

Diversité des Arthropodes terrestres

I. INTRODUCTION

Diversité mondiale : >1 million d'espèces d'arthropodes décrites

Estimation : 10 à 20 millions d'espèces.

⇒ BIO-INDICATION

Bioindicateur : tout organisme ou système biologique utilisé pour apprécier une modification (généralement une détérioration) de la qualité d'un milieu, quel que soit son niveau d'organisation & l'usage qui en fait (Blandin, 1986)

Usage : gestion conservatoire (ingénierie écologique)

Prise en compte des invertébrés : récente, première synthèse à ce sujet date de 1997 (notamment Dupont & Lumaret)

Qualités des araignées comme groupe bioindicateur :

Travaux d'une équipe belge en 1990

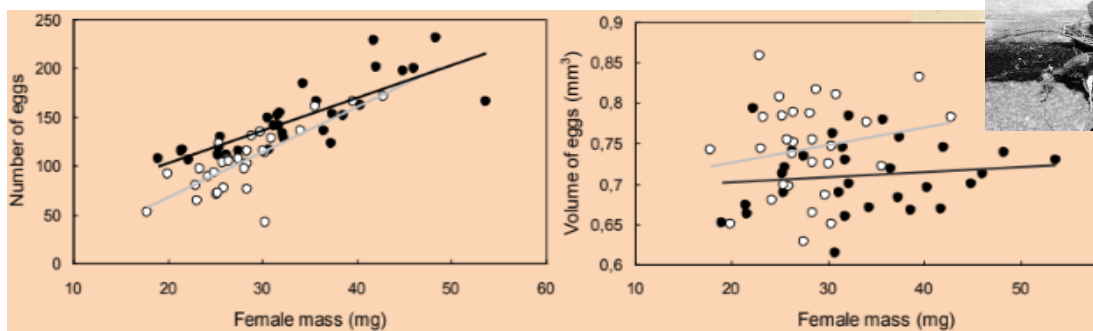
- **Groupe abondant & diversifié** (diversité suffisante avec des variations de richesse spécifique)
 - **Assemblage présents habitats/strates**
 - Echantillonnage possible avec un **investissement** (temps, ressources) **limité**
 - **Connaissances écologiques & biogéographiques** qui permet **d'interpréter** les résultats à *posteriori*, approches basées sur des choix, connaissances suffisantes
- ⇒ **Statuts** de rareté & sténocécie **disponibles**



Paramètres classiques :

- Richesse spécifique
- Rareté
- Protection (cela ne fonctionne pas très bien pour les arthropodes, car il y a **peu d'espèces protégées**)
- Mais d'autres paramètres peuvent être considérés : ex traits d'histoire de vie

Ex d'une araignée rare : araignée-loup (*Arctosa fulvolineata*)



CF méthode d'analyse de document : NDC

Capacité de reproduction entre différents habitats, nombre et volume d'œufs selon la masse de la femelle

- ⇒ La masse de la femelle influence le nombre d'œufs (pente non nulle) mais PAS leur volume (pas significatif)
 - ⇒ Dans les habitats "noirs", plus d'œufs mais plus petits → investissement dans la reproduction dans les habitats envahis.
- ⇒ En plus des paramètres classiques on peut utiliser les **traits** des espèces

Bref survol des grands groupes taxonomiques (Mésos et Macrofaune) :

- **Macrofaune du sol (plus de 2 mm)**

Non traités ici : vers de terre (Clitellates, Oligochaeta, Annelida) / Onychophores ou « vers de velours » = péripates des régions tropicales et subtropicales / Gastéropodes (limaces, escargots).

- Macro-arthropodes : Crustacés Isopodes, Myriapodes
- Arachnides
- Hexapodes

II. Crustacés (Isopodes)

- **Décapodes**

Chez nous, ils sont limités aux **habitats aquatiques**, et aussi aux **berges des rivières**.

Mais dans certaines régions : prairies humides, creusent des terriers → “*vers de terre géants, c’est un peu le même fonctionnement*”. Recyclage de la MO, aération des sols. Rôle écologique important !!



