

# LES INSECTES - INITIATION A L'ENTOMOLOGIE

## 1. LE MONDE VIVANT, LA SYSTÉMATIQUE

"La **systematique** est l'étude et la description de la diversité des êtres vivants, la recherche de la nature et des causes de leurs différences et de leur ressemblance, la mise en évidence des relations de parenté existant entre eux et l'élaboration d'une classification traduisant ces relations de parenté." (Matile, Tassy & Goujet, 1987)

C'est une discipline délicate et plus vaste qu'on ne le pense en général, pouvant apparaître rébarbative lorsqu'on se limite à la classification. Mais elle est fondamentale pour la connaissance et l'étude du vivant : par les réponses qu'elle apporte au simple désir de connaître et de comprendre, et surtout par ses applications médicales, pharmaceutiques, agronomiques, écologiques, géologiques... Toutes les décisions à prendre en matière de protection des milieux dépendent étroitement d'une bonne connaissance de la biodiversité qui les peuple. La lutte contre les grandes endémies parasitaires, responsables annuellement de plusieurs millions de morts dans le monde, ne saurait progresser sans une bonne connaissance systématique des parasites et des espèces vectrices.

Les classifications ont été bouleversées pendant ces trente dernières années par la **systematique moderne** : grâce à l'application d'outils biotechnologiques (biochimie, informatique, microscopie et imagerie,...) et surtout par l'évolution de notre manière de penser la hiérarchisation de la biodiversité. La révolution hennigienne a permis, avec un délai de cent ans, de réaliser le souhait de Darwin selon lequel les classifications devaient suivre le plus fidèlement possible les généalogies (phylogénies). L'analyse des structures du vivant aboutit alors à une classification purement phylogénétique, la **phylogénie** étant "*le cours historique de la descendance des êtres vivants*" (Darlu & Tassy, 1993). Les analyses cladistiques permettent de représenter la classification par des **arbres phylogénétiques**.

Figures 1 à 6 : Cladogrammes de systematique phylogénétique.

La **taxonomie** est l'ensemble des principes et règles qui permettent d'individualiser les taxons et d'établir une classification.

La **classification zoologique** définit et classe des catégories d'organismes (espèce, genre, famille,...) ayant un rang ou niveau donné dans ce système hiérarchique. Un **taxon** (pluriel : taxa) est un groupe d'un rang donné qui est suffisamment distinct pour pouvoir être assigné à une catégorie définie (Mayr, 1974).

La **nomenclature zoologique** est le système des noms scientifiques (latinisés) appliqués aux unités taxonomiques. Elle suit des règles extrêmement précises, définies dans le "*Code International de Nomenclature Zoologique*".

Règles principales :

- Le nom d'un taxon d'un rang supérieur à l'espèce consiste en un mot. **Le nom d'une espèce consiste en deux mots** (nomenclature linnéenne binominale, en vigueur depuis la parution de *Systema naturae*, de Carl Von Linné, 1758) : dans chaque cas, le premier mot est le **nom générique**, le second est le **nom spécifique**. Lorsque le nom d'un sous-genre est employé en combinaison avec un nom générique et un nom spécifique, il est placé entre parenthèses entre ces deux derniers.

Ex. : *Culex (Culex) pipiens* LINNÉ, 1758

- Pour les taxa de niveau supérieur au genre, les noms comportent des **désinences caractéristiques** : *inae* pour les sous-familles, *idae* pour les familles, *oidea* pour les superfamilles, *ini* pour les tribus, etc.
- On recommande généralement de citer, à la suite du nom du taxon, le **nom de l'auteur et la date de publication de la description** (entre parenthèse dans les combinaisons nouvelles, par exemple en cas de changement de genre).
- Pour chaque taxon, l'auteur doit définir un "type", représentant l'**étalon de référence** du taxon.

Ainsi, le type d'une espèce nominale est un spécimen unique, soit le seul spécimen original, soit celui désigné parmi la série-type. Ces types, clairement étiquetés devraient être déposés dans une institution scientifique responsable de leur conservation, et désignée dans la publication de la description afin que tout chercheur puisse les consulter facilement.

La **notion d'espèce** : "les espèces sont des groupes de population naturelles capables d'intercroisement et qui sont reproductivement isolées d'autres groupes semblables" (concept biologique de Mayr, 1974).

Ce concept fait suite au **concept strictement morphologique**, remis en cause par l'observation :

- de **variations intraspécifiques importantes** (dimorphisme sexuel, variations au cours du développement, et surtout variations d'une population à une autre) ;
- d'**isolements reproductifs entre des populations de morphologie pratiquement identique** et dont les aires de répartition se recouvrent (notion d'"espèces jumelles" au sein de "complexes").

