



# LES ARTHROPODES

Par J. Nowak

Les Arthropodes sont les premiers animaux à avoir colonisé la terre ferme. Même si les premiers pas furent assez laborieux et que les essais évolutifs furent nombreux, aujourd'hui, les Arthropodes forment un groupe cosmopolite, on les trouve dans des environnements naturels (déserts, forêts, abysses, montagnes...) ou d'origine anthropique (habitations, puits de pétroles, ...). De plus il s'agit d'un groupe d'une étonnante diversité, environ 1 millions d'espèces ont été découvertes et d'autres restent encore à découvrir.

Ils participent activement à la stabilité de l'écosystème en pollinisant les plantes, en décomposant la matière morte et en servant de base au réseau trophique

Quels sont leurs particularités ? Comment ont-ils réussi à s'adapter à tous les milieux ?

Cliché : © J. Nowak

*Tettigonia viridissima*, Linnaeus, 1758, la grande sauterelle verte. Juvénile



Figure 1: Latreille .....	6
Figure 2: Groupement de Limules.....	7
Figure 3: <i>Nymphom grossipes</i> © Clione.....	7
Figure 4 : Une scolopendre mangeant un Lycodon laoensis .....	8
Figure 5 : Caprella septentrionalis © Clione .....	8
Figure 6 : Systématique des Euarthropodes .....	9
Figure 7 : Formation du zygote .....	9
Figure 8 : Formation de la blastula .....	10
Figure 9 : La gastrulation.....	10
Figure 10 : Formation du coelome.....	10
Figure 11 : Formation de l'hémocoèle .....	11
Figure 12 : Un métamère d' <i>Arthropode</i> .....	11
Figure 13 : Coupe longitudinale d'un Arthropode .....	12
Figure 14 : Tagmatisation d'une araignée (d'après Barnes, Calow et Olive modifié) .....	13
Figure 15 : Tagmatisation d'un scorpion (d'après Calow et Olive modifié) .....	13
Figure 16 : Tagmatisation d'un <i>Myriapode</i> (d'après Beaumont et Cassier modifié).....	14
Figure 17 : Tagmatisation d'un Crustacé Décapode (d'après Arrignon modifié) .....	14
Figure 18 : Tagmatisation d'un <i>Insecte</i> (lemondedesphasmes.free.fr).....	15
Figure 19 : Dessin d'observation d'une cellule épithéliale (d'après Beaumont André et Cassier Pierre modifié) .....	17
Figure 20: Dessin d'une cellule glandulaire épidermique .....	18
Figure 21 : Dessin d'observation des cellules associées à l'épiderme des arthropodes .....	18
Figure 22 : <i>Drosophila melanogaster</i> .....	18
Figure 23 : Structure de la cuticule .....	19
Figure 24 : Structure de la chitine.....	21
Figure 25 : Articulation des pattes © Antoine Morin et Jon Houseman .....	22
Figure 26 : Etape 1 de la mue .....	23
Figure 27 : Etape 2 de la mue .....	23
Figure 28 : Etape 3 de la mue .....	23
Figure 29 : Etape 4 de la mue .....	23
Figure 31: Schéma d'une soie pleine .....	24

Figure 30: Dernière étape de la mue .....	24
Figure 32 : Schéma d'une soie sensorielle (sensile) .....	25
Figure 33 : Schéma d'un appendice biramé .....	26
Figure 34 : Morphologie de diverses chélicères .....	27
Figure 35 : Pièces buccales d'un crustacé .....	27
Figure 36 : Pièces buccales et maxillipède des myriapodes.....	28
Figure 37 : Tube digestif d'un <i>Insecte</i> .....	29
Figure 38 : Mise en évidence des branchies .....	30
Figure 39 : Structure des branchies .....	30
Figure 40 : Poumons des arachnides .....	31
Figure 41 : Les trachées des <i>Insectes</i> .....	32
Figure 42 : trachéobranche des larves d'éphémère .....	33
Figure 43 : Corbeille branchiale de larve D'Aeschne.....	34
Figure 44 : Schéma montrant comment la larve et la puppe de <i>Culex</i> respirent .....	35
Figure 45 : Système circulatoire d'un <i>Insecte</i> © Larousse .....	35
Figure 46 : Glande verte de l'écrevisse dépliée .....	36



Table des illustrations .....	2
I. Généralités .....	6
II. Caractères généraux, Métamérie et coelome .....	9
A. Notions d'embryologie : réalisation de la métamérie .....	9
B. Les métamères .....	11
C. Les altérations de la métamérie. La tagmatisation .....	12
1. Chez les Arachnides .....	12
2. Chez les Myriapodes .....	14
3. Chez les Crustacés .....	14
4. Chez les Insectes .....	15
D. La céphalisation .....	15
III. Originalité des arthropodes .....	16
A. La Paroi du corps .....	16
1. L'épithélium .....	16
2. La cuticule .....	19
3. Composition chimique .....	21
4. Conséquence de la présence de la cuticule .....	22
5. Mue et déroulement de la mue .....	23
6. Les membranes articulaires .....	24
7. Les soies .....	24
B. Les appendices articulés .....	25
IV. Organisation et anatomie .....	26
A. Le tube digestif .....	26
1. La bouche entourée de pièces buccales .....	26
2. Le tube digestif .....	28
B. L'appareil respiratoire .....	29
1. La respiration branchiale .....	29
2. La respiration tégumentaire .....	30
3. La respiration aérienne .....	30
C. L'appareil circulatoire .....	35
D. L'appareil excréteur .....	36
1. Les glandes coxales .....	36
2. Les tubes de Malpighi .....	37
3. Les néphrocytes .....	37
4. Les reins d'accumulation .....	37

E.	L'appareil genital.....	37
1.	Chez les Crustacés.....	37
2.	Chez les insectes .....	38
3.	Chez les arachnides.....	39
4.	Chez les mérostomes.....	39
5.	Chez les Pycnogonides.....	39
F.	Le développement post embryonnaire .....	39
1.	Chez les Crustacés.....	39
2.	Chez les insectes .....	40
3.	Chez les arachnides.....	41
G.	Système nerveux et organes des sens .....	42
1.	Le cerveau .....	42
2.	La chaine nerveuse.....	42
3.	Les organes des sens.....	43
	Bibliographie .....	44
	Crédits photos et illustrations.....	45
	Illustrations et photos.....	45
	Illustrations utilisées pour la confection des schémas .....	45



Les *Arthropodes* représentent le plus grand embranchement animal de la planète, ils regroupent 1,5 millions d'espèces. De plus beaucoup d'espèces restent encore à découvrir.

Etymologiquement le terme « *Arthropode* » vient d'*arthron* signifiant articulation et *podos* qui signifie *pied*, « *Arthropode* » veut dire « qui a des pieds articulés », ce groupe a été créé en 1845 par Siebold et Stannius. Sous ce nom sont groupés « *les animaux de forme parfaitement symétrique, pourvus d'organes locomoteurs articulés et dont les masses centrales du système nerveux constituent un anneau ganglionnaire entourant l'œsophage et une chaîne ganglionnaire ventrale partant de cet anneau* ».

Phylogénétiquement, les *Arthropodes* sont des :

- **Métazoaires** : Animaux pluricellulaires
- **Eumétazoaires** : *Métazoaires* possédant de vrais tissus
- **Bilatériens** : animaux possédant un axe de symétrie droite/gauche
- **Protostomiens** : pendant la vie embryonnaire, la bouche s'ouvre en premier
- **Cuticulates** : Animaux qui ont une cuticule à deux couches
- **Ecdysozoaires** : Animaux qui se développent par des mues successives

Cette classification n'a pas toujours été ainsi, en effet ce fut Latreille qui jugea bon de classer tous ces organismes ensemble, à partir de 1825, on classa tous les animaux instinctifs en un seul et même groupe, les *Céphalidiens*. Au sein de ce groupe il classa les *Crustacés*, les *Arachnides* et les *Insectes* en une race nommée les *Condylopes*, animaux articulés pourvus de pièces articulées. Ce terme correspond exactement à celui d'*Arthropode* créé vingt ans plus tard, mais il n'a pas eu la chance d'être retenu et de survivre.

Les *Arthropodes* sont à l'instar des *Annélides*, métamérisés, la présence de la cuticule va par ailleurs entraîner une croissance discontinue qui va contraindre l'animal à grandir via une suite de mue, les *Arthropodes* sont remarquables par 4 types de caractère :

- La présence d'une cuticule, aussi appelé exosquelette.
- La tagmatisation
- Les appendices articulés
- L'adaptation à la vie terrestre

Du fait de l'originalité de ces caractères, l'origine des *Arthropodes* reste encore inconnue. Cependant leur ressemblance avec les *Annélides* est tout de même troublante, d'ailleurs le schéma d'un *Annélide* donne une idée de ce que peut être embryologiquement et approximativement un *Arthropode*. Ceci nous tente à rechercher dans le Précambrien des formes *Annélides* ayant une ressemblance avec ce groupe.

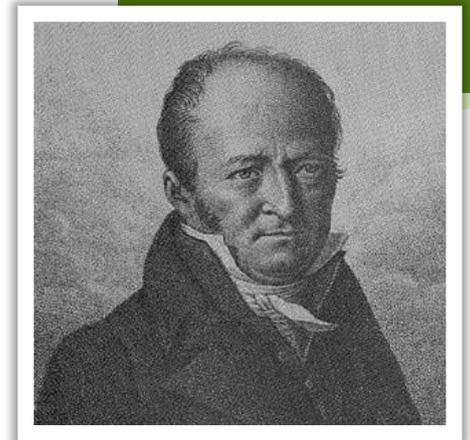


Figure 1: Latreille

Les *Euarthropodes* sont divisés en 2 grands groupes, les *Chélicériformes* et les *Mandibulates* :

Les *Chélicériformes* forment un clade caractérisé par une division du corps en deux parties. La première étant le prosome constitué de l'acron et de six autres segments, chaque segment porte une paire d'appendices, la première de ces paires donnant les chélicères. La deuxième donnera les pédipalpes et les 4 autres donneront les 4 paires de pattes. La seconde partie étant l'opisthosome comportant jusqu'à 12 segments et le telson. Les *Chélicériformes* ont un système nerveux central ne comprenant qu'un protocérébron suivi du tricérébron autour de l'œsophage. Il n'existe pas de deutérocérebren comme chez les *Mandibulates*. Ces organismes sont divisés en deux autres clades :



Figure 2: Groupement de Limules

Le second sous embranchement regroupe ce qu'on nomme les *Pantopodes* (ici *Nymphon grossipes*) ou *Pycnogonides* (les *Pantopodes* étant le seul ordre restant des *Pycnogonides*), ce sont des animaux de taille souvent inférieure au centimètre, leur corps est plat et segmenté, doté de quatre paires de pattes, ils sont munis d'une trompe parfois complétée par une paire de chélicères. Le caractère spécifique à ces *Pycnogonides* est la disparition partielle voire complète de l'opisthosome, du fait de cette absence, les organes normalement présents dans l'abdomen se retrouvent dans les pattes. D'ailleurs chez la femelle, il y a une paire de pattes utilisée principalement pour transporter les œufs jusqu'à leur éclosion qu'on appelle les ovigères.



Figure 3: *Nymphon grossipes* © Clione

Il existe un second groupe d'*Euarthropodes*, les *Mandibulates*, encore appelés *Antennates* dans certains ouvrages. Ces *Mandibulates* regroupent les Arthropodes dont la tête porte des appendices caractéristiques souvent très chitinisés et très durs, les mandibules. La monophylie de ce taxon s'explique aussi par l'étude moléculaire des ARNs ribosomiques (ARN 18S en particulier). Les *Mandibulates* sont divisés en 2 sous embranchements, les *Myriapodes* et les *Pancrustacés*. Ils étaient classiquement divisés en *Uniramés* (*Insectes* et *Myriapodes*) et *Biramés* (*Crustacés*). Cependant les similitudes entre les *Myriapodes* et les *Insectes* ont été expliquées comme des convergences liées à l'adaptation au milieu terrestre. Les insectes sont en effet plus proches des *Crustacés*.



Figure 4 : Une scolopendre mangeant un *Lycodon laoensis*

<http://i34.servimg.com/u/f34/11/13/26/35/reptil12.jpg>

Couramment appelés mille-pattes, les *Myriapodes* (ici une scolopendre mange un *Lycodon laoensis*) regroupent les *Arthropodes* composés d'une tête suivis de nombreux anneaux semblables, portant chacun une ou deux paires de pattes. Les *Myriapodes* sont tous des animaux terrestres, on peut cependant les trouver grimant aux arbres soit pour se réchauffer soit pour se nourrir, ou encore pour chasser. Les *Myriapodes* forment un clade à la monophylie discutée. En effet les 4 classes qui le composent pourraient ne pas être apparentées.