© Aurlie Le Moigne

- **Oniscoïdes (Isopodes terrestres) → Cloportes**

- **170 espèces terrestres**
- Grand public : nom commun = cochons, cloporcs, latin. Place de choix dans la pharmacopée au Moyen-Âge
- Scientifique : systématique (faune de Vandel) ; Endosymbiotes (Poitiers) ; Physiologie ; Génétique
- Naturaliste : renouveau de leur faunistique depuis 10-15 ans notamment en Bretagne

Classification et morphologie :

Grande division du corps

Partie antérieure : **céphalon**, tête

Paire d’antennes, **1 seule paire !!!!** Mais ce sont quand même des Crustacés

Yeux

Péréion : porte des **péréionites** & des **pattes marcheuses identiques = isopodes**

En arrière : le **pléon**, porte des **organes de respiration**

Telson portant les **uropodes**

7 paires de pattes

Diversité des couleurs

Grandes variations intra-spécifiques

Attention aux confusions : entre Oniscoïdes & Diplopodes myriapodes capables de volvation (formation de boule), nombre de pattes si déroulé (**supérieur à 7 paires pour les myriapodes**), **apex du corps si enroulé** (qui dépasse !)

Biologie :

Mues : **dépendance** au calcium (**carbonate de calcium**)

Plus diversifiés en *régions calcaires*, en plus de la température

Régime alimentaire : **surtout saprophages**, nourriture : matière organique *déhiscente*

Respiration : **pléopodes (branchies)**, **voies pseudo-trachées**, *permet de s’affranchir de l’humidité ambiante*

Dépendance à l’**humidité**, surtout chez les isopodes « inférieurs »

Ecologie : **tout type** d'habitat (même déserts !)

Répartis mondialement, mais **évitent les régions les plus froides** (*peu de résistance* au froid)

Peu de prédateurs dû à leur exosquelette, mais **prédateurs spécialisés** : araignées prédatrices comme *Dysdera*



III. Myriapodes (Chilopodes & Diplopodes)

Groupes « mineurs » (**méso-faune, peu diversifiés**). **Micro-myriapodes** : pauropodes & symphyles. Attention aux confusions !!! Protoures & Diploures (= Hexapodes, 3 paires de pattes).

Ordre des Chilopodes (« centipèdes »)

Prédateurs → **forcipules** = crochets à venin (PAS des mandibules !)

Cuticule plus fine que les diplopodes

3 grands groupes : **Scolopendres** (peu présente en France – Sud - venimeuse, successions de segments identiques) et **Lithobies** (**alternance de petits et longs segments**, point commun avec les Scolopendres = couleur + chasse dans la litière), **Géophiles** : chasse dans le sol !

Diplopodes (« mille-pattes »)

Saprophages

Cuticule épaisse

Dans le **bois mort, souvent dans les forêts humides**

Caractéristique : diplosegments (segments qui ont fusionné ce qui donne l'apparence de 2 paires de pattes par segment)

Polydesme, Gloméris (volvation)

IV. Arachnides

⇒ **Chélicériformes**

- Présence de **chélicères +/- modifiées** selon les groupes
- **Orifices génitaux** au niveau du **2^{ème} segment abdominal**

Chélicères → prise liquide de molécules = **exodigestion** : digestion à l'extérieur du corps, aspiration des sucs liquéfiés à l'aide d'un système de filtration pour éviter l'absorption de particules solides.