Mais **les critères morphologiques restent primordiaux dans la distinction des espèces.**

## 2. LES EUARTHROPODES

Les euarthropodes constituent le plus grand embranchement du monde vivant, par le nombre d'espèces identifiées, la biomasse correspondante et son impact sur les écosystèmes.

Ce sont des métazoaires dont le corps et les pattes sont **segmentés**. Le corps est bâti initialement sur une succession d'anneaux identiques, les **métamères**. Chaque métamère porte ancestralement une paire d'appendices symétriques, un segment vasculaire, un segment digestif, un segment nerveux (neuromère), un segment musculaire (myomère) et un segment excréteur (néphromère). Cette métamérie s'est altérée au cours de l'évolution du groupe et différents segments se sont assemblés pour donner des structures plus complexes, les **tagmes**. L'**exosquelette** constitue une carapace rigide, dure et articulée ; il est formé de plaques pour le corps et de pièces tubulaires pour les appendices, séparées par des joints souples qui permettent le mouvement. Cette carapace est la **cuticule**, formée de couches de **chitine**. Sa segmentation recouvre la segmentation interne. Le développement des euarthropodes passe souvent par une **succession de stades larvaires** dont la morphologie est très différente de celle de l'adulte. Contrairement à beaucoup de métazoaires, les euarthropodes ne se déplacent pas par déformation du corps, mais par des **mouvements coordonnés des appendices locomoteurs**. La diversité des euarthropodes est considérable. Ils mesurent de 0,1 mm à plus de 1 m.

(Arthropodes : du grec « arthron » = articulation et « pous, podos » = pied)

Les euarthropodes colonisent tous les milieux terrestres, aquatiques, sous tous les climats, toutes les latitudes, sauf les déserts glacés des pôles. Ils sont nombreux à vivre proche de l'homme (acariens, blattes, puces, mouches...). Les euarthropodes occupent une place de première importance dans les écosystèmes aquatiques et terrestres. La biomasse qu'ils représentent est considérable. Ils sont souvent au premier niveau des consommateurs de plantes et constituent une source alimentaire importante pour une multitude de métazoaires. Par exemple, les crustacés représentent à l'état larvaire une part importante du zooplancton. De nombreuses plantes à fleurs ont une reproduction sexuée qui dépend des insectes volants. Ils sont également des parasites : les tiques, par exemple, sont des ectoparasites des vertébrés dont ils sucent le sang.

Les euarthropodes sont d'une importance économique considérable. Ils sont source de nourriture (crustacés), mais surtout ravageurs de cultures et vecteurs de parasites pathogènes des plantes (eubactéries et champignons). Ils sont aussi vecteurs d'agents pathogènes d'importance médicale ou vétérinaire ; l'impact de certaines maladies sur les populations humaines tropicales est considérable. Enfin, de nombreux euarthropodes sont commensaux de l'homme. Des acariens microscopiques, responsables de nombreuses allergies, vivent par centaines de milliers dans nos poussières, nos lits et se nourrissent de nos cellules mortes ; les blattes, des mouches, des fourmis se nourrissent de nos déchets ou de nos réserves.

L'embranchement des euarthropodes comprend entre autres les **Arachnides** (araignées, acariens, scorpions...), les **Myriapodes** (mille-pattes, iules...), les **Malacostracés** (crabes, crevettes, cloportes...), et les **Hexapodes**.

Cf. Fig. 2 : Cladogramme phylogénétique des euarthropodes

### **3. LES HEXAPODES (INSECTES)**

#### **3.1. GÉNÉRALITÉS**

L'**entomologie** est la science de l'étude des insectes (gr. *entomos* = insecte, *logos* = science).

Les hexapodes sont, pour la majorité d'entre eux, les insectes ; néanmoins il ne faut pas oublier les protozoaires et les collembolés. C'est le phylum qui rassemble le plus grand nombre d'organismes, sans doute plusieurs millions. Les hexapodes ont été, pendant longtemps, rassemblés avec les myriapodes dans le taxon des uniramés, mais les phylogénies fondées sur le gène de l'ARNr 18s ne soutiennent pas cette proposition. Les caractères considérés auparavant comme des synapomorphies deviennent alors des convergences. Remarquons qu'elles correspondent à des adaptations au milieu terrestre (tubes de Malpighi, système trachéen...). Certains indices, comme par exemple le double chiasma du système visuel, laissent penser que malacostracés et hexapodes pourraient former un groupe monophylétique.

##### **• Caractères généraux des insectes**

*Quelques caractères dérivés propres* : labium ou lèvre inférieure, formé par la fusion de la deuxième paire de mâchoires ; deuxième paire d'antennes perdue ; thorax bien distinct, formé de trois segments, suivi d'un abdomen ; présence de 3 paires de pattes, d'où le nom d'hexapodes ; nombre maximum de 11 segments abdominaux ; perte des appendices abdominaux (sauf styles (diptères), furcas (collembolés) et génitalia) ; respiration trachéenne ; excrétion par les tubes de Malpighi ; voies visuelles présentant un double chiasma.