Les *Pancrustacés* représentent un taxon récent issu de la phylogénie, il s'agit d'un taxon assez large qui regroupe plusieurs clades qui paraissent polyphylétiques, les *Crustacés* et les *Hexapodes*. Ce sous embranchement inclut donc les *Crustacés* au sens strict, c'est-à-dire les *Rémipèdes*, les *Céphalocarides*, les *Maxilopodes*, les *Branchiopodes* et les *Malacostracés*, les *Pancrustacés* regroupent aussi les anciens *Hexapodes*, c'est-à-dire, les *Insectes*, les *Collemboles*, les *Protoures* et les *Diploures*. La place des anciens *Hexapodes* n'est pas fermement établie à ce jour cependant toutes les études phylogénétiques tendent à les classer à proximité des *Malacostracés* et ou des *Branchiopodes*.

Le terme *Hexapodes* est toujours utilisé pour présenter les 4 classes précédemment citées, cependant il reste Phylogénétiquement incorrect.

*Caprella septentrionalis* (© Clione.ru) est une espèce d'Amphipode (crevette) vivant sur les algues, son corps parfaitement homochromique lui permet de se dissimuler dans les algues rouges où elle vit. Comme tous les membres de la famille des *Caprellidae*, elle est carnivore, elle chasse à l'affut telle une mante religieuse grâce à leurs appendices antérieurs transformés en crochets

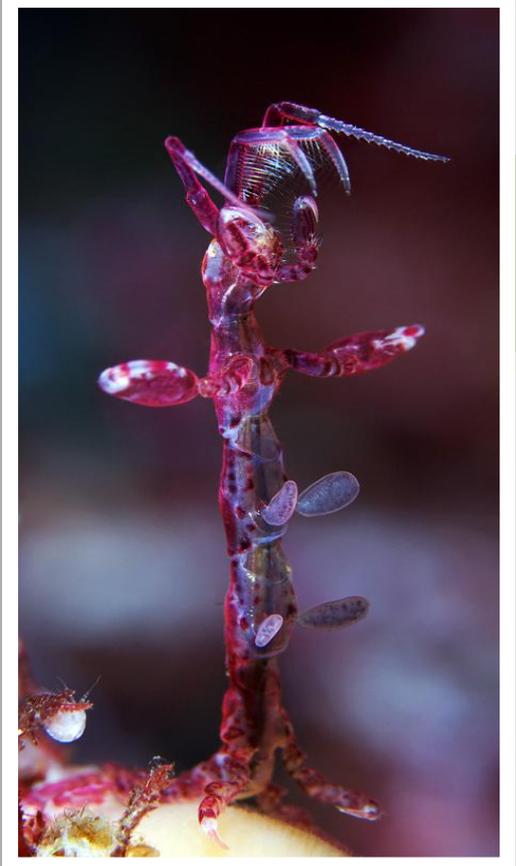


Figure 5 : *Caprella septentrionalis* © Clione

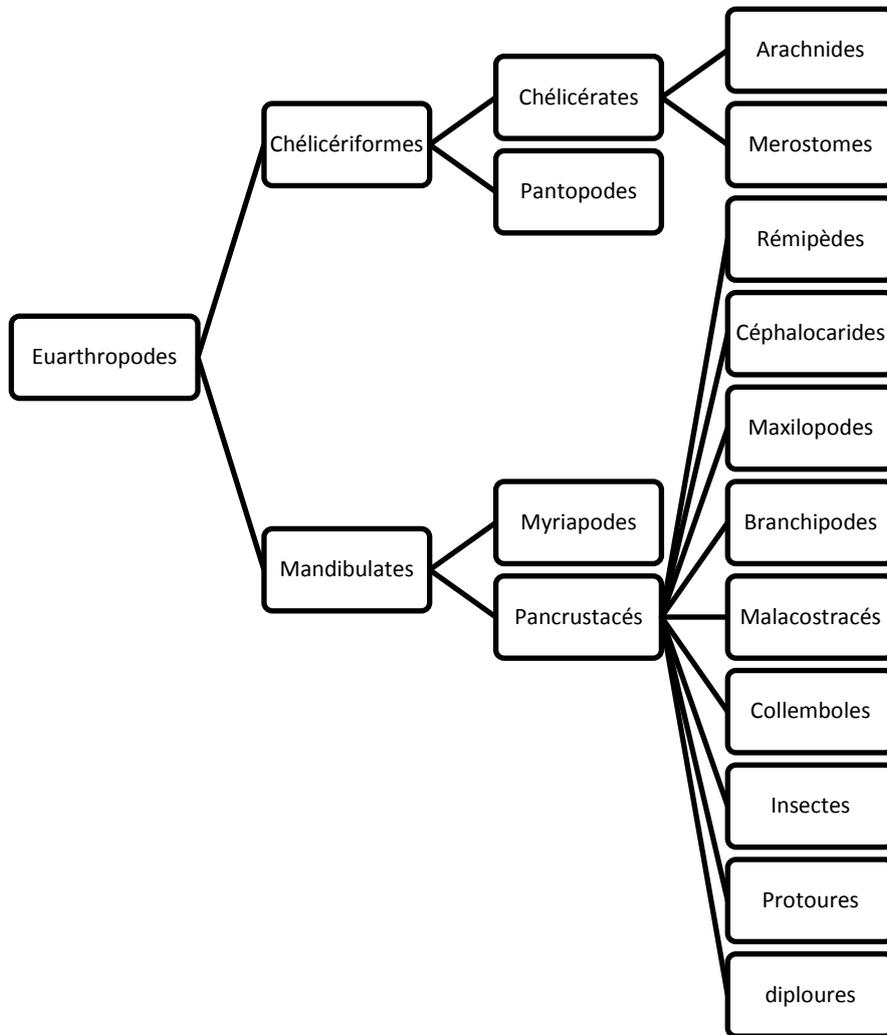


Figure 6 : Systématique des Euarthropodes

Récemment les Protoures et les Collembolés ont été regroupés dans un taxon appelé Ellipoures, les Diploures quant à eux ont été scindés en 2 autres classes, les Campodéoïdes et les Japygoïdes. Il en est de même pour la classe des Myriapodes, des études récentes montrent qu'il n'existe aucune parenté entre les différents ordres.

## II. CARACTERES GENERAUX, METAMERIE ET COELOME



### A. NOTIONS D'EMBRYOLOGIE : REALISATION DE LA METAMERIE

Le corps des *Arthropodes* est constitué d'éléments semblables qu'on nomme métamères, ceux-ci sont reliés les uns aux autres par de souples membranes. Ces métamères se forment au cours du développement embryonnaire de l'animal.

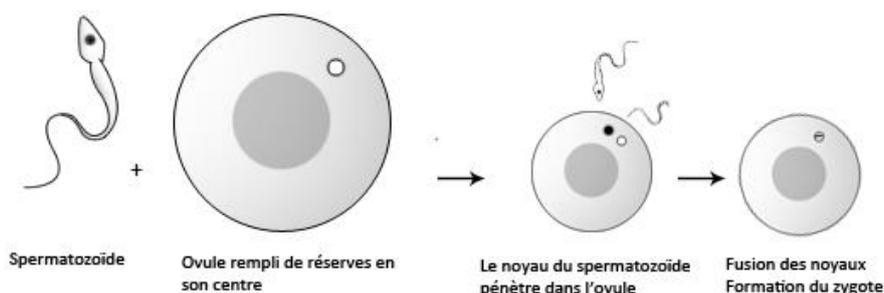


Figure 7 : Formation du zygote

Lors de la fécondation, le spermatozoïde et l'ovule fusionnent conduisant à la formation d'une cellule œuf qu'on nomme le zygote, cette cellule se divise plusieurs fois pour devenir un embryon. Cet amas de cellules appelé blastula entoure une cavité qu'on nomme le blastocoele.

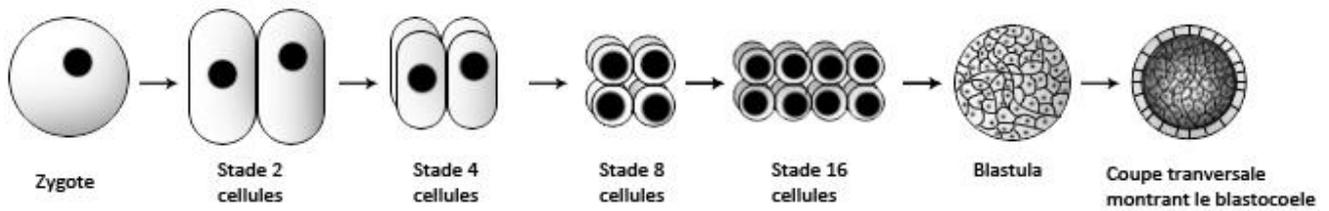


Figure 8 : Formation de la blastula

Pendant la gastrulation, les cellules de la blastula migrent dans le blastocoele de façon à s'organiser en 3 feuillets embryonnaires, l'ectoderme à l'extérieur, l'endoderme à l'intérieur et le mésoderme entre les deux autres feuillets.

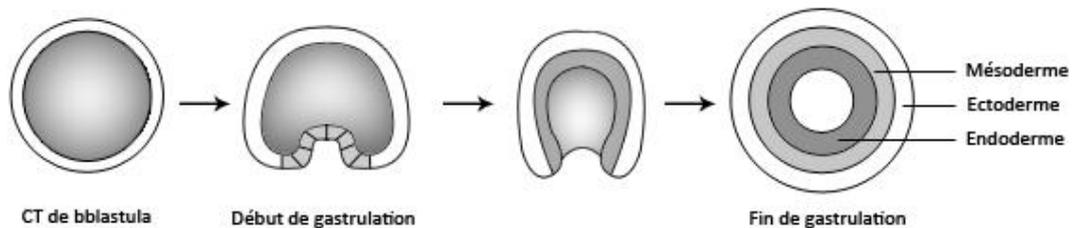


Figure 9 : La gastrulation

Le mésoderme se creuse d'une cavité, qu'on nomme le coelome, celui-ci se scinde en plusieurs petites cavités.

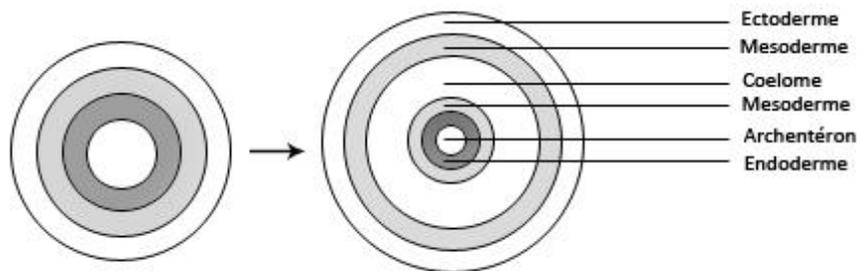


Figure 10 : Formation du coelome

Les métamères correspondent à la répétition tout le long du corps (de la tête à l'anus) de la même organisation cellulaire autour d'une paire de cavités coelomiques.

Une fois les métamères formés, les parois des vésicules coelomiques métamérisées vont se dissocier très rapidement. Ces vésicules vont alors fusionner avec le blastocoele embryonnaire, une nouvelle cavité va donc se former, l'hémocoele, dans cet hémocoele circule un liquide qu'on nomme hémolymphe. Chez l'adulte il n'y aura plus grand-chose qui sera originaire du coelome embryonnaire, le coelome est en effet vestigial, il formera la cavité des glandes génitales avec une portion initiale, ou saccule, de certains organes excréteurs segmentaires comme le rein céphalique des anciens *Thysanoures*, la glande antérieure (ou mandibulaire) des *Crustacés* ou encore la glande coxal des *Arachnides*.

En se dégradant, les parois des vésicules coelomiques vont devenir des muscles, ces muscles ont une organisation particulière chez les *Arthropodes*. En effet il n’y a plus de muscle circulaire, les *Arthropodes* ne se déplacent plus par les mouvements du corps mais par les mouvements de leurs pattes articulées.

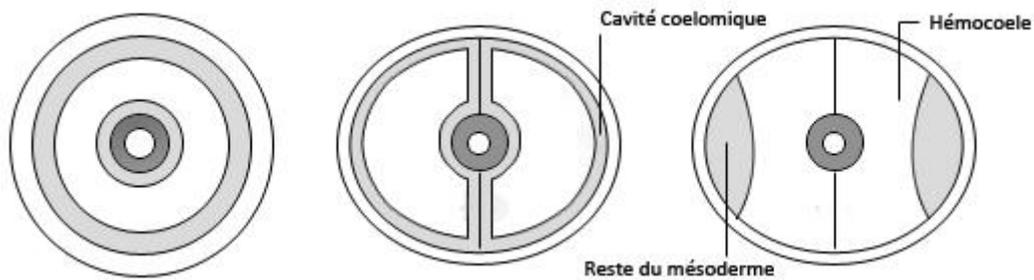


Figure 11 : Formation de l'hémocoèle

Du fait de cette fusion des vésicules coelomiques avec le blastocoèle, la métamérie chez les *Arthropodes* est difficile à observer à l'intérieur du corps, cependant elle reste plus ou moins visible à l'extérieur. Cette métamérie est encore altérée par la tagmatisation du corps.

## B. LES METAMERES

Le corps des *Arthropodes* résulte donc de la juxtaposition longitudinale de métamères. La disposition régulière de ces unités structurales et fonctionnelles se traduit par une répartition périodique des organes ou fragments d'organes. Chaque métamère est encadré par plusieurs plaques squelettiques, une pièce dorsale, le tergite, une pièce ventrale, le sternite et deux pièces latérales souvent fusionnées, les pleurites qui sont dorsales et les épimérites qui sont ventrales.

