentes branches. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

I. Position systématique et diversité des Insectes

A. Les Insectes, des Arthropodes

1. Position des Arthropodes au sein des Métazoaires

- Les **Arthropodes** sont des **Métazoaires**, **Bilatériens** (= **Triblastiques** = **Triploblastiques**), **Prostostomiens** (figure 1, tableau I). Traditionnellement, ils ont un rang d'**embranchement** dans la **classification biologique**.

⮟ **TABLEAU I. Place des Arthropodes au sein du monde animal.**
En jaune : ce qui peut être montré extérieurement sur l'animal.
En vert : ce qui peut être montré par dissection.

Groupe (Nom scientifique) [Rang fréquent]	Caractéristiques [listing avec puces = caractères dérivés]
Animaux = Métazoaires (Animalia = Metazoa) [Règne ou sous-règne]	*Organisme **pluricellulaire** dont les cellules sont différenciées en tissus (< présence d'**organes différenciés**) **hétérotrophe** s'alimentant par **ingestion** (< présence d'une **bouche**)* • Présence de **collagènes**, **fibronectines**, **intégrines** • **Spermatozoïde** à organisation particulière • Présence de **desmosomes** • La **méiose** donne directement de **gamètes** et non de spores • La **méiose femelle** ne donne qu'**un seul gamète** ; les autres cellules (**globules polaires**) dégénèrent
Bilatérien (Bilateralia) = Triploblastiques = Triblastiques	• **Symétrie bilatérale** • **Triploblastie** : ***trois feuillets embryonnaires*** (endoderme, mésoderme, ectoderme) • **Tête** présente • **Blastopore** donnant un **orifice digestif** • **Synapses cholinergiques** fondamentalement **unidirectionnelles** • Présence d'un **système nerveux central** • Présence de **gènes homéotiques *Hox*** groupés en complexes • Présence d'un **cœlome** (même si celui-ci a pu être secondairement perdu par certains groupes) : ***cavité liquidienne limitée par des parois mésodermiques formée aux étapes précoces du développement embryonnaire et qui perdure chez l'adulte de manière variable selon les groupes concernés***
Protostomiens (Protostomia)	• **Protostomie** : ***le blastopore donne la bouche*** (étym. « bouche en premier ») • **Cœlome** formé par ***creusement de masses mésodermiques existantes*** (**schizocœlie**) • **Hyponeurie** : ***chaîne nerveuse ventrale*** (*les hyponeuriens se dissèquent donc toujours par la face dorsale*) • **Squelette externe = exosquelette** parfois remplacé par un hydrosquelette.
Ecdysozoaires (Ecdysozoa)	• Présence d'une **cuticule riche en chitine formée de trois couches** • Croissance par **mues** = ***étapes du développement post-embryonnaire caractérisées par la perte d'une ancienne cuticule (exuvie)*** • **Contrôle de la croissance** par une hormone stéroïde nommée **ecdysone**
Arthropodes (Arthropoda) [Embranchement]	*Présence d'une **métamérie** ou **segmentation** = **tronçonnement de l'axe antéropostérieur caractérisé par la présence d'unités répétitives qui se mettent en place précocement lors du développement embryonnaire et perdurent de manière variable** ; dans le cas des Arthropodes, cette métamérie est très visible extérieurement.* *La cavité générale est un **hémocœle** résultant de la **fusion précoce du cœlome et du blastocœle**.* ***Le système circulatoire** est **ouvert** (**les vaisseaux débouchent dans la cavité générale et sont pas fermés** ; le **milieu intérieur** s'appelle alors **hémolymphe**).* • Présence d'**appendices articulés** (un article est une petite pièce chitineuse d'appendice) (étym. Arthropodes = « pattes articulées ») • Présences d'**yeux à facettes** (on appelle ces facettes **ommatidies**)

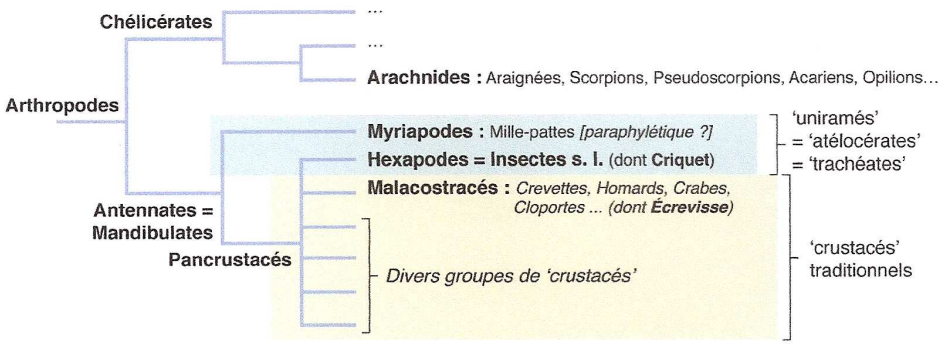
2. Position des Insectes au sein des Arthropodes

a. Les Insectes, des Antennates ou Mandibulates

- Les **Insectes au sens large** ou **Hexapodes** appartiennent au **sous-embranchement** des **Mandibulates** [Mandibulata] ou **Antennates** [Antennata] caractérisés par :
  - La présence d'**antennes**, des ***organes sensoriels articulés portés par la tête***
  - La présence de **mandibules**, ***pièces masticatrices*** portées par la tête

Ce groupe s'oppose aux **Chélicérates** (Arachnides, Limules, Pyconogonides) qui présentent des **chélicères** (***pièces buccales terminées par des crochets souvent venimeux).***

b. L'ancienne dichotomie (obsolète) « Uniramés » vs. « Crustacés »



⮝ **FIGURE 2. Arbre phylogénétique simplifié des Arthropodes.** D'après SEGARRA *et al.* (2015).

- Jadis, les Mandibulates étaient divisés en deux **classes** (figure 2) :
  - Les **'crustacés'** ['Crustacea'], ***organismes dont les appendices sont fondamentalement biramés (= formés d'une base portant deux rames***, c'est-à-

dire **deux séries d'articles**). La plupart des 'crustacés' sont **aquatiques** (mais pas tous).

- Les **'uniramés'** ['Uniramia'] = **'atelocérates'** ['Atelocerata'] ou encore **'trachéates'** caractérisés par la présence d'**appendices uniramés** (une seule rame), d'une **respiration aérienne trachéenne** ou encore d'une excrétion par **tubes de Malpighi**. Ces attributs étaient interprétés comme des adaptations au **milieu aérien**. Il semblerait que ce soit des **convergences évolutives**. Ce groupe rassemblait ***Hexapodes et Myriapodes*** (« mille-pattes »).

Les **trachées** se retrouvent aussi chez certains **Arachnides** mais ils n'ont jamais été classés dans les 'trachéates' pour autant.

c. Position phylogénétique des Insectes : des Pancrustacés

- Il est évident aujourd'hui, par convergence de nombreux résultats d'investigations phylogénétiques, que les **Hexapodes** sont une **branche** qui émerge des **'crustacés'** dont ils se sont fortement **différenciés**. Le groupe des **'crustacés'** est donc **paraphylétique** et celui des **'uniramés'** est **polyphylétique** ; ce sont des groupes **invalides** en systématique moderne.
- Il n'existe en revanche **aucune unanimité** sur les liens phylétiques au sein des **Pancrustacés** (figure 2) et on ne connaît pas encore de manière bien documentée le groupe-frère des Hexapodes, même si divers scénarios sont disponibles.

3. Hexapodes ou Insectes ?

- **Hexapodes** et **Insectes au sens large** sont **synonymes** mais, pour certains auteurs, et particulièrement dans les **classifications récentes**, les **Insectes au sens strict** sont une ***sous-classe d'Hexapodes*** caractérisée par des ***pièces buccales externes*** (on peut aussi les appeler **Ectognathes**, par opposition aux 'entognathes' aux *pièces buccales intérieurisées* – les 'entognathes' sont en revanche *paraphylétiques*).

- Le tableau II présente **quelques-unes de ces caractéristiques**.

Tableau II. Hexapodes et Insectes. D'après Segarra *et al.* (2014).
Encadré : visible extérieurement. Encadré pointillé : visible par dissection.

hexapodes	[Hexapoda]	• Labium provenant de la fusion de la 2e paire de maxilles • une seule paire d'antennes • thorax avec 3 segments portant 3 paires de pattes • abdomen présentant 11 segments maximum • respiration par des trachées
insectes	[Insecta]	• pièces buccales libres (ectognathes)

- Parmi les Hexapodes, il était jadis coutumier de distinguer les **'aptérygotes'** (***Hexapodes aptères***) des **Ptérygotes** (***Hexapodes ailés***), mais là encore cette dichotomie n'a pas résisté aux bouleversements phylogénétiques (même si l'un des groupes est valide : celui des Ptérygotes).

Par ailleurs, **certains Ptérygotes** ont **secondairement perdu les ailes** (Poux, Puces, certains Pucerons…).

B. Un aperçu succinct de la diversité des Hexapodes [*pour information*]

- La figure 3 présente un **arbre phylogénétique possible** (un arbre phylogénétique est de toute façon toujours une hypothèse) **des Hexapodes**.

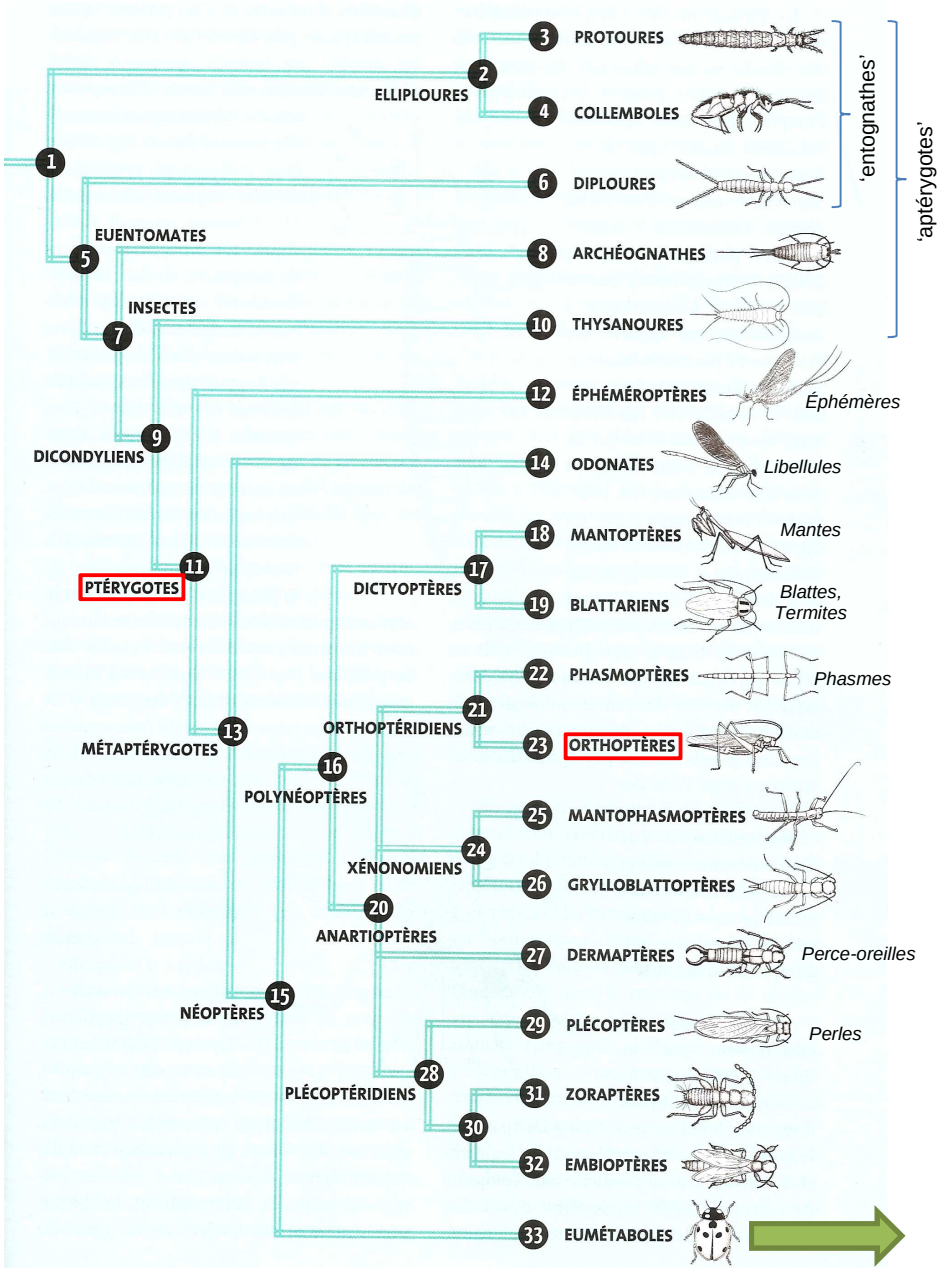


Figure 3 (1/2). Arbre phylogénétique possible des Hexapodes.
D'après Lecointre & Le Guyader (2013).

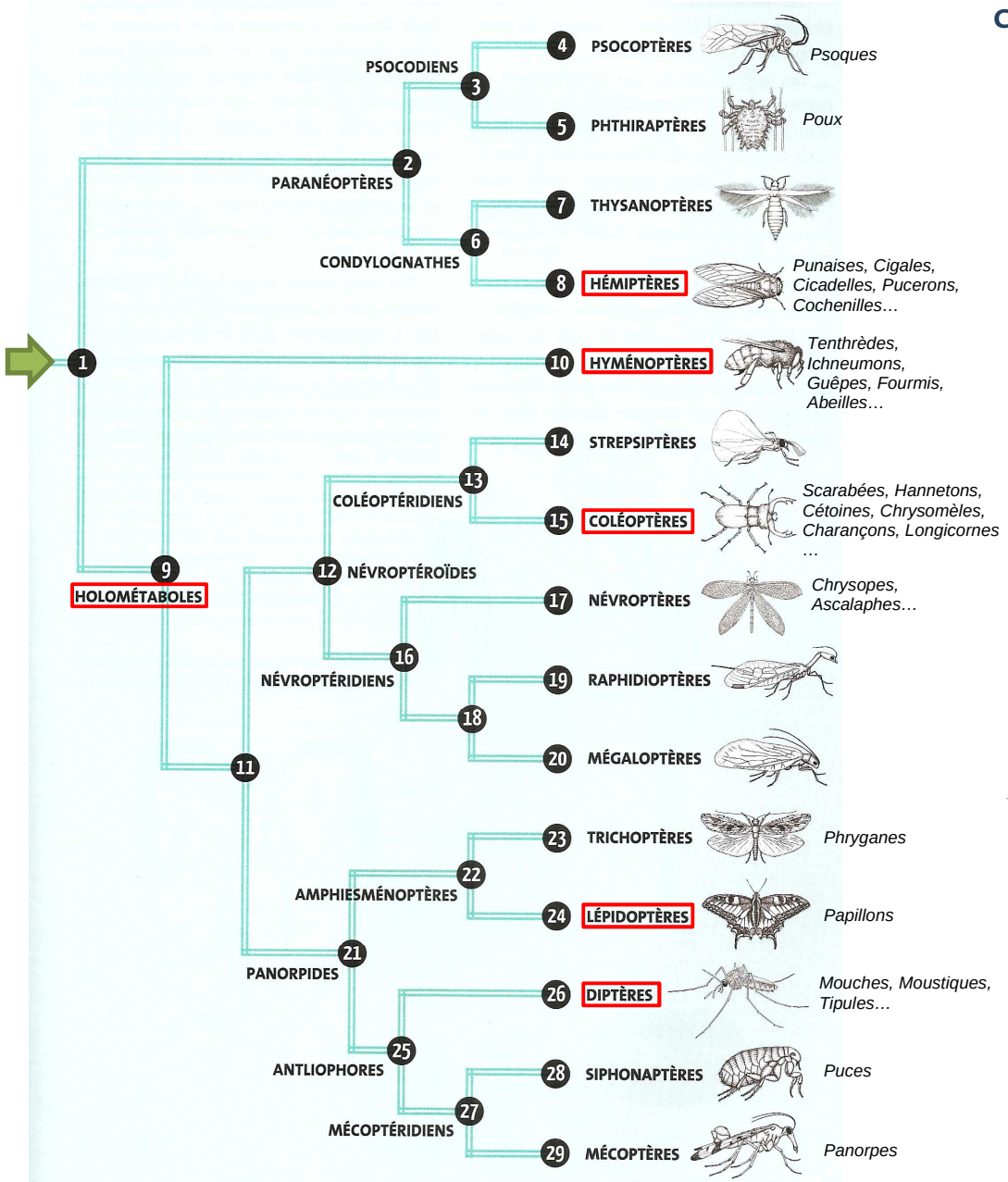


FIGURE 3 (2/2). Arbre phylogénétique possible des Hexapodes.
D'après LECOINTRE & LE GUYADER (2013).

C. Détermination des Insectes

- Les **nombreux ordres d'insectes** existants nécessitent des **clefs** assez volumineuses pour être déterminés ; vous en trouverez sur Internet et il y en aura une à disposition sur le site Internet de l'enseignant. Nous vous proposons ci-après une **clef simplifiée des Métazoaires** (figure 4) puis une **clef des Hexapodes** réduite aux ordres principaux (elle s'applique aux individus adultes) (figure 5).

Une clé de détermination simplifiée des grands groupes d'animaux

> Pas de squelette interne osseux ou cartilagineux
- Pas de coquille ou de squelette externe
  - – Corps plutôt globuleux, aquatique
    - Vit fixé, forme variable, nombreux orifices ..... SPONGIAIRES (Éponge)
    - Corps translucide avec des tentacules urticants, forme fixée pouvant former des constructions calcaires, ou libre ..... CNIDAIRES (Anémone, Méduse)
    - Présence de 8 tentacules munies de ventouses autour de la tête ..... se reporter à ✱
  - – Corps allongé, pas de pattes ni de tentacules
    - Corps plat, avec ou sans anneaux, souvent parasite ..... PLATHELMINTHES (Ténia, Douve)
    - Corps rond, sans anneaux, souvent parasite ..... NÉMATHELMINTHES (Ascaris, Oxyures)
    - Corps rond et annelé ..... ANNÉLIDES (Lombric, Sangsue)
- Présence d'une coquille ou d'un squelette externe
  - – Corps à symétrie radiaire d'ordre 5, en forme d'étoile ou globuleux avec des piquants ..... ÉCHINODERMES (Oursin, Étoile de mer)
  - – Corps mou généralement entouré d'une coquille ..... MOLLUSQUES
    - Une coquille enroulée en hélice ..... GASTÉROPODES (Escargot, Patelle, Limace)
    - Deux coquilles reliées par une charnière ..... LAMELLIBRANCHES = BIVALVES (Huître)
    - ✱ Coquille enroulée ou restreinte à un « os » ou absente, présence de 8 ou 10 tentacules autour de la tête ..... CÉPHALOPODES (Nautile, Seiche, Pieuvre)
  - – Squelette externe qui recouvre entièrement le corps, corps segmenté, appendices articulés ..... ARTHROPODES
    - Corps en deux parties, pas d'antennes, 4 paires de pattes ..... ARACHNIDES (Araignée, Acarien)
    - Très nombreux segments portant chacun 1 ou 2 paires de pattes ..... MYRIAPODES (Iule, Gloméris)
    - 2 paires d'antennes, tête et thorax soudés en un céphalothorax ..... CRUSTACÉS (Crevette, Daphnie, Cloporte)
    - 1 paire d'antennes, 3 paires de pattes, généralement présence d'ailes ..... INSECTES (Criquet, Abeille)

> Présence d'un squelette interne osseux ou cartilagineux ..... VERTÉBRÉS
- Peau recouverte d'écailles libres (non soudées) ..... POISSONS (Requin, Truite)
- Peau nue contenant de nombreuses glandes ..... AMPHIBIENS (Grenouille, Triton)
- Peau recouverte d'écailles soudées, jamais de plumes ..... REPTILES (Serpent, Tortue)
- Peau recouverte de plumes et d'écailles soudées sur les membres postérieurs ..... OISEAUX (Pinson, Manchot, Autruche)
- Peau recouverte de poils, présence de mamelles ..... MAMMIFÈRES (Souris, Éléphant, Dauphin)

FIGURE 4. Clef simplifiée des principaux groupes de Métazoaires. D'après GALIANA *et al.* (2015).

Échantillon 1 — Échantillon 2 — Échantillon 3

Échantillon 4 — Échantillon 5 — Échantillon 6

Une clé de détermination des principaux ordres d'insectes

> Jamais d'ailes ou ailes très réduites ou seulement portées par quelques individus
- Aucune trace d'ailes
  - – Présence d'un appendice sauteur replié sous l'abdomen (furca) ..... COLLEMBOLES
  - – Corps mou, fortes mandibules ..... Voir Isoptères*
  - – Abdomen réduit à un pédoncule entre les deux premiers segments ..... Voir Hyménoptères*
  - – Présence d'une paire de tubes à l'arrière de l'abdomen ..... Voir Homoptères*
- Ailes très réduites
  - – Aspect de brindille ou de feuille ..... PHASMOPTÈRES (Phasmes)
  - – L'abdomen se termine par une paire de pinces ..... DERMAPTÈRES (Perce-oreilles)

> 1 paire d'ailes et 1 paire de balanciers ..... DIPTÈRES (Mouches, Moustiques, Taons)

> 2 paires d'ailes
- 4 ailes opaques recouvertes de petites écailles en mosaïque ..... LÉPIDOPTÈRES (Papillons)
- 4 ailes entièrement membraneuses et transparentes
  - – Ailes peu nervurées
    - ◗ Abdomen réduit à un pédoncule entre les deux premiers segments ..... HYMÉNOPTÈRES (Abeilles, Fourmis)
    - ◗ Ailes repliées en toit au-dessus de l'abdomen au repos
      - › Appareil buccal piqueur enfermé dans un rostre, parfois présence d'une paire de tubes à l'arrière de l'abdomen ..... HOMOPTÈRES (Cigales, Pucerons)
      - › Ailes recouvertes de poils fins ..... TRICHOPTÈRES (Phryganes)
    - ◗ Corps mou et massif, fortes mandibules, seuls les sexués portent des ailes qu'ils perdent après l'essaimage ..... ISOPTÈRES (Termites)
  - – Réseau de nervures très dense sur les ailes
    - ◗ Ailes postérieures beaucoup plus petites que les ailes antérieures, abdomen terminé par 2 ou 3 longs filaments (cerques) ..... ÉPHÉMÉROPTÈRES (Éphémères)
    - ◗ Corps plat terminé par 2 cerques ..... PLÉCOPTÈRES (Perles)
    - ◗ Corps long et très fin, antennes très courtes ..... ODONATES (Libellules, Demoiselles)
    - ◗ Corps généralement long et fin, antennes longues parfois en massue ..... NÉVROPTÈRES (Chrysopes)
- Ailes antérieures **au moins en partie durcies (souvent plus ou moins opaques)**
  - – Pattes postérieures adaptées au saut ..... ORTHOPTÈRES (Sauterelles, Grillons)
  - – Ailes antérieures formant un bouclier coriacé ..... COLÉOPTÈRES (Coccinelles, Hannetons)
  - – Ailes antérieures coriacées vers l'avant et membraneuses à l'extrémité ..... HÉTÉROPTÈRES (Punaises, Nèpe)
  - – Membres antérieurs modifiés en pattes ravisseuses ..... MANTOPTÈRES (Mantes)
  - – Pattes épineuses, longues antennes, le 1er segment du thorax recouvre la tête ..... BLATTOPTÈRES (Blattes)

* Chez certaines espèces de ces ordres, seuls les individus sexués portent des ailes, les autres individus en sont dépourvus : ils sont aptères.