Acari

5 sous ordres distingués en fonction de la **position** de leurs organes de respiration (=stigmates)

- Mesostigmate
- Prostigmate
- Astigmate
- Crypto-stigmate
- Mata paraste stimage

> 1 000 familles / > 500 000 sp potentielles !!! Densités : 20 000-200 000/m²

Chélicères peu modifiées

Régimes alimentaires variés

Morphologies variables +++

Taille des espèces **non parasites** : 0,1 – 2 mm

Trois guildes trophiques :

- **Macrophages de plantes** : « mangeurs de feuilles »
- **Micro-phytophages** : bactéries, champignons & algues
- **Prédateurs** : sur microarthropodes et *Enchytraeidae* principalement



Enchytraeidae : annélides translucides & très petits

© Jorge Almeida

⇒ *Les régimes peuvent être mixtes & changer au cours des saisons.*

Habituellement 7 stades développementaux (hors vie parasitaire) :

1. Œuf
2. Pré-larve
3. Larve à 6 pattes
4. **Protonympe**
5. **Deutonymphe**
6. **Tritonymphe**
7. Adulte

Pupation apparaît entre larve & nymphe ET entre nymphe & adulte (*stade inactif, pouvant être prolongé en cas de conditions défavorables*)

Araneae

49 000 sp décrites

~ 100 000 sp au total

Presque toutes prédatrices : prédateurs dominants des arthropodes au sol. [*Bagheera kiplingi*](#) = espèce strictement phytophage

Groupe assez bien étudié

Groupe majeur en termes de **diversité & densité**

Production de soie (différents usages) :

- Fil de **sureté** (fil de rappel pour retourner à sa toile/éviter de tomber)
- **Toile**
- Sac à œufs (**cocon**)
- **Ballooning** (se transporter grâce à la soie, à l'aide du vent)

Palpes : Organes des mâles pour la copulation (système de « clef-serrure »)

→ Accouplements, diversité tactiques anti-prédation (*mise en place de stratégies par les mâles pour éviter de se faire consommer, période critique !*) - mâles de petite taille (**Néophile**), offrande à la femelle, emprisonnement dans la toile pour féconder la femelle...

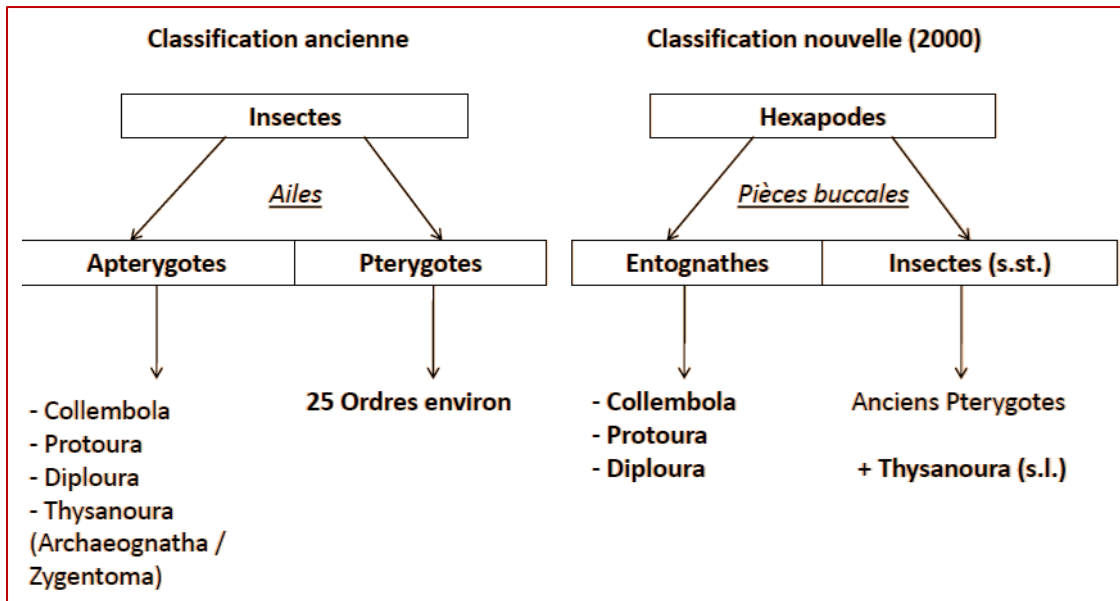


© Daniel Goeleven

© Daniel Goeleven

V. Diversité des Hexapodes

- CLASSIFICATION :