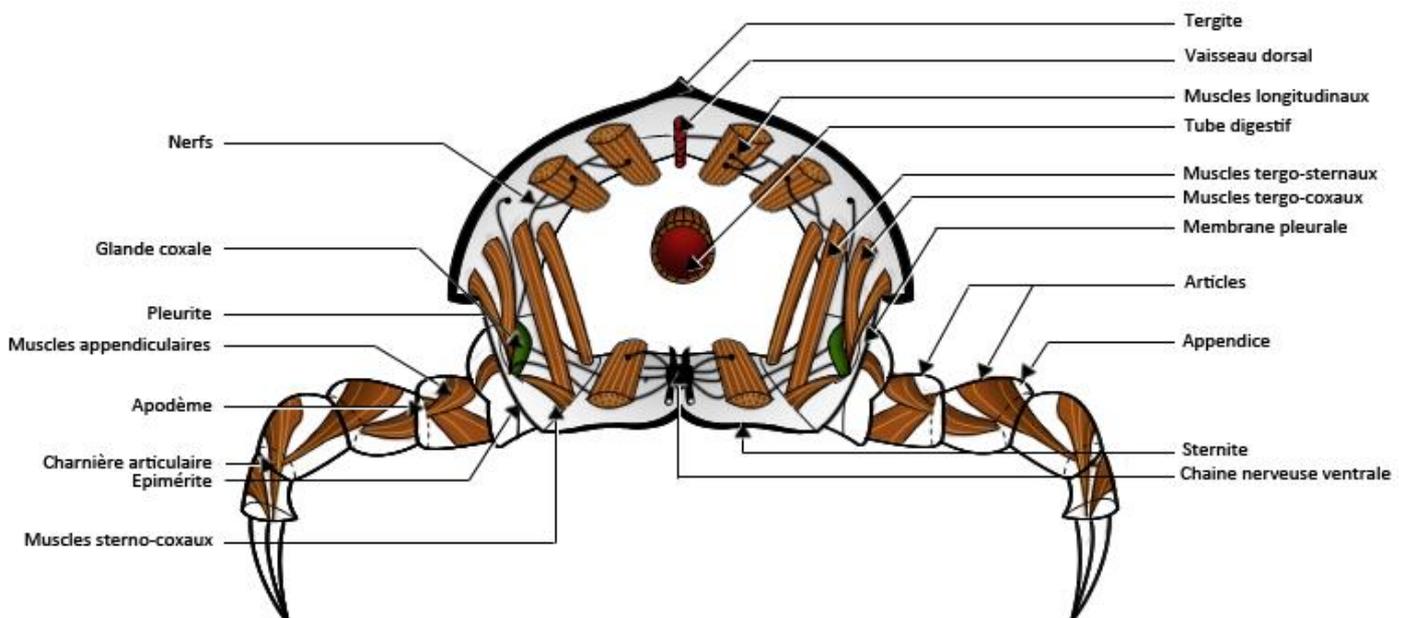


Figure 12 : Un métamère d'Arthropode

Ces différentes pièces sont réunies par des zones articulaires souples et minces qui sont également présentes entre les métamères. Le métamère est traversé par la chaîne nerveuse ventrale, le tube digestif et le vaisseau dorsal. Il renferme une paire de ganglions, deux faisceaux musculaires dorsaux et deux faisceaux musculaires ventraux. Ces

muscles sont insérés sur des replis de la cuticule, les apodèmes. Ces apodèmes marquent les limites antérieures et postérieures des métamères.

Chaque métamère porte deux appendices composés de plusieurs articles, ces appendices sont insérés entre les pleurites et les épimérites. Chaque métamère est donc un ensemble complexe comprenant :

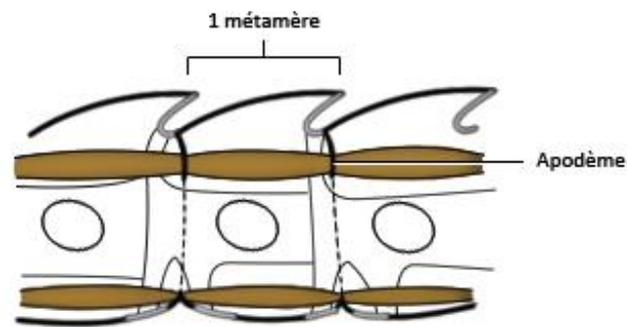


Figure 13 : Coupe longitudinale d'un Arthropode

- **Un segment ectodermique** limité par des sillons intersegmentaires
- **Un segment vasculaire** : le vaisseau dorsal
- **Un segment digestif**
- **Un segment nerveux** appelé également le **neuromère**
- **Un segment musculaires** (muscles ventraux et dorsaux et muscles des pattes) appelé aussi le **myomère**
- **Un segment excréteur** appelé aussi **néphromère**
- **Une paire d'appendices** appelée aussi **segment appendiculaire**

Tous ces éléments résultent d'une intégration anatomique et physiologique au sein du métamère. Tous les composants sont liés les uns aux autres.

Chez les *Arthropodes*, on distingue l'acron qui est l'équivalent du stomodeum des *Annélides*, le tronc ou soma composé de la juxtaposition des métamères vrais et le telson, équivalent au pygidium des *Annélides*. L'acron et le telson ne sont pas des métamères. L'acron n'est pas forcément visible, renferme le cerveau primitif, qui est dorsal, le protocerebron encore appelé archicérébron. Il ne s'agit pas d'un métamère car il ne contient pas de sac coelomique. La bouche s'ouvre en arrière de l'acron, au niveau du premier métamère vrai. Le telson est toujours bien visible, il est dépourvu de ganglions nerveux et de vésicules coelomiques, il porte l'anus.

## C. LES ALTERATIONS DE LA METAMERIE. LA TAGMATISATION

Contrairement aux *Annélides*, les divers métamères des *Arthropodes* sont dissemblables, on parle de métamérie hétéronome. Ils s'ordonnent de manière à former des régions morphologiquement distinctes. Cette spécialisation est accompagnée de la fusion des métamères dont les appendices collaborent à la réalisation de la même fonction (locomotion, mastication, reproduction, perception sensorielle, locomotion).

Les métamères et les appendices associés qui constituent le soma vont fusionner pour former des tagmes, ces tagmes vont être morphologiquement différents et vont être spécialisés dans des fonctions. La tête est la zone des sens, elle sert à la perception sensorielle et à la prise alimentaire, le thorax sert à la locomotion et l'abdomen sert à la reproduction.

En fonction des différentes classes d'*Arthropodes*, les tagmes portent des noms différents.

### 1. CHEZ LES ARACHNIDES

L'*Arachnide* a un corps qui est divisé en deux régions distinctes : l'une antérieure, le prosoma ou céphalothorax, l'autre postérieure, l'opisthosoma ou abdomen.

Le prosoma porte les yeux, toujours simples, et six paires d'appendices chez l'adulte. La première paire représente les chélicères qui sont en position antérieure. Les chélicères sont suivies de la deuxième paire d'appendices, les pédipalpes (ou pattes mâchoires). Les quatre autres paires représentent les pattes à fonction ambulatoire. Le prosoma compte au minimum six métamères car il y a six paires d'appendices.

L'opisthosoma ne porte aucun appendice cependant il peut porter très rarement des formations spéciales d'origine appendiculaire comme des peignes ou des filières. Le nombre de métamères abdominaux varie de douze à quinze, selon les ordres.

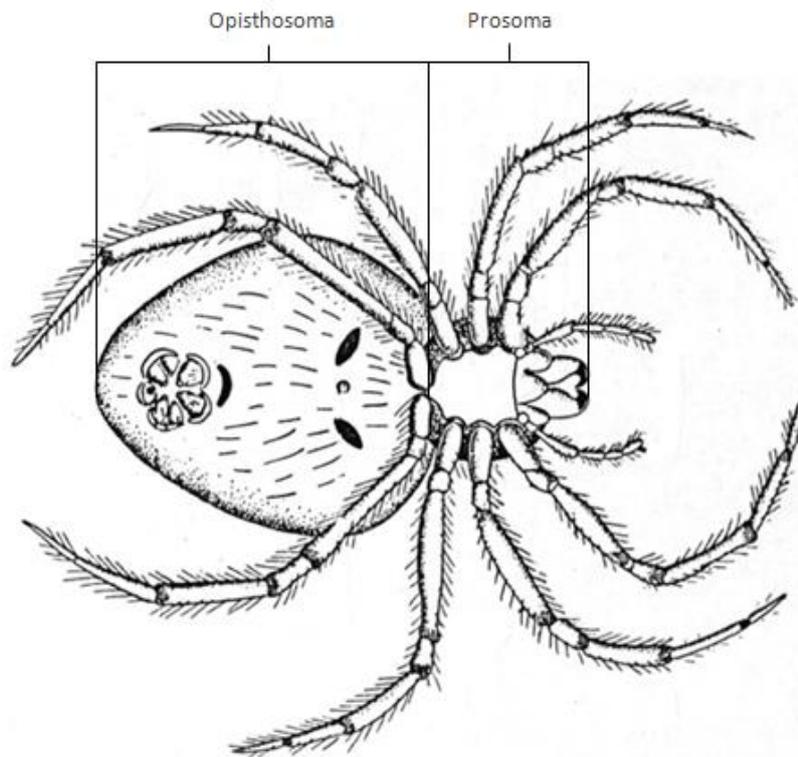


Figure 14 : Tagmatisation d'une araignée (d'après Barnes, Calow et Olive modifié)

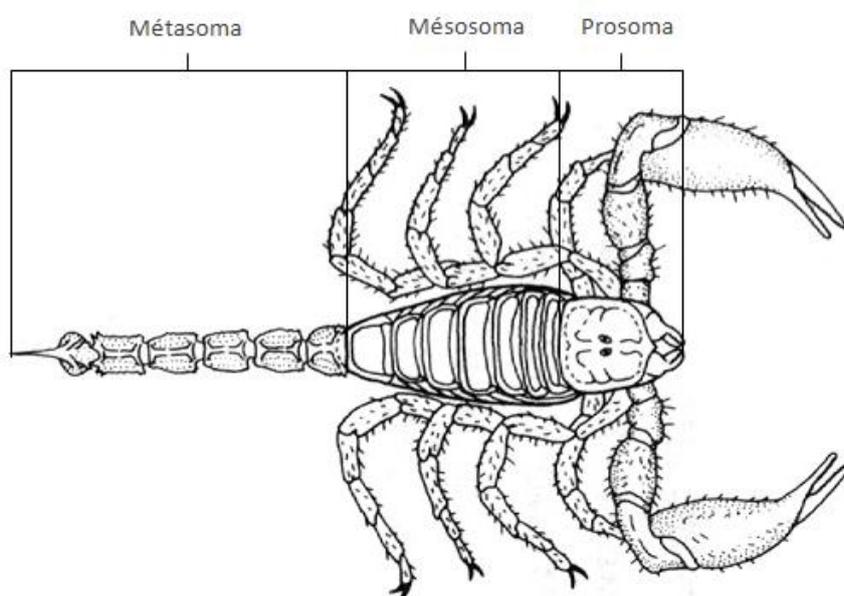


Figure 15 : Tagmatisation d'un scorpion (d'après Calow et Olive modifié)

Chez les scorpions et selon les auteurs, l'opisthosoma peut être divisé en deux parties, le mésosoma (ou pré-abdomen) qui fait suite au prosoma et qui compte 7 segments et le métasoma (surnommé queue) composé de 5 segments (dont le telson qui se finit en un aiguillon parfois venimeux)

## 2. CHEZ LES MYRIAPODES

Les *Myriapodes* sont des *Arthropodes* qui sont tous terrestres, ils se distinguent des autres *Arthropodes* par le fait que les métamères sont regroupés deux à deux de manière plus ou moins apparente, on parle de diplopie. Chaque groupement est appelé diplosegment, il porte dans le cas le plus simple deux paires de pattes. Chez les *Chilopodes*, un ordre de *Myriapode*, les diplosegments ne portent qu'une seule paire d'appendices. Le corps des *Myriapodes* est divisé en deux parties, la tête et le tronc.

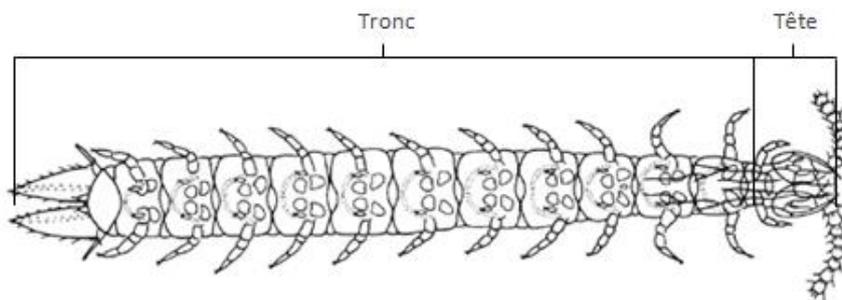


Figure 16 : Tagmatisation d'un *Myriapode* (d'après Beaumont et Cassier modifié)

## 3. CHEZ LES CRUSTACÉS

L'organisation des *Crustacés* est très proche de celle du plan d'organisation d'un *Arthropode* primitif, la tête ou céphalon, incluant au moins cinq segments d'origine somatique, le thorax, ou péréion, dont un certain nombre variable de segment peuvent être soudés à la tête, on parle de céphalothorax, la troisième partie du corps est l'abdomen ou pléon. Les appendices associés au péréion sont appelés péréiopodes, ceux associés au pléon sont appelés pléopodes. Le dernier segment est le telson, il forme souvent une nageoire caudale avec les deux derniers pléopodes, nommés uropode.