FIGURE 5. Clef de détermination de quelques ordres d'Insectes.
NB Les Isoptères sont aujourd'hui groupés avec les Blattes et les 'homoptères' sont paraphylétiques.
D'après GALIANA *et al.* (2015), modifié.

Comment peut-on retrouver l'ordre auquel appartiennent les Insectes adultes proposés ?

Activité 1. Détermination des ordres d'Insectes

Savoirs à construire	Caractérisation des adultes des ordres au programme

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Clef de détermination	
	Analyser, observer et raisonner ➢ Observation	

Identifiez les ordres auxquels appartiennent les Insectes adultes à votre disposition.

D. Développement post-embryonnaire

1. Notions de développements embryonnaire et post-embryonnaire

- Le **développement** est le ***processus par lequel se construit un individu adulte (= apte à se reproduire) à partir du zygote, cellule issue de la fécondation***. Chez les Métazoaires, on distingue classiquement deux parties :
  - ▪ Le **développement embryonnaire** qui va ***de la cellule-œuf à l'éclosion (espèces ovipares) ou à la parturition (espèces vivipares)***. L'organisme en cours d'édification s'appelle alors un **embryon**.

Attention, pour le **développement humain**, les **médecins** adoptent une autre définition (ils sont pénibles… ☺) : lors de la grossesse, on parle d'**embryon** pour les trois premiers mois de grossesse et de **fœtus** ensuite. Ce type de distinction est aussi parfois retenu par les **vétérinaires** (ils sont pénibles aussi ☺).

  - ▪ Le **développement post-embryonnaire** qui va ***de l'organisme après éclosion ou parturition jusqu'à l'individu adulte, apte à se reproduire***.

2. Notions de développements post-embryonnaires direct et indirect

a. DPE direct

- On dit que le **développement post-embryonnaire** est **direct** ***lorsque l'organisme issu de l'éclosion ou de la parturition possède déjà une organisation proche de l'adulte et qu'il lui reste juste à grandir et à acquérir la maturité fonctionnelle des organes sexuels***. L'organisme s'appelle alors un **jeune** et ce développement post-embryonnaire peut être appelé **croissance**. C'est le cas des Mammifères.

b. DPE indirect

- On dit que le **développement post-embryonnaire** est **indirect** ***lorsque l'organisme issu de l'éclosion ou de la parturition présente une organisation notoirement différente de l'adulte et que cette organisation sera modifiée par des remaniements plus ou moins abrupts ; cette période de transformations s'appelle métamorphose***. L'organisme (depuis l'éclosion jusqu'à la dernière métamorphose) s'appelle une **larve** ; on peut donc aussi parler de **développement larvaire**.
- Selon les cas, la métamorphose peut comprendre plusieurs étapes ou une seule étape progressive.
- **Après la métamorphose**, deux cas de figure peuvent être envisagés :
  - o ***Soit l'individu obtenu est un jeune*** qui doit encore subir une **croissance** accompagnée d'un **développement des organes sexuels** avant d'être un **adulte** capable de se reproduire. C'est le cas des **Amphibiens**.
  - o ***Soit l'individu obtenu est directement un adulte apte à se reproduire***. C'est le cas le plus souvent chez les **Insectes**.

Chez les **Hexapodes**, ***l'individu adulte*** s'appelle un **imago** (ce terme est parfois employé pour d'autres groupes taxonomiques).

Notons que, dans de **rares cas**, l'individu obtenu après la dernière étape de la métamorphose doit encore ***subir une courte maturation avant de devenir apte à se reproduire*** ; on pourra alors l'appeler **subimago**.

3. Types de DPE chez les Hexapodes

- On peut distinguer **plusieurs types de développement** chez les Hexapodes. On appelle **mue** une ***étape du développement post-embryonnaire où l'animal abandonne son ancienne cuticule (exuvie) et en acquière une nouvelle de taille plus importante*** (voir aussi : encadré A).

a. Les 'amétaboles' (Hexapodes homomorphes)

- Les Hexapodes jadis rassemblés dans le groupes des 'aptérygotes' présentent un **DPE presque direct** (figure 6) : ***les jeunes issus de l'éclosion, à part la taille et la maturité des organes sexuels, sont semblables à l'adulte*** et subiront une ***suite de mues permettant une augmentation de taille et l'acquisition de la maturité sexuelle***. Comme le jeune et l'adulte se ressemblent beaucoup, on parle de **développement homomorphe** et on ne parle **pas de métamorphose** pour désigner les mues.
- La **mue imaginale** permet ***l'acquisition de la fonctionnalité des gonades*** ; des **mues postimaginales** peuvent exister ***à chaque cycle de reproduction***.

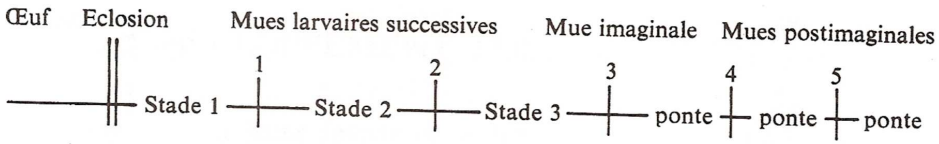


FIGURE 6. DPE amétabole. Cas des 'aptérygotes'. D'après BEAUMONT & CASSIER (1983).

Tous les autres Hexapodes seront dits à **développement hétéromorphe** pour désigner des ***différences plus notoires entre larve et adulte***. On peut alors parler de **métamorphose**.

b. Les 'hétérométaboles', Hexapodes à « métamorphose incomplète » (paurométaboles + hémimétaboles)

- Les **'hétérométaboles'** sont les Insectes à « métamorphose incomplète » ***: l'éclosion libère un jeune ou une larve (les deux vocables sont acceptés) qui diffère de l'adulte par la taille, l'absence de pièces génitales et l'absence d'ailes***. La mise en place de ces **structures** se fait de manière **progressive** au cours de **mues successives** (figure 7). Les ailes apparaissent sous forme d'***expansions latéro-dorsales sur le méso- et le métathorax*** ; on appelle ces ***ébauches d'ailes*** **fourreaux alaires** ou **ptérothèques** (étym. « loge des ailes »).

Certains auteurs parlent de « **larve** » lorsque les **fourreaux alaires** ne sont **pas présents** et de « **nymphe** » lorsqu'ils sont **présents** ; cet usage me paraît **abusif** et je le déconseille vertement. Il est préférable de toujours parler de **larve**.

- On peut ensuite, au sein des 'hétérométaboles', distinguer deux cas de figure :
  - Les **'paurométaboles'** sont caractérisés par ***des larves et des adultes qui présentent le même mode de vie et le même habitat*** (figure 7).
  - Les **'hémimétaboles'** sont caractérisés par ***des larves et des adultes qui présentent des habitats et des modes de vie différents*** (figure 8). Souvent, la larve est aquatique et l'adulte aérien (cas des Odonates). Les ***ébauches alaires apparaissent lors du dernier stade*** qu'il est courant d'appeler **stade nymphal**. Parmi les ordres au programme, on peut citer le ***cas des Cigales dont la larve se développe plusieurs années dans le sol, alors que l'adulte est plutôt arboricole***.

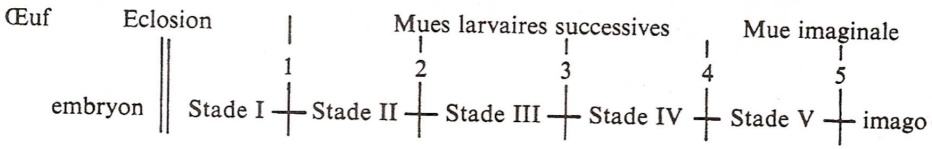


FIGURE 7. DPE hétérométabole paurométabole. Cas des Orthoptères, Dictyoptères, Dermaptères, Phasmoptères et Hémiptères (la plupart). D'après BEAUMONT & CASSIER (1983).

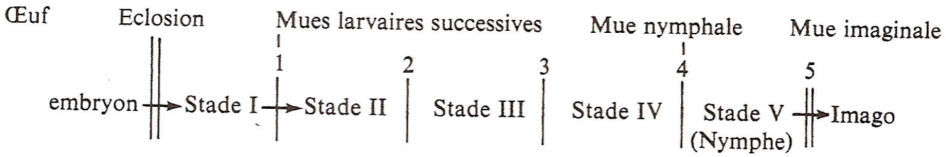


FIGURE 8. DPE hétérométabole hémimétabole. Cas des Éphéméroptères, Odonates et de certains Hémiptères comme la Cigale. D'après BEAUMONT & CASSIER (1983).

c. Les Holométaboles, Hexapodes à métamorphose complète

α. Notion de DPE holométabole

- Chez les **Holométaboles** (figure 9-10), ***la larve présente à la fois une organisation, un mode de vie, un habitat et des habitudes alimentaires radicalement différents de ceux de l'imago***. L'avant-dernière mue (**mue nymphale**) donne naissance à une **nymphe**, ***stade larvaire peu ou pas actif caractérisé par une cessation de l'alimentation, une fréquente cessation de mobilité et une utilisation des réserves dans le cadre de la mue***. La dernière mue (**mue imaginale**) permet de ***passer de la nymphe à l'imago***.

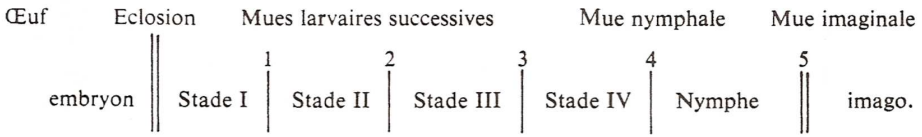


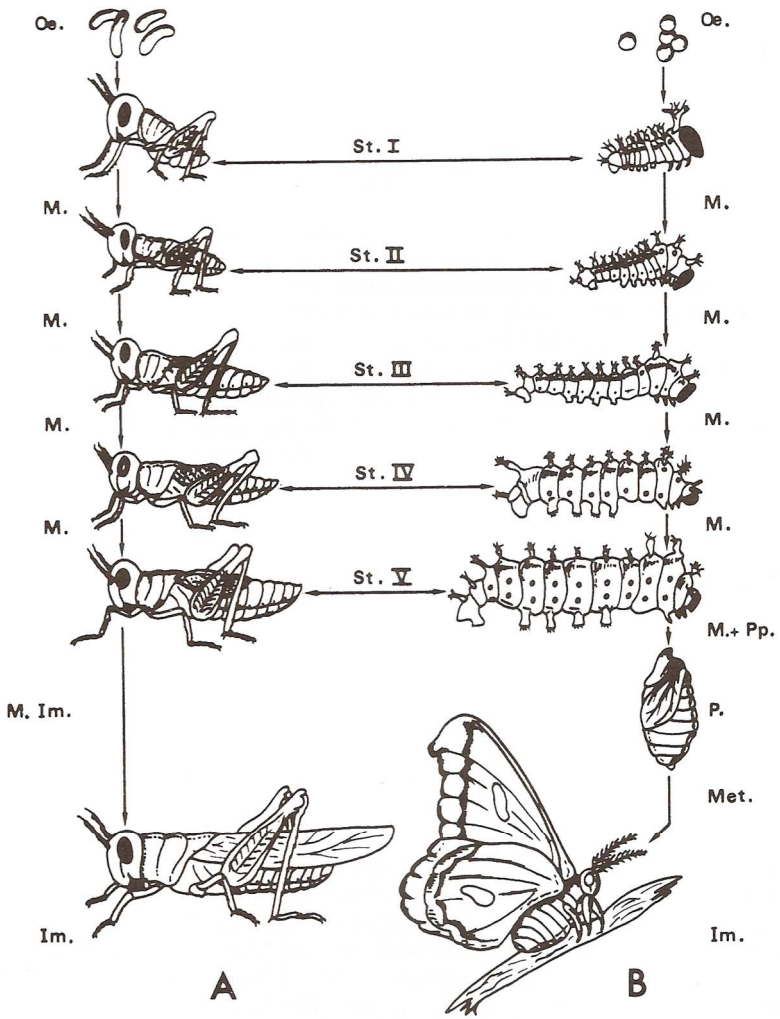
FIGURE 9. DPE holométabole. Cas des Coléoptères, Lépidoptères, Diptères, Hyménoptères, Névroptères.... D'après BEAUMONT & CASSIER (1983).

β. Typologie des larves d'Holométaboles

- Les Holométaboles peuvent présenter **cinq types de larves** (figure 11).

i. Les larves campodéiformes

- Les **larves campodéiformes** (ressemblant aux Diploures de la famille des Campodeidae) présentent les caractéristiques suivantes :
  - **Carapace rigide**
  - **Ocelles**
  - Pièces buccales de type **broyeur**
  - **3 paires de pattes thoraciques**
  - Très **agiles**, souvent **carnassières**



Le développement post-embryonnaire des Insectes.

A. Développement paurométabole (ex. : un Criquet).
B. Développement holométabole (ex. : un Papillon).

Im. : imago = insecte parfait ; M. : mue ; M.Im. : mue imaginale ; Met. : métamorphose ; M. + Pp. = mue nymphale ; P. : stade nymphal : la chrysalide ; Oe. : œuf ; St.I … St.V : stades larvaires I à V.

FIGURE 10. <u>DPE comparés d'un 'hémimétabole' 'paurométabole' et d'un Holométabole</u>.
D'après BEAUMONT & CASSIER (1983).

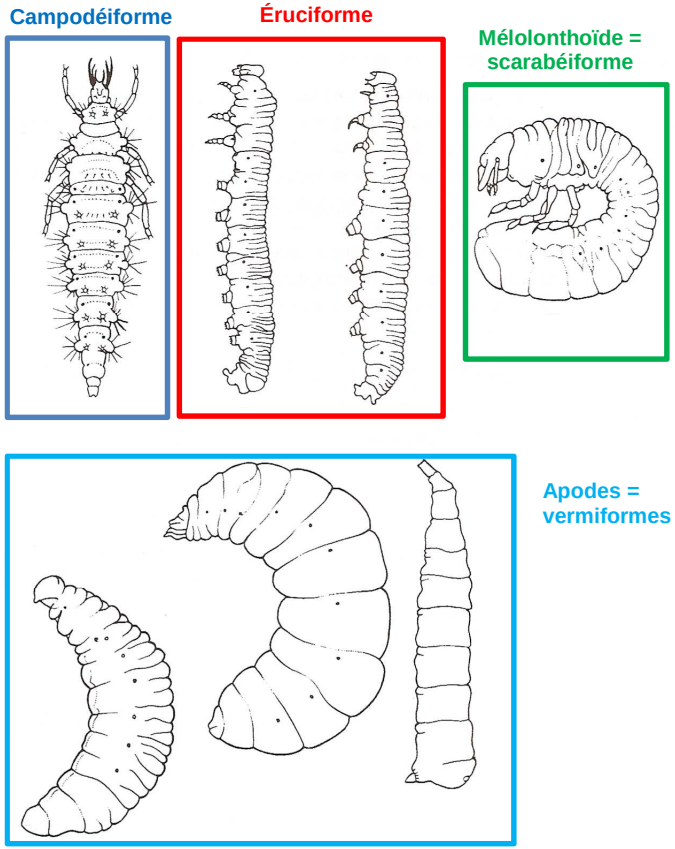


FIGURE 11. <u>Principaux larvaires d'Holométaboles</u>.
D'après BEAUMONT & CASSIER (1983).

- **Corps allongé**, **aplati dorso-ventralement**
- L'**abdomen** se termine en **pointe** et peut porter des **cerques**

- Cette larve se rencontre chez de **nombreux Coléoptères (Carabes, Dytiques, Lampyres, Coccinelles, Staphylins…)** et chez certaines Phryganes (Trichoptères).

ii. Les larves mélolonthoïdes ou scarabéiformes

- Les **larves mélolonthoïdes** (de *Melolontha*, le Hanneton) ou **scarabéiformes** présentent les caractéristiques suivantes :
  - **Corps peu agile**, **mou**
  - **Tête dure** et **sclérifiée**
  - Pièces buccales de **type broyeur**
  - **Abdomen volumineux** et replié sous la face ventrale
  - **3 paires de pattes thoraciques**
- Ces larves se rencontrent chez les **Coléoptères (Scarabées, Bousiers, Hannetons…)** et certains **Hyménoptères**.

iii. Les larves éruciformes : chenilles et fausses chenilles

- Les **larves éruciformes** présentent les caractéristiques suivantes :
  - **Corps mou** (sauf **capsule céphalique sclérifiée**)
  - **3 paires de pattes thoraciques** + **nombreuses paires de fausses pattes abdominales** (5 paires maximum chez les chenilles de Lépidoptères ; jusqu'à 8 paires chez les fausses chenilles d'Hyménoptères 'tenthrédoïdes')
  - Pièces buccales de **type broyeur**
- Ces larves se rencontrent chez les **Lépidoptères (chenilles)** et certains **Hyménoptères** (Tenthrèdes : **fausses chenilles**).

iv. Les larves vermiformes = apodes

- Les **larves vermiformes** ou **apodes** se caractérisent par une forme de ver : il y a **disparition des appendices locomoteurs** et **réduction de la tête**. Les **pièces buccales** sont **rudimentaires** voire parfois **absentes** ; ces larves se nourrissent de **matières en décomposition** ou de **liquides**. On peut distinguer trois sous-types :
  - Les **larves eucéphales** (nombreux Hyménoptères, certains Diptères 'nématocères') : **tête réduite**, **yeux**, **antennes**, **mandibules mobiles horizontalement**.
  - Les **larves hémicéphales** (Diptères Brachycères) : **tête atrophiée** et **invaginée** dans le premier segment thoracique, mandibules remplacées par des **crochets** mobiles verticalement.
  - Les **larves acéphales** ou **asticots** (certains Diptères 'nématocères) : tête **totalement atrophiée**, larve **aveugle**.

v. Les larves cyclopoïdes (anecdotique)

- Les **larves cyclopoïdes** ont une vague allure de 'crustacé' Copépode (le Cyclops) ; on les rencontre chez certains Hyménoptères 'térébrants'.

γ. Typologie des nymphes d'Holométaboles : nymphes nues, chrysalides, pupes

- On peut distinguer **trois types de nymphes** (figure 12) :
  - **Nymphes libres** = **nymphes nues** : blanchâtres, **immobiles**, **appendices libres appliqués contre le corps** (comme paralysés) [Coléoptères, Hyménoptères…].
  - **Nymphes momies** = **chrysalides** : **appendices non libres** et *adhérents au corps*, souvent enfermés dans un **cocon produit par la larve** [Lépidoptères].
  - **Pupes** : totalement enveloppées par la **dernière exuvie de la larve**, **immobiles** [Diptères].

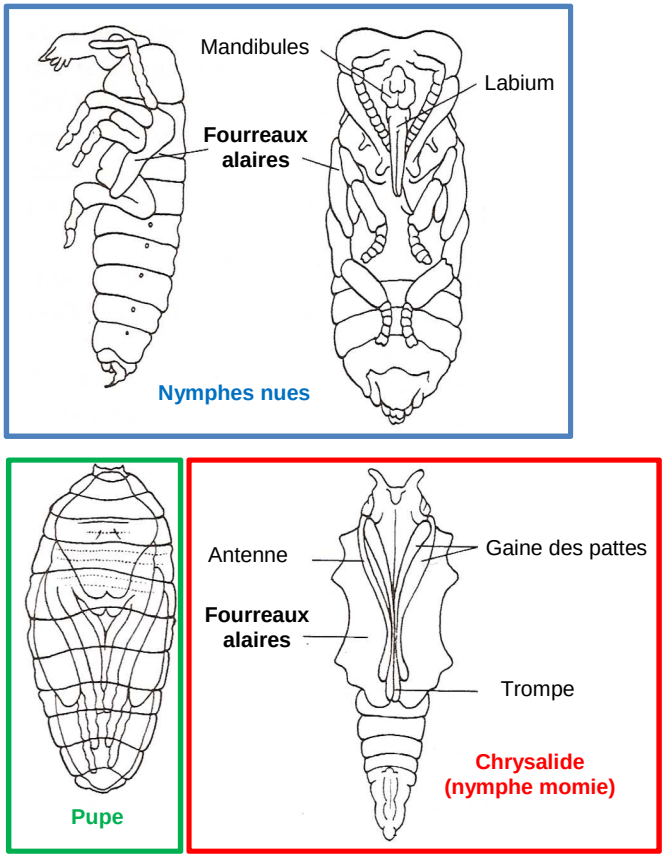


FIGURE 12. Nymphes d'Holométaboles. D'après BEAUMONT & CASSIER (1983).

4. Courbes de croissance chez les Insectes

- On peut distinguer (figure 13) :
  - La **croissance en longueur** qui s'effectue ***par paliers*** : ***chaque mue s'accompagne d'une brusque augmentation de taille***. On peut parler de **croissance discontinue**.
  - La **croissance pondérale** qui s'effectue de manière ***plus progressive***, avec toutefois ***une perte de masse lors des mues*** due à un fréquent arrêt de l'alimentation peu avant, à une légère déshydratation lors de l'exuviation mais aussi et surtout à la ***perte du poids de l'exuvie***.

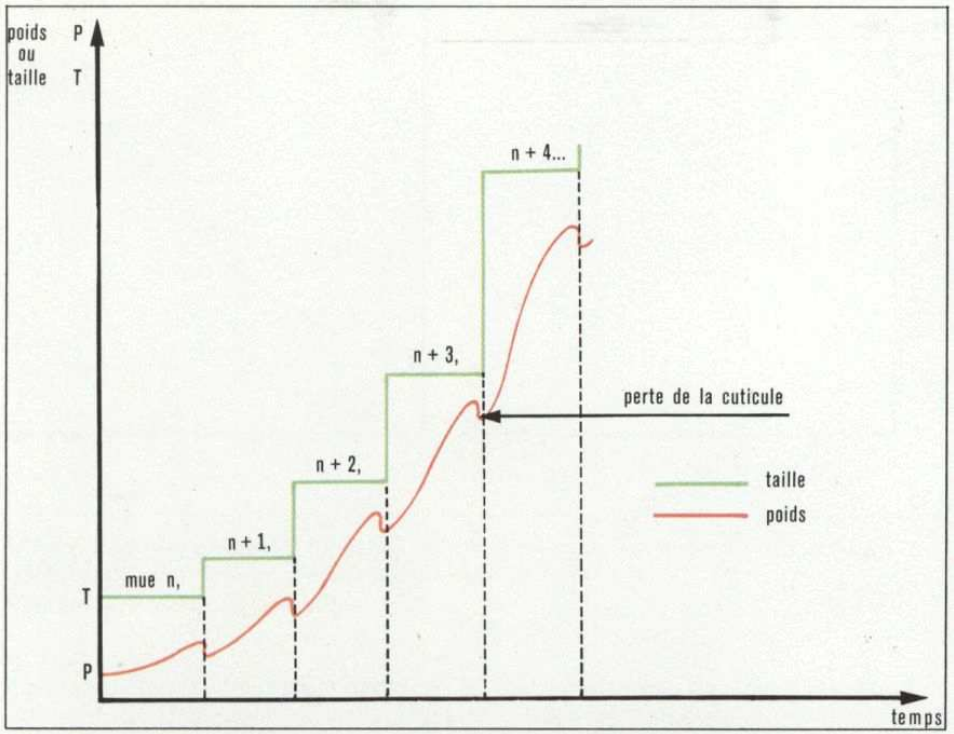


FIGURE 13. Allure des courbes de croissance en longueur et en masse des Insectes.
http://www.larousse.fr/archives/grande-encyclopedie/page/3875 (septembre 2015)

Encadré A Cuticule et mues : un aperçu

(Au-delà du programme : pour information)

Organisation du tégument des Insectes : épiderme + cuticule

Épiderme

➢ Comme chez de nombreux Arthropodes, le **tégument des Insectes** (figure a) est formé d'un **épiderme** et d'une **cuticule**. L'épiderme est **simple** et peut être **cubique** ou **prismatique** ; il repose sur une **lame basale** le séparant de l'hémocœle sous-jacent. Cet épiderme est **sécréteur** : il ***produit la cuticule au moment de chaque mue***. On y trouve quelques **types cellulaires spécialisés**.