Les insectes sont caractérisés par un **corps divisé en 3 régions** (tête, thorax et abdomen). La tête présente 1 paire d'antennes. Le thorax porte généralement **3 paires de pattes** (d'où le nom d'hexapodes) **et des ailes**. Tous les arthropodes ailés sont des insectes, ce qui ne signifie pas pour autant que tous ces derniers possèdent des ailes.

Si ces caractères permettent de déterminer si un individu adulte est un insecte, il n'en est pas de même pour les stades juvéniles.

Beaucoup d'insectes immatures ne se distinguent de leurs parents que par la taille et l'absence d'ailes, ce qui est par exemple le cas des sauterelles ou des blattes, mais il en existe beaucoup d'autres chez lesquels les jeunes individus sont totalement différents des adultes. Pour ne citer que deux exemples, il y a très peu de ressemblance entre une chenille et un papillon adulte, entre un asticot et une mouche bleue, et pourtant l'un se développe pour prendre la forme de l'autre.

Par conséquent, la définition des insectes reste générale, et, lorsqu'on a affaire à un euarthropode, il faut si possible, observer tous les stades de développement de l'animal à identifier.

##### **• Diversité des insectes**

A ce jour, environ 1 million d'espèces d'insectes ont été décrites, et qui représente **80% de la faune**. Il faudrait multiplier ce chiffre, peut-être par 4 ou 5, pour obtenir le nombre d'espèces vivant sur terre. Environ 6000 espèces nouvelles sont décrites tous les ans.

Ces espèces sont en général très prolifiques, et leur nombre d'individus est impressionnant : pensez au nombre de fourmis que vous pouvez voir lorsque vous dérangez un nid de fourmis. Un chercheur américain (E.B. Ford) a évalué le nombre des insectes vivant dans le sol à 250 millions pour une couche superficielle de 25 cm d'une prairie de 40 ares.

Les insectes ont su s'adapter à pratiquement tous les milieux terrestres : des glaciers aux sables brûlants du désert, dans les profondeurs des cavernes, dans les farines déshydratées ou dans l'eau douce, etc.

Dans la nature, les insectes remplissent divers rôles en tant que prédateurs, parasites, fousseurs, décomposeurs, ou simplement proies pour de plus grands animaux.

**Les activités humaines elle-même subissent parfois l'influence des insectes** : le creusement du canal de Panama a été interrompu pendant plusieurs années, lorsque 1600 ouvriers ont été atteints par la fièvre jaune transmise par un moustique. Par ailleurs, on estime à 10 à 15% de la production alimentaire mondiale est détruite par les insectes.

Il convient ici de préciser la signification de quelques termes relatifs à certains **comportements dommageables des insectes** : Fig. 7

Prélèvement de tissus	. . . . . sur une plante	Ravageurs
	. . . . . sur un animal	Prédateurs
Induction de galles végétales		
Prélèvement de sève		Parasites
Développement larvaire dans le corps d'un animal Ou dans le nid d'une autre espèce		
Prélèvement de sang (nourriture ou reproduction)		Hématophages
Transmission de parasites ou de maladies		Vecteurs

Mais il n'y a qu'un petit nombre d'insectes qui soit réellement nuisible aux Hommes ou aux activités humaines.

Beaucoup d'insectes assurent la pollinisation des plantes à fleur et donc la production de fruits et de graines. C'est le cas de 2 petits diptères de la familles des *Ceratopogonidae* (*Dasyhelea cacaoi* et *Forcipomia theobroma*), qui pollinisent les fleurs de cacao. Leurs larves se développent dans de petites accumulations d'eau de pluie au sein du feuillage de plantes vivant au pied des cacaoyers. Malheureusement, ces mêmes eaux accueillent des larves d'Anophèles vecteurs du paludisme. Un traitement anti-moustique non réfléchi entraînerait donc une chute de production de cacao...

D'autres insectes font l'objet d'élevages parce qu'ils détruisent des ravageurs (coccinelles, trichogrammes,...).

#### ● **Abondance des insectes**

La réussite exceptionnelle de ce groupe zoologique (du point de vue du nombre), est due à de nombreux facteurs.

**Les 5 causes les plus déterminantes de leur supériorité numérique** sont :

- **Le squelette rigide**, qui protège et surtout empêche la déshydratation, et a permis aux insectes de quitter le milieu humide.
- **La taille** : les insectes sont de petits organismes. Leur longueur varie de 1/4 de mm à 30 cm environ, et leur envergure de 1/2 mm à 30 cm environ. Le plus grand insecte fossile connu est une libellule du Carbonifère mesurant 70 cm d'envergure. Mais malgré ces tailles, le corps des insectes dépasse rarement 1 cm de diamètre, et ceci en raison de la structure du système respiratoire.