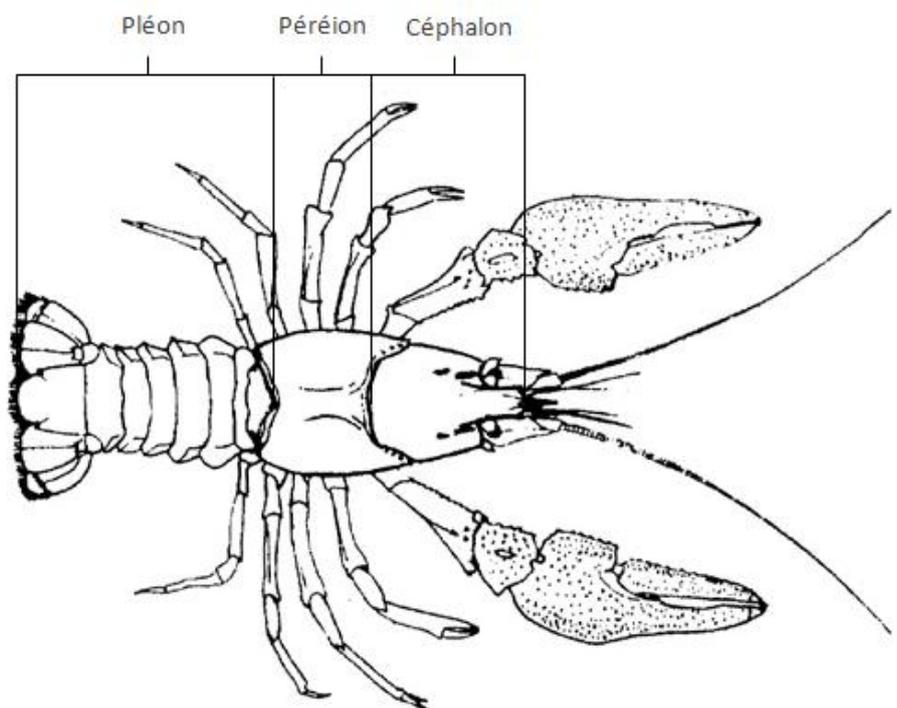


Figure 17 : Tagmatisation d'un Crustacé Décapode (d'après Arrignon modifié)

#### 4. CHEZ LES INSECTES

Le corps des *Insectes* est quant à lui séparé en 3 parties :

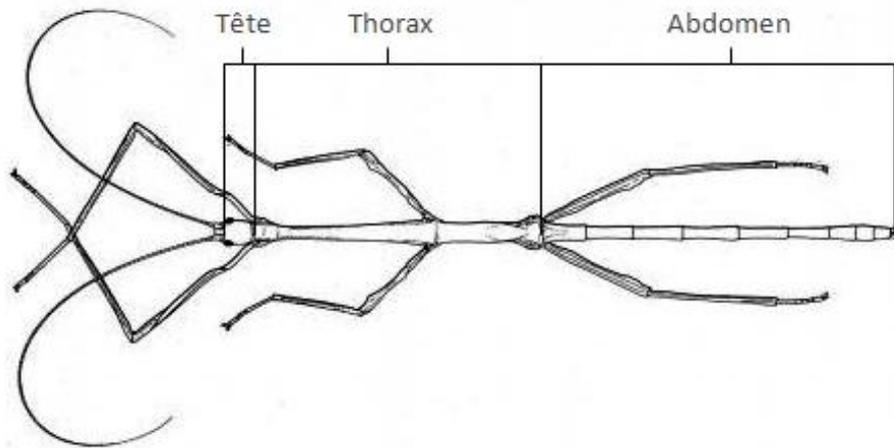


Figure 18 : Tagmatisation d'un *Insecte* (lemondedesphasmes.free.fr)

- La tête est une partie assez homogène où ne sont plus reconnaissables les six segments originels, l'acron et 5 métamères
- Le thorax comprend le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Chacun de ces trois segments porte une paire de pattes ambulatoires, les deux derniers, pouvant porter une paire d'ailes, constituent, chez les *Ptérygotes*, le ptérothorax.
- L'abdomen comprend originellement une douzaine de segments. Par suite de fusions ou de télescopages, il en comporte souvent un nombre visible bien moindre. En général, on peut admettre que l'abdomen se termine, par l'anus, sur le onzième segment, quant au processus génital, il est porté par le 9ème.

#### D. LA CEPHALISATION

La tête est retrouvée chez tous les *Arthropodes*, ce tagme résulte de la fusion de l'acron et d'un nombre variable de métamère selon la classe d'*Arthropodes* à laquelle on s'intéresse. Chaque paire d'appendice que portait chaque métamère composant la tête va perdre sa fonction ambulatoire originelle, ils vont se différencier en organes sensoriels, masticateurs ou préhenseur (qui sert à la saisie).

La céphalisation ne laisse aucune trace de la fusion des métamères, en effet la tête forme une capsule céphalique rigide qui présente des sutures plus ou moins apparentes qui sont, soit des traces externes d'apodèmes (renforcement interne de l'exosquelette qui permet l'insertion des muscles), soit des lignes d'exuviations, ce sont des zones non résistantes où la cuticule de l'animal est très fine, c'est là que l'exosquelette va se fissurer lors de la mue. Ces sutures ne représentent aucunement la fusion des métamères, le dénombrement de ces métamères n'est possible que par une étude embryologique approfondie.

La céphalisation s'accompagne aussi de la fusion des ganglions nerveux appartenant à chaque métamère de la tête, il en résulte une structure nerveuse qui sera dorsale par rapport au tube digestif, cette structure est nommée

cerveau, il innerve les organes sensoriels. Chez tous les *Arthropodes* actuels connus, le cerveau comporte trois neuromères (un neuromère est la partie nerveuse d'un métamère).

### Structure de la tête de deux *Arthropodes*

Ex. 1 : La langoustine

{	Spécialisation sensorielle	acron 1 <sup>er</sup> métamère 2 <sup>ème</sup> métamère	yeux Antennules antennes	protocérébron Deutérocérébron tritocérébron	} Cerveau
	Préhension-Mastication	3 <sup>ème</sup> métamère 4 <sup>ème</sup> métamère 5 <sup>ème</sup> métamère	B Bouche  mandibule maxillules maxilles	1 paire de ganglions 1 paire de ganglions 1 paire de ganglions	} Région antérieure du ganglion sous œsophagien

Ex. 2 : Le criquet

{	Spécialisation sensorielle	acron 1 <sup>er</sup> métamère 2 <sup>ème</sup> métamère	yeux Antennes -	protocérébron Deutérocérébron tritocérébron	} Cerveau
	Préhension-Mastication	3 <sup>ème</sup> métamère 4 <sup>ème</sup> métamère 5 <sup>ème</sup> métamère	B Bouche  mandibule Mâchoires labium	1 paire de ganglions 1 paire de ganglions 1 paire de ganglions	} ganglion sous œsophagien

*D'après BEAUMONT, André, CASSIER, Pierre. Biologie animale : Des Protozoaires aux Métazoaires épithélioneuriens. 3<sup>ème</sup> édition. 2000 : Paris, édition DUNOD. ISBN : 2 10 048660 8*

## III. ORIGINALITE DES ARTHROPODES



### A. LA PAROI DU CORPS

#### 1. L'EPITHELIUM

L'épithélium qu'on appelle aussi épiderme ou encore hypoderme selon l'ouvrage est constitué d'une seule couche de cellules cubiques, on parle d'épithélium cubique unistratifié, cet épiderme repose sur une lame basale percée de pores permettant le passage de plus grosses protéines venant de l'hémolymphe. La lame basale est un assemblage de protéines et de glycoprotéines (protéines associées à des sucres) extracellulaires, elle forme une séparation avec l'hémocoèle sous jacent.

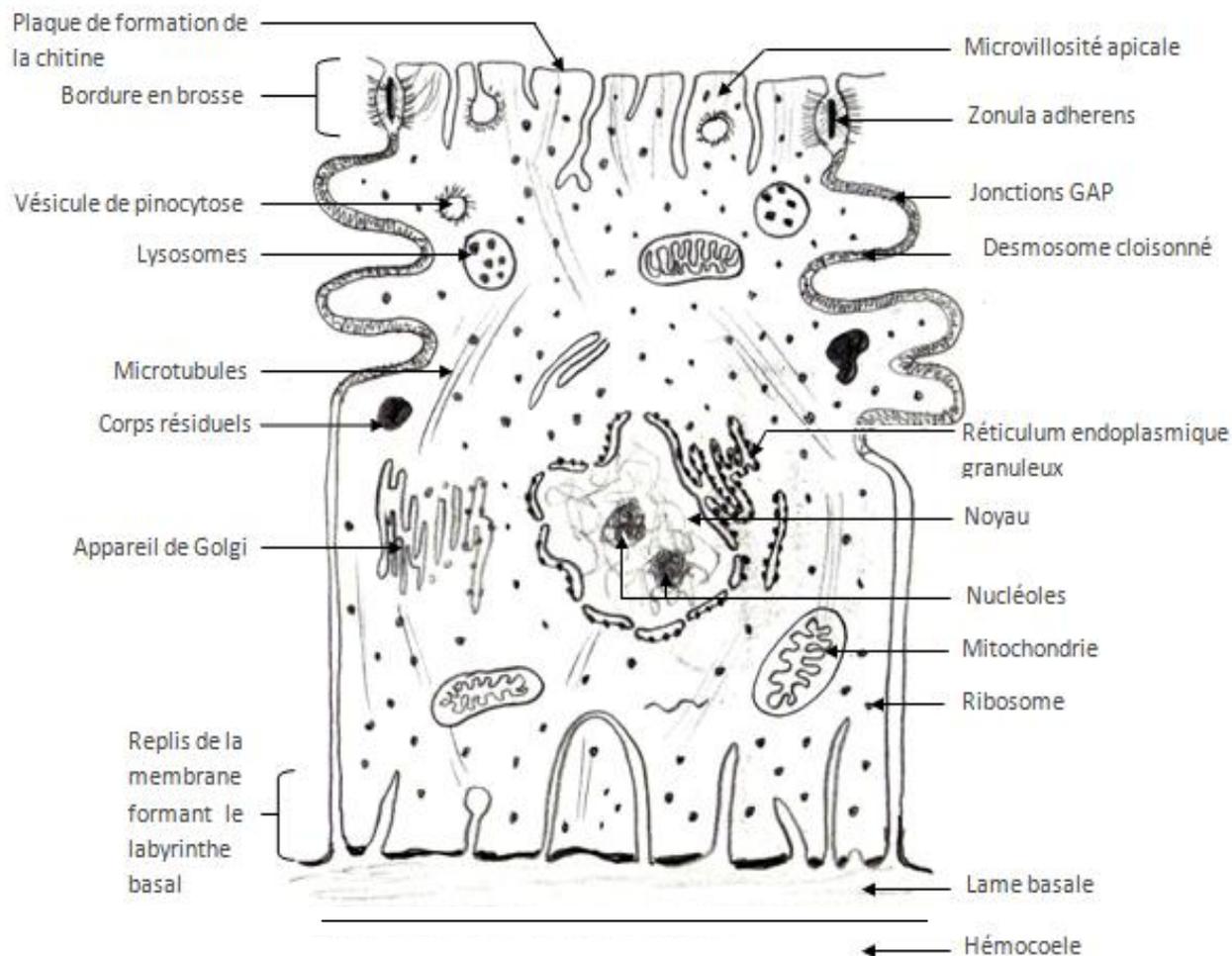


Figure 19 : Dessin d'observation d'une cellule épithéliale (d'après Beaumont André et Cassier Pierre modifié)

*Zonula adherens, jonctions GAP et desmosomes cloisonnés sont impliqués dans la jonction cellulaire, ceci permet au tissu d'être résistant et imperméable à différentes agents. Les hémi-desmosomes sont impliqués dans la jonction cellule-lame basale, ces points d'attache permettent aux cellules d'adhérer à la lame basale et de former un tissu très bien structuré.*

*Le noyau cellulaire contient l'ADN, l'ADN est coupé en gènes, chaque gène sera transcrit en ARNm (ARN messenger) qui est en quelque sorte une copie du gène capable de sortir du noyau. Les nucléoles sont des zones de transcriptions intenses. Une fois formés, les ARNm sont traduits en protéines au niveau des ribosomes et au niveau du réticulum endoplasmique granuleux. Les protéines produites peuvent enfin être glycosylées (rajout de molécules de sucre) dans l'appareil de Golgi, elles seront ensuite utilisées à plusieurs fins (élaboration de structures cellulaires, hormones, etc....)*

*Les mitochondries sont les usines à énergie de la cellule, c'est là que les nutriments avalés par l'animal seront transformés en énergie chimique utilisable pour la cellule.*

*La membrane cellulaire peut s'invaginer dans la cellule en emportant avec elles des éléments du milieu, ceci conduit à la formation de vésicules de pinocytose, concrètement, ces vésicules servent à « sonder » le milieu, c'est-à-dire qu'elles se tiennent informer des conditions extérieures. Ces vésicules peuvent fusionner avec des structures servant à la digestion intracellulaire, les lysosomes, on parle alors de phagolysosomes. En dégradant les molécules de la vésicule de pinocytose le lysosome peut se remplir de déchets non dégradables, on parle alors de corps résiduels.*

Les cellules épithéliales sont les plus nombreuses, elles portent des microvillosités qui sont réduites et tronquées, elles portent des plaques formant des épaissements du cytoplasme où a lieu la dernière étape de la synthèse de la

chitine. Au niveau apical de ces cellules, on a des canaux qui vont se ramifier en canaux ciriers (sécrétant de la cire) certains canaux vont arriver jusqu'au coté apical de l'épicuticule et déverser leurs substances.