Cuticule

➢ La **cuticule des Insectes** (figure a) peut être divisée en **plusieurs couches** (de la plus superficielle à la plus profonde, c'est-à-dire proche de l'épiderme) :

- L'**épicuticule au sens large** composée d'une **couche de cément** (10 nm, composition variable), une **couche cireuse** (0,5-1 µm, riche en cérides, assure l'imperméabilité du tégument) et l'**épicucitule au sens strict** (1-2 µm, essentiellement lipoprotéines).
- La **procuticule** : d'épaisseur variable (10 à plusieurs centaines de µm), elle contient de la **chitine** et des **protéines variées**. Elle comprend deux parties : l'**exocuticule**, *rigide et colorée*, *sécrétée avant la mue* (***couche préexuviale***) et l'**endocuticule**, *souple et incolore*, *sécrétée après la mue* (***couche postexuviale***).

Notons que les **articulations** sont des ***zones où la cuticule est fine et plus pauvre en chitine*** que dans les **plaques sclérifiées**.

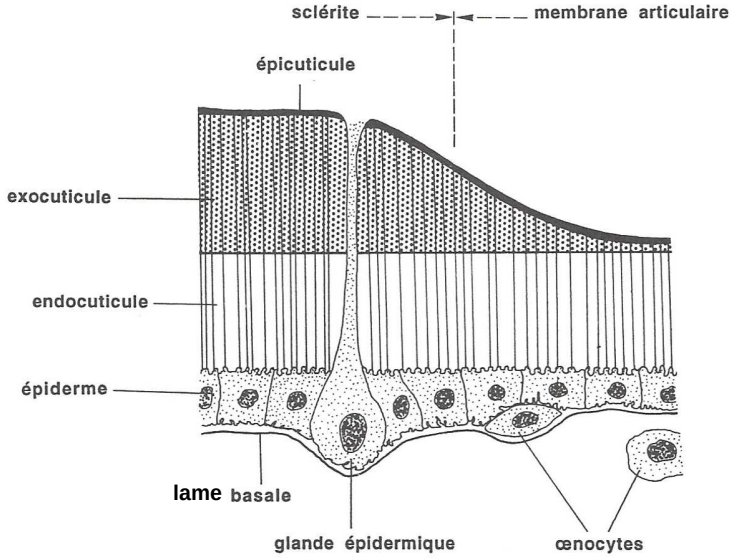


FIGURE a. Structure du tégument des Insectes. D'après RIDET *et al.* (1992).

Une croissance des Insectes par mues

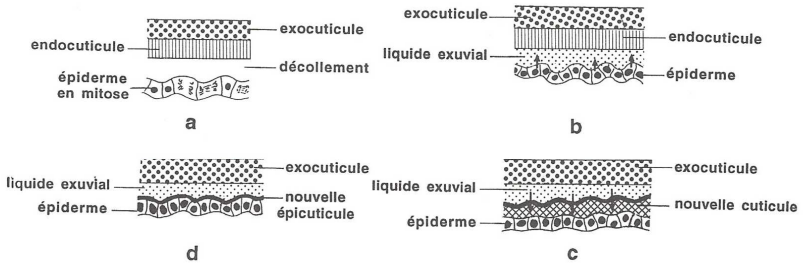
La cuticule, un exosquelette imposant une croissance discontinue

➢ Le **tégument des Insectes** est un **exosquelette rigide** : *la rigidité de la cuticule empêche toute croissance continue*.

Déroulement de la mue

➢ La **mue** peut être divisée en **diverses phases** (figure b) :

- **Augmentation de la taille de l'épiderme** par **mitoses** qui conduit au **décollement de la cuticule**.
- **Sécrétion par exocytose de liquide exuvial** (*contenant des chitinases et protéases capables de digérer la cuticule*).
- **Sécrétion d'une épicuticule** *protégeant de l'action du liquide exuvial les souches sous-jacentes*.
- **Sécrétion de l'exocuticule**.
- **Exuviation** (*sortie de l'animal de l'exuvie*) ; les **lignes d'exuviation** sont des ***zones où la cuticule est mince***, ce qui favorise son **déchirement**.
- **Sécrétion de l'endocuticule**.



Déroulement de la mue chez les Arthropodes : a. décollement de l'épiderme ; b. émission du liquide exuvial ; c. digestion de l'ancienne cuticule ; d. résorption du liquide exuvial

FIGURE b. <u>Déroulement d'une mue chez un Insecte</u>. D'après RIDET *et al.* (1992).

Contrôle de la mue

➢ La mue est sous le contrôle d'une ***hormone stéroïde***, l'**ecdysone**, produite par **différentes parties de l'Insecte** sous le contrôle d'**autres hormones**.

II. Organisation d'un Insecte Orthoptère : le Criquet

- Les **espèces étudiées** sont généralement, selon les cas :
  - ***Locusta migratoria***, le Criquet migrateur
  - ***Schistocerca gregaria***, le Criquet pélerin
- Il s'agit de deux espèces de Criquets africains qui **ravagent les cultures**, particulièrement lorsqu'ils forment des essaims en phase grégaire.

A. Morphologie de l'animal

Comment peut-on caractériser l'organisation externe du Criquet ?

Activité 2. Étude morphologique du criquet

Savoirs à construire	Morphologie du Criquet adulte

	Capacité ou attitude visée	**Évaluation**
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Manipulation	
	Analyser, observer et raisonner ➢ Observation	

En suivant les différentes étapes, efforcez-vous de **reconnaître** les structures présentées et de **compléter** les légendes des figures incomplètes. Vous pouvez bien entendu **manipuler** le criquet à ces fins.

1. Organisation fondamentale de l'animal et tagmation

- Les figures 15-16 (page 10) résument ces aspects.
- Chaque métamère comprend est fondamentalement limité par des ***plaques chitineuses*** nommées **sclérites**. On peut distinguer pour chaque métamère :
  - Un **sclérite dorsal** ou **tergite**.
  - Un **sclérite ventral** ou **sternite**.
  - Deux **sclérites latéraux** ou **pleurites** [*Les pleurites sont <u>absents</u> de <u>l'abdomen</u>*].

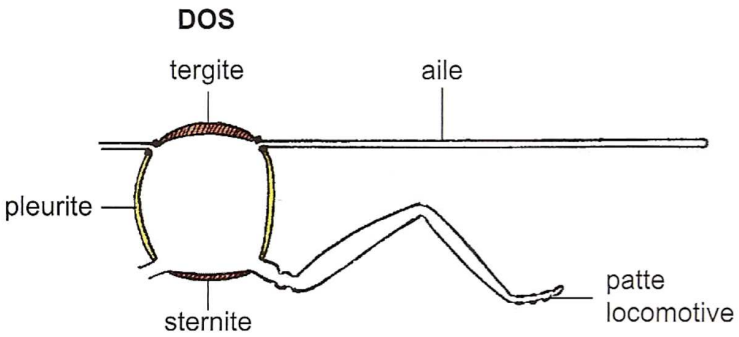


FIGURE 15. <u>Organisation fondamentale d'un métamère</u>.
D'après PEYCRU *et al.* (2013).

a) Corps divisé en trois parties (tagmes)

Chacune des trois parties du corps du criquet regroupe des segments contribuant à un même type de fonctions. Trois **tagmes** sont ainsi distingués.

- La **tête** joue un double rôle sensoriel et trophique.
- Le **thorax** formé de trois segments a surtout un rôle locomoteur.
- L'**abdomen** (onze segments), dépourvu d'appendices autres que génitaux, protège les viscères.

b) Disposition spécifique de certains appendices

Voir TP6

La présence **d'une seule paire d'antennes**, la fusion de la deuxième paire de maxilles en **un labium impair**, la présence de **trois paires de pattes locomotrices** et d'un nombre maximal de **onze segments abdominaux** (tableau) distinguent les hexapodes d'autres euarthropodes comme les malacostracés.

SEGMENTATION DU CORPS ET DISPOSITION DES APPENDICES CHEZ LE CRIQUET.

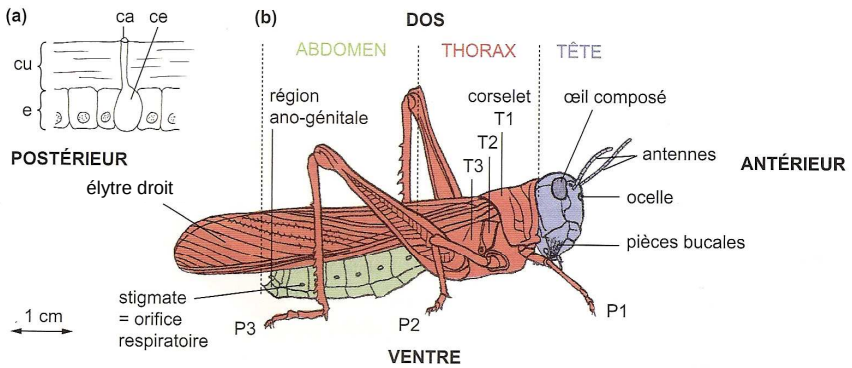
* : acron et telson sont deux segments intégrés respectivement à la tête et à l'abdomen mais ils n'ont pas valeur de métamère ; ils sont bien identifiés chez l'embryon mais ils sont très réduits chez l'adulte, tout comme les segments abdominaux 10 et 11, à l'exception de 2 cerques bien visibles. ** : les antennes des insectes sont l'équivalent des antennules des crustacés.

Tagme	Fonctions	Segment	Appendices	Particularités
Tête	Intégration neuro- sensorielle, prise alimentaire	Acron*		2 yeux composés et 3 ocelles
		1	2 antennes **	
		2		1 labre
		3	2 mandibules	
		4	2 maxilles	
		5	1 labium	
Thorax	Locomotion	prothorax	2 pattes locomotrices	
		mésothorax	2 pattes locomotrices	2 ailes antérieures semi-rigides (= hémélytres) 2 stigmates
		métathorax	2 pattes locomotrices adaptées au saut	2 ailes postérieures membraneuses 2 stigmates
Abdomen	Digestion, excrétion et reproduction	1		2 organes tympaniques 2 stigmates
		2 à 7		2 stigmates par segment
		8		♀ : partie de l'oviscapte 2 stigmates
		9		♀ : partie de l'oviscapte ♂ : plaque sous-génitale
		10		
		11	2 cerques	
		telson*		anus

c) adaptations fonctionnelles au milieu aérien

La locomotion (marche, saut, vol), l'existence d'une cuticule protectrice contre la déshydratation, les modalités de la reproduction et la respiration trachéenne témoignent de l'adaptation des hexapodes au milieu aérien.

FIGURE 15. Organisation fondamentale du Criquet. D'après PEYCRU *et al.* (2013).



(a) Coupe transversale de tégument d'Hexapode.
(b) Morphologie générale d'un criquet (vue latérale droite).

(a) Cu : cuticule ; e : épiderme ; Ca : canal glandulaire ; ce : cellule glandulaire ; **(b)** T1 : prothorax porteur de la première paire de pattes locomotrices (P1) ; T2 : mésothorax porteur de la deuxième paire de pattes locomotrices (P2) et des hémélytres ; T3 : métathorax porteur de la troisième paire de pattes locomotrices (P3) et des ailes membraneuses. Abdomen en vert ; thorax en rouge ; tête en bleu.

FIGURE 16. Organisation morphologique globale du Criquet.
D'après PEYCRU *et al.* (2013).

2. Organisation de la tête

- La figure 17 résume ces aspects.

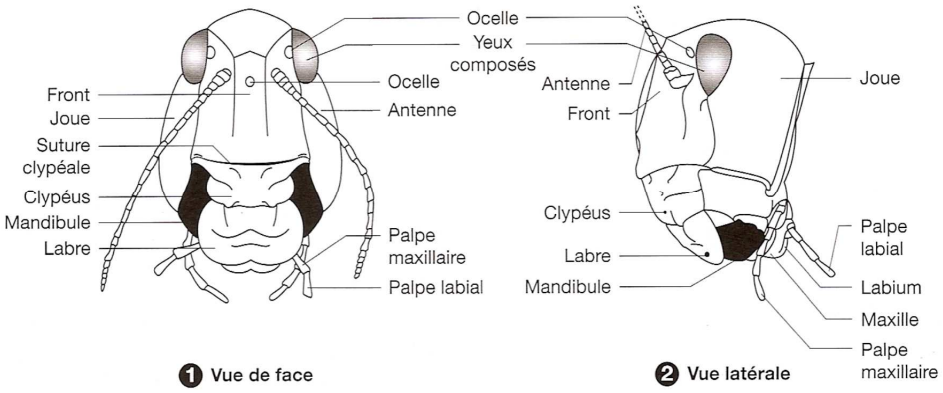


FIGURE 17. Organisation de la tête du Criquet.
D'après BREUIL (2007).

- Les **yeux composés** (yeux à **ommatidies**) perçoivent des ***images en couleur reproduites en de nombreuses versions*** ; les **ocelles** perçoivent des ***variations d'intensité lumineuse***. Quant aux **antennes**, elles ont un **rôle sensoriel** surtout **chimique**.

3. Organisation des pièces buccales

- Le Criquet présente des **pièces buccales** de **type broyeur** qui lui permettent de s'alimenter en coupant et broyant des végétaux (figures 18-19).

Comment s'organisent les pièces buccales du Criquet ?

Activité 3. Dissection et organisation des pièces buccales

Savoirs à construire	Morphologie du Criquet adulte

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Dissection	
	Analyser, observer et raisonner ➢ Observation	

En les saisissant à l'aide d'une pince et en cherchant à **désolidariser** les appendices à leur base de leur zone d'insertion sur la tête, **ôtez** les pièces buccales de la plus dorsale à la plus ventrale, puis **collez**-les sur une feuille de papier à l'aide de scotch.

Pistes de réflexion et d'exploitation
*À l'aide de votre dissection et des schémas ci-dessous, **légendez** le cliché de dissection ci-dessous.*

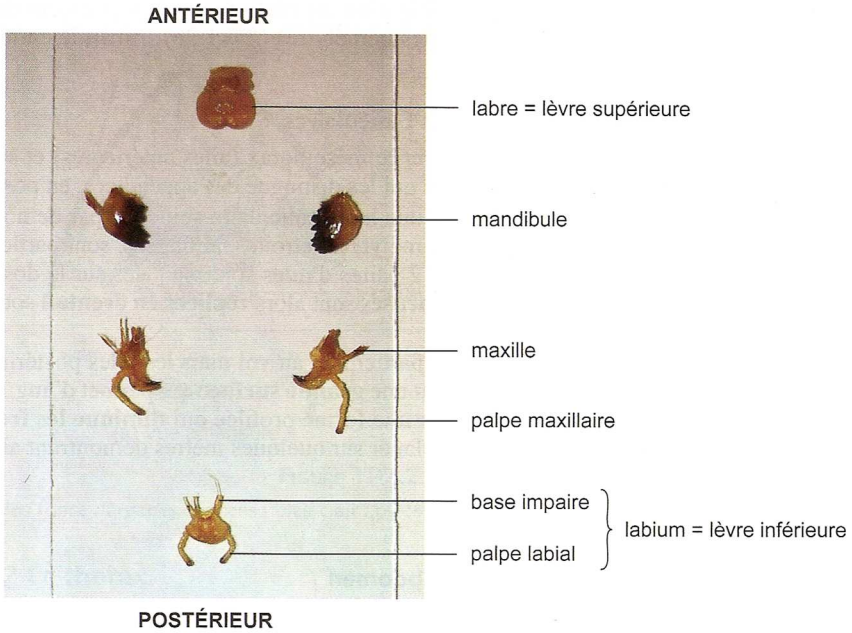


FIGURE 18. Dissection des pièces buccales du Criquet.
D'après PEYCRU *et al.* (2013).

Les pièces buccales seront décrites de l'avant vers l'arrière.

Le labre n'est pas un véritable appendice articulé, mais une simple expansion céphalique. En forme de pelle, il pousse les aliments vers les autres pièces buccales.

Les deux mandibules sont des appendices puissants constitués d'un seul article dur et denté. Leurs mouvements latéraux permettent à l'animal de couper et de broyer les aliments. À la loupe binoculaire, vous observerez :

- une spécialisation fonctionnelle en deux régions : en avant, la zone coupante, dotée de denticules aigus ; en arrière, la zone masticatrice, comportant des crêtes parallèles ;
- une brosse de soies fines, en arrière de la région molaire ; au repos, les brosses des deux mandibules constituent un écran filtrant devant la bouche.

Les deux maxilles sont des appendices pluriarticulés comportant un **palpe maxillaire** externe. Celui-ci joue un rôle sensoriel (tactile et gustatif) tandis que le reste de l'appendice permet de poursuivre la trituration des aliments amorcée par les mandibules.

Le labium comporte **une base impaire** sur laquelle s'articulent **deux palpes labiaux** et des pièces paires plus internes.

Ces pièces buccales permettent à l'animal de saisir, goûter, sentir, triturer et ingérer les aliments. Elles sont particulièrement puissantes. La forme des mandibules et des maxilles caractérise le **type broyeur**, type primitif présent chez de nombreux hexapodes.

D'après PEYCRU *et al.* (2013).

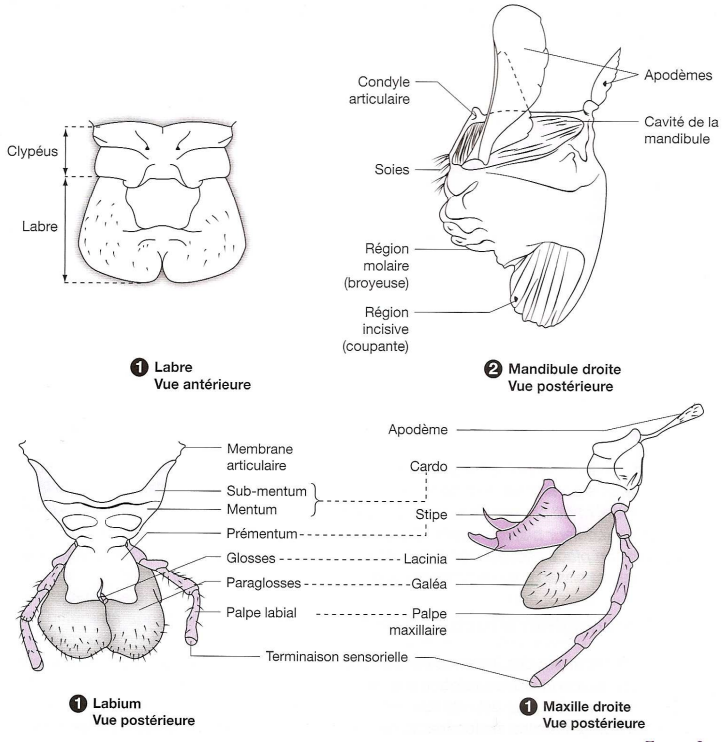


FIGURE 19. Vocabulaire détaillé des pièces buccales du Criquet. D'après BREUIL (2007).

4. Organisation des pattes

- Voir figure 20 : **schéma fondamental des articles** (*le nombre d'articles tarsiens peut varier de 1 à 5 selon les groupes d'Insectes*). On trouve : la **hanche** ou **coxa** (qui insère la patte sur l'animal), le **trochanter** (petit article de connexion), le **fémur**, le **tibia** et les articles du **tarse**. Concernant les **articles tarsiens**, le **premier article (basal)** s'appelle **métatarse** ou **basitarse** ; le **dernier (apical)** s'appelle **prétarse** et porte les **griffes** (avec un coussinet au centre qu'on nomme **arolium** ou **pulvillus**).
- **Pattes antérieures** = prothoraciques.
- **Pattes médianes** = mésothoraciques.
- **Pattes postérieures** = métathoraciques.

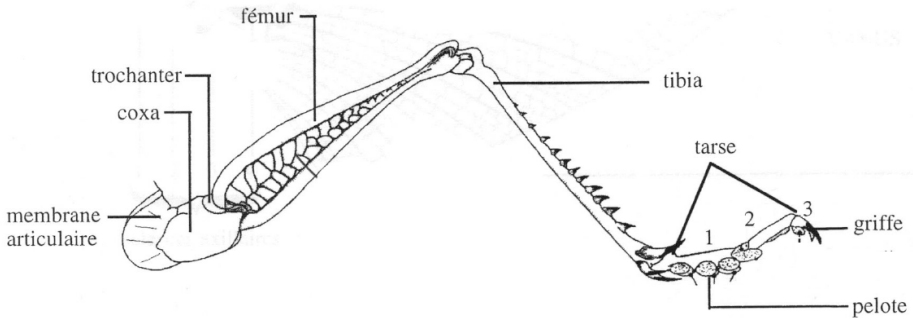


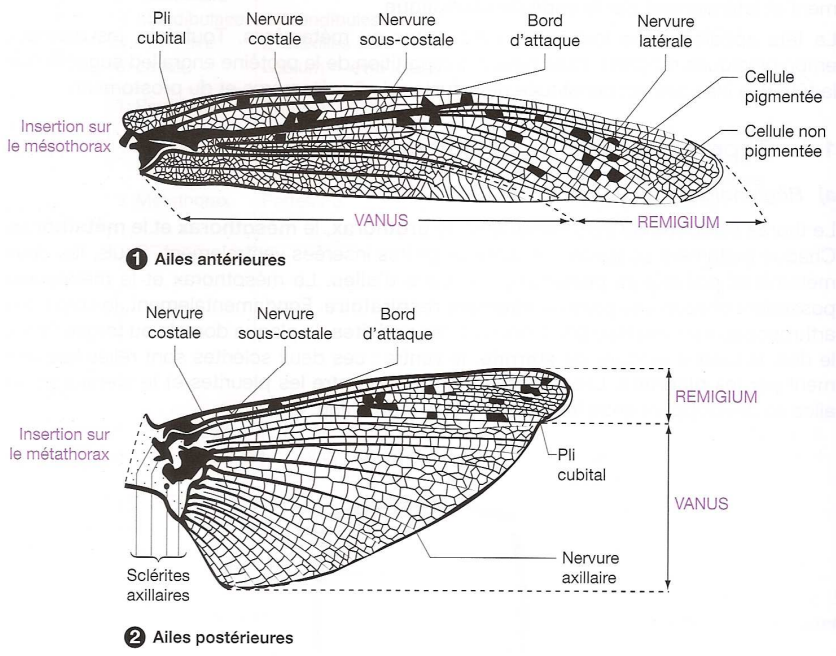
FIGURE 20. Patte postérieure gauche (ici adaptée au saut) du Criquet.
T. SILBERFELD (Préparation à l'Agrégation externe, SV STU, UPMC, Paris 6, 2010), modifié.