Les vertébrés, de même que la plupart des groupes d'invertébrés, sont dotés d'organes respiratoires particuliers, soit de poumons, soit des branchies, ainsi que d'un système circulatoire grâce auquel le sang transporte l'oxygène des organes respiratoires vers toutes les parties du corps.

Chez les insectes, les choses se passent différemment. Un réseau de fins canaux, appelés trachées, se ramifie dans toutes les parties du corps ; ces trachées s'ouvrent à

l'extérieur par des stigmates. L'air pénètre par les stigmates et les tissus en absorbent l'oxygène au niveau des trachéoles.

L'approvisionnement en oxygène frais s'effectue donc par la diffusion sur tout le trajet des trachées et trachéoles qui arrivent jusqu'aux cellules musculaires. L'échange gazeux serait très efficace s'il n'y avait pas un problème de condensation dans les trachéoles, au repos. Le système de respiration trachéen interdit la formation d'organismes de grande taille.

Par contre cette petite taille favorise la dispersion des insectes parce qu'elle leur permet de vivre dans une aire extrêmement limitée, et d'occuper des niches écologiques qui ne conviendraient pas à des animaux plus grands. Chaque individu n'exige qu'une faible quantité de nourriture et, par conséquent, un grand nombre d'entre eux peuvent coexister dans un espace restreint. Ainsi, une simple feuille de chêne peut supporter 300 minuscules insectes dans des galles.

- **La faculté d'adaptation** semble quasi illimitée. Rares sont les endroits sur terre où ils ne puissent vivre : les sommets des montagnes, les déserts brûlants, les lacs et les rivières et même les sources chaudes ont leurs occupants. Seule la mer n'a pas été colonisée, bien qu'il y ait des espèces halophiles qui fréquentent les eaux saumâtres littorales, les lasses ou les amas d'algues flottants.

Les insectes se sont adaptés à différents modes de vie et c'est sur le plan des mœurs alimentaires que se sont produites quelques-unes des adaptations les plus importantes. Ainsi, les mandibules se sont adaptées à une variété d'aliments, solides ou liquides. Même les plantes vénéneuses (pour l'homme) telle que l'Amanite phalloïde peuvent être la proie de certains d'entre eux. Anthrène des tapis, Dermeste des peaux, Lasioderme du tabac sont des noms évocateurs à ce sujet.

- **Le vol** : les insectes sont seuls parmi les invertébrés à pouvoir réellement voler. Les araignées, ainsi que de nombreux autres petits organismes, peuvent se laisser emporter par le vent, mais ils n'ont pas d'ailes et ne peuvent diriger leurs mouvements. La possibilité de voler a été un facteur extrêmement important de la dispersion des insectes. Elle leur permet d'échapper plus efficacement à leurs ennemis, de s'accoupler plus facilement, d'atteindre de nouveaux biotopes et des nouvelles réserves alimentaires où ils pourront abandonner leur progéniture.
- **La métamorphose** au cours de la vie : bien que moins frappante que les caractéristiques précédentes, la métamorphose que subissent de nombreux insectes est en grande partie à l'origine de leur multiplicité. En effet, lorsqu'une espèce se nourrit différemment aux deux stades de son développement, par exemple la chenille qui mange des feuilles alors que le papillon aspire le nectar, un espace donné peut facilement accueillir davantage d'insectes qu'il ne le ferait si ceux-ci se nourrissaient de la même façon tout au long de leur vie.

Ajoutons à ces cinq facteurs principaux la **reproduction rapide et prolifique** de bon nombre d'entre eux, et nous aurons tous les éléments pour comprendre leur réussite.

#### • **La classification des insectes**

Cf. Fig 6 : Cladogramme phylogénétique des hexapodes

### 3.2. LE DEVELOPPEMENT DES INSECTES

La majorité de insectes se reproduit en déposant des œufs : ce sont des **ovipares**. Les œufs sont en général fécondés avant d'être déposés, mais certaines espèces (parmi les Pucerons et les Phasmidés) déposent des œufs non fécondés : c'est la reproduction par **parthénogenèse**. D'autres insectes (Pucerons, Taons) sont **vivipares** : les femelles donnent naissance à une progéniture vivante (nymphe ou larve). Enfin les femelles **ovovivipares** pondent des œufs d'où sortiront très vite des larves, l'incubation ayant lieu dans le corps de la femelle.