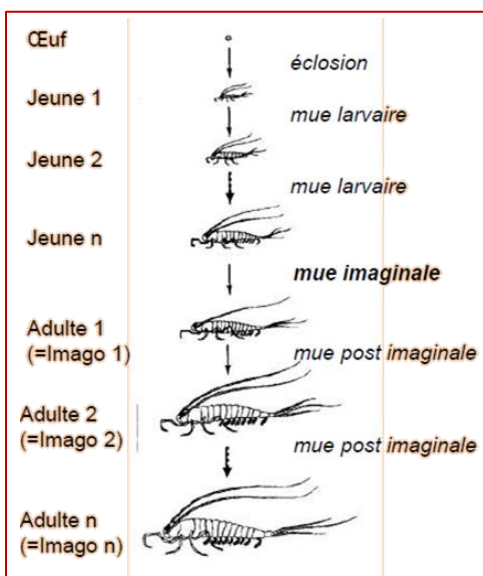
Entognathes : pièces buccales internes **non** visibles, internalisées (*ento*, dans - *gnathe*, mâchoire).

Ectognathes = **Insectes** (au sens strict) : anciens ptérygotes & 2 autres groupes de l'ordre des Tysanoures

NB : cf TP Hexapodes → plus précis !

A. LES GRANDS DEVELOPPEMENTS :

Les hexapodes amétaboles



Différents stades larvaires (~selon sp). Mue imaginale = mue qui amène à l'adulte (imago). **L'adulte continue de muer & de croître grâce à des mues post-imaginale = caractéristiques du développement amétabole.**

Ordres : Entognathes & Thysanoures de la nouvelle classification + autres groupes taxinomiques comme Crustacés ou Mygales.

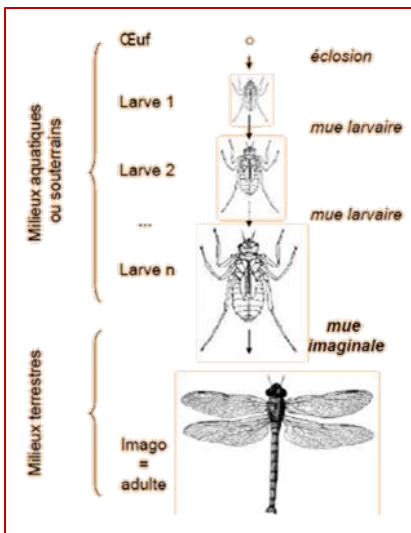
Plus un hexapode amétabole est âgé, plus il va être grand !

Les hexapodes métaboles

- HETEROMETABOLES = EXOPERYGOTES**

Présence de **ptérothèques** (étuis dans lequel grandissent les ailes de l'organisme)

a) Hétérométaboles Hémimétaboles

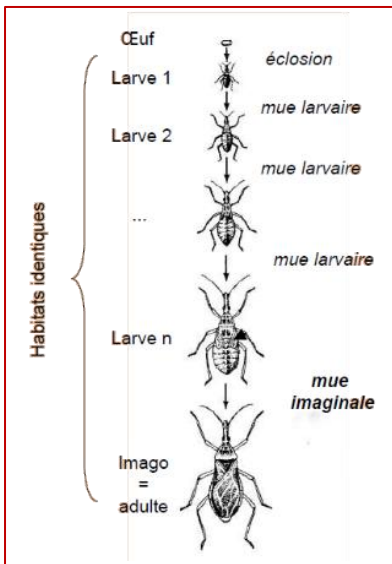


⇒ PAS de mue post-imaginale

⇒ **Changement d'habitat** entre le stade larvaire (souvent aquatique) & le stade adulte (vie aérienne)

Ordres : Odonates, Ephéméroptères

b) Hétérométaboles Paurométaboles



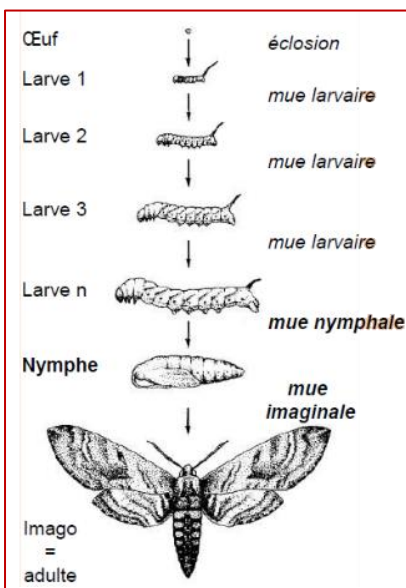
PAS de changement d'habitat entre stades larvaire/adulte, souvent *terrestres*.