5. Organisation des ailes

- On distingue les **ailes antérieures** (portées par le **mésothorax**) aussi nommées **élytres** parce qu'elles sont **cuirassées**, et les **ailes postérieures** (portées par le **métathorax**) qui sont **membraneuses** (figure 21). Ce ne sont pas vraiment des appendices (absence d'articles) mais des **expansions cuticulaires**.
- Sur chaque aile, on peut noter une **nervation**. L'aile du criquet comprend **deux aires** : le **vanus** (aire vanale) et le **rémigium** (aire rémigiale).

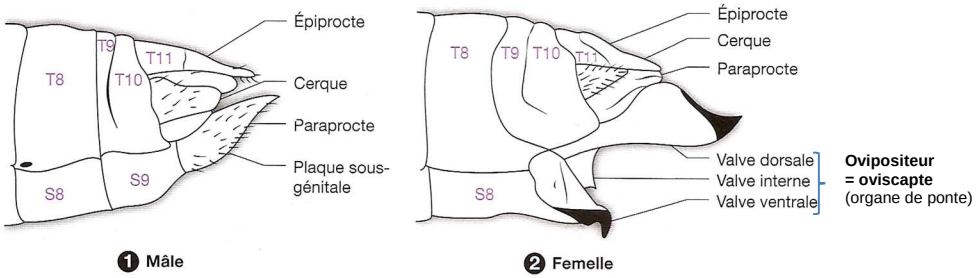
6. Abdomen et différence entre sexes

- L'**abdomen** comprend **11 segments** dont les **derniers** sont **réduits** voire **internalisés**. Les **segments abdominaux** présentent un **tergite** et un **sternite**, mais pas de pleurites. Chaque métamère porte une paire de **stigmates** et le premier porte en outre une paire de **tympans** de forme circulaire.
- La figure 22 compare les deux organisations abdominales possibles (**mâle** et **femelle**) :
  - **Mâle** : partie distale du **sternite abdominal 9** formant la **plaque sous-génitale** absence d'organe de ponte.
  - **Femelle** : **plaque sous-génitale** formée par le **sternite 8** (S9-10-11 pas distinguables), présence d'un **ovipositeur** formée de différentes **valves**.



Ailes
1. *Ailes antérieures ou élytres.* ***2.*** *Ailes postérieures ou ailes métathoraciques.*

FIGURE 21. Ailes du Criquet. D'après BREUIL (2007).



Extrémité abdominale montrant la différenciation sexuelle
1. *Mâle.* ***2.*** *Femelle.* ***S :*** *sternite,* ***T :*** *tergite.*

FIGURE 22. Dimorphisme sexuel. D'après BREUIL (2007).

Pistes de réflexion et d'exploitation
Déterminez *le sexe de votre animal.*

B. Anatomie de l'animal

Comment peut-on caractériser l'organisation interne du Criquet ?

Activité 4. Dissection générale du Criquet

Savoirs à construire	Morphologie du Criquet adulte

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Dissection	
	Analyser, observer et raisonner ➢ Observation	

Le conseil du chef
Avec un bon éclairage et une loupe binoculaire à faible grossissement, il est possible (et souhaitable) de réaliser les étapes délicates de la dissection sous la bino. L'observation des structures nécessitera de toute façon la loupe.

En suivant les différentes étapes, efforcez-vous de **reconnaître** les structures présentées et de **compléter** les légendes des figures incomplètes. Vous pouvez bien entendu **manipuler** le criquet à ces fins. Voici les différentes phases de la dissection :

1. Section des ailes : **coupez** les *ailes* avec les petits ciseaux.
2. **Épinglez** l'animal sur les *pattes* et le *dernier segment* visible de l'abdomen.
3. Ouverture de l'animal : **pratiquez** deux *incisions dorso-latérales* de l'animal en **sectionnant** depuis l'apex de l'abdomen jusqu'à la limite du thorax, voire jusqu'à la tête entre les yeux si vous y parvenez. **Sectionnez** *l'articulation* entre le dernier et l'avant-dernier segment abdominal visible puis **soulevez** avec une pince délicatement le *volet de tégument* de l'arrière vers l'avant en **décrochant** les *adhérences* sous-jacentes à l'aide d'une deuxième pince (en **dilacérant**) ou des petits ciseaux. Par pitié : de la délicatesse !

   Variante 1 : certains proposent de **tenir l'animal entre les doigts** pour pratiquer les incisions… Je **déconseille** vraiment car les segments se recroquevillent sur les coups de ciseaux et on aboutit souvent à une **charpie** généralisée des structures internes ! Il est donc **préférable d'inciser sur l'animal épinglé**.

   Variante 2 : certains proposent de pratiquer une seule incision centrale ; on peut **faire cela quand on manque de temps** mais **on détruit alors le système circulatoire**.
4. **Mettez en eau** ; les structures flotteront alors et seront plus visibles, sans parler du fait qu'on évite ainsi le dessèchement des tissus.
5. Étude de *l'appareil circulatoire* : celui-ci vient avec le volet de tégument dorsal ou bien, si vous êtes très délicat et précis, demeure avec les autres parties molles.
6. Étude de *l'appareil respiratoire* : **observez** le réseau trachéen et ses ramifications, les sacs aériens, le lien avec les stigmates… Sur les animaux frais, les trachées ont un bel aspect blanc argenté. Entre lame et lamelle, **montez** une petite portion de réseau trachéen prélevée avec des pinces et **observez** au *microscope*.
7. Étude de *l'appareil digestif et excréteur* : **ôtez** le *système circulatoire* s'il n'est pas déjà parti puis **dégagez** délicatement à la pince les trachées qui empêchent de voir les structures sous-jacentes. Attention à ne pas confondre les *trachées* avec les les *tubes de Malpighi*, de diamètre constant et de couleur plus grisâtre, ou avec les *structures reproductrices* chez la femelle.
8. Étude de *l'appareil génital* : **sectionnez** le *tube digestif* au niveau de *l'œsophage* et du *rectum*, puis **tirez** délicatement par l'avant pour l'ôter.
9. Étude du *système nerveux* : **ôtez** *l'appareil génital* en **sectionnant** les éventuelles adhérences et **dégagez** peu à peu, de manière délicate et progressive, la *chaîne nerveuse ventrale* en commençant par la *région abdominale*. Pour dégager la *partie thoracique*, sectionnez (de part et d'autre de la chaîne) les *arceaux chitineux* qui la masquent. Pour la tête, **extrayez** avec une infinie délicatesse le *cerveau* des muscles, sacs aériens et autres structures qui le masquent.

Pistes de réflexion et d'exploitation
***Observez** les différentes structures décrites ci-après et **complétez** les légendes éventuelles sur les schémas et clichés proposés.*

1. Appareil circulatoire

- Le **système circulatoire** est **ouvert** (voir partie I et le plan d'organisation) : le **milieu intérieur** (**hémolymphe**) circule dans la **cavité générale** (**hémocœle**) et baigne directement les organes ; le système vasculaire débouche donc dans cette cavité. On trouve dorsalement (qui vient souvent avec le volet de tégument, comme sur la figure) un **vaisseau dorsal** composé :
  - Dans la **partie abdominale** : d'un **cœur** divisé en **ventricules** (un par métamère)
  - Dans la **partie thoracique** et la **partie céphalique** : d'une **aorte** prolongeant dorsalement le cœur.

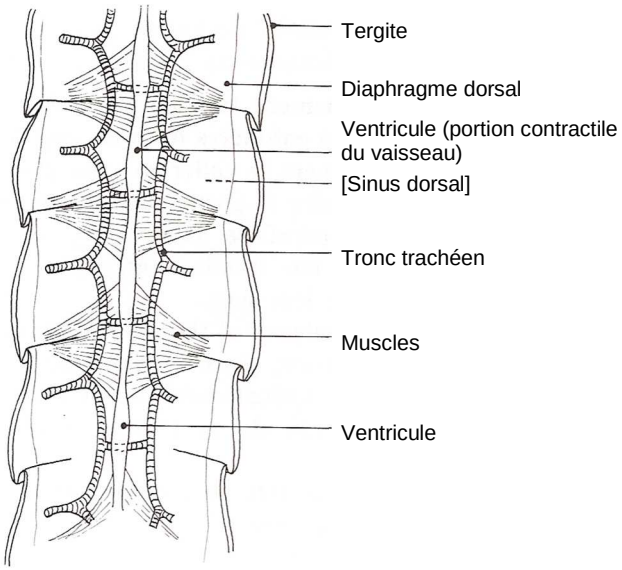
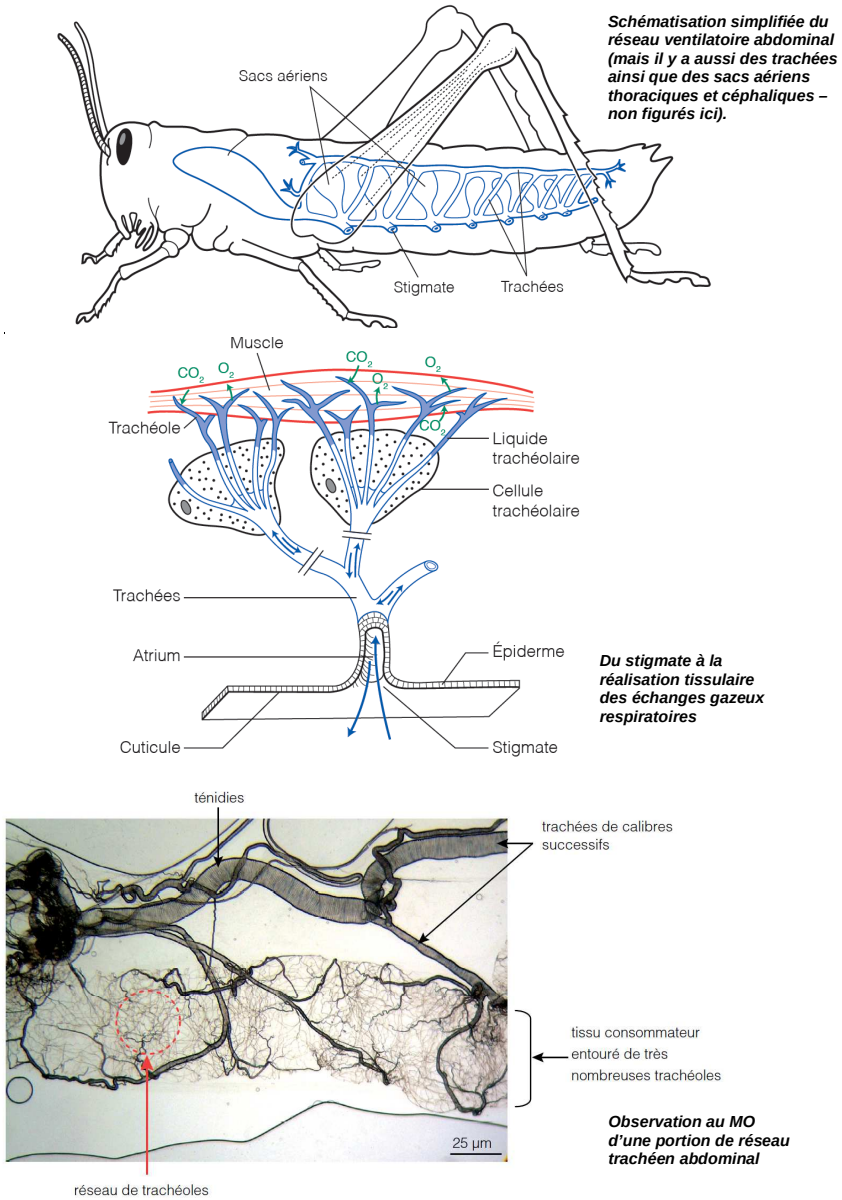


FIGURE 23. Cœur du Criquet en vue ventrale (collé sur le tégument dorsal ôté de l'animal).
D'après BEAUMONT & CASSIER (1983).

2. Appareil respiratoire

- L'**appareil respiratoire** (figure 24) est composé d'un **réseau de trachées** qui débouchent extérieurement au niveau des **stigmates** ou **spiracles**, ***orifices à ouverture et fermeture contrôlées qui émergent latéralement sur chaque segment thoracique ou abdominal (un de chaque côté par métamère)***. Les trachées sont des ***invaginations cuticulaires qui se ramifient jusqu'à atteindre les cellules ou ensembles de cellules*** qu'elles irriguent directement ; les ***plus fines ramifications qui sont au contact des cellules approvisionnées*** sont nommées **trachéoles**. Le réseau trachéen est épaissi par des ***anneaux cuticulaires qui rigidifient et empêchent l'effondrement des trachées*** (**taenidies** ou **ténidies**) Des **sacs aériens** (qu'on ne trouve pas chez tous les Insectes !) ***augmentent le volume d'air circulant***. La **ventilation** est **active** et repose sur des cycl**es de contraction-relâchement** de l'organisme, notamment l'**abdomen**, par le **système musculaire** ainsi que sur des **cycles d'ouverture et d'obturation des stigmates**.



Schématisation simplifiée du réseau ventilatoire abdominal (mais il y a aussi des trachées ainsi que des sacs aériens thoraciques et céphaliques – non figurés ici).

Du stigmate à la réalisation tissulaire des échanges gazeux respiratoires

Observation au MO d'une portion de réseau trachéen abdominal

FIGURE 23. Appareil respiratoire du Criquet. D'après SEGARRA *et al.* (2014).

3. Appareil digestif et excréteur

- Le **tube digestif** (figure 24) peut être divisé en **trois parties** :
  - Le **stomodéum** ou **intestin antérieur** : il prolonge la **bouche** et se compose de différentes parties (notamment **œsophage**, **jabot**, **gésier**).
  - Le **mésentéron** ou **intestin moyen** auquel on rattache le plus souvent les **caeca gastriques** (sing. caecum) (*structures en cul-de-sac abritant des 'bactéries' participant à la digestion*) et qui se termine par le **sphincter pylorique**.
  - Le **proctodéum** ou **intestin postérieur** qui se termine par l'**anus** et comprend diverses parties (notamment iléon, colon, rectum).

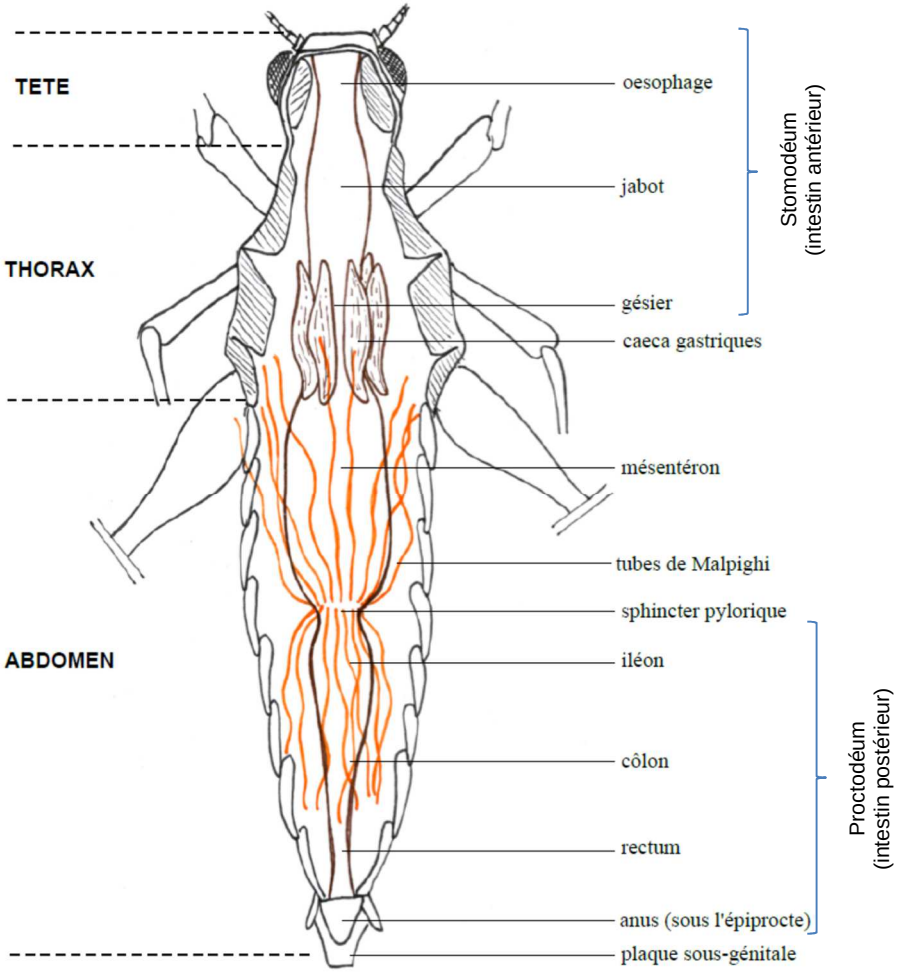


FIGURE 24. Appareil digestif du Criquet.
T. SILBERFELD (Préparation à l'Agrégation externe, SV STU, UPMC, Paris 6, 2010).

4. Appareil génital

- L'**appareil reproducteur** est évidemment différent en fonction du sexe :
  - Chez les **mâles** (figure 25), les deux **testicules** (qui produisent les **spermatozoïdes**) se rejoignent au-dessus du tube digestif en une masse unique. Il en émerge deux **canaux déférents** ou **spermiductes** qui débouchent dans le **canal** puis le **sac éjaculateur** ; les **organes copulateurs** permettent l'**accouplement** et la **transmission** du **sperme** à la femelle. On trouve de nombreuses **glandes accessoires** chez le Criquet mâle ; les **vésicules séminales** sont les plus remarquables.
  - Chez les **femelles** (figure 26), les deux **ovaires** recouvrent le **tube digestif** et peuvent occuper une **partie importante de l'abdomen** ; on y trouve fréquemment des **œufs**. Les deux **oviductes** débouchent sur le **vagin** où aboutit également le **canal de la spermathèque**. La **spermathèque** est une ***vésicule ovoïde qui contient la réserve de sperme de la femelle*** (obtenu après accouplement).

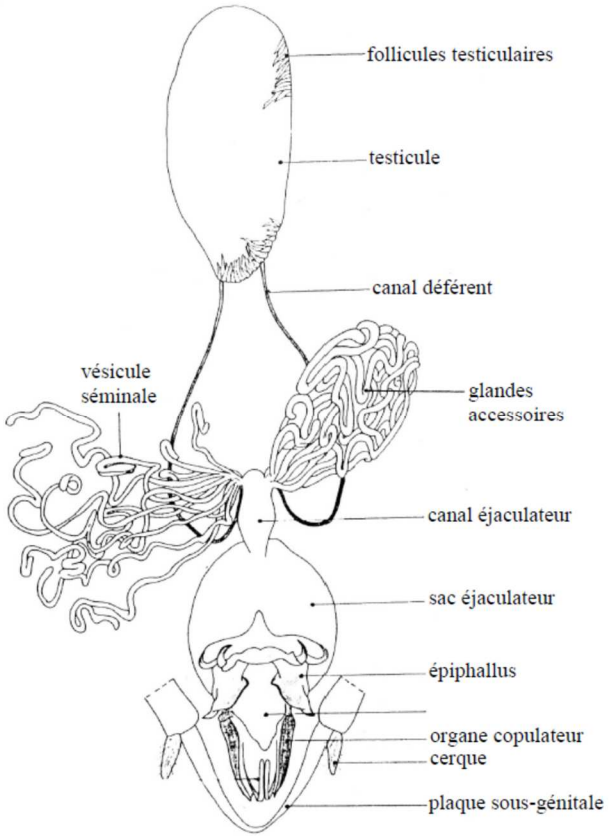


FIGURE 25. Appareil génital du Criquet mâle.
T. SILBERFELD (Préparation à l'Agrégation externe, SV STU, UPMC, Paris 6, 2010).

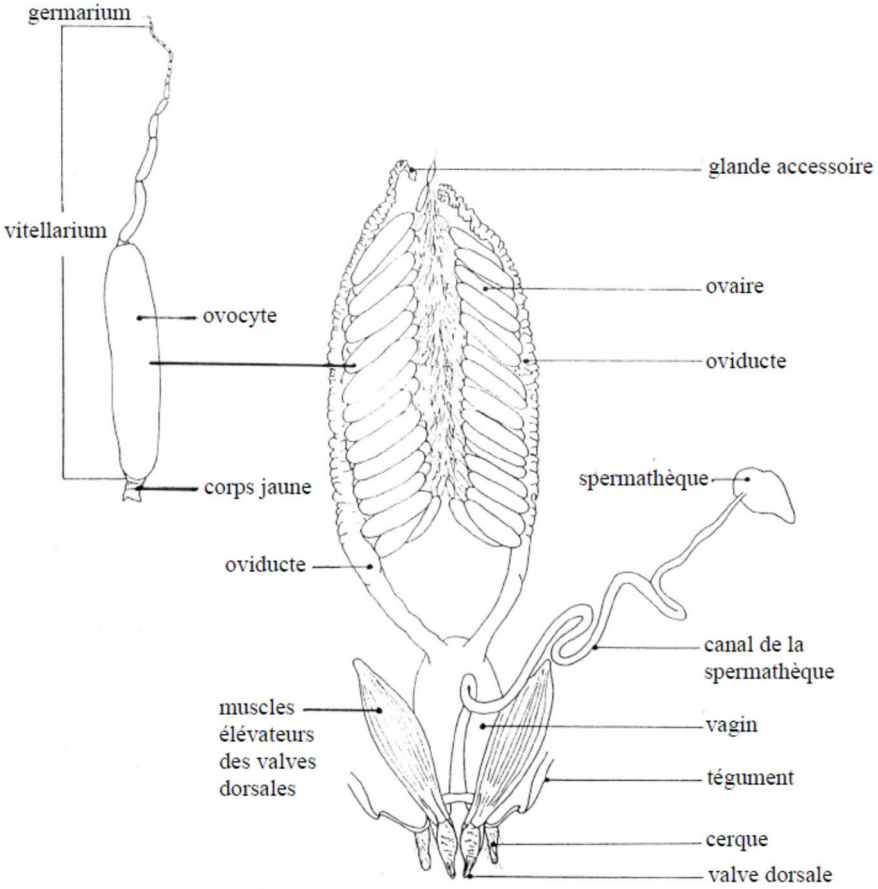


FIGURE 26. Appareil génital du Criquet femelle.
T. SILBERFELD (Préparation à l'Agrégation externe, SV STU, UPMC, Paris 6, 2010).

5. Système nerveux

a. Organisation générale : notions de ganglion, nerf et connectif

- Le **système nerveux** (figure 27) comprend fondamentalement trois types de structures :
  - Des **ganglions** qui sont des ***amas de corps cellulaires de neurones***.
  - Des **nerfs** composés des ***ensembles de fibres nerveuses qui partent latéralement des ganglions et se ramifient en direction des structures innervées***.
  - Des **connectifs** composés de ***fibres nerveuses qui permettent de rejoindre les ganglions des métamères qui se suivent***.