Le développement embryonnaire va de la fécondation de l'œuf à l'éclosion des premières larves. Cette étape est suivie d'un développement complexe au cours duquel chaque individu subit des changements morphologiques profonds, appelés métamorphoses, non identiques pour tous les

insectes, et se déroulant selon deux types fondamentaux : le premier est à **métamorphose incomplète** (demi métamorphose), les insectes qui en sont sujets s'appellent les **Hémimétaboles** ; le second est à **métamorphose complète**, pour les **Holométaboles**. Les insectes qui ne présentent pas de métamorphose sont des **Amétaboles**.

Fig. 8 : Le développement des insectes. a – Hémimétaboles ; b,c - Holométaboles

La durée totale de l'évolution dépend, avant tout, de la température. A une température plus élevée correspond un développement plus rapide. Certaines espèces produisent plusieurs générations dans l'année en région chaude, une seule en région plus froide.

Les métamorphoses incomplètes consistent en une succession de trois stades : œufs, larve, adulte (imago). Les stades larvaires varient en nombre, mais sont semblables. A chaque stade larvaire successif correspond une phase croissante du développement des fourreaux alaires jusqu'à la larve d'où sort l'adulte. L'insecte adulte diffère de la larve par sa taille, ses ailes complètement développées et la présence d'organes copulateurs et de glandes sexuelles. Lors des métamorphoses incomplètes, le développement se poursuit sans interruption, et il n'y a pas de période de repos.

Ex. : Libellules, Ephémères, Criquets, Sauterelles, Punaises, Termites, Poux, etc.

Les métamorphoses complètes diffèrent du type précédent par la présence d'un stade nymphal, d'où quatre types principaux : œufs, larve, nymphe, adulte. Si la nymphe ressemble à la version réduite et dépourvue d'ailes de l'adulte, la larve ne ressemble en aucune façon à l'adulte, même au cours de sa croissance. La différence entre larve et nymphe est aussi évidente qu'entre nymphe et imago. Lorsqu'elle atteint sa taille véritable, la larve se transforme en nymphe ou en puppe, le corps est alors totalement retransformé pour constituer l'insecte adulte.

Ex. : Coléoptères, Lépidoptères, Hyménoptères, Diptères, Puces, Phryganes, etc.

Pour les deux types de métamorphoses, des différences se produisent et dans certains cas un autre stade apparaît même, et le développement est encore plus complexe (métamorphoses complexes).

Ex. : Méloïdés (coléoptères), Thrips.

Les Thysanoures, Collemboles et Protoures se développent sans aucune métamorphose. Le jeune insecte est pratiquement le même que l'adulte, mais plus petit, souvent composé de moins de segments en nombre et incapable de se reproduire. En outre, il subit un grand nombre de mues (jusqu'à 30). Dans ces taxons, les adultes muent également.

### • Les stades de développement

#### ➤ L'ŒUF

Les œufs des insectes sont très petits, souvent même microscopiques.

La taille des œufs dépend de leur nombre, de la taille de l'adulte et du mode de vie de la future larve. Certaines espèces parasites (Pucerons, Cochenilles...) pondent un grand nombre d'œufs, souvent plusieurs milliers, pour palier à la prédation, entre autres. Ce nombre se limite à une dizaine pour les larves des nécrophores, nourries sous terre par les femelles, du Bousier qui constitue une importante réserve de nourriture, des Scolytes protégés par l'écorce des arbres.

La couleur (blancs, jaunes, verts...), la forme (sphérique, ovale...) et la structure externe (lisse, sculptée...) sont variables.

Ils peuvent présenter des flotteurs, des systèmes de fixation et de protection divers, ou être inclus dans une oothèque.

Les femelles les déposent généralement dans des lieux où les larves trouveront leur nourriture particulière (bois, cadavre, plante hôte...).

La durée de l'incubation varie de quelques jours à plusieurs semaines ou mois. Les œufs déposés en automne hibernent en général, traversant une période de léthargie (diapause), et les larves éclosent l'année suivante.

## ➤ LA LARVE

Après un laps de temps variable, les jeunes insectes sortent des œufs : l'insecte est au stade larvaire et commence à se nourrir. En général, il grandit rapidement et son enveloppe devient bientôt trop petite ; elle est alors rejetée au cours d'un processus appelé mue ou ecdysis. La vieille enveloppe (exuvie) se déchire et la nouvelle larve s'en extrait elle-même par l'ouverture. Lorsque la nouvelle larve ou nymphe se nourrit et grandit, le processus se répète. La majorité des insectes muent 4 à 5 fois, beaucoup muent même plus souvent.

La jeune larve est généralement très active et sans cesse à la recherche de sa nourriture. Ses conditions de vie et sa nourriture déterminent pour une large part la taille du futur imago, car l'adulte ne grandit plus. Une larve chichement nourrie donnera un insecte plus petit que la moyenne des adultes.