On trouve un deuxième type de cellules, les glandes épidermiques, prolongées aussi par un canal qui se finit au dessus de la cuticule.

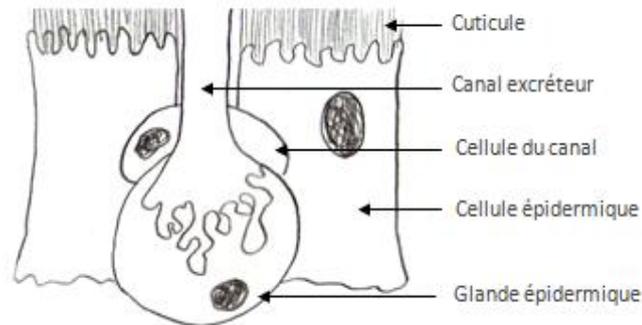


Figure 20: Dessin d'une cellule glandulaire épidermique

Il y a un autre type de cellules qu'on appelle les oenocytes, elles fabriquent une substance cireuse qu'elles transfèrent aux cellules épidermiques, ces cellules se trouvent entre l'épiderme et le tissu adipeux sous jacent

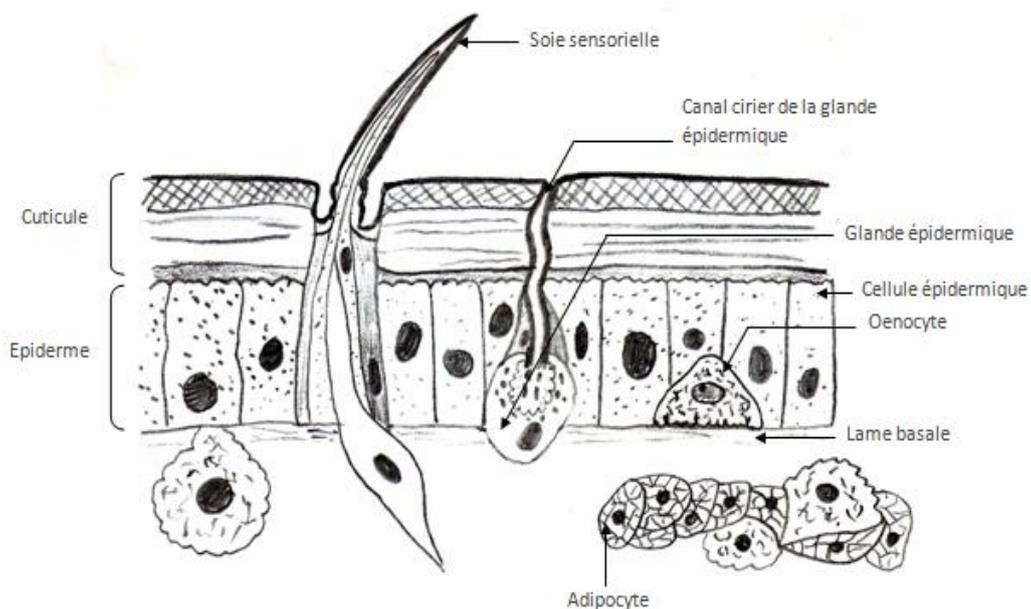


Figure 21 : Dessin d'observation des cellules associées à l'épiderme des arthropodes (d'après Beaumont André et Cassier Pierre modifié)



Figure 22 : *Drosophila melanogaster*

Chez la *Drosophile*, ***Drosophila melanogaster***, les scientifiques sont parvenus à féminiser génétiquement ces oenocytes. Les cires sécrétées, contiennent des hydrocarbures, qui servent notamment à la reconnaissance sexuelle chez les insectes (phéromones). Cette modification a rendu des mâles génétiquement modifiés attractifs pour d'autres mâles.

<http://www.omafra.gov.on.ca>

L'épiderme participe donc à la confection des soies, des épines présentes chez beaucoup d'*Arthropodes* (phasme à tiales, pinces de langoustine, etc.) ou encore d'écaillés comme sur les ailes des *Papillons*. La couleur de ces animaux peut être due à plusieurs choses :

- Des pigments qui sont stockés dans l'épiderme ou dans les différentes couches de la cuticule
- La structure physique de la cuticule, la manière dont la cuticule est agencée va faire que la lumière passera plus ou moins bien, la structure absorbant plus ou moins de couleur et nous renverra la couleur de l'animal. Les écaillés des ailes des papillons du genre *Morpho* d'une couleur bleue par exemple
- Une combinaison de pigment et de structure physique.

## 2. LA CUTICULE

L'épiderme fabrique une substance répartie en 2 couches :

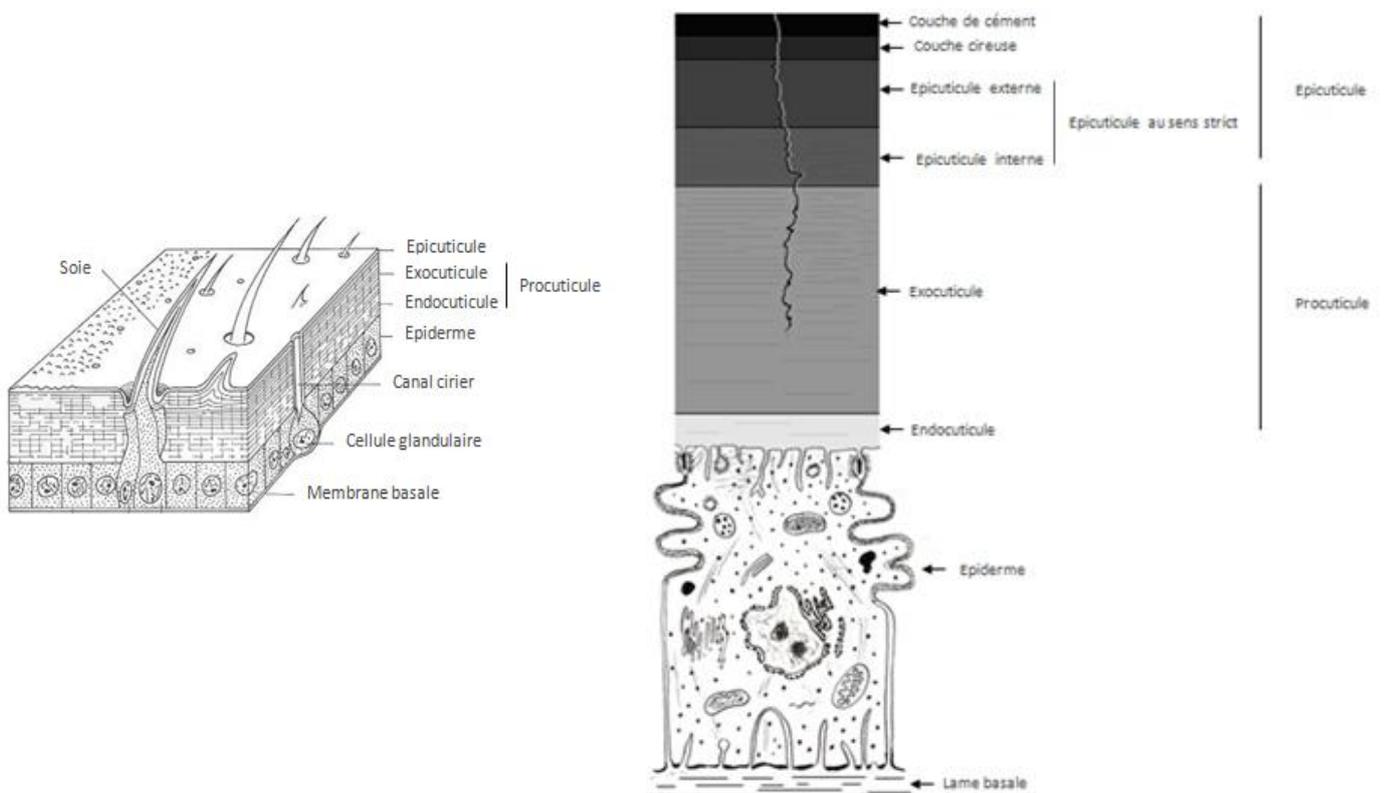


Figure 23 : Structure de la cuticule

- **L'épicuticule** : elle se trouve à la surface de la cuticule, elle est en contact avec le milieu extérieur, mesure de 2 à 3  $\mu\text{m}$  et est constituée de 3 sous couches, elle sert à imperméabiliser l'animal et à limiter les pertes d'eau par évaporation.
  - **La couche de ciment** : cette couche est parfois absente, elle est constituée de lipoprotéines tannées produites par des glandes épidermiques dont le canal excréteur traverse toute l'épaisseur de la cuticule. Cette couche a une épaisseur de 1  $\mu\text{m}$  d'épaisseur environ.

- **La couche cireuse appelée aussi couche moyenne de cires** : faite de paraffine, d'acide gras et d'alcools à longues chaînes, la cire produite par les oenocytes emprunte ensuite les canaux poraires (ou canalicules des pores) qui sont des digitations issus des cellules épidermiques et traversant toute l'épaisseur de la procuticule, ces canaux passent dans l'épicuticule et portent le nom de canaux ciriers. Cette couche mesure 0,5 à 1  $\mu\text{m}$  d'épaisseur et permet de limiter les pertes d'eau, les *Crustacés* n'en possèdent pas car cette couche leur est inutile.

Ces deux dernières couches sont qualifiées de couches postexuviales, elles ne seront sécrétées que quand l'animal changera de cuticule. Par opposition à la dernière couche que nous allons décrire

- **L'épicuticule au sens strict** : elle fait 0,5  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, et sert à la fixation des muscles et dans la transmission des signaux chimiques (aussi appelés phéromones). Cette couche est faite de lipoprotéines tannées qu'on appelle cuticuline, il s'agit d'une couche préexuviale que l'on peut subdiviser en deux parties
  - **L'épicuticule externe** qui mesure 20 nm d'épaisseur qu'on nomme encore cuticuline. En période d'intermue elle a une structure trilaminaire.
  - **L'épicuticule interne** mesurant de 0,2 à 0,5  $\mu\text{m}$  d'épaisseur. Cette sous couche est riche en protéines, en composés aromatiques et contient des stérols.
- **La Procuticule** : Ce sont des couches qui contiennent de la chitine, la chitine est une substance synthétisée à partir du tréhalose, dimère de glucose regroupé par des liaisons  $\alpha, \alpha$ . 1-1, La chitine est un dimère de glucosamine qui polymérise, dans l'hémolymphe, la chitine se polymérise en filament, sur ce filament vont se greffer des protéines ou d'autres molécules. La chitine a un rôle protecteur, car lorsqu'elle est associée à du carbonate de calcium, elle devient très rigide et forme l'exosquelette des *Crustacés* et la coquille d'autres animaux. Cependant ce n'est pas la chitine qui est le principal élément rigide de la cuticule, mais une protéine très particulière appelée la sclérotine qui la compose à 80%.
  - **L'exocuticule** est sécrétée avant la mue, il s'agit donc d'une couche préexuviale, elle est dure, rigide et colorée, en effet elle présente des stratifications de couleur ambrée. Elle est insoluble dans l'eau, la chitine est associée à des protéines tannées qu'on nomme sclérotine, cette protéine rend la couche rigide colorée. La mélanine y est également présente pour donner la coloration brunâtre-noirâtre aux *Arthropodes*. Cette couche représente 1/12 à la moitié de l'épaisseur totale de la cuticule.
  - **L'endocuticule** est une couche contenant encore plus de chitine, ce qui la rend plus souple de plus elle est associée à l'arthropodine qui sont aussi des protéines souples, cette association rend cette couche souple

L'exocuticule et l'endocuticule sont percées par des canalicules de diamètre assez variable, les canalicules des pores aussi appelés canalicules poraires. Ces deux couches peuvent être séparées par une mésocuticule.