Le **tissu glial** est très **peu développé** chez les **Arthropodes** et on ne trouve **pas de gaine de myéline** ; pourtant, des **revêtements de structure et probablement de fonctions semblables** ont été mis en évidence chez certaines espèces (ex. Abeille).

b. Organisation et métamérie des ganglions

- Les **ganglions** sont au nombre de **deux par métamère** mais ceux-ci sont généralement **rassemblés centralement** (la liaison entre ces ganglions s'appelle une **commissure**) ; ainsi, on les désigne (abusivement) **au singulier** : *par exemple, quand on parle du « ganglion thoracique 1 », il s'agit en fait de l'assemblage des deux ganglions du premier segment thoracique (prothorax).*
- Les **ganglions céphaliques** sont rassemblés en **deux ensembles** : le **cerveau** et le **ganglion sous-œsophagien**. Ces deux structures sont liées par deux **connectifs** qui contournent l'œsophage de chaque côté et forment le **collier périœsophagien**.
- Les **ganglions abdominaux** sont également **plus ou moins fusionnés** et on ne rencontre que **5 ganglions abdominaux** (et non 11 comme le nombre de segments), ce qui indique que les ganglions de certains métamères sont **regroupés**.

Gros plan sur l'organisation d'un ganglion
D'après PEYCRU *et al.* (2010a)

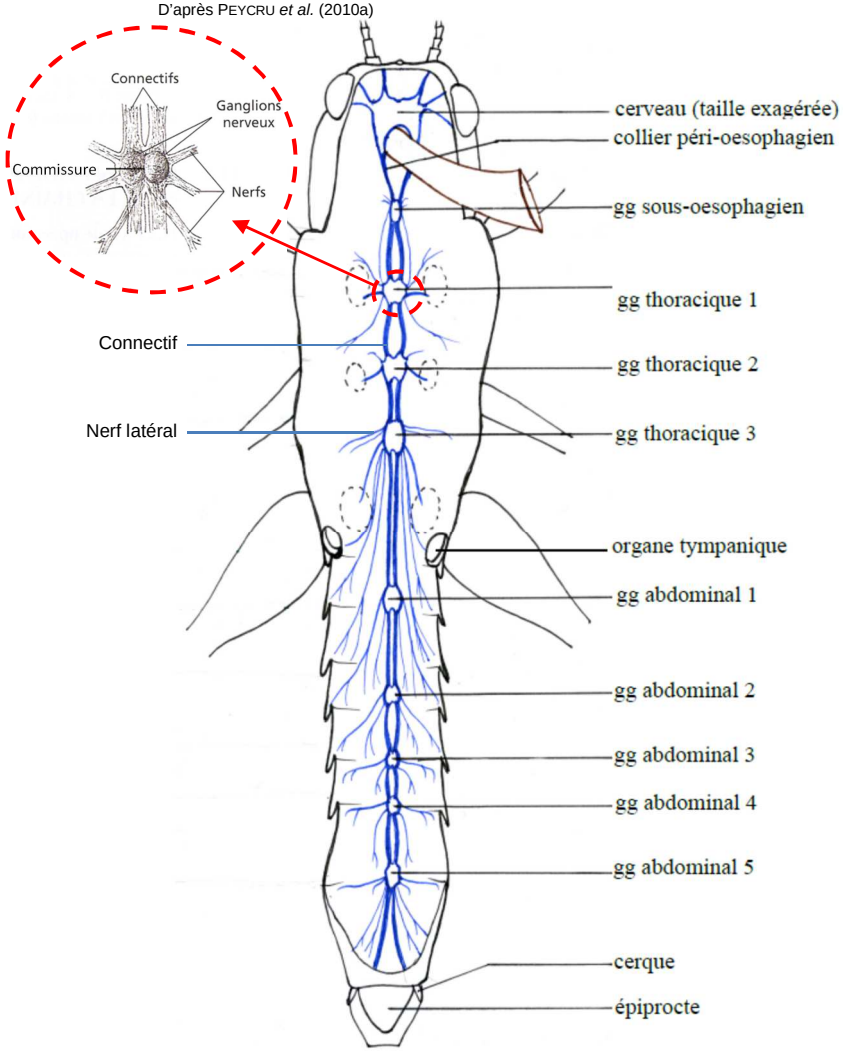


FIGURE 27. Système nerveux du Criquet.
T. SILBERFELD (Préparation à l'Agrégation externe, SV STU, UPMC, Paris 6, 2010).

III. Quelques ordres d'Insectes et leur importance agronomique

Comment peut-on caractériser l'organisation, la diversité, le développement post-embryonnaire et l'importance agronomique des ordres d'Insectes au programme ?

Activité 4. Organisation, diversité, développement post-embryonnaire et importance agronomique de quelques ordres d'Insectes

Savoirs à construire	Caractérisation des Orthoptères, Coléoptères, Hyménoptères, Diptères, Lépidoptères, Hémiptères Hétéroptères et 'homoptères' : ➢ Organisation ➢ Pièces buccales ➢ Diversité ➢ Développement post-embryonnaire (larve, nymphe) ➢ Importance agronomique

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Dissection, manipulation générale	
	Analyser, observer et raisonner ➢ Observation	

Le conseil du chef
Utilisez la bino et ne vous contentez pas de « regarder en gros » et de loin les échantillons. Gardez en tête le concours que vous préparez et les attendus qui y sont associés, notamment la capacité à décrire, à montrer, à diagnoser…

En utilisant les échantillons d'adultes ou de larves à votre disposition, les éventuels montages de pièces buccales et les informations données ci-après, **caractérisez** l'ensemble des ordres d'Insectes au programme (Orthoptères, Coléoptères, Hyménoptères, Diptères, Lépidoptères, Hémiptères Hétéroptères et 'homoptères').

A. L'ordre des Orthoptères

1. Caractérisation des imagos

a. Organisation générale : morphologie

- Cet ordre a été bien étudié au travers de l'exemple du Criquet. Il y aurait environ **22 500 espèces décrites** dans le monde (LECOINTRE & LE GUYADER, 2013). Cet ordre se caractérise notamment par :
  - Une **troisième paire de pattes allongées et adaptées au saut** (**pattes saltatoires**) notamment grâce à leur **fémur épaissi** et leur **musculature interne** importante (même si quelques espèces ne sautent pas ou peu).
  - Présence d'**ailes antérieures cuirassées** (**élytres**), quoique nettement moins cuirassées quez chez les Coléoptères.

À la suite de PEYCRU *et al.* (2010b), les **élytres des Orthoptères** sont parfois appelés « **~~hémélytres~~** » ; c'est une **inexactitude** à éviter car le terme « hémélytre » ne fait **pas référence au degré de rigidité** des élytres mais s'applique aux **Hétéroptères** pour indiquer que les élytres ***ne recouvrent pas complètement les ailes membraneuses sous-jacentes et en laissent apparaître une partie*** (voir plus loin). En fait, si l'on veut absolument employer un autre **terme que le mot « élytres » en étant rigoureux pour désigner les ailes antérieures des Orthoptères**, il faut réutiliser le terme des vieux livres d'entomologie : **tegmina** (sing. **tegmen**).

  - Présence d'**ailes postérieures membraneuses**.

Attention les **ailes** (antérieures et postérieures) sont parfois très **réduites**, ou même **absentes**.

  - Les ailes reposent **en toit** ou **à plat** sur le corps de l'animal (étym. Orthoptères = « ailes droites »).
  - **Tête orthognathe** : pièces buccales **orientées ventralement**, l'axe des pièces étant perpendiculaire à l'axe du corps.
  - **Pronotum** (***tergite du prothorax***) **développé** et débordant sur les **côtés**.
- Les **tarses** présentent **entre un et quatre articles**.
- Les Orthoptères sont capables d'émettre des **sons** par le mouvement de différentes parties du corps. On parle de **stridulations** ou de « chant ». Ce sont en général les **mâles** qui émettent ces sons. La plupart des **Ensifères** chantent en **frottant leurs deux élytres** l'une contre l'autre. Les **Caelifères** frottent leurs **fémurs postérieurs** contre les **élytres**.

b. Pièces buccales et alimentation

- Les Orthoptères possèdent un appareil de **type broyeur** qui est souvent considéré comme le **type « primitif »** d'organisation des **pièces buccales** chez les **Insectes Ptérygotes**. On notera notamment la présence des **mandibules** (voir plus haut). La majorité des **Orthoptères** sont **phytophages** : ils mangent souvent des feuilles, mais aussi des graines. Beaucoup d'**Ensifères** sont toutefois **carnassiers**.

2. Développement post-embryonnaire

- Ce sont des insectes à **DPE hétérométabole pauromètabole**. La **cinquième mue** produit les **imagos** (revoir la figure 10).

3. Introduction à la diversité du groupe

- Le groupe est classiquement divisé en deux sous-ordres :
  - Les **Caelifères** [Caelifera] : caractérisés par des **antennes plus courtes que le corps**, ce sont les **Criquets**.
  - Les **Ensifères** [Ensifera] (figure 28) : caractérisés par des **antennes au moins aussi longues que le corps** (exception : Courtilières) et l'ovipositeur transformé en longue **tarière** chez les femelles, ce sont les Sauterelles, Grillons, Courtilières…

La phylogénie du groupe reste discutée : pour certains auteurs, ces deux sous-ordres sont valides alors que d'autres remettent en cause la monophylie de l'un ou des deux…

FIGURE 28. Quelques Ensifères : la Grande Sauterelle verte (*Tettigonia viridissima* ♀), le Grillon champêtre (*Grillus campestris* ♀) et la Courtilière (*Gryllotalpa gryllotalpa* ♂) dont on notera les pattes antérieures transformées en pattes fouisseuses.
Ces trois espèces mesurent plusieurs centimètres.
Sources Internet diverses.

4. Importance agronomique

- De nombreux Orthoptères sont des **ravageurs de cultures** diverses (y compris **céréalières**) surtout lorsqu'ils pullulent. Les **essaims de Criquets** sont un vrai souci notamment en **Afrique** (figure 29).

FIGURE 29. Essaim de Criquets migrateurs à Madagascar. http://www.madonline.com/invasion-de-criquets-la-lutte-continue-tant-quil-y-a-des-financements/ (octobre 2015)

B. L'ordre des Coléoptères

1. Caractérisation des imagos

a. Organisation générale : morphologie

- Les **Coléoptères** (étym. « ailes à fourreau ») (figure 30) constituent l'ordre **le plus diversifié du monde animal**. Il y aurait plus de **350 000 espèces décrites** dans le monde (LECOINTRE & LE GUYADER, 2013). Cet ordre se caractérise notamment par :
  - Une paire d'***ailes antérieures nettement sclérifiées qui recouvrent les ailes postérieures membraneuses et l'ensemble de l'abdomen*** ; les **ailes antérieures** sont donc des **élytres vrais**.

Remarque 1 : Les **ailes postérieures** peuvent être **atrophiées** voire **absentes**, supprimant la possibilité de voler.
Remarque 2 : Quelques **rares** familles présentent une **réduction des élytres** qui ne recouvrent pas l'abdomen ou que partiellement. L'exemple le plus frappant est celui des Staphylinidae (Staphylins) (figure 32).

  - Le **deuxième** et le **troisième segments thoraciques fusionnent** (on parle de « **ptérothorax** » = qui porte les ailes) et forment un **bloc fonctionnel** avec l'abdomen.
  - **Absence d'ocelles** au niveau de la tête.
  - **Absence de cerques** au niveau de l'abdomen.
  - **Pronotum développé** allant jusqu'à la base des élytres (figure 30).

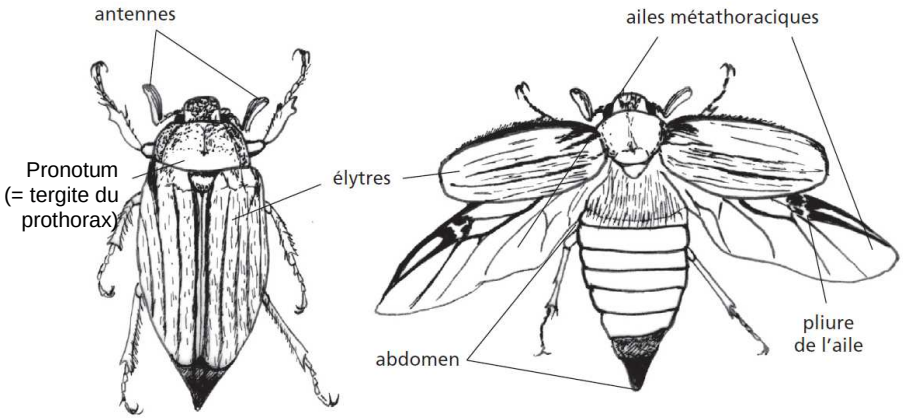


FIGURE 30. Le Hanneton *Melolontha melolontha* (Coléoptère).
D'après PEYCRU *et al.* (2010b).

b. Pièces buccales et alimentation

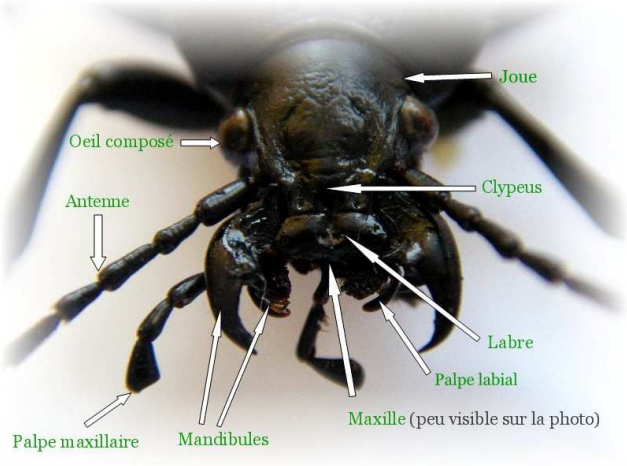


FIGURE 31. Tête d'un Carabe *Carabus coriaceus* (Coléoptère).
http://insectmania.free.fr/biologie.htm (septembre 2015)

- Les Coléoptères possèdent un appareil de **type broyeur** qui ressemble beaucoup aux pièces buccales d'Orthoptères (figure 31). Les Coléoptères peuvent être :
  - **Phytophages** dont :
    - **Phyllophages** (mangeant des **feuilles**) / **herbivores** (ex. Chrysomèles, Charançons)

- **Mangeant des racines ou des tubercules** comme le Doryphore qui ravage les cultures de Pommes de terre et autres Solanacées.
- **Granivores** (mangeant des **graines**, surtout **céréales**) (ex. Charançons).
- **Frugivores** (mangeant des **fruits**) (ex. certains Charançons).
- **Xylophages** (mangeant du **bois**) (ex. nombreuses larves, Scolytes…).

- **Carnassiers** (mangeant des **animaux**, souvent d'autres petites Arthropodes) (ex. Dytiques qui vivent en milieu aquatique – qui peuvent même manger des têtards ou de petits Tritons –, Carabes…).
- **Coprophages** (mangeant des **crottes**) (exemple des Bousiers ou Géotrupes).
- **Saprophages** (mangeant de la **matière en décomposition**) (ex. diverses larves du sol)
- **Nécrophages** (mangeant des **Animaux morts**) (ex. Dermestes)

FIGURE 32. Chrysomèle *Chrysolina americana* (Chrysomelidae), Doryphore *Leptinotarsa decemlineata* (Chrysomelidae), Charançon sur des céréales (Curculionidae), Dytique (Dysticidae), *Carabus auratus* prédatant un Lombric (Carabidae), Staphylin (Staphylindae).
D'après *Wikipédia* et sites Internet variés (octobre 2015).

2. Développement post-embryonnaire

- Ce sont des insectes à **DPE holométabole**. La larve est **mélolonthoïde** (phytophage ou saprophage, ex. Hanneton) (figure 34) ou **campodéiforme** (prédatrice : Coccinelle…) (figure 33) selon les espèces. La **nymphe** est **nue**.

FIGURE 33. Larve campodéiforme et nymphe nue de Coccinelle (Coccinelidae). Les larves (mais aussi les adultes) de Coccinelles sont des prédateurs de Pucerons utilisés comme auxiliaires de culture.
D'après *Wikipédia* et http://breizhphot.over-blog.com/article-la-bete-a-bon-dieu-74129929.html (octobre 2015).

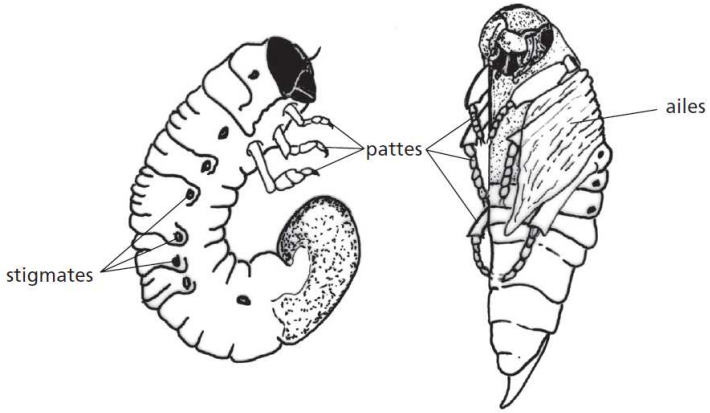


FIGURE 34. Larve mélolonthoïde et nymphe nue de Hanneton *Melolontha melolontha* (Coléoptère). D'après PEYCRU *et al.* (2010b).

3. Introduction à la diversité du groupe

- Le groupe est classiquement divisé en **quatre sous-ordres** dont la monophylie est souvent discutée : **Polyphages** [Polyphaga], **Adéphages** [Adephaga], **Archostémates** [Archostemata] et **Myxophages** [Myxophaga]. Les critères retenus sont un peu techniques et sortent du cadre d'un tel TP.

4. Importance agronomique

- Parmi tous les régimes alimentaires cités plus haut, on notera la **présence de nombreux ravageurs** : Charançons (nombreuses cultures, céréales…), larves de Doryphores (Pomme de terre), Insectes xylophages (Scolytes, nombreuses larves…)…
- On citera néanmoins l'existence d'**auxiliaires de cultures** comme les **Coccinelles** utilisées dans le **contrôle des populations de Pucerons**. Certains **prédateurs**

généralistes (Carabes, Staphylins…) peuvent aussi être de précieux alliés contre les ravageurs.

C. L'ordre des Hyménoptères

1. Caractérisation des imagos

a. Organisation générale (morphologie) et possibilité de socialité

- Cet ordre comprend environ **125 000 espèces décrites** dans le monde (LECOINTRE & LE GUYADER, 2013) (figure 35). Cet ordre se caractérise notamment par :
  - **Quatre ailes membraneuses** (*parfois perdues* : exemple de nombreuses Fourmis) (étym. Hyménoptères = « ailes membraneuses »)
  - Les **ailes postérieures** sont **plus petites** que les **antérieures** et s'accrochent sur les **antérieures** par des ***petits crochets*** nommés **hamules** ou **hamuli** (figure 36) ; il y a alors *synchronisation du mouvement des deux ailes* lors du vol.
  - Présence d'une **« langue » permettant de lapper (lécher) les substances nutritives** (figure 37) même si, *chez les 'symphytes', l'appareil buccal est peu modifié par rapport au type broyeur*.
  - Une **grande partie** des espèces (pas toutes !) présente un ***étranglement entre le premier segment et le deuxième segment de l'abdomen*** : ce sont les **Apocrites**. Le **premier segment abdominal** (**propodéum**) devient alors **fonctionnellement** une **partie du thorax**.
  - De nombreuses espèces d'Aculéates sont **sociales** mais *la majorité est solitaire*.

Un certain nombre d'Hyménoptères sont caractérisés par leur **haplo-diploïdie** : ***les mâles sont haploïdes*** car leurs cellules ne renferment qu'un seul exemplaire des chromosomes de l'espèce tandis que ***les femelles sont diploïdes***, leurs cellules possédant une paire de chacun de ces chromosomes. ***Les mâles sont donc issus d'œufs non fécondés*** : on dit qu'ils sont formés par **parthénogenèse arrhénotoque** (encadré B).

Il existe néanmoins tous les cas possibles de parthénogenèses (thélytoquie, arrhénotoquie, deutérotoquie), notamment chez les 'symphytes' et les 'térébrants'.

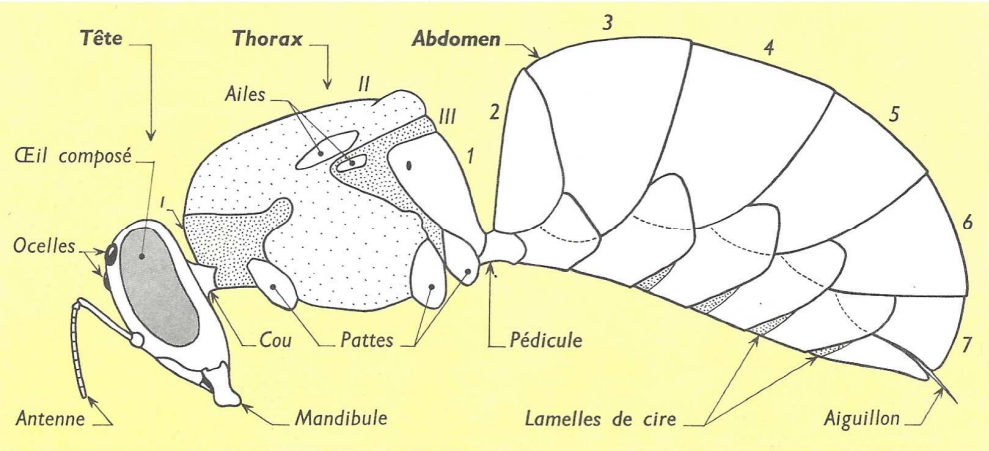
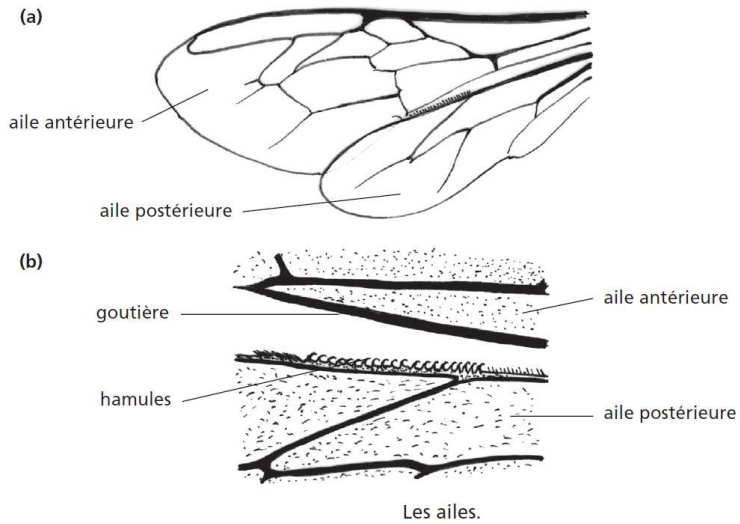


FIGURE 35. Morphologie d'un Hyménoptère Acuélate (*Apis mellifera* ouvrière).
D'après VINCENT (1962)



Les ailes.
(a) aile antérieure et aile postérieure accrochées ; **(b)** détail du dispositif d'accrochage.