La **durée du stade larvaire** varie considérablement. Chez les nécrophores où elle est conditionnée par le temps de conservation de la nourriture, les mues se succèdent rapidement et la vie larvaire est plutôt brève. Pour d'autres espèces, les périodes comprises entre chaque mue peuvent durer plusieurs jours ou semaines, plusieurs mois chez certains Lépidoptères ou Coléoptères qui hivernent en tant que larves. Le stade larvaire d'une cigale d'Amérique dure 17 ans.

Selon leur morphologie, on peut regrouper les larves en quatre types :

- **larves protopodes** : abdomen non segmenté ou comprenant un petit nombre de segments (parasites vivant à l'intérieur des corps d'autres insectes, rares) ;
- **larves oligopodes** : trois paires de pattes thoraciques uniquement (très communs), de deux types :
  - o larves **campodéiformes** à longues pattes, tête prognathe et parfois des cerques caudaux à l'extrémité de l'abdomen (Coléoptères aquatiques, Perlides...),
  - o larves **scarabéiformes** ou mélonthoïdes, en forme de C, (Scarabées et proches) ;
- **larve polypode ou éruciforme** : trois paires de pattes thoraciques et un nombre variable de fausses-pattes abdominales (Papillons...) ;
- **larve apode** : sans pattes (Mouches, Charançons, Scolytes, Abeilles, Fourmis...).

Fig. 9 : Types fondamentaux de larves d'insectes

La transformation, lors de la dernière mue, peut se faire de la larve en adulte ou de la larve en nymphe. Dans ce cas, la larve peut, au stade final, construire un réceptacle qui contiendra la nymphe (fibre de soie -chrysalides-, terre, sable, pierres cimentées par des sécrétions glandulaires).

## ➤ LA NYMPHE

La nymphe est en état de repos, ne se nourrit pas et, à quelques exceptions près, les organes de locomotion ne fonctionnent pas.

A ce stade, l'animal est sans grande défense contre les prédateurs, mais il est parfois pourvu d'une enveloppe protectrice : le cocon ou puparium.

Mais la nymphe est loin de la passivité au sein de son enveloppe, car elle y subit une transformation très complexe. En général, il se produit un processus appelé histolyse au cours duquel survient une totale dissolution des tissus. La jeune nymphe est alors emplie d'un liquide fluide. A cette période succède la croissance des tissus et la formation des organes internes du futur insecte adulte.

Les deux types les plus généraux sont :

- *Pupa obtecta*, nymphe obtectée ou coarctée ou chrysalide, aux pattes et ailes dissimulées dans une enveloppe semblable à une momie bien que les lignes extérieures soient d'ordinaire visibles (Papillons...),
- *Pupa libera*, nymphe libre dont les futures pattes, antennes et ailes sont libres, mais comme paralysées et bien visibles (Coléoptères, Hyménoptères...).

La durée du stade nymphal est variable. Pour des espèces où la nymphe est dépendante de conditions spécifiques ou sans enveloppe protectrice, attachée aux plantes de manière lâche (Coccinelles), ce stade est très bref. Dans de nombreux cas cependant, cet état de repos dure

plusieurs semaines et même des mois. C'est le stade où l'insecte peut hiverner et certains Lépidoptères y passent même deux hivers.

Fig. 10 : Les deux principaux genres de pupes. a – obtectée (tous les appendices sont fixés au corps) ; b – libre (au moins quelques appendices ne sont pas fixés au corps).

### ➤ L'IMAGO

L'adulte ou imago est généralement mou, humide et d'une couleur lumineuse ou blanche à sa sortie de l'exuvie. Puis les ailes se déplient, la cuticule durcit et acquiert sa coloration définitive.

De nombreux Coléoptères et quelques autres insectes sortent de la chrysalide en automne, mais restent dans leur enveloppe souterraine jusqu'au printemps suivant.

La durée de vie des insectes adultes varie d'une espèce à l'autre, de quelques heures (Ephémères...) à plusieurs années (2 ans pour le Doryphore, 2 à 3 ans pour les grands Carabes et les insectes primitifs aptères comme le Poisson d'argent)

Les reines de insectes sociaux vivent plus longtemps : jusqu'à 15 ans pour les Fourmis, plus de 50 pour les Termites.

Chez beaucoup d'insectes, la vie du stade adulte est très courte, mais leur développement global peut durer plusieurs années. Le Hanneton adulte, par exemple, ne vit que 4 semaines, mais son développement pré imaginal peut durer 3 à 4 ans.