La procuticule est fréquemment séparée de l'épiderme par une couche assez anarchique composée de mucopolysaccharides acides, la sous cuticule. On ne connaît pas encore le rôle de cette sous cuticule mais on suppose qu'il s'agit certainement d'une couche de « lubrifiant » qui sert aussi à l'osmorégulation des différents milieux. L'osmorégulation consiste à l'équilibre ionique entre les différents milieux.

### 3. COMPOSITION CHIMIQUE

#### a. La chitine

La chitine est un polysaccharide azoté et acétylé et représente environ 50% du poids sec de la cuticule des *Arthropodes*, c'est un composé qui se polymérise très facilement et qui porte le nom de poly-acétyl-D-glucosamine. Chimiquement il s'agit d'un  $C_8H_{13}O_5N$  répété  $n$  fois. L'hydrolyse de ce composé fournit du glucosamine.

Tout d'abord une fonction acétyle s'associe au niveau de l'azote porté par le carbone 2 du glucosamine, cette association fournit de l'acétyl-glucosamine, il s'agit de l'élément unitaire conduisant à la fabrication de la chitine. Dans un second temps, deux de ces molécules s'assemblent par une liaison osidique pour former du tréhalose, ou chitobiose.

Au niveau de l'hémolymphe, la chitine se polymérise, les polymères s'assemblent parallèlement entre eux par des ponts latéraux en formant des micelles allongées à disposition pseudo-cristalline.

La chitine est une substance souple et perméable à l'eau du fait de sa nature sucrée. Il n'existe donc aucun rapport entre la richesse en chitine et la dureté du tégument. La disposition de la chitine fait qu'elle s'assemble à d'autres molécules, ce sont ces molécules qui seront responsables de la dureté du tégument des *Arthropodes*

#### b. Les protéines tannées

Elles représentent 25 à 75% du poids sec de la cuticule. Elles peuvent être révélées par les techniques de révélations de protéines comme le Western Blot. Afin de s'insérer dans la chitine qui est une molécule hydrophile, les protéines doivent présenter une portion hydrophile, comme l'arthropodine, et une portion hydrophobe, comme la sclérotine responsable de la dureté des téguments.

Arthropodine et sclérotine ne représentent pas des protéines particulières mais des groupes de protéines caractérisés par leurs propriétés assez identiques (poids moléculaire, charge des molécules qui provoque une mobilité plus ou moins importante en électrophorèse, solubilité, etc.) d'association à la chitine.

En réalité arthropodines et sclérotines ne se différencient que par leur état physique, d'ailleurs leur séquençage en acides aminés ne révèle aucune différence. Les sclérotines sont des protéines cuticulaires banales, elles sont stabilisées par un tannage quinonique agissant sur les  $NH_2$  libres des protéines dans l'exocuticule, ceci n'affecte pas les arthropodines mais rend l'exocuticule plus dure.

#### c. Minéralisation

Chez les *Crustacés* et de nombreux *Myriapodes*, la dureté de la cuticule est fonction de la sclérotinisation des protéines cuticulaires comme chez les *Insectes* mais également d'une minéralisation par des sels de calcium. Ceci est exceptionnel chez les *Insectes* et n'a été signalé que chez quelques larves aquatiques.

On peut donc classer les arthropodes en deux groupes :

- Les *Arthropodes* à squelette organique comme les *Insectes*, les *Aranéides* ou les *Scorpionides*
- Les *Arthropodes* à squelette calcifié comme les *Myriapodes* et les *Crustacés*

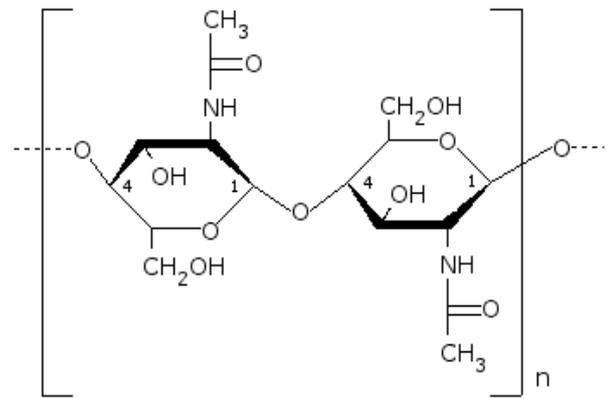


Figure 24 : Structure de la chitine

#### d. Les cuticulines

L'épicuticule est dépourvue de chitine, elle contient par contre de nombreuses substances assez mal connues. La cuticuline présente dans l'assise profonde résiste à l'action des solvants organiques et aux acides minéraux. C'est une lipoprotéine tannée par des quinones.

La couche cireuse est riche en un mélange de paraffines en C27 et C31, d'esters d'alcool supérieurs et d'acides gras non saturés en C26 et C30. Les chaînes hydrophobes sont orientées perpendiculairement à la surface. Les pôles hydrophiles sont vers l'intérieur. Les pôles hydrophobes confèrent l'imperméabilité du tégument. Mettre un *Insecte* dans un détergeant provoque sa mort immédiate. Ceci est d'ailleurs utilisé dans de nombreux insecticides

#### 4. CONSEQUENCE DE LA PRESENCE DE LA CUTICULE

La cuticule forme un véritable exosquelette, de ce fait il faut que l'animal s'adapte morphologiquement et physiologiquement.

Il existe une diversité des formations tégumentaires qui va avec la diversité morphologique des *Arthropodes*. Cependant l'anatomie de ces animaux reste tout de même plus ou moins identique en fonction des classes.

Il n'existe aucun cil vibratile à la surface de tous les épidermes ectodermiques, notamment sur l'épiderme. Cependant des formations ciliaires peuvent tout de même apparaître de manière transitoire au cours de l'organogenèse des glandes ou des structures sensorielles.

Les mouvements relatifs des métamères ne sont possibles que grâce aux membranes articulaires où la cuticule est amincie et dépourvue d'exocuticule. L'abdomen des *Insectes* comporte des déformations très fréquentes dues aux variations volumétriques (alimentations et maturation des œufs chez les femelles). Les pleurites non sclérotinisés constituent, avec les membranes articulaires adjacentes, des zones souples et extensibles.

Pour une articulation, tous les mouvements ne sont pas possibles, en effet les articulations mettent en jeu 2 condyles au maximum, on parle d'articulation monocondyloïde et d'articulation dicondyloïde. Ces articulations sont disposées selon deux modalités.

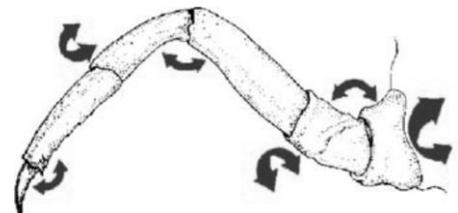


Figure 25 : Articulation des pattes © Antoine Morin et Jon Houseman

Les articulations intrinsèques où le condyle et la cavité glénoïde sont différenciés au sein de la membrane articulaire. Dans les articulations extrinsèques, les formations complémentaires se situent à l'extérieur des membranes articulaires.

Même si les articulations ne favorisent qu'au maximum deux plans de l'espace, la combinaison de ces articulations faites que les *Arthropodes* peuvent réaliser des mouvements complexes dans tous les plans de l'espace, on parle de mouvement omnidirectionnel.

Les muscles ont une action puissante, la cuticule à elle seule ne pourrait pas supporter les contractions, c'est pourquoi les faisceaux musculaires s'insèrent au niveau d'invaginations tégumentaires qu'on nomme apodèmes. L'ancrage des fibres musculaires se fait par des invaginations de la membrane plasmique et sarcoplasmique, de plus de multiples desmosomes et microtubules forment un cytosquelette permettant la cohésion de l'ensemble. À chaque mue cette association doit être renouvelée

## 5. MUE ET DEROULEMENT DE LA MUE

La présence d'un exosquelette rigide et par définition inextensible, confère à la croissance des *Arthropodes* un caractère discontinu.

A la sortie de l'œuf, l'animal se développe, seulement il ne pourra le faire qu'en changeant sa cuticule et en grandissant pendant ce changement de cuticule.

Il arrive un moment où la cuticule devient trop petite pour la croissance ou pour les changements, l'animal va donc muer, la mue est un phénomène permettant la croissance discontinue de l'animal, elle se fait en plusieurs étapes.

Tout d'abord il y a activation des cellules épidermiques, elles entrent en mitose, ceci est suivi d'un phénomène qu'on appelle apolyse, à ce moment la cuticule commence à se décrocher, ceci se fait plusieurs jours avant la mue

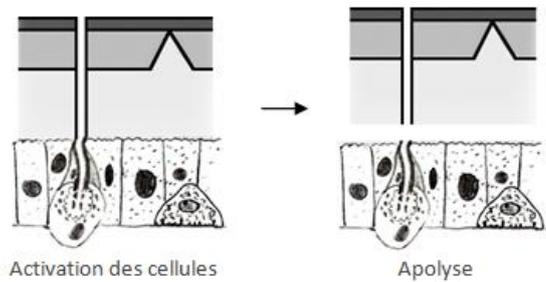


Figure 26 : Etape 1 de la mue

Activation des cellules

Apolyse

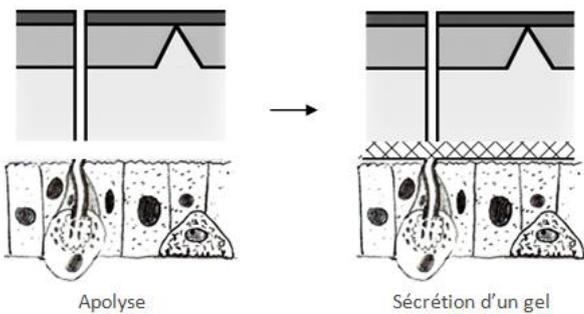


Figure 27 : Etape 2 de la mue

Apolyse

Sécrétion d'un gel

Ensuite il y a sécrétion par l'épiderme d'un gel de mue, ce gel est inerte car il est composé d'enzymes inactives. Cependant dès qu'il y a sécrétion de la nouvelle épicuticule par les cellules épidermiques, ce gel rempli d'enzymes va dégrader l'ancienne peau. Le gel va servir à recycler l'endocuticule, ces éléments vont être réintégrés dans les cellules pour fabriquer la nouvelle cuticule. Chez les crustacés les sources de calcium sont recyclées, il y a en effet des échanges d'ions permettant de réintégrer le calcium au niveau des cellules de l'épiderme, notamment l'échange de  $2 K^+$  contre un ion  $Ca^{++}$ .

L'endocuticule ayant été dégradée va prendre l'aspect d'un liquide, qu'on nomme le liquide exuvial. Ce liquide sera réabsorbé en grande partie par l'épiderme. Entre temps les oenocytes commencent à sécréter de la cire qui sera transmise aux cellules épithéliales, il y aura formation de canalicules des pores et dépôt de cires sur la nouvelle cuticule.

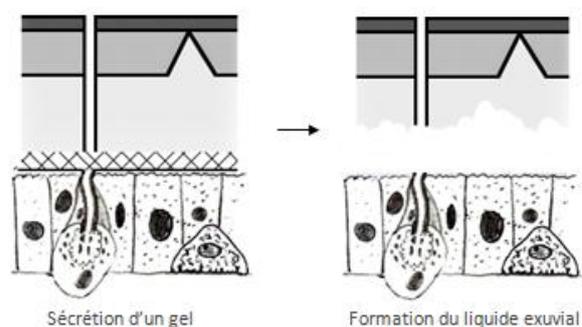


Figure 28 : Etape 3 de la mue

Sécrétion d'un gel

Formation du liquide exuvial

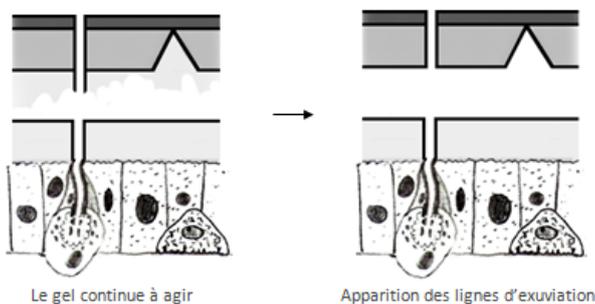


Figure 29 : Etape 4 de la mue

Le gel continue à agir

Apparition des lignes d'exuviation

Le gel continuant à agir, il y a des endroits où la cuticule devient très fine ces endroits sont appelés lignes d'exuviation, l'animal va se gonfler d'eau ou d'air et va casser la cuticule au niveau ces lignes, il y a alors exuviation.