FIGURE 36. Morphologie alaire d'un Hyménoptère Acuélate (*Apis mellifera*).
D'après PEYCRU *et al.* (2010b)

Encadré B La parthénogenèse et ses modalités possibles

Notion de parthénogenèse

➢ On appelle **parthénogenèse** une ***modalité de reproduction animale où un individu se développe à partir d'un œuf non fécondé*** ; il n'y a donc **pas intervention de spermatozoïde**.

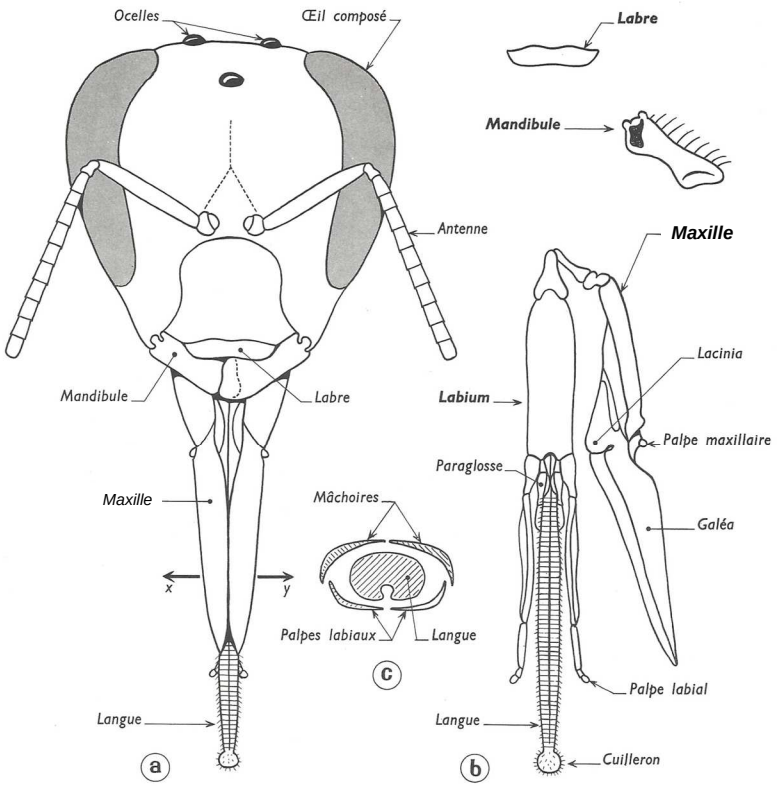
*On présente souvent cette reproduction comme **asexuée** même si cela peut être nuancé dans la mesure où l'œuf est normalement une structure de reproduction sexuée et qu'il est **fréquent** que la parthénogenèse **cohabite avec une reproduction sexuée** par **fécondation**.*

Types de parthénogenèses

➢ On peut distinguer **trois types de parthénogenèses** en fonction des **sexes produits** :
- La **parthénogenèse thélytoque** où ***l'œuf non fécondé donne des femelles***.
- La **parthénogenèse arrhénotoque** où ***l'œuf non fécondé donne des mâles***.
- La **parthénogenèse deutérotoque** où ***l'œuf non fécondé peut donner les deux sexes***.

b. Pièces buccales et alimentation

- Le **type buccal officiel** des Hyménoptères est **broyeur-lécheur** (figure 37) : il y a ***soudure des glosses du labium*** qui forment une **langue** ou « trompe » à laquelle s'accolent les **paraglosses**, ce qui permet une **alimentation typiquement liquide ou visqueuse** ; les **maxilles** sont ***très développées*** et entourent la langue. Le type buccal peut toutefois être plus **nettement broyeur** chez **certains groupes** (figure 37bis).
- Les **palpes maxillaires** sont assez **réduits**.
- Les **mandibules** conservent une **taille importante** ; elles peuvent servir (selon les groupes) à la prédation, la défense, la découpe des végétaux…

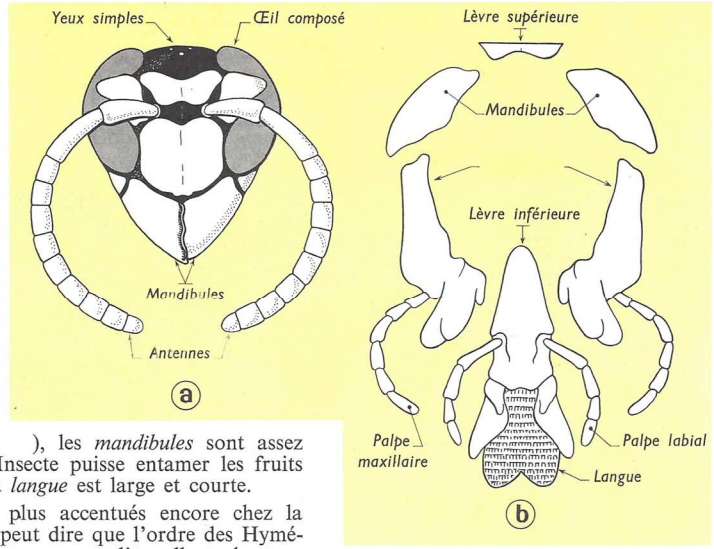


Tête et pièces buccales de l'Abeille (ouvrière) :
a : Tête vue de face (pièces buccales réunies, vues par la face antérieure).
b : Pièces buccales dissociées, vues par la face postérieure.
c : Coupe de la trompe suivant xy (canal aspirateur + langue).

FIGURE 37. <u>Pièces buccales de l'Abeille domestique *Apis mellifera*</u> (type broyeur-lécheur très différencié). D'après VINCENT (1932).

- L'alimentation des **Hyménoptères** est **variée** et **très souvent liquide** :
  - *Pollens ou nectar (cas des Abeilles mais aussi d'autres groupes)*
  - *Fruits (cas de nombreuses Guêpes, 'symphytes')*
  - *Appareil végétatif de plantes (cas de nombreux 'symphytes' et de leur larves)*
  - *Autres Arthropodes (cas de larves hyperparasites, Cas des Guêpes…)*
  - …

Tête et pièces buccales de la Guêpe.
a : Tête vue de face.
b : Pièces buccales étalées.



Chez la **Guêpe** (fig.), les *mandibules* sont assez développées pour que l'Insecte puisse entamer les fruits et en broyer la pulpe ; la *langue* est large et courte.

Ces caractères sont plus accentués encore chez la *Fourmi*, si bien que l'on peut dire que l'ordre des Hyménoptères présente une gamme complète allant du type broyeur banal au type lécheur le plus perfectionné.

FIGURE 37 bis. <u>Pièces buccales de la Guêpe *Dolichovespula* sp.</u> (type broyeur-lécheur moins différencié, plus proche du type broyeur). D'après VINCENT (1932).

2. Développement post-embryonnaire

- Ce sont des insectes à **DPE holométabole**. On trouve deux types de larves :
  - Des **larves éruciformes** avec **6 à 8 paires de fausses pattes abdominales** (<u>en plus</u> des **3 paires de pattes thoraciques**) chez les **'symphytes'**.
  - Des **larves vermiformes apodes eucéphales ou acéphales** (cas de l'Abeille) chez les **Apocrites** (figure 38).
- Ces larves sont **phytophages** (***phyllophages*** *pour les 'symphytes', mangeant du* ***pollen*** *et du* ***nectar*** *pour les Abeilles + certains 'térébrants'* ***galligènes*** *= parasitant des parties végétales et produisant des galles*) ou **hyperparasites = parasitoïdes *(« parasitisme » de la larve qui se développe aux dépens de l'hôte en conduisant à sa mort)*** d'autres Arthropodes (souvent Insectes) ou de leurs larves.
- Les **nymphes** sont généralement **nues** (figure 38).

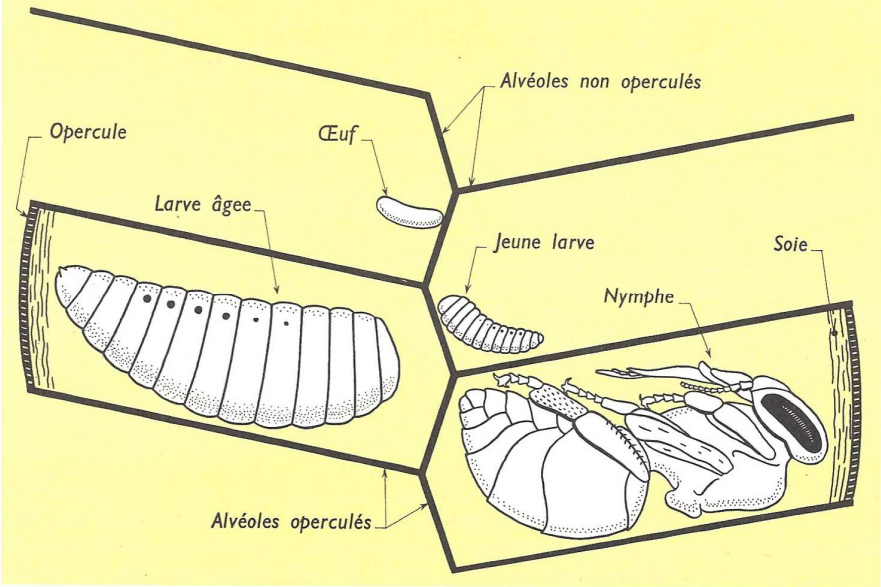


FIGURE 38. Larve apode et nymphe nue d'Abeille domestique *Apis mellifera* + schémas résumant le développement de l'organisme. D'après *Wikipédia* et VINCENT (1962).

3. Introduction à la diversité du groupe

- Le groupe (figure 39) est classiquement divisé en **deux sous-ordres** :
  - Les **'symphytes'** ['Symphyta'] (probablement paraphylétique) : ***organismes sans étranglement abdominal caractérisés par un régime alimentaire phytophage des imagos et des larves***. Ex. Tenthrèdes, *Cimbex*…
  - Les **Apocrites** [Apocrita] (monophylétique) : ***organismes avec étranglement abdominal comprenant deux infra-ordres :***
    - Les **'térébrants'** [Terebrantes = Parasitica] : ***femelles portant un ovipositeur sous forme de tarrière***. *Ce sont beaucoup d'espèces hyperparasites ou galligènes.* Ex. Ichneumons, « Guêpes » galligènes…
    - Les **Aculéates** [Aculéates] : ***femelles portant un aiguillon venimeux (= dard)***. Ex. Guêpes sociales, Abeilles (y compris Bourdons et de nombreuses espèces solitaires), Fourmis, Scolies, Chrysides… *La plupart des espèces ont des larves hyperparasites sauf les espèces sociales (souvent omnivores, à l'exception des Abeilles dont les larves consomment surtout du nectar et du pollen).*

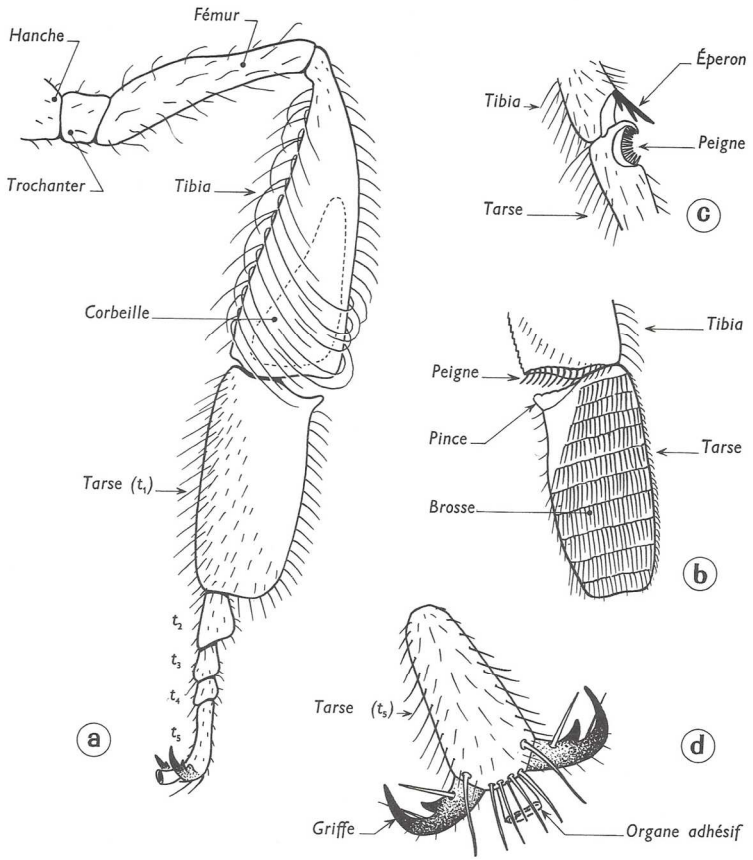
Remarque : ***de nombreuses espèces d'Hyménoptères sont butineuses au stade adulte, pas seulement les Abeilles*** (dont le nectar et le pollen sont aussi les aliments larvaires). ***Les adultes peuvent donc souvent consommer du nectar et du pollen***, même si leurs larves n'en consomment pas.

FIGURE 39. Quelques Hyménoptères : *Arge* sp. (Symphytes), *Ichneumon* sp. (Térébrants), Cynips (Guêpe galligène, Térébrants), reine de Frelon asiatique *Vespa velutina* (Aculéates), Osmie (Abeille solitaire dont la femelle récolte le pollen par une brosse ventrale, Acuéaltes).
D'après *Wikipédia*

4. La socialité : l'exemple de l'Abeille domestique *Apis mellifera*

- **De nombreux Aculéates sont des organismes sociaux : Guêpes, Fourmis, Abeille domestique, Bourdons (qui sont des Abeilles au niveau systématique)…**
- Dans ces **sociétés**, on trouve des **colonies** organisées où **cohabitent trois castes** :
  - Les **femelles** susceptibles de **fonder une colonie** (même si beaucoup meurent sans y parvenir) ; la ***femelle à l'origine d'une colonie*** s'appelle la **reine** et est la **mère de tous les individus de la colonie** (*jusqu'à sa mort ou son remplacement éventuel*). Elle peut vivre jusqu'à 5 ans.
  - Les **mâles** qui ont juste une **fonction de reproduction** et proviennent d'**œufs non fécondés** (ils sont **haploïdes**). Chez les Abeilles, on les appelle « faux Bourdons ».
  - Les **ouvrières** en grand nombre qui sont des ***femelles atrophiées travaillant à la récolte du pollen et du nectar, à l'entretien et la défense de la ruche, au soin du couvain***…

- Les **œufs fécondés** donnent des **femelles** s'ils sont alimentés au moins 5 jours avec de la **gelée royale** et des **ouvrières** en cas d'alimentation moins riche (3 jours de gelée royale maximum).
- Chez les ouvrières (et les reines) d'Abeilles, on note une **adaptation des pattes à la récolte du pollen** (figure 40) : présence d'une **brosse à pollen** sur les **pattes 2** et surtout les **pattes 3**. La **face externe de la patte 3** présente une ***zone déprimée et plutôt lisse où l'Abeille peut stocker le pollen (parfois englué dans un peu de nectar) en formant des pelotes de pollen*** : c'est la **corbeille**.



Pattes de l'Abeille (ouvrière) :
a : Patte postérieure gauche (face externe).
b : Articulation tibio-tarsienne de la patte postérieure gauche (face interne).
c : Articulation tibio-tarsienne de la patte antérieure droite (face interne).
d : Article terminal du tarse (légèrement comprimé).

FIGURE 40. Pattes d'Abeille domestique *Apis mellifera*.
D'après VINCENT (1962).

5. Importance agronomique

- Les **Hyménoptères** présentent divers intérêts agronomiques. Parmi les représentants de cet ordre, on peut citer :
  - Les **pollinisateurs** (**Abeilles sociales**, **Abeilles solitaires**… mais aussi de **nombreux autres adultes d'Hyménoptères** pouvant s'alimenter de nectar, voire de pollen).
  - Les **auxiliaires de cultures** : on peut citer l'exemple des **Trichogrammes** ('térébrants') qui parasitent des **œufs d'Insectes**. On les utilise en lutte biologique, notamment **contre la Pyrale du Maïs** *Ostrinia nubilalis* (Lépidoptères).
  - Les **ravageurs de cultures** : de **nombreuses espèces** ravagent les cultures, comme les **espèces galligènes** de 'térébrants', les 'symphytes' défoliateurs…
  - Les **espèces invasives** : citons le **Frelon asiatique *Vespa velutina***, Guêpe originaire d'Asie qui tend à **supplanter** le **Frelon européen *Vespa crabro*** et qui nourrit ses larves avec entre autres des Abeilles domestiques.
- Au niveau **médical**, le **venin de femelles d'Hyménoptères Aculéates** déclenche souvent une **vive réaction immunitaire** et est potentiellement **allergène**.

D. L'ordre des Diptères

1. Caractérisation des imagos

a. Organisation générale : morphologie

- Les **Diptères** (étym. « deux ailes ») comptent **125 000 espèces décrites** dans le monde (LECOINTRE & LE GUYADER, 2013). Cet ordre se caractérise notamment par :
  - **Une seule paire d'ailes antérieures**, les **ailes postérieures** étant **atrophiées** et réduites à une paire d'**haltères** ou **balanciers**.
  - Une **modification des pièces buccales**, avec notamment soit la **fusion des palpes labiaux** en un étui nommé **labellum** (type **suceur-lécheur**) ou la transformation des pièces en **stylet piqueur** (type **piqueur-suceur**).
  - Des **yeux souvent volumineux** par rapport à la taille de tête.
  - Un **mésothorax important** (pro- et métathorax plus petits).
  - **Mandibules perdues** chez la plupart des espèces (*pas de broyage*).

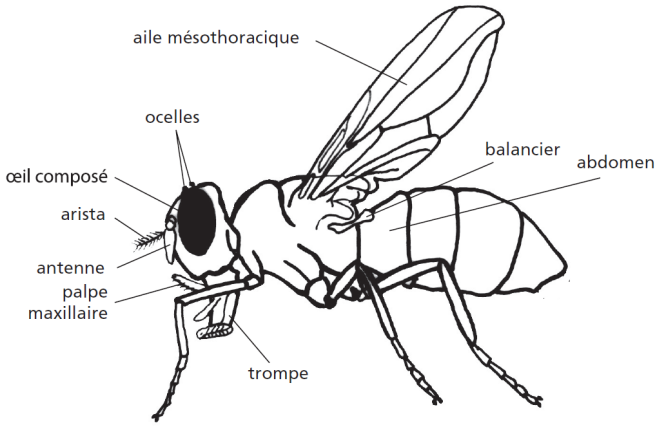
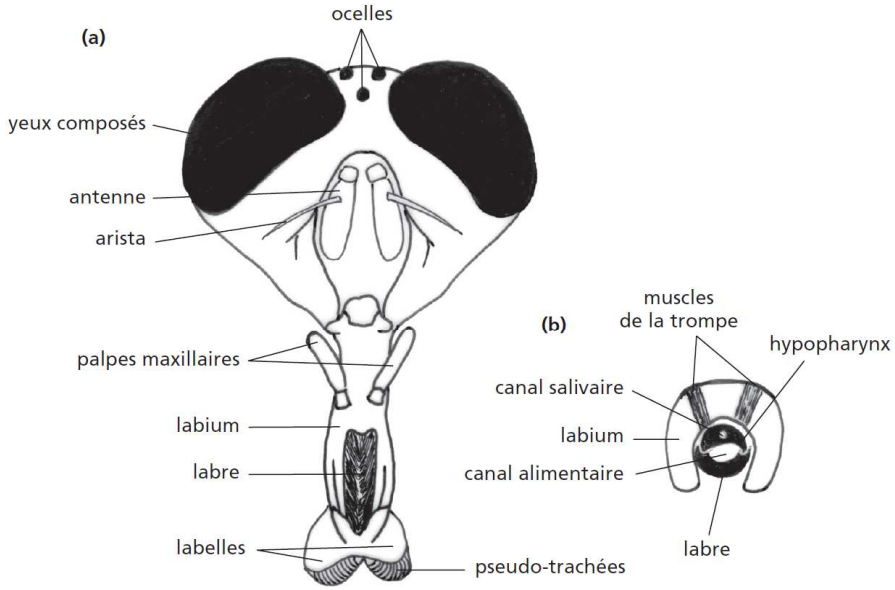


FIGURE 41. Une mouche (Diptères : Brachycères) en vue latérale gauche.
D'après PEYCRU *et al.* (2010b).

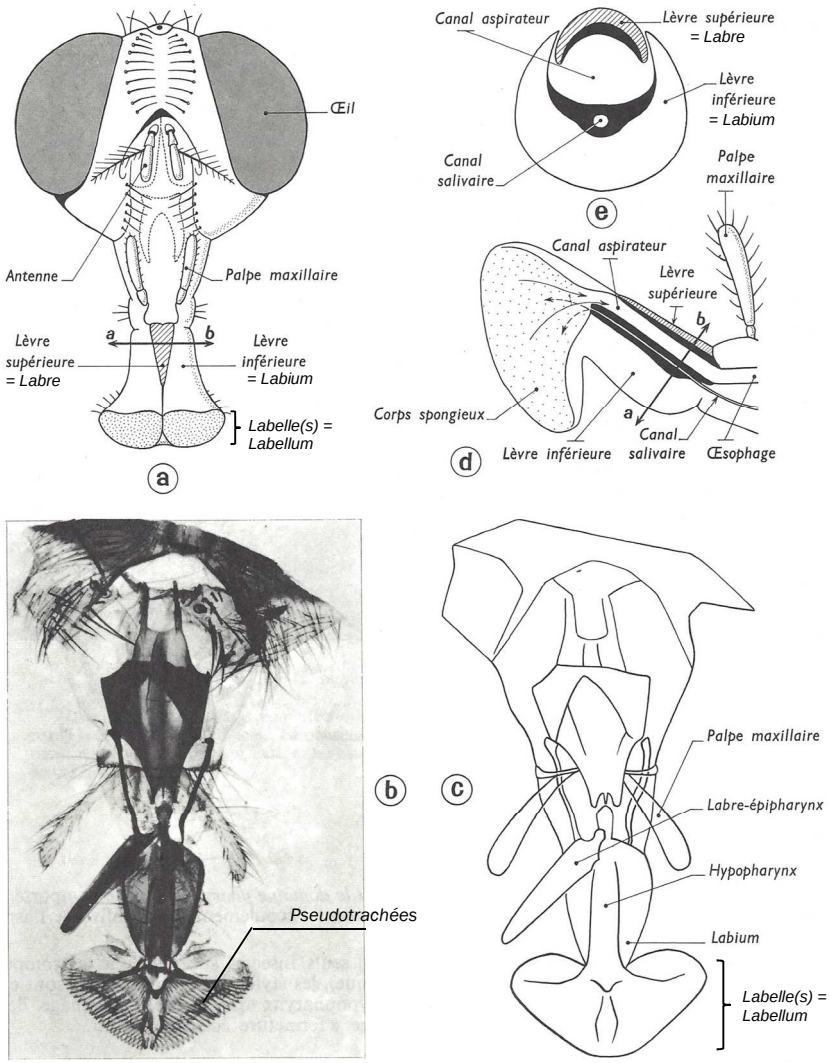
b. Pièces buccales et alimentation

- Les **pièces buccales** (figure 42) sont, pour l'essentiel, associées en une **trompe** (= **proboscis**) dont est partie constituante le **labellum** (***palpes labiaux allongés et fusionnés***). On peut distinguer **deux types buccaux entre lesquels existent des états intermédiaires** (figure 43) :
  - Le **type suceur** ou **suceur-lécheur** (plutôt caractéristique des **Brachycères** comme les Mouches) : ces pièces buccales ***permettent l'absorption d'aliments liquides***. Cette trompe correspond à un ***développement du labium dont la partie terminale forme un disque qui correspond au labellum (= labelle[s])***. L'intérieur de la trompe comprend une **gouttière** où circulent les liquides alimentaires qui se ramifie dans le disque en **nombreuses pseudotrachées** favorisant la **capillarité**. Les **palpes maxillaires** sont nettement visibles **à l'extérieur de la trompe**.
  - Le **type piqueur** ou **piqueur-suceur** (plutôt caractéristique des **'nématocères'** comme les Moustiques) : ces pièces buccales permettent de **piquer**, soit des **végétaux** (cas des Tipules ou Cousins), soit des **animaux** (il y alors **hématophagie**, comme chez les Moustiques). **L'ensemble des pièces buccales est alors fusionné dans une trompe** formant un **stylet piqueur**.