## 3.3. LA REPARTITION DES INSECTES

### ● *Notions de biogéographie.*

L'étude comparative des êtres vivants des différentes parties du monde a conduit les biologistes à distinguer des ensembles géographiques caractérisés par une certaine homogénéité de leur faune ou de leur flore. Les frontières qui les séparent sont surtout formées par des massifs montagneux, des déserts ou des océans, qui constituent des barrières écologiques s'opposant à la dissémination des êtres vivants. En ce qui concerne la faune, se trouvent ainsi définies 6 régions biogéographiques :

- la **région paléarctique** : partie de l'Ancien Monde située au nord d'une ligne traversant le Sahara, le Moyen-Orient et longeant l'Himalaya, puis la vallée du Yang-Tseu-Kiang.
- la **région afrotropicale** (anciennement dénommée éthiopienne) : parties de l'Afrique et de la Péninsule arabique situées au sud de la ligne précédente ; Madagascar et îles voisines.
- la **région orientale** : Asie tropicale, au sud de l'Himalaya, limitée au sud-est par la ligne de Wallace qui la sépare de la région suivante.
- la **région australienne** : îles situées à l'est de la ligne de Wallace, notamment Australie, Nouvelle-Guinée, Nouvelle-Zélande, îles de l'Océanie.
- la **région néarctique** : Amérique du Nord séparée de la région suivante par une ligne sinueuse limitant au sud le plateau mexicain.
- la **région néotropicale** : Amérique Centrale (Antilles comprises) et du Sud.

La **région holarctique** représente l'ensemble paléarctique + néarctique.

Fig. 11 : Carte des régions biogéographiques (projection Peters)

Chacune de ces régions est, à son tour, subdivisée en "sous régions".



### 3.4. LA MORPHOLOGIE DES INSECTES

Fig. 12 : Morphologie générale

#### ➤ LA TÊTE

La tête porte les antennes, les yeux et les pièces buccales.

Les **antennes** sont des organes de l'odorat et du toucher. Leur forme varie considérablement selon l'espèce. En général, les antennes des femelles sont moins développées que celles des mâles qui recherchent les précédentes pour l'accouplement.

Fig. 13 : Quelques types d'antennes

Les **yeux** à facettes sont composés d'un grand nombre de cellules dont chacune constitue un œil simple et immobile. Le grand champ visuel que possède l'insecte résulte de la disposition hémisphérique de ses multiples yeux simples qui recouvrent parfois la plus grande partie de la tête (ex. : Taons et Libellules).

Certains insectes disposent en outre d'ocelles (3) généralement situés sur le front. Ces yeux simples seraient sensibles aux variations de l'intensité lumineuse.

Le pouvoir visuel de l'insecte diffère de celui de l'homme et varie d'une espèce à l'autre. Ainsi la mouche perçoit rapidement le mouvement de la main qui veut l'attraper sans en reconnaître la forme exacte ; l'abeille s'oriente selon un nombre limité de couleurs (jaune, bleu-vert, bleu, ultraviolet) et perçoit sans les distinguer d'autres tonalités ; le hanneton se dirige vers la silhouette d'une forêt située dans un rayon de 3 Km et dont la masse sombre contraste avec le ciel clair.

Fig. 14 : L'œil des insectes

Les **pièces buccales** sont organisées selon 4 types différents :

- Le **type broyeur** ou type fondamental, reconnaissable aux paires de mandibules et de maxilles fortement développées et plus ou moins dentées. S'y adjoignent une lèvre supérieure (labre) et une lèvre inférieure (labium). Les palpes des maxilles sont pourvus de nombreux organes sensoriels et servent, tout comme le labium, à chercher la nourriture ainsi qu'à la sélectionner (Blattes, Fourmis...).
- Le **type piqueur**, où les pièces du type fondamental sont modifiées pour former un rostre à l'aide duquel l'insecte perce les tissus et prélève une nourriture liquide (Pucerons, Moustiques...).
- Le **type lécheur**, où la lèvre inférieure est transformée en une sorte de langue permettant d'éponger des liquides par capillarité (Abeilles, Mouches...).
- Le **type suceur**, où les mâchoires sont modifiées en deux longues demi gouttières qui, accolées, forment une trompe souple et creuse. L'extrémité de cette dernière présente de nombreux pores permettant l'absorption des liquides (Papillons...).

Chez quelques espèces de Papillons, l'appareil buccal est atrophié et les insectes sont incapables de se nourrir.

Fig. 15 : Trois modifications entièrement différentes des pièces buccales adaptées à une alimentation liquide.

#### ➤ LE THORAX

Le thorax est souvent volumineux car il renferme les muscles qui animent les appendices locomoteurs.

Il est formé par la réunion de 3 segments : le Prothorax (antérieur), le Mésothorax (médian) et le Métathorax (postérieur).

Des orifices respiratoires (**stigmates**) peuvent être visibles (une paire par segment).

- Chaque segment thoracique porte une paire de **pattes**. Ces dernières s'organisent comme suit :
  - la hanche ou coxa relie la patte au thorax,
  - le fémur est généralement l'article le plus développé, relié à la hanche par le trochanter,
  - le tibia s'articule sur le fémur et se prolonge par le tarse, ce dernier présentant 3 à 5 petits segments, dont le dernier porte fréquemment deux griffes.

Les pattes peuvent présenter des modifications morphologiques adaptées à des fonctions particulières :

- les pattes ravisseuses (Mantes, Nèpes...)
- les pattes sauteuses (Sauterelles, Puces...)
- les pattes fouisseuses (Courtilières, Bousiers...)
- les pattes nageuses (Dytiques...)
- les pattes butineuses (Abeilles...)

Elles peuvent aussi présenter des dispositifs de toilette ou des pelotes adhésives. Elles peuvent en outre émettre des signaux sonores ou porter des dispositifs tympaniques.

Fig. 16 : Patte type d'insecte (Coléoptère marcheur) et quelques adaptations à des fonctions particulières

- L'insecte ptérygote adulte présente **deux paires d'ailes** insérées respectivement sur le mésothorax et le métathorax.

Chez les diptères, la deuxième paire est transformée en balanciers. Les ailes peuvent être vestigiales (Punaises de lits), voire absentes (Poux, Puces...).

Les ailes peuvent être membraneuses (Abeilles, Pucerons, Mouches...), chitineuses (élytres du Hanneton, semi élytres des Punaises...), écailleuses (Papillons...), pennées (Thrips...),...

La nervation alaire joue un rôle primordial dans la détermination des familles et des genres.

Leur rôle est bien sûr d'assurer le vol (déplacement lointain et rapide). Les élytres protègent les ailes membraneuses, les balanciers assurent l'équilibre.

Fig. 17 : Ailes de Zygoptère et de Chalcidide, montrant la grande variabilité de la nervation

Fig. 18 : Nervation schématique d'un insecte primitif

### ➤ L'ABDOMEN

L'abdomen est normalement formé de 10 ou 11 segments, dont les plus apicaux sont souvent soudés et indistincts.

Chaque **segment** est formé de deux demi cylindres chitineux, le **tergite** (dorsal) et le **sternite** (ventral). Contrairement aux segments thoraciques, ceux de l'abdomen sont imbriqués et reliés par une membrane souple, ce qui permet une variation de volume.

Chez certains groupes, on note la présence d'appendices particuliers tels que des cerques, un organe de ponte (tarière), un aiguillon ou encore un dispositif stridulant.

Les segments 9 et 10 présentent des appendices copulateurs, qui, avec l'appareil reproducteur, forment le **génitalia**. Le génitalia mâle est appelé **hypopygium**.

### 3.5. ORGANISATION INTERNE DES INSECTES

Le squelette externe délimite une cavité générale s'étendant de la tête à l'extrémité de l'abdomen, et dans laquelle sont disposés la musculature et les organes internes.

- Les **muscles** (striés) sont présents en nombre très élevé (jusqu'à 4000, soit 10 fois plus que chez l'Homme).
- Le **tube digestif** comprend l'intestin antérieur qui reçoit la nourriture, l'intestin moyen qui la digère, et l'intestin postérieur qui rejette les déchets de la digestion.
- Le sang ou **hémolymphe** des insectes est incolore (dépourvu d'hémoglobine). Il n'intervient pas dans la respiration, mais véhicule les éléments nutritifs et les déchets du métabolisme. Ces derniers sont absorbés par les tubes de Malpighi, qui les déversent dans l'intestin postérieur.
- La circulation du sang a lieu plus ou moins librement dans la cavité générale. Elle est activée par un tube dorsal qui pompe le sang dans l'abdomen et le refoule vers la tête.
- **L'appareil respiratoire** est de type **trachéen**. L'air pénètre dans chaque segment de l'insecte par les stigmates et irrigue les organes internes et la musculature par l'intermédiaire d'un réseau de trachées de plus en plus ramifiées. Ce système trachéen assure également l'évacuation de l'air vicié.
- Le **système nerveux** est constitué d'un groupe de ganglions centralisateurs localisés dans la tête et reliés par la chaîne nerveuse ventrale aux paires de ganglions des segments thoraciques et abdominaux. Ces paires de ganglions constituent des centres nerveux localisés, d'où partent de nombreuses fibres nerveuses vers les muscles et les organes.
- Les **organes de la reproduction** sont disposés dans l'abdomen. Ils comprennent chez la femelle les ovaires, l'oviducte et le vagin, et chez le mâle les testicules et l'appareil copulateur.
- Un **système endocrinien** composé de diverses glandes est également présent.