Présence d'ébauches alaires qui grandissent au fur et à mesure des mues, les **ailes deviennent fonctionnelles** si elles sont présentes **au stade adulte**.

Ordres : Orthoptères, Dictyoptères

Juvénile : terme consacré uniquement aux paurométaboles, *quand il n'y a pas de changement morphologique ni d'habitat* → on choisit juvénile car le jeune est une réplique d'un adulte miniature.

• HOLOMETABOLES = ENDOPTERYGOTES



⇒ Pas de traces d'ailes, **ptérothèques NON visibles**

Caractérisés par une métamorphose complète : elle a lieu à un stade particulier, le stade nymphal → changement complet de physiologie, éthologie, morphologie entre la larve et l'adulte. **PAS** de mues post-imaginale.

Ordres : Hyménoptères, Coléoptères. *Ver de farine, papillon : la piéride du chou.*

B. BASES DE LA CLASSIFICATION DES HEXAPODES

⇒ *Nervures* qui diminuent ↓ au cours de l'Evolution

| Classification | | Types de développement |
|---|--|---|
| Cl Hexapodes Ss cl Entognathes | (ici : Ordre des Collemboles) | Amétaboles |
| Ss cl Insectes Gpe Aptérygotes | O Archéognathes O Zygentomes | |
| Gpe Paléoptères | O Ephéméroptères O Odonates | Hétérométaboles Hémimétaboles |
| Gpe Polynéoptères | O Plécoptères (O Phasmoptères) O Dermaptères O Orthoptères O Dictyoptères O Isoptères | |
| Gpe Paranéoptères | (O Psocoptères) (O Phthiraptères) O Hémiptères O Thysanoptères | Hétérométaboles Paurométaboles |
| Gpe Oligonéoptères | O Coléoptères O Hyménoptères O Lépidoptères O Diptères O Neuroptères O Trichoptères | |
| | | Holométaboles |

Groupe Oligonéoptères : ailes récentes avec peu de nervures

Implications :

- Problèmes de connaissances en biologie/écologie

Connaissances des vies larvaires ? Dans les échantillonnages on ne pourra pas forcément avoir accès aux différents stades

→ Ainsi les **groupes indicateurs** : vie larvaire très mal connue (habitat, régime)

- Problème d'identification des larves/juvéniles

- Niveau d'identification croissant

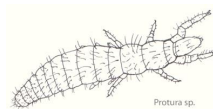
Certains ouvrages ne permettent pas une identification correcte des Hexapodes. Pour les identifier, il faut identifier à partir de la *famille* avec une *série d'ouvrages* pour arriver à déterminer l'espèce (un seul livre est insuffisant !).

C. ORDRE DES HEXAPODES

ENTOGNATHES

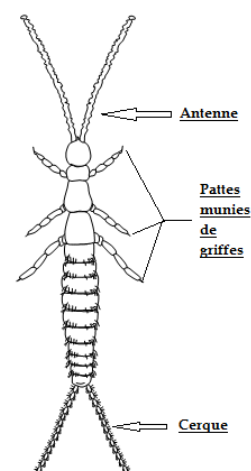
a) Protoures

- Décomposeurs
- Quelques espèces prédatrices
- Groupes mineurs



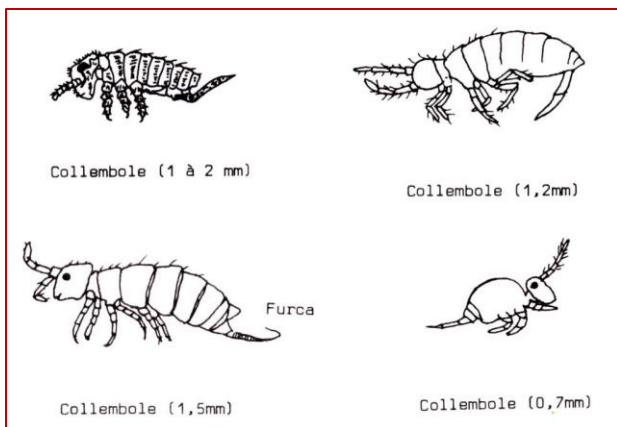
b) Diploures

- Décomposeurs
- 2 « queues »
- Groupes mineurs



c) Collemboles (« puces de terre »)

- 20 000 sp décrites, estimation : 300 000 !
- **Aptères**, avec une **furca** (organe de saut, surtout chez les espèces de surface, se replie sous l'abdomen) + **tube ventral** (reste d'appendices abdominaux) → diverses fonctions...
 - o Evaluation de l'humidité du substrat
 - o Echanges hydriques, ioniques, gazeux
 - o Adhérence au substrat
- Vie épigée & endogé (pores et interstices)
- **0.3 mm à 2 cm**
- *Saprophages* : champignons, bactéries, et plantes poussant sur MO déhiscente
- Digestion de la cellulose, tannins et chitine (**bactéries symbiotes** dans l'estomac)
- Développement continu par mues successives
- Reproductions sexuées ET parthénogénétiques (plus fréquente chez les espèces dans le sol)
En cas de reproduction sexuée : pas de vraie copulation, pas de fécondation interne, MAIS émission d'un **spermatophore** (dépôt d'un sac avec ses gamètes, la femelle se positionne dessus + parade)
- Temps de génération : 40 à 400 jours
- En fonction de la tolérance à dessiccation, différentes espèces : *hygrophiles, mésophiles et xérophiles*, espèces de la surface sont généralement plus résistantes. Les juvéniles sont souvent moins résistants
- Forme de résistance la plus élevée = œuf !



THYSANOURES

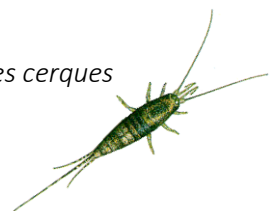
⇒ Appendices cercaux

a) Archeognathes

- **Paracerque** (entre les deux cerques, à l'extrémité de l'organisme): plus long que les 2 autres cerques
- Décomposeurs
Exemple : *machilis*

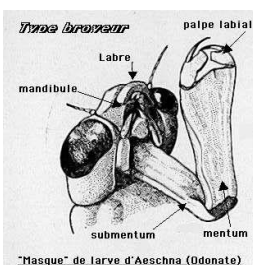
b) Zygentomes

- **Paracerque** aussi long que les cerques
- Décomposeurs
Exemple : poisson d'argent



ODONATES

Stade larvaire : présence d'un **masque labial**



2 groupes en fonction des ailes

a) Zygoptères

- Ailes jointives au repos = **Demoiselles**
- Régime alimentaire *constant*, larves aquatiques prédatrices, adulte prédateur aérien



Ischnura senegalensis

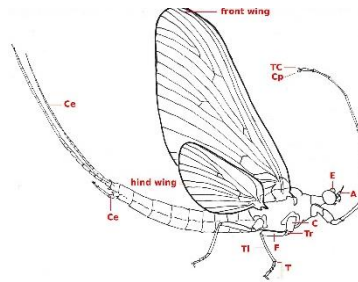
b) Anisoptères

- Ailes non jointives au repos, inégales, ailes postérieures plus larges = **Libellules**
- Régime alimentaire constant, larves aquatiques prédatrices, adulte prédateur aérien
- ⇒ Très étudiés dans la **bio-indication des cours d'eau**
- ⇒ *Rare groupe qui contient des espèces protégées*