Notons que **certaines espèces de Brachycères sont aussi hématophages** et peuvent présenter un **type plutôt « piqueur »** (comme les Taons, la Mouche Tsé-tsé ou Glossine…) (figure 43).

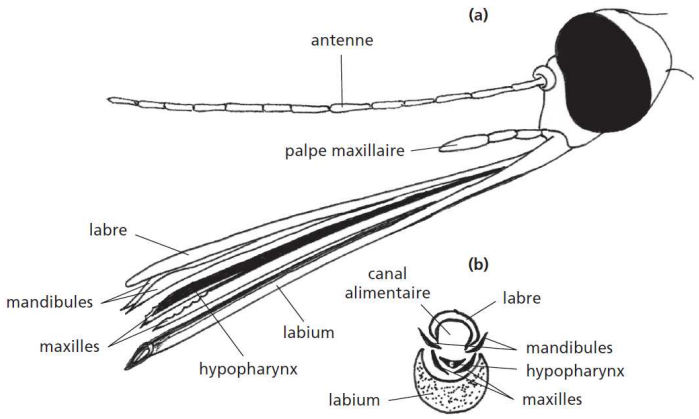


Pièces buccales de *Calliphora*.
(a) vue de face ; **(b)** coupe au niveau de la trompe.

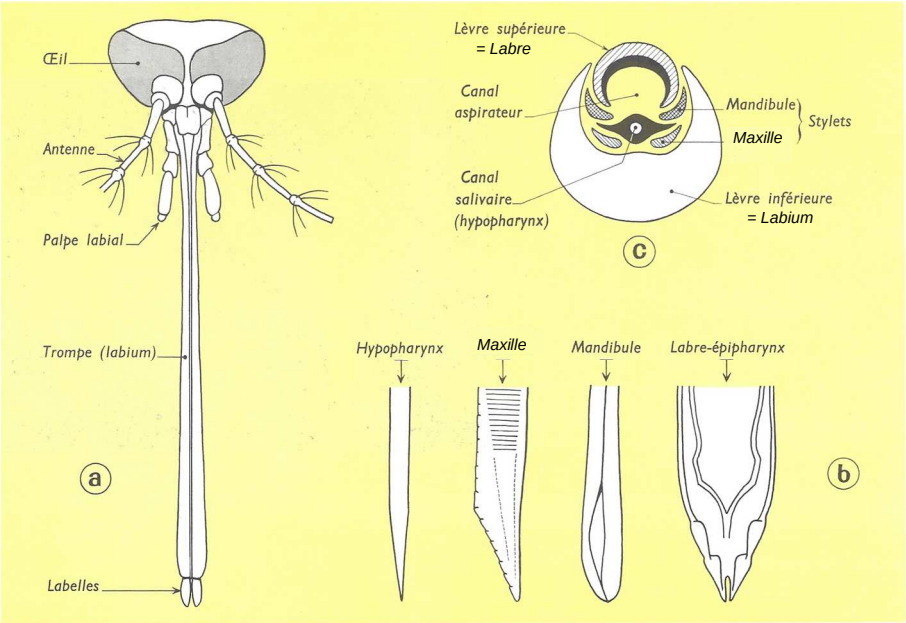


Tête et pièces buccales de la Mouche.
a : Aspect d'ensemble (tête vue de face).
b et c : Trompe isolée, montée en préparation microscopique.
d : Coupe longitudinale de la trompe.
e : Coupe transversale très schématique, suivant *ab*.
En *d* et *e*, épipharynx et hypopharynx sont figurés en noir.

FIGURE 42. Pièces buccales de Diptères : Brachycères de type suceur.
D'après PEYCRU *et al.* (2010b) [à gauche] et d'après VINCENT (1962) [à droite].



Pièces buccales du moustique.
(a) vue externe, **(b)** coupe transversale des pièces bucales.



Tête et pièces buccales du Moustique femelle.
a : Aspect d'ensemble (tête vue de face).
b : Extrémités des stylets.
c : Coupe transversale schématique de la trompe.

FIGURE 42 bis. <u>Pièces buccales de Diptères : 'nématocères' (type piqueur-suceur)</u>.
D'après PEYCRU *et al.* (2010b) et VINCENT (1962).

*<u>Selon les auteurs</u>, les **<u>palpes</u>** visibles sont **les palpes <u>labiaux</u>** ou **<u>maxillaires</u>**…*
Impossible de trancher avec la bibliographique disponible en langue française comme anglaise…

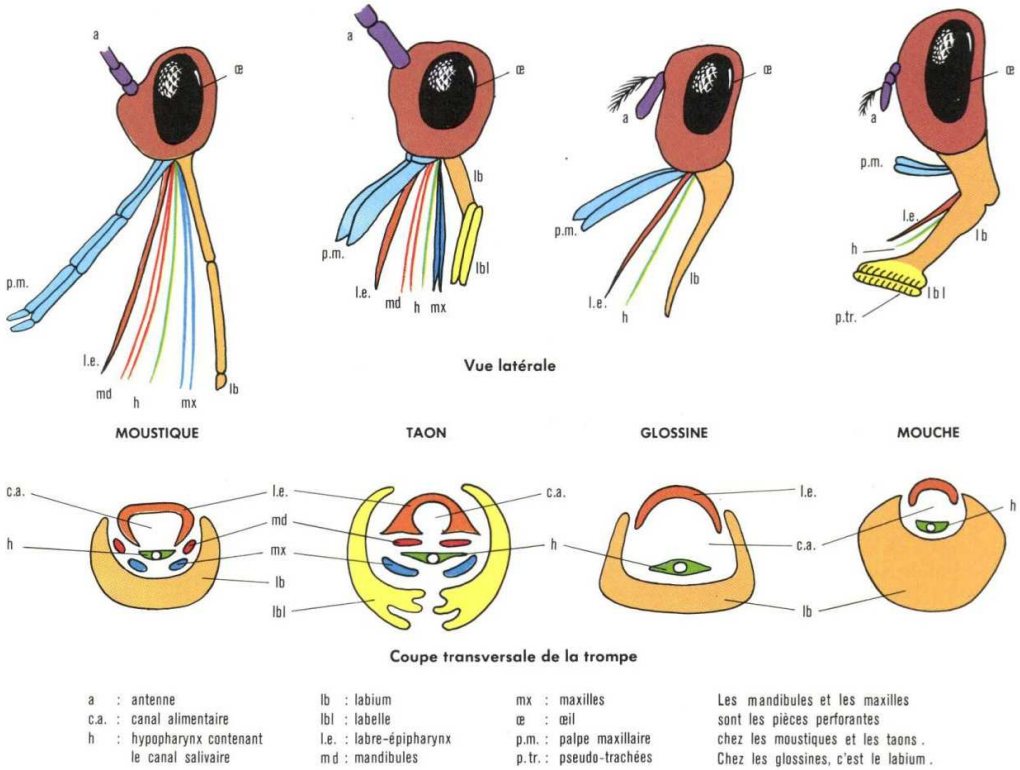


FIGURE 43. <u>Diversité des Pièces buccales de Diptères</u> [*pour information*].
http://www.lenaturaliste.net/forum/viewtopic.php?f=221&t=11234&start=30 (octobre 2015)

2. Développement post-embryonnaire

- Ce sont des insectes à **DPE holométabole**. Les larves sont **apodes acéphales** (**nombreux Brachycères** – ce sont les **asticots**) ou **eucéphales** (nombreux **'nématocères'**). On trouve aussi des larves **hémicéphales**. La **nymphe** est une **pupe**, c'est-à-dire qu'elle est typiquement **immobilisée *dans une enveloppe protectrice nommée puparium qui correspond à la dernière exuvie de la larve***.

Certaines espèces sont « **pupipares** » : le **développement larvaire** se déroule en grande partie dans la **femelle** qui ne pond pas d'œufs mais **donne naissance directement ou quasi-directement** à des **pupes**.

- *Chez nombre de Moustiques, notons que la **pupe est mobile** comme les **asticots** dont elle provient.* Aquatique, la **nymphe** présente un **céphalothorax fortement sclérifié** et **renflé** avec deux trompettes respiratoires, assez proches l'une de l'autre. Au niveau du céphalothorax se distinguent les **ébauches de nombreux organes du futur adulte** : proboscis, pattes, ailes.

FIGURE 44. Asticot et Mouche émergeant du puparium lors de la mue imaginale.
http://appats-michel.fr/appats-vivants/asticots/francais/
http://www.alexanderwild.com/Insects/Stories/Household-Pests/i-J9sVvnb (octobre 2015)

FIGURE 45. Larve eucéphale et pupe (mobile) de Moustique.
D'après *Wikipédia* (octobre 2015)

3. Introduction à la diversité du groupe

- Le groupe est classiquement divisé en **deux sous-ordres** :
  - Les **Brachycères** [Brachycera] (*sans doute monophylétique*) (étym. « à antennes courtes ») : ce sont des ***Diptères à antennes courtes*** qui comprennent les **Mouches au sens le plus large**, incluant les **Taons**, les **Syrphes** (Mouches imitant les couleurs vives des Hyménoptères)…
  - Les **'nématocères'** ['Nematocera'] (*probablement paraphylétique*) (étym. « à antennes filiformes ») : ce sont des ***Diptères à antennes longues***, rassemblant les **Moustiques**, divers **Moucherons à antennes longues**, les **Tipules** (= Cousins)…

4. Importance agronomique

- Parmi les représentants de cet ordre, on peut citer :
  - Les **pollinisateurs** (nombreuses **Mouches** dont **Syrphes**).
  - Les **saprophages, coprophages…** : rôle clef dans le **recyclage de la matière** dans les écosystèmes.
  - Les **ravageurs de cultures** : de nombreuses espèces de **Tipules**, **Mouches variées**…
  - Les **auxiliaires de cultures** : **Syrphidae** et **Chamaemyiidae** prédateurs de **pucerons**, ou encore des **Cecidomyiidae** prédateurs de **Pucerons**, de **Cochenilles** ou d'**Acariens**. Certains Diptères (Agromyzidae…) ont été utilisés en **lutte biologique** pour détruire ou enrayer la progression de **mauvaises herbes** envahissantes comme les Orobanches.
- Au niveau **médical** et **vétérinaire**, les **Diptères piqueurs hématophages** sont des **vecteurs potentiels de parasites** : Moustiques tigre et chikungunya, Anophèle et *Plasmodium* (agent du paludisme), Glossines (Tsé-tsé) et Trypanosomes…

E. L'ordre des Lépidoptères

1. Caractérisation des imagos

a. Organisation générale : morphologie

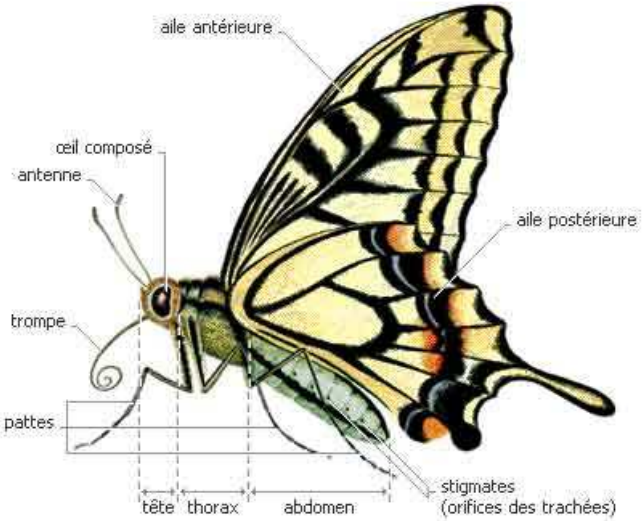


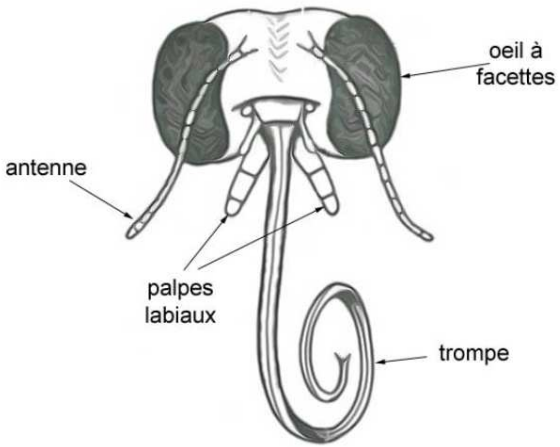
FIGURE 46. Morphologie d'un Papillon (*Papilio machaon*).
http://prepamyd.free.fr/Papillon/morphologie/morphologie1.html (octobre 2015)

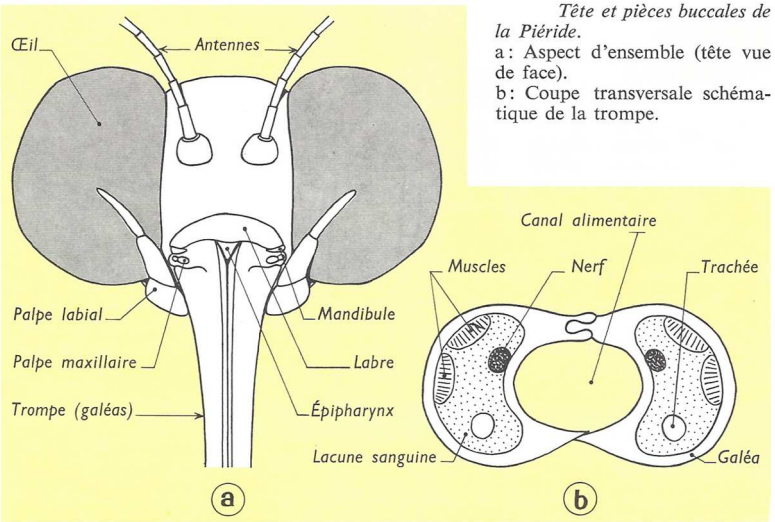
- Les **Lépidoptères** (étym. « ailes à écailles ») (figure 46) comprendraient **160 000 espèces décrites** dans le monde (LECOINTRE & LE GUYADER, 2013). Ce sont les **Papillons**. Cet ordre se caractérise notamment par :
  - Des **ailes de taille souvent importante** recouvertes d'**écailles** plus ou moins colorées. Les **écailles** sont des ***soies aplaties qui ont des propriétés de réflexion et/ou de réfraction de la lumière***.
  - D'autres caractères beaucoup plus techniques qui dépassent le cadre d'un tel TP.

b. Pièces buccales et alimentation

- Les **Lépidoptères** présentent une **trompe** enroulée (et déroulable) qui définit un **type suceur-lécheur** (figure 47). Elle est constituée de **deux gouttières** formant un canal servant à aspirer les **sucs nutritifs**, le plus souvent du **nectar**. La trompe est formée par les ***galéas des maxilles qui sont fortement allongées et reliées entre elles***. Toutes les autres pièces buccales sont **atrophiées** ou **absentes** à l'exception des **palpes labiaux** (qui protègent la trompe lorsqu'elle est enroulée au repos).

Certains Lépidoptères ont une **trompe atrophiée** et ne se nourrissent pas à l'état adulte.





Tête et pièces buccales de la Piéride.
a : Aspect d'ensemble (tête vue de face).
b : Coupe transversale schématique de la trompe.

FIGURE 47. Appareil buccal de Lépidoptère. © A. FRAVAL (INRA)
http://ephytia.inra.fr/fr/C/11162/hypp-Lepidopteres (octobre 2015) et VINCENT (1962)

2. Développement post-embryonnaire

- Ce sont des insectes à **DPE holométabole** (figures 10, 48). La **larve**, nommée **chenille**, est **éruciforme** ; elle porte (en plus des 3 paires de **pattes thoraciques**) au **maximum 5 paires de fausses pattes abdominales, souvent moins**. La larve présente un **appareil buccal broyeur** ; elle est **phytophage**. La nymphe est une **chrysalide** (figure 49) : ***les appendices sont non libres et adhérents au corps, souvent enfermés dans un cocon plus ou moins soyeux***.

FIGURE 48. Chenille et chrysalide de Machaon.
http://papillon.vulcain.pagesperso-orange.fr/machaon.htm (octobre 2015, clichés B. DAUGET)

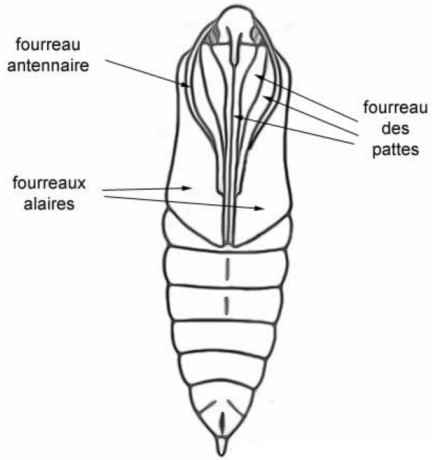


FIGURE 49. Organisation d'une chrysalide. © A. FRAVAL (INRA)
http://ephytia.inra.fr/fr/C/7556/Insectes-Caracteristiques-morphologiques-et-biologie (octobre 2015)

3. Introduction à la diversité du groupe

- Les **Lépidoptères** constituent un **groupe très homogène** ; il paraît peu utile de rentrer dans davantage de détails dans le cadre d'un tel TP, d'autant que *la classification est actuellement très discutée*.
- Citons toutefois la classification « traditionnelle » :
  - Sous-ordre des **Rhopalocères** ou **Papillons de jour** (mais ça comprend des espèces nocturnes !) avec des **antennes en massue**.
  - Sous-ordre des **'hétérocères'** ou **Papillons de nuit** (mais ça comprend des espèces diurnes !) (*probablement paraphylétique*) avec des **antennes** souvent **filiformes** ou **pectinées** (= en forme de « peigne »).

4. Importance agronomique

- Les **Lépidoptères** sont :
  - Des **pollinisateurs** par leurs **imagos**.
  - De fréquents **ravageurs de cultures** par leurs **larves** (ex. Pyrale du Maïs, Piéride du Chou…).

F. L'ordre des Hémiptères (Hétéroptères + 'homoptères')

1. Caractérisation des imagos et diversité

a. Un ordre (ou super-ordre) caractérisé par son appareil buccal : le rostre

- Les **Hémiptères au sens large** (étym. « à demi-ailes »), formant plutôt le **superordre des Hémiptéroïdes** [Hemipteroidea] pour certains auteurs, comprendraient environ **90 000 espèces décrites** dans le monde (LECOINTRE & LE GUYADER, 2013). Ce groupe était classiquement divisé en **deux sous-ordres** (ou ordres) : les **Hétéroptères** [Heteroptera] (*monophylétiques*) et les **'homoptères'** [Homoptera], groupe *paraphylétique* que le programme continue d'utiliser.
- Le seul vrai **critère morphologique** de rassemblement de ces groupes chez l'**imago** est la présence d'un **rostre** en aiguille (**appareil buccal de type piqueur-suceur**) qui permet l'**alimentation par des liquides** (figure 50). Le **fourreau du rostre** est composé du **labium** qui s'est étendu ; il comprend deux **stylets** dérivant des **mandibules** et des **maxilles**. *Il y a* ***perte des palpes labiaux*** *et des* ***palpes maxillaires***. Le **fourreau se plie** lors du fonctionnement du stylet.