L'exuviation, encore appelée Ecdysis va permettre à l'animal de sortir de son ancienne cuticule. Pendant ce temps, les cellules épidermiques ont proliféré provoquant ainsi un plissement de l'épiderme, après l'exuviation l'épiderme va se déplier et l'animal va grandir, laissant derrière lui son ancien exosquelette qu'on nomme encore exuvie

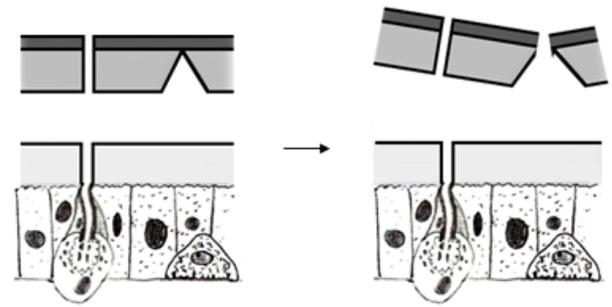


Figure 30: Dernière étape de la mue

Apparition des lignes d'exuviation

Exuviation

Le reste de la cuticule est alors synthétisé, il y a tannage des protéines, sclérotinisation et dépôt de minéraux. Les couches post ecdysiales sont après ça synthétisées. Pendant cette période l'animal reste à jeun, en effet il ne se nourrit qu'après que la cuticule soit reformée, ce qui explique que la croissance en terme de poids a une allure assez différente à la croissance en longueur.

Le rapport des tailles successives prises par les *Arthropodes* au cours de leur développement post embryonnaire a en général à une valeur constante de 1,25. La longueur augmente donc du quart à chaque mue, c'est la Règle de Prizbram. Le poids quant à lui, double d'une mue à l'autre, c'est la règle de Dyar.

## 6. LES MEMBRANES ARTICULAIRES

Les membranes articulaires se trouvent entre les différents métamères, au niveau des soies et au niveau des pattes, la membrane articulaire possède une protéine particulière appelée la résine de plus elle ne possède pas d'exocuticule

## 7. LES SOIES

La cuticule peut, chez certains animaux, être ornée de baguettes chitineuses qu'on nomme les soies, on en a deux types :

- Les soies pleines qui sont en général ornementales, cette soie est sécrétée par une cellule trichogène, cette cellule est entourée par une autre cellule qui la protège la cellule tormogène.

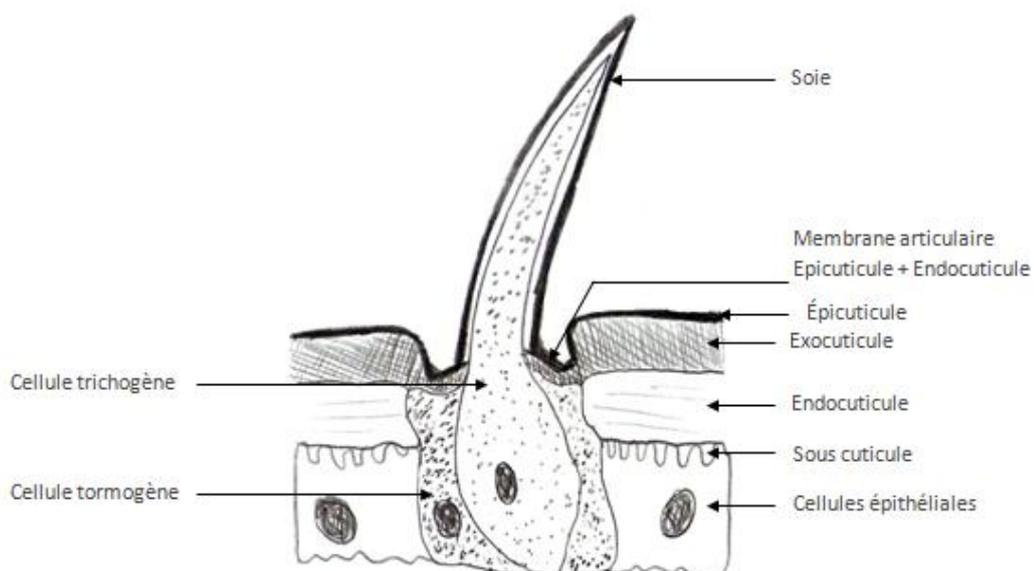


Figure 31: Schéma d'une soie pleine

Les soies sont aplaties chez les *Lépidoptères* et ont un aspect écailleux. Chez l'abeille les soies au niveau des pattes ont un rôle protecteur mais servent aussi à récolter le pollen.

- Les soies sensorielles qui ont la même organisation que les soies pleines mais reliée à une cellule nerveuse avec des dendrites qui sont dans la soie. La cellule nerveuse est entourée dans une cellule thécogène, le tout est entouré par la cellule trichogène puis par la cellule tormogène. Une soie ayant une cellule nerveuse portant plusieurs dendrites est appelée sensille. Les soies sensorielles peuvent être de deux types. Elles peuvent être gustatives d'une part et olfactives d'autres part.

Les soies gustatives se trouvent souvent sur les pièces buccales et se terminent par un pore gustatif (non représenté sur le schéma) permettant à l'animal de goûter. Les soies olfactives s'ouvrent quant à elles par plusieurs pores (non représentés sur le schéma) qui permettent de capter une information olfactive, elles se trouvent au niveau des antennes.

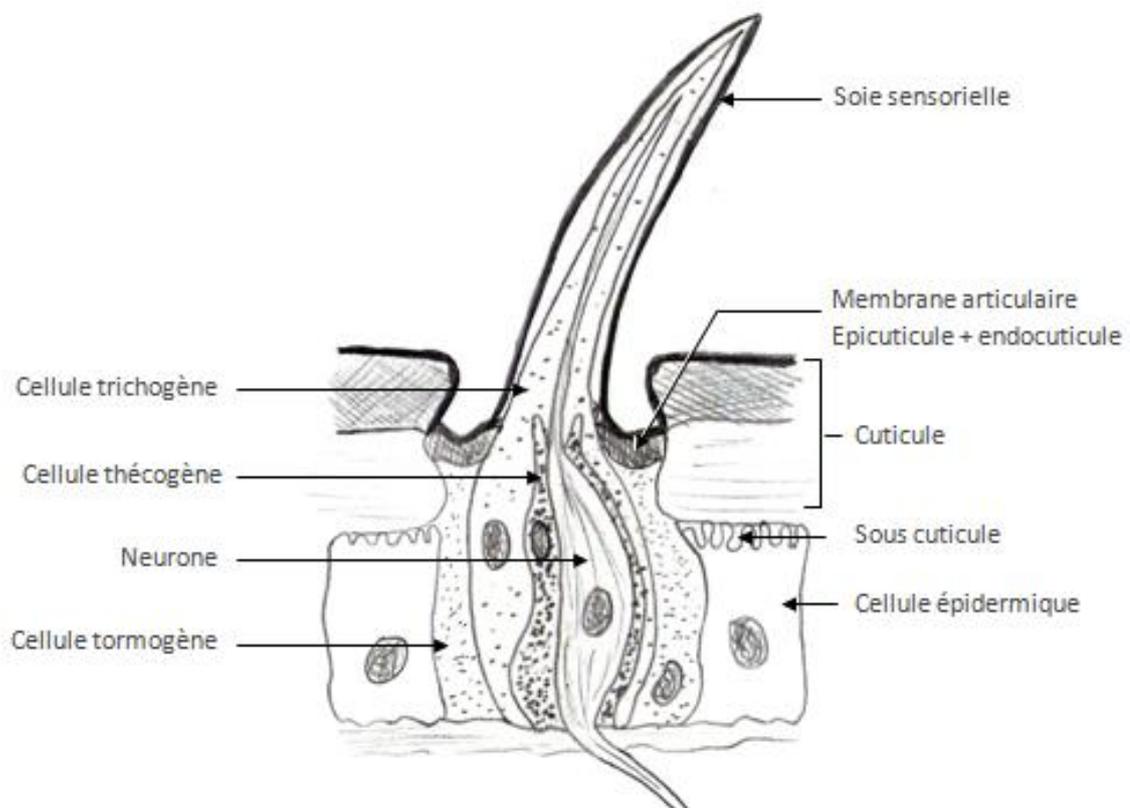


Figure 32 : Schéma d'une soie sensorielle (sensille)

## B. LES APPENDICES ARTICULES

L'appendice des *Arthropodes* est soit uniramé soit biramé. Ceci fut un critère de classification, aujourd'hui ça ne l'est plus.

L'appendice est constitué de plusieurs parties, une base le protopodite qui articule l'appendice au corps et qui porte 2 rames chez les animaux possédant des appendices biramés, l'endopodite interne et l'exopodite externe. Les appendices uniramés ne possèdent pas d'exopodite. L'endopodite et l'exopodite, quand il existe, forment le télopodite.

Le protopodite est divisé en 3 articles, le précoxopodite, le coxopodite et le basipodite. Le précoxopodite, souvent soudé à la paroi du corps, et le coxopodite ont une partie interne, l'endite, et une partie externe l'épipodite. La basipodite porte le télépodite

Le télépodite est composé de deux rames distinctes quand la seconde existe, une rame interne ou endopodite comprenant 5 articles, l'ischiopodite, le méropodite, le carpopodite, le propodite et le dactylopodite. La seconde rame, ou exopodite, est externe et porte beaucoup plus d'articles

Les appendices ont des formes et des fonctions très diverses. Organes sensoriels (antennes, pédipalpes ou antennules), pièces buccales ou pattes. Ils peuvent servir à la respiration, les épipodites portent alors des branchies, ou à la reproduction.

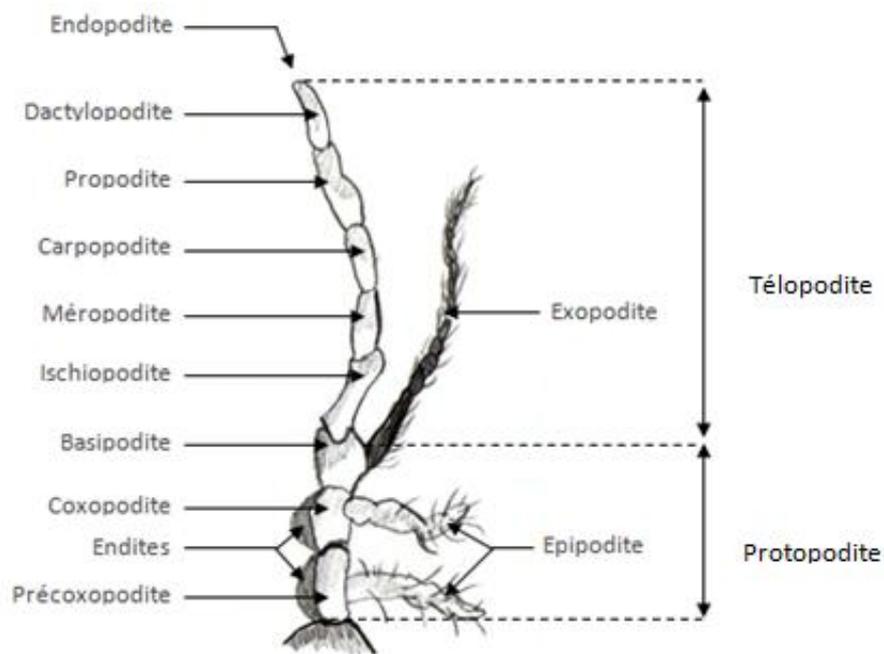


Figure 33 : Schéma d'un appendice biramé

Autrefois, la classification officielle divisait les *Arthropodes* en uniramés et en biramés, les biramés étaient représenté par les crustacés. Seuls les crustacés possèdent donc un exopodite

#### IV. ORGANISATION ET ANATOMIE



##### A. LE TUBE DIGESTIF

###### 1. LA BOUCHE ENTOUREE DE PIECES BUCCALES

Chez les *Chélicérates*, il y a une paire de chélicères composée de 2 ou 3 articles en forme de pinces ou de crochets. Les chélicères sont souvent associées à des glandes à venin. La seconde paire d'appendices est la paire de pédipalpe composée de 6 articles qui ont un rôle sensoriel tactile.

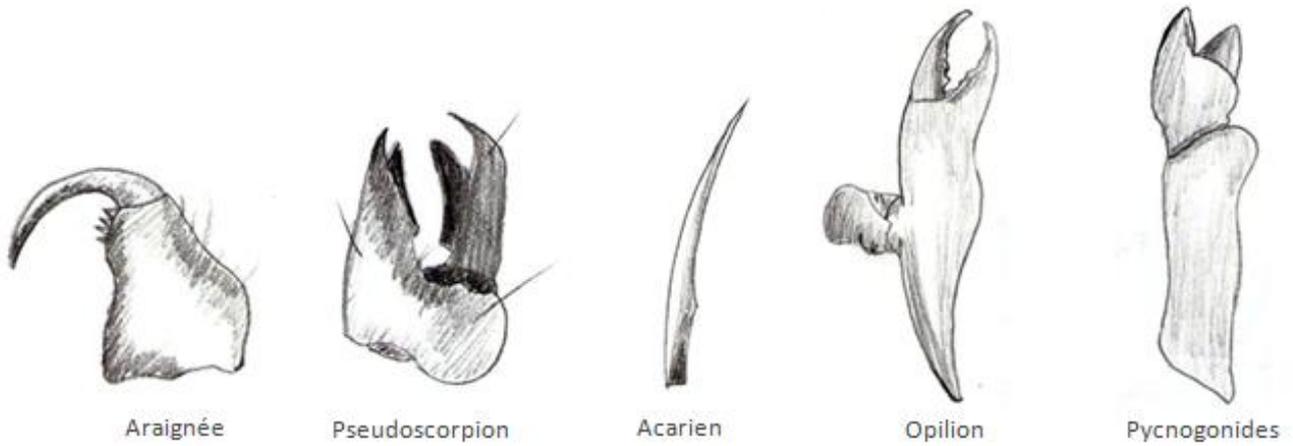


Figure 34 : Morphologie de diverses chélicères

Chez les *Mandibulates*, les pièces buccales sont différentes en fonction des groupes.

**a. Chez les Crustacés**

Chez la langoustine, qui est un *Crustacé*, la tête porte 5 paires d'appendices. Les antennules (A1), les antennes (A2), les mandibules (Md), les maxillules (Mx1) et les maxilles (Mx2).

Les pièces buccales ne sont, par ailleurs, pas essentiellement portées par la tête, en effet elles sont composées d'une paire de mandibules (Md), une paire de maxillules (Mx1) et 3 paires de pattes mâchoires qui sont portées par le péréion (Pmx1, Pmx2 et Pmx3)

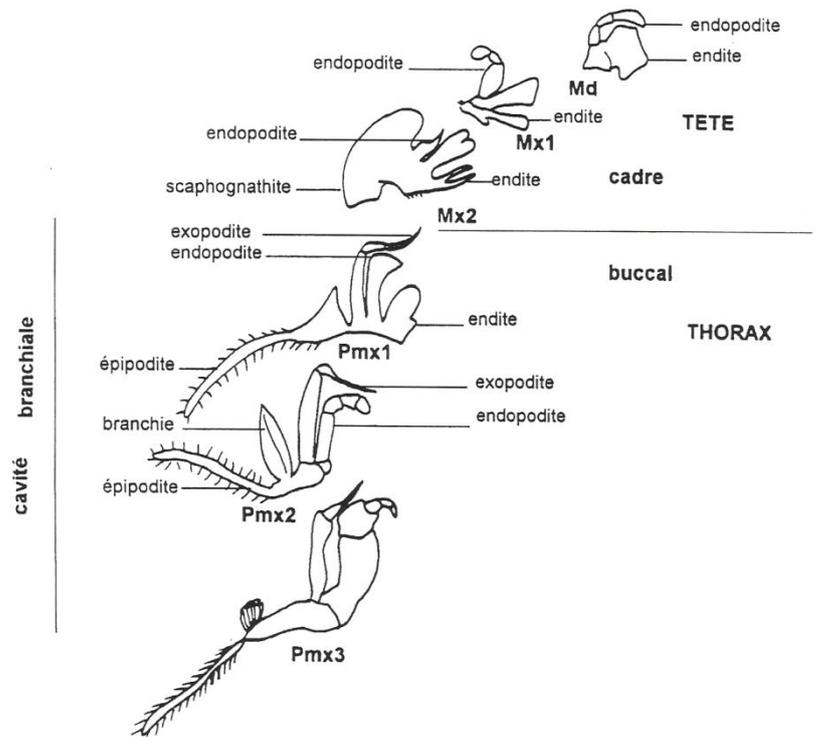


Schéma extrait d'une diapositive universitaire

Figure 35 : Pièces buccales d'un crustacé

**b. Chez les Myriapodes**

Les pièces buccales des *Myriapodes* sont portées par la tête, elles sont composées d'une paire de mandibules (Md), d'une paire de maxilles (Mx1 équivalentes aux maxillules des *Crustacés*) et d'une paire d'appendices qui fusionnent pour former le labium, ou lèvre inférieure (2Mx2 soudées équivalentes aux maxilles des *Crustacés*). En plus de ces pièces buccales les myriapodes portent une paire de crochets associés à des glandes à venin, les maxillipèdes.

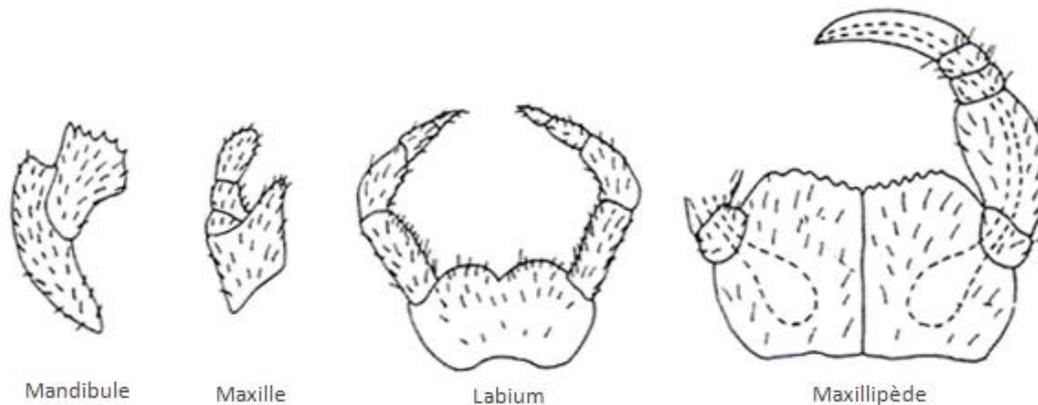


Figure 36 : Pièces buccales et maxillipède des myriapodes

Schéma extrait d'une diapositive universitaire

### c. Chez les Insectes

Chez les *Insectes*, les pièces buccales sont portées par la tête, mais ne dérivent pas toute des appendices, en effet on compte une lèvre supérieure, le labre, en forme de pelle qui dérive directement d'un métamère, d'ailleurs ce labre est surmonté par une membrane utile lors des déterminations, le clypeus. Les pièces buccales dérivant des appendices sont d'une part la paire de mandibule, celles-ci sont orientées vers l'intérieur, il y a les molaires qui broient et les incisives qui arrachent. D'autre part on trouve une paire de maxilles, ou mâchoires antérieures qui portent chacune une palpe maxillaire composée de 5 articles. Enfin les deux Mx2 fusionnent pour former le labium. En fonction des animaux les pièces buccales sont modifiées par le régime alimentaire.

La bouche d'un criquet est subdivisée en deux parties, l'hypopharynx, ou langue, délimite ces deux cavités. L'atrium buccal ou s'ouvre le tube digestif et le salivarium ou débouche les glandes salivaires

Le criquet porte des pièces buccales le type broyeur.

Le type broyeur lécheur est surtout porté par les *Hyménoptères* comme les abeilles, Les paraglosses s'allongent pour former une sorte de paille qui permet aux insectes d'aspirer le nectar, Les mandibules participant au type broyeur ne servent qu'à malaxer la cire et ne sont pas fortement développé.

Le type suceur est divisé en deux sous types :

- le type suceur maxillaire comme les papillons dont les mx1 vont réduire leurs galéas pour former une trompe.
- Le type suceur labial où le labium s'est allongé, il est retrouvé chez les mouches

Le type piqueur suceur où les mandibules et les maxilles se transforment en stylet piqueur, ceci est bien visible chez les moustiques ou les *Hémiptères*

## 2. LE TUBE DIGESTIF

Le tube digestif est limité par un épithélium simple et est composé de trois segments, un segment antérieur ou stomodeum, un segment médian ou mésentéron et un segment postérieur ou proctodeum

- L'intestin antérieur : A l'entrée on a la bouche, on arrive dans le pharynx, puis l'œsophage, le jabot et le gésier, des coeca gastriques et des glandes externes lui sont associées. L'intestin antérieur est d'origine ectodermique, il est tapissé par une intima cuticulaires elle aussi renouvelée à chaque mue, il est ornementé de saillies qu'on appelle denticules ou râpes participant à la dégradation des aliments
- L'intestin moyen: Il a un rôle dans la digestion et l'absorption, en effet les cellules constitutives sécrètent des enzymes digestives et peuvent absorber les produits de la digestion. Il est d'origine endodermique. Parfois chez certains groupes, comme les *Crustacés* par exemple, le mésentéron est associée une glande digestive particulière, l'hépatopancréas.
- L'intestin postérieur : Il se termine par le rectum et l'anus, d'origine ectodermique il possède aussi une intima cuticulaires. Il y a réabsorption d'eau et certains ions.

La paroi digestive est pourvue de muscles circulaires et longitudinaux qui assurent un mouvement du contenu du tube digestif vers l'extérieur, on parle de mouvement péristaltique.

A la limite entre le mésentéron et le proctodeum on a des tubes, les tubes de Malpighi, ce sont des organes excréteurs qui ne concernent que les insectes.

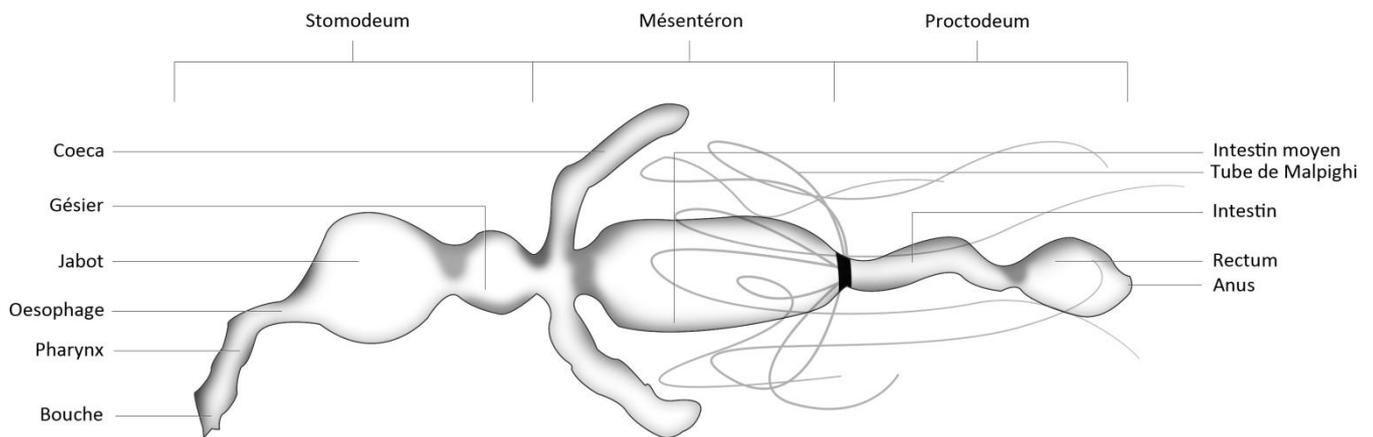


Figure 37 : Tube digestif d'un *Insecte*

La morphologie et la physiologie du tube digestif est en relation avec le régime alimentaire de l'animal, il varie d'une espèce à l'autre, voire même à l'intérieur d'une même espèce

## B. L'APPAREIL RESPIRATOIRE

La respiration chez les *Arthropodes* est complexes, ils colonisent tous les milieux on a donc plusieurs modes de respiration

### 1. LA RESPIRATION BRANCHIALE

Elle ne concerne que les *Crustacés* et les *Mérostomes* (limules) souvent ils ont des expansions foliacées au niveau du thorax. Ces branchies sont souvent reliées à la base des appendices, au niveau des épipodites, et servent à la respiration.

Chez les *Crustacés* supérieurs on a essentiellement deux types de branchies :

- les trichobranchies ou branchies filamenteuse : on a des filaments branchiaux en forme de tubes avec un vaisseau afférent et un vaisseau efférent. Les tubes sont séparés par un septum longitudinal, portant le nom de raphé, il va délimiter le trajet de l'hémolymphe. Les branchies sont formées par des cellules qu'on appelle les cellules piliers, ces cellules piliers forment des lacunes, l'hémolymphe circule dans chaque filament branchial afin d'arriver dans les lacunes, elle revient ensuite dans le vaisseau efférent. Un vaisseau a une paroi propre, une lacune n'en a pas, il s'agit d'un creux. Ce type de structure est retrouvé chez les langoustines ou les homards

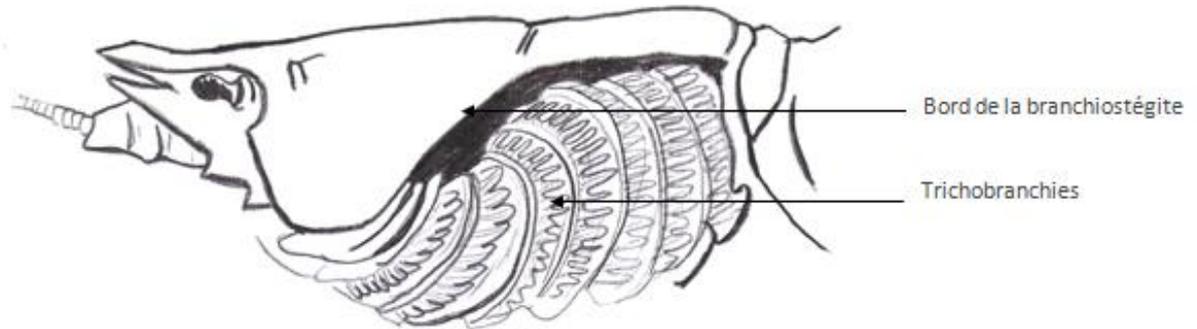


Figure 38 : Mise en évidence des branchies