EPHEMEROPTERES

- **3 cerques fragiles**
- **Durée de vie courte**
- **Emergent en même temps**
- Phytophages
- Plus d'espèces en montagne
- **Larves aquatiques ; adulte aérien**
- **Indicateur de bonne qualité des cours d'eau**



PLECOPTERES

- **2 cerques** à l'extrémité de l'abdomen
- **Larves** qui se nourrissent **plus** que les adultes, larves **polyphages**
- Larves **aquatiques**, dans les **cours d'eau bien oxygénés**
- Adultes aériens
- *Groupe pas très bien connu avec peu de diversité*



DERMAPTERES

- « Ailes en cuir », ailes antérieures rigides/dures
- Ailes postérieures (membraneuses) qui dépassent des ailes antérieures
- Polyphages avec *tendance vers la prédation pour la plupart des espèces* : limite la population de certains ravageurs
- **Pinces**, fonctions précises, **différentes formes** entre mâles et les femelles → **soin aux œufs**



DICTYOPTERES – Blattodea

- Espèces natives des landes & forêts
- Présence de **cerques**
- Présence d'**oothèque**, gaine dans laquelle *sont conduits des œufs*
- *Décomposeurs*, polyphages (adaptations)
- **Élément clef dans les écosystèmes tropicaux**
- Espèce *Ectobius* : blatte des jardins

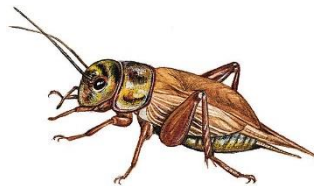
ORTHOPTERES

- **Pattes postérieures sauteuses**, *fémur et tibia allongés*
- Pièces buccales **broyeuses**

2 sous-ordres :

a) Ensifères

- Porte une **épée/sabre**, organe de ponte chez les femelles : ovipositeur
- **Antennes plus longues que le corps**
- Sauterelles, grillons (image)*
- Ailes courtes même à l'état adulte
- *Prédateurs & omnivores*
- Plutôt dans les arbustes de couleur verte
- Courtilière : creuse des galeries



b) Caelifères

- Sans ovipositeur **visible**
- **Antennes plus courtes que le corps**
- Criquet*
- Milieu ouvert, dans la végétation rase, couleur plus sombre
- *Phytophages*
- Invasion de criquets, certaines espèces se déplacent en bande et causent des dommages

⇒ Chants entre les espèces, manière de différencier les différentes espèces selon le chant

HEMIPTERES

- Pièces buccales = rostre (type piqueur-suceur) très visible

2 grands sous ordres

a) Homoptères

- Ailes identiques (« homo »), aile antérieure formée d'une seule pièce = aile **homogène**
- *Phytophages*
- Exemple : pucerons, cigales

i. Sternorrhyncha :

- Rostre inséré sur la **poitrine**
- Groupe des **pucerons**

ii. Auchenorrhyncha :

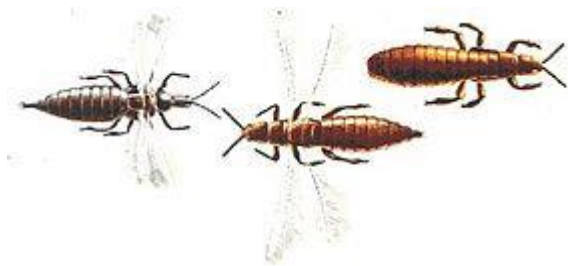
- Rostre inséré sur la **gorge**

b) Héteroptères

- Ailes antérieures en 2 parties = hémélytre
- **Punaises**
- Grands nombres de régimes alimentaires : *polyphages, phytophages, prédateurs*
- Nombreuses familles

THYSANOPTERES

- Ailes **frangées** = *bordées de soies longues & fines*
- Mineurs au nombre d'espèces
- *Phytophages*, **dégâts** sur de nombreuses **cultures** : dommages importants !
- **Thrips**



ISOPTERES

- « Ailes identiques »
- Insectes **proches des blattes**
- *3000 espèces répartis en 6 familles*
- **Symbiotes** dans l'estomac
- *Décomposeurs*
- **Caste des travailleurs** : construisent et maintiennent le nid, cherchent la nourriture, nourrissent les autres castes / **Monogydes** : *une seule reine* / **Castes des soldats** : défense du nid et des travailleurs, dépendant pour la **nourriture** / Instructions du roi et de la reine → Eusocialité
- **Termites**



LEPIDOPTERES

- *100 000 espèces décrites à l'échelle mondiale*
- « **Ailes écailleuses** », ailes recouvertes **d'écailles** (soies modifiées) qui tombent au cours de la vie de l'organisme
- Régime alimentaire homogène : *phytophages, parfois xylophages, quelques espèces de chenilles prédatrices*

3 grands groupes en fonction de la taille & de la trompe :

MICRO-LEPIDOPTERES

- Petits
- Trompe souvent réduite

MACRO-LEPIDOPTERES

a) Rhopalocères

- Antennes **en massue**
- Souvent **diurnes**



Papilio machaon

b) Hétérocères

- Dimorphisme antennaire important, mâle : **antennes plumeuses**
- Souvent **nocturnes**



TRICHOPTERES

- Vie larvaire aquatique
- « Soie sur les ailes »
- Ressemble aux papillons
- Larves *phytophages* : construisent **abris** à l'aide de soie & de débris = larves « **portes-bois** »



© Sandro Marcacci

NEVROPTERES

- *Phytophages*
- Également *Neuroptera*, scission avec *Megaloptera*
- *Sialis* : larve aquatique de type décomposeur
- *Chrysopa* : larve terrestre prédatrice
- Regarder les genitalia pour l'identification à l'espèce



Sialis lutaria – © Alex Dehalleux

HYMENOPTERES

- Ordre le plus diversifié
- « **Ailes membraneuses** »
- *Polyphages*

2 sous-groupes :

a) Symphytes

- **PAS de rétrécissement** (étranglement) **entre thorax et abdomen**
- Bord de l'**ovipositeur** dentelé comme une scie, d'où le nom de « **mouches à scie** »



Cliquez sur l'image !

b) Apocrites

- **Etranglement** entre thorax et abdomen
- Espèces **sociales**, perte de la fonction de **ponte** & acquisition de la fonction **venimeuse**



Famille *Formicidae* :

- Espèces **ingénieuses**, organismes qui par leur densité & rôle fonctionnel ont un **rôle clef dans le fonctionnement de l'écosystème**
- **Modifie les profils du sols, distribution en nutriments, drainage, infiltration**
- Beaucoup d'espèces *commensales*, voire *parasites* (de cloportes, coléoptères, ...)
- Régimes alimentaires variés, *polyphages*
- *Attini* : fourmis coupeuses de feuilles, culture de champignons
- A la différences des termites, colonisation des **régions boréales** & ne sont PAS spécialisées dans l'ingestion de cellulose



[Lien](#)

DIPTERES

- **Holométaboles** (endoptérygotes)
- **Ailes postérieures réduites**
- *Polyphages*
- Groupe clef dans le **recyclage des animaux morts**
- > 150 000 sp de mouches décrites

COLEOPTERES

- **Elytres**, protègent les ailes, seules structurent qui permettent d'aller sous l'eau pour les organismes terrestres
- Ordre **diversifié** +++ (notamment **morphologique**)
- *Polyphages* : tous les régimes alimentaires
- *Coprophages*, permettent un **recyclage de la MO**

Famille **Carabidae** :

- La plus riche des coléoptères, groupe diversifié, avec quelques endogés
- **Morphologie reconnaissable**, taille variable
- Espèces plutôt **prédatrices**
- **Radiations adaptatives**, à chaque condition d'un micro-habitat on va avoir apparition d'une nouvelle espèce
- Identification possible : <https://quelestcetanimal-lagalerie.com/coleopteres/carabidae/> (PDF mis à dispo)

THE END of the haricots