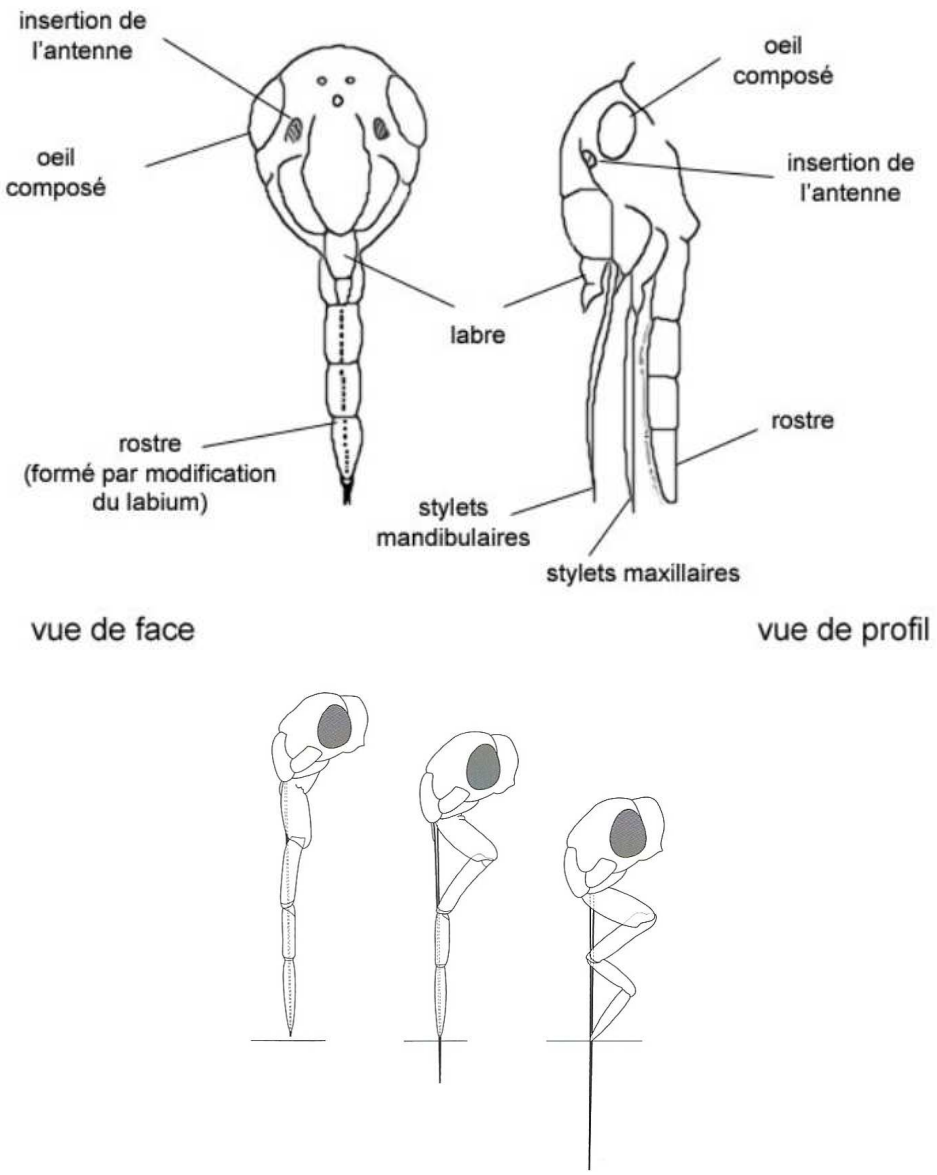
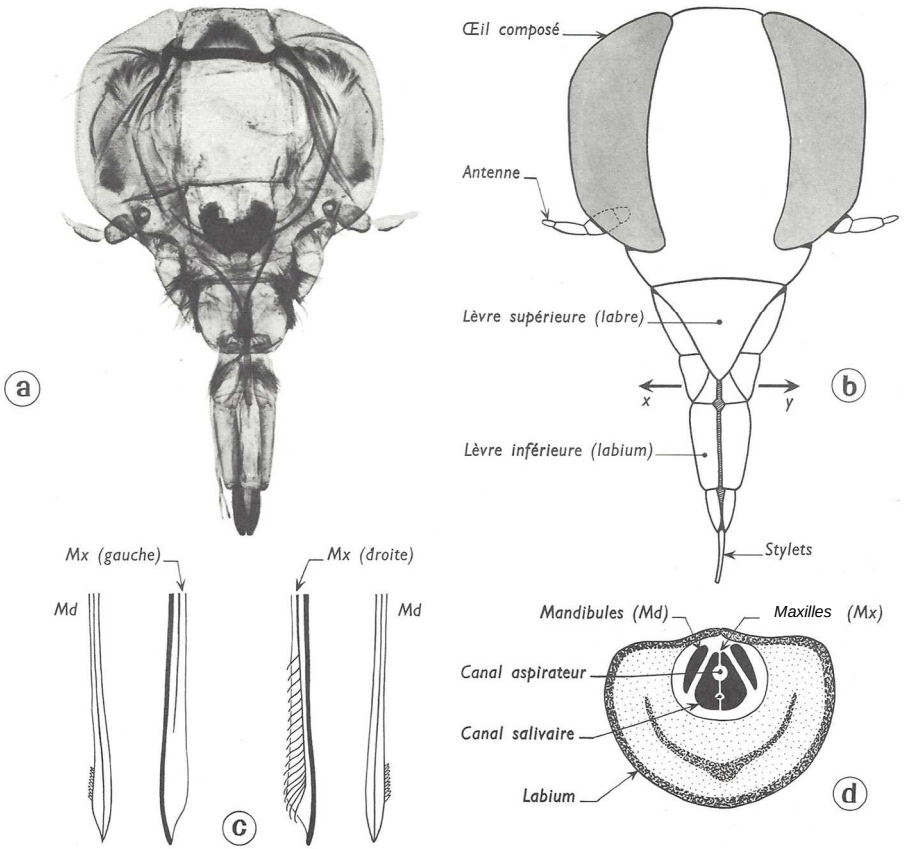


FIGURE 50 (1/2). Rostre d'hémiptère (à droite : stylets artificiellement sortis ; en bas : fonctionnement du rostre)
© A. FRAVAL (INRA) http://ephytia.inra.fr/fr/C/11349/hypp-Punaises (octobre 2015)
En bas d'après GARROUSTE (2015)



Tête et pièces buccales de la Notonecte.
a et b : Tête vue de face.
c : Extrémités de quatre stylets.
d : Coupe du rostre suivant *xy*.

FIGURE 50 (2/2). Rostre d'hémiptère (autre vision).
D'après VINCENT (1962)

- Les **Hémiptères** sont ***capables d'injecter des enzymes qui permettent de digérer les tissus des organismes servant d'alimentation*** ; on parle d'**exodigestion** car ce processus a lieu à l'extérieur de l'animal. Si donc les Hémiptères s'alimentent fondamentalement de **liquides**, les **tissus exodigérés** sont également **fréquents**.

- Les **Hémiptères** sont **majoritairement phytophages** et peuvent apporter des **maladies parasitaires aux plantes** en plus de les **ravager**. Il existe en outre, chez les **Hétéroptères**, des espèces **carnivores** (comme la Réduve), **détritivores**, **hématophages** (ex. Punaise des lits) et même **nécrophages**.

b. Des Hétéroptères (Hémiptères au sens strict) possédant des hémélytres

- Les **Hétéroptères** (ou Hémiptères au sens strict) (figure 51) correspondent aux **Punaises**. Ces animaux se caractérisent par :
  - Des ***ailes antérieures comprenant une partie cornée (corie) et une partie membraneuse (membrane)*** : on les appelle **hémélytres** (ou **hémi-élytres**). Les **ailes postérieures** sont **membraneuses** et **recouvertes par les hémélytres** au repos.
  - Des **antennes** assez **longues**.

Remarque : parmi les **Hétéroptères**, on trouve environ 4000 espèces aquatiques (Nèpe, Gerris, Naucore, Notonecte…) ; la plupart sont **prédatrices**.

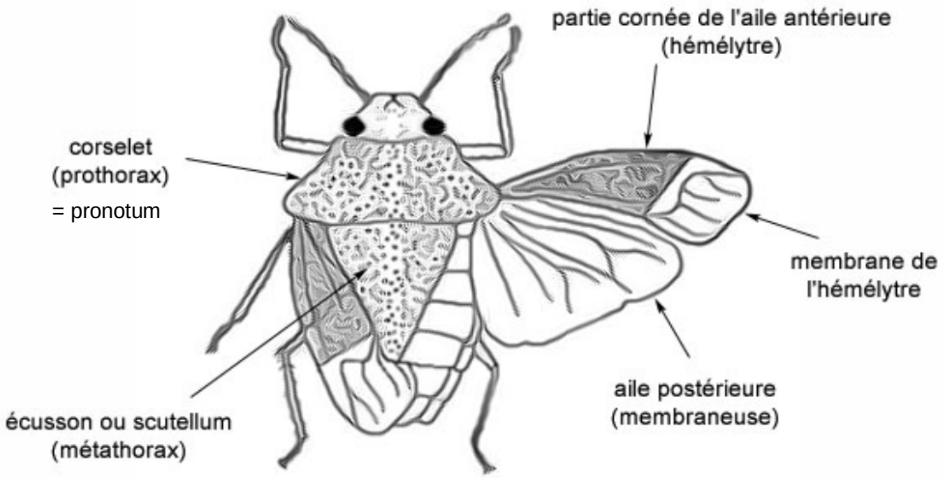


FIGURE 51. Morphologie d'un Hétéroptère de type Pentatomide. © A. FRAVAL (INRA)
http://ephytia.inra.fr/fr/C/11349/hypp-Punaises (octobre 2015)

c. Des 'homoptères' diversifiés à ailes membraneuses en toit ou absentes

- Les **'homoptères'** peuvent être caractérisés par :
  - Des **antennes** plutôt **courtes**.
  - Quatre **ailes membraneuses** qui sont **disposées en toit au repos** (mais quelques espèces présentent des individus aptères). *Il arrive que les ailes antérieures soient coriacées (ex. Cercopes).*
- Les **'homoptères'** (figure 52) présentent une **classification variable selon les auteurs** et dont les **relations phylogénétiques** sont encore **discutées**. On peut proposer (sans avoir à les retenir) les **groupes principaux** suivants :
  - Les **Cicadomorphes** [Cicadomorpha] : Cigales (*dont les mâles peuvent striduler*), Cercopes, Cicadelles...
  - Les **Fulgoromorphes** [Fulgoromorpha] : autres Cicadelles.
  - Les **Sternorrynches** [Sternorryncha] : Cochenilles, Pucerons…

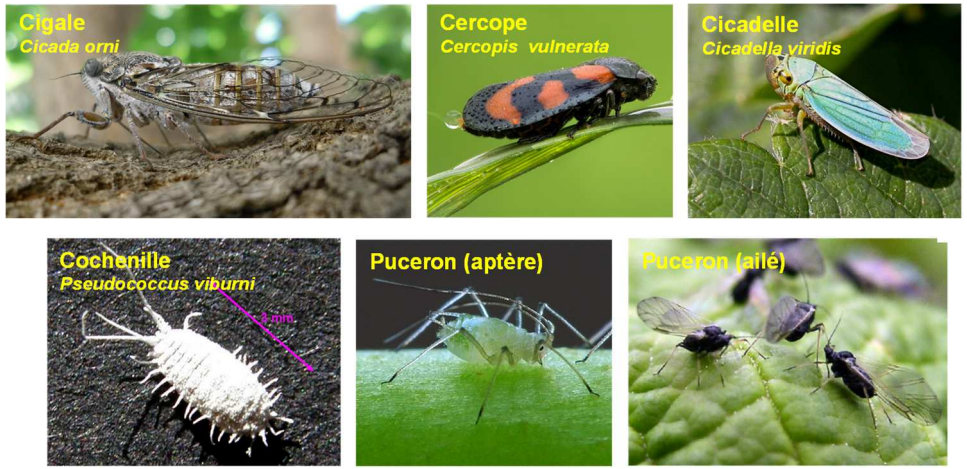


FIGURE 52. Quelques 'homoptères'. D'après *Wikipédia* (octobre 2015)

2. Développement post-embryonnaire

- Ce sont des insectes à **DPE hétérométabole** fondamentalement **paurométabole** (figure 53). La **cinquième mue** produit les **imagos**.
- Certains taxons peuvent présenter un **développement** parfois considéré comme **hémimétabole** : c'est le cas des **Cigales** dont les **larves** vivent en **milieu souterrain** (s'alimentant de racines) pendant quelques années ; certains auteurs considèrent que le **changement de milieu**, **de mode de vie et d'organisation** lors de la **mue imaginale** (où l'animal gagne alors les arbres) justifie de parler d'un tel développement.

Notons que les **Pucerons** sont capables de **parthénogenèse thélytoque** (*donnant des femelles*). *Il me paraît aberrant de vouloir vous faire retenir leur cycle de développement compliqué.*

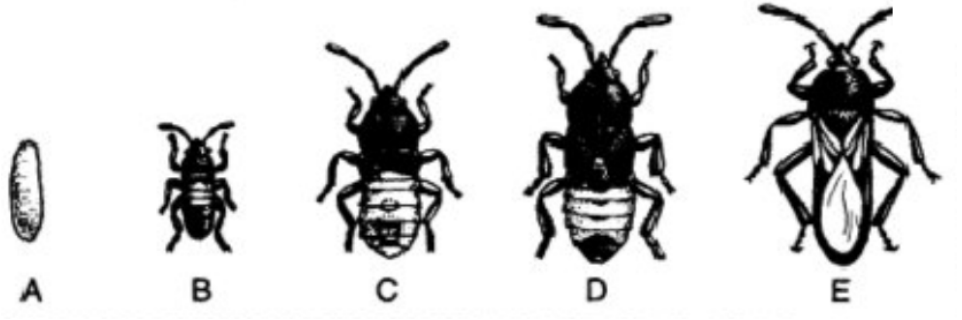


FIGURE 53. Principaux stades du DPE d'une Punaise.
http://www.cafe.rapidus.net/mleclerc/cours_offerts/insecte.htm (octobre 2015)

FIGURE 54. Larve de Cigale. http://abela11.fr/Petites_betes/etc/Cigale_Larve.htm (octobre 2015)

3. Importance agronomique

- On peut citer :
  - De très nombreux **ravageurs de cultures** : **Punaises**, **Pucerons**, **Cochenilles**, **Phylloxéra** (vigne)… [L'existence d'une reproduction parthénogénétique chez certaines espèces favorise la pullulation].
  - De très nombreux **vecteurs de maladies** (champignons, virus, bactéries…).
- On peut signaler un **intérêt touristique** pour les **Cigales** ☺
- Sur le plan **médical** ou **vétérinaire**, certains Hémiptères piqueurs peuvent transmettre des **maladies parasitaires** à l'Homme ou au bétail.

Encadré C Homologies entre quelques appareils buccaux d'Insectes

➢ Si le **type broyeur** est généralement considéré comme l'état le plus **« primitif »** chez les **Insectes** au sens strict, on constate que **tous les appareils buccaux** présentent un **même plan d'organisation** où les éléments constitutifs sont **homologues** (sauf éventuelle régression de certaines pièces) (figure 1).

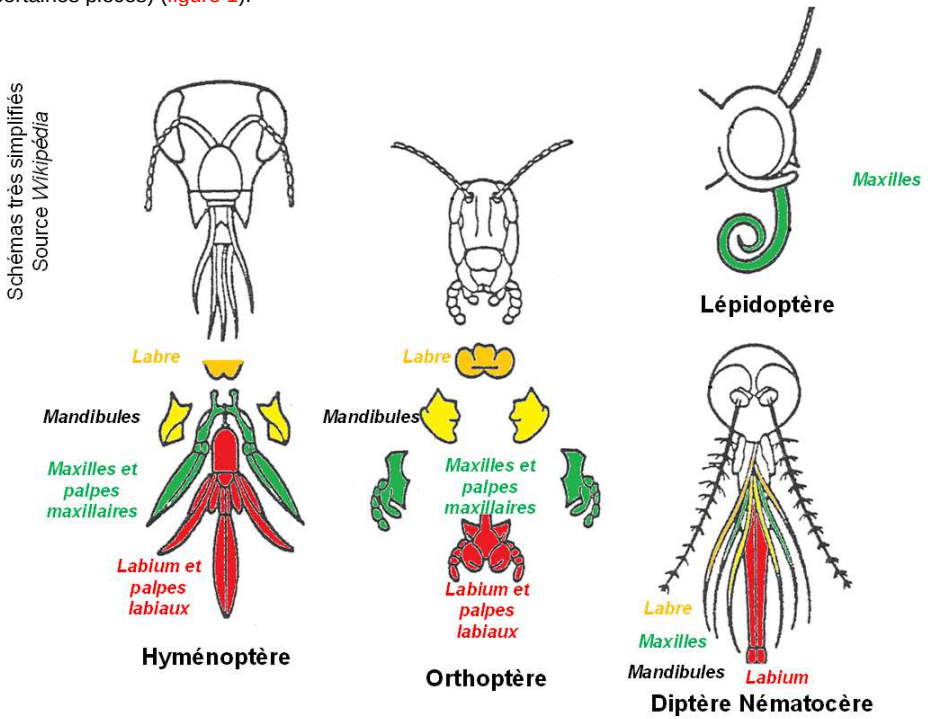


FIGURE 1. Homologie des pièces buccales entre quelques ordres d'Insectes.
D'après PEYCRU *et al.* (2010).

IV. Bilan

Activité 5. Bilan avec réalisation d'un tableau de synthèse

Savoirs à construire	Morphologie du Criquet adulte

	Capacité ou attitude visée	**Évaluation**
Savoir-faire sollicités	➢ Sélectionner/mobiliser des connaissances	
	Produire un dessin, un schéma, un tableau, un graphe… ➢ Tableau de synthèse	

À partir des *connaissances importantes acquises* lors des séances pratiques sur les Insectes, **produisez** :

1. Un *bilan sur l'organisation du Criquet* en **reproduisant** notamment les *schémas les plus importants de manière simplifiée* (de façon à ce qu'ils puissent être refaits rapidement lors d'un oral).
2. Un *bilan sur l'organisation, la diversité, le développement post-embryonnaire et l'importance agronomique* sous forme de **tableau de synthèse**. On inclura le *schéma type des pièces buccales de chaque ordre*.

Références

ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition.* Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1e édition française).

BAUTZ, A.-M. & A. BAUTZ (coll. D. CHARDARD) (2010). *Mini-manuel de Biologie animale*. Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).

BEAUMONT, A. & P. CASSIER (1998). *Travaux pratiques de biologie animale. Zoologie, embryologie, histologie.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 1970).

BEAUMONT, A. & P. CASSIER (1983). *Biologie animale. Des Protozoaires aux Métazoaires épithélioneuriens. Tome **2**.* Dunod, Paris, 3e édition.

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4e edition).

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

GALIANA, D., C. LE ROUX & I. MONCHÂTRE (coord. T.-M. BOTREAU) (2015). *Biologie-Écologie Module M72. Bac technologique STAV. La gestion du vivant et des ressources.* Éducagri, Dijon.

GARROUSTE, R. (2015). *Hémiptères de France, de Belgique, du Luxembourg et de Suisse*. Delachaux et Niestlé, Lausanne (CH).

GILLES, R., M. ANCTIL, F. BAGUET, M. CHARMANTIER, R. GILLES Jr., A. PÉQUEUX, J.-C. PLUMIER & P. SÉBERT (2006). *Physiologie animale*. Illustrations G. Delcourt. De Boeck, Bruxelles (B).

GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

GRASSÉ, P.-P. & D. DOUMENC (1990). *Abrégé de Zoologie. **1**. Invertébrés.* Masson, Paris, 3e édition (1e édition 1979).

HICKMAN, Jr., C. P. & L. B. KATS (2006). *Laboratory Studies in Integrated Principles of Zoology*. McGraw-Hill, 13e édition.

HICKMAN, Jr., C. P., L. S. ROBERTS, S. L. KEEN, A. LARSON, H. I'ANSON & D. J. EISENHOUR (2008). *Integrated Principles of Zoology*. McGraw-Hill, 14e édition.

LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.

LECOINTRE, G. & H. LE GUYADER (2009). *Classification phylogénétique du vivant*. Illustrations D. Visset. Belin, Paris, 3e édition (1e édition 2001).

LECOINTRE, G. & H. LE GUYADER (2013). *Classification phylogénétique du vivant. Tome 2. Plantes à fleurs. Cnidaires. Insectes. Squamates. Oiseaux. Téléostéens*. Belin, Paris.

MAISSIAT, J., J.-C. BAEHR & J.-L. PICAUD (1998). *Biologie animale. Invertébrés.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 1996).

MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie.* Frison-Roche, Paris.

PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie*. De Boeck, Bruxelles.

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas*. Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2010).

RIDET, J.-M., R. PLATEL & F. J. MEUNIER (1992). *Zoologie. Des Protozoaires aux Échinodermes.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.

VINCENT, P. (1962). *Sciences naturelles. Classe de 1reM'*. Vuibert, Paris.

VINCENT, P. (1964). *Sciences naturelles. Classe de 2eM'*. Vuibert, Paris. [Labo]

VINCENT, P. (1968). *Sciences naturelles. Classe de 1eD*. Vuibert, Paris.

VINCENT, P. (1974). *Sciences naturelles. Classe de Terminale D*. Vuibert, Paris.

Plan du TP

Objectifs : extraits du programme **1**
Introduction **1**

I. Position systématique et diversité des Insectes **2**
A. Les Insectes, des Arthropodes **2**
1. Position des Arthropodes au sein des Métazoaires 2
2. Position des Insectes au sein des Arthropodes 2
a. Les Insectes, des Antennates ou Mandibulates 2
b. L'ancienne dichotomie (obsolète) « Uniramés » vs. « Crustacés » 2
c. Position phylogénétique des Insectes : des Pancrustacés 3
3. Hexapodes ou Insectes ? 3
4. Caractéristiques des Hexapodes et des Insectes au sens strict **Erreur ! Signet non défini.**
B. Un aperçu succinct de la diversité des Hexapodes **3**
C. Détermination des Insectes **4**
D. Développement post-embryonnaire **5**
1. Notions de développements embryonnaire et post-embryonnaire 5
2. Notions de développements post-embryonnaires direct et indirect 5
a. DPE direct 5
b. DPE indirect 5
3. Types de DPE chez les Hexapodes 6
a. Les 'amétaboles' (Hexapodes homomorphes) 6
b. Les 'hétérométaboles', Hexapodes à « métamorphose incomplète » 6
c. Les Holométaboles, Hexapodes à métamorphose complète 6
α. Notion de DPE holométabole 6
β. Typologie des larves d'Holométaboles 6
i. Les larves campodéiformes 6
ii. Les larves mélolonthoïdes ou scarabéiformes 8
iii. Les larves éruciformes : chenilles et fausses chenilles 8
iv. Les larves vermiformes = apodes 8
v. Les larves cyclopoïdes (anecdotique) 8
γ. Typologie des nymphes d'Holométaboles : nymphes nues, chrysalides, pupes 8
4. Courbes de croissance chez les Insectes 8

II. Organisation d'un Insecte Orthoptère : le Criquet **10**
A. Morphologie de l'animal **10**
1. Organisation fondamentale de l'animal et tagmation 10
2. Organisation de la tête 11
3. Organisation des pièces buccales 12
4. Organisation des pattes 13
5. Organisation des ailes 13
6. Abdomen et différence entre sexes 13
B. Anatomie de l'animal **14**
1. Appareil circulatoire 14
2. Appareil respiratoire 14
3. Appareil digestif et excréteur 15
4. Appareil génital 16
5. Système nerveux 16
a. Organisation générale : notions de ganglion, nerf et connectif 16
b. Organisation et métamérie des ganglions 17

III. Quelques ordres d'Insectes et leur importance agronomique **18**
A. L'ordre des Orthoptères **18**
1. Caractérisation des imagos 18
a. Organisation générale : morphologie 18
b. Pièces buccales et alimentation 18
2. Développement post-embryonnaire 18
3. Introduction à la diversité du groupe 18
4. Importance agronomique 19
B. L'ordre des Coléoptères **19**
1. Caractérisation des imagos 19
a. Organisation générale : morphologie 19
b. Pièces buccales et alimentation 19
2. Développement post-embryonnaire 20
3. Introduction à la diversité du groupe 20
4. Importance agronomique 20
C. L'ordre des Hyménoptères **21**
1. Caractérisation des imagos 21
a. Organisation générale (morphologie) et possibilité de socialité 21
b. Pièces buccales et alimentation 21
2. Développement post-embryonnaire 22
3. Introduction à la diversité du groupe 23
4. La socialité : l'exemple de l'Abeille domestique *Apis mellifera* 23
5. Importance agronomique 24
D. L'ordre des Diptères **24**
1. Caractérisation des imagos 24
a. Organisation générale : morphologie 24
b. Pièces buccales et alimentation 25
2. Développement post-embryonnaire 26
3. Introduction à la diversité du groupe 27
4. Importance agronomique 27
E. L'ordre des Lépidoptères **27**
1. Caractérisation des imagos 27
a. Organisation générale : morphologie 27
27
b. Pièces buccales et alimentation 27
2. Développement post-embryonnaire 28
3. Introduction à la diversité du groupe 28
4. Importance agronomique 29
F. L'ordre des Hémiptères (Hétéroptères + 'homoptères') **29**
1. Caractérisation des imagos et diversité 29
a. Un ordre (ou super-ordre) caractérisé par son appareil buccal : le rostre 29
b. Des Hétéroptères (Hémiptères au sens strict) possédant des hémélytres 30
c. Des 'homoptères' diversifiés à ailes membraneuses en toit ou absentes 30
2. Développement post-embryonnaire 31
3. Importance agronomique 31

IV. Bilan **32**

Références **33**
Plan du chapitre **34**

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.
Document produit en septembre 2015 • Dernière actualisation : novembre 2017
Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com
Adresse de téléchargement : http://tanguyjean.businesscatalyst.com/

Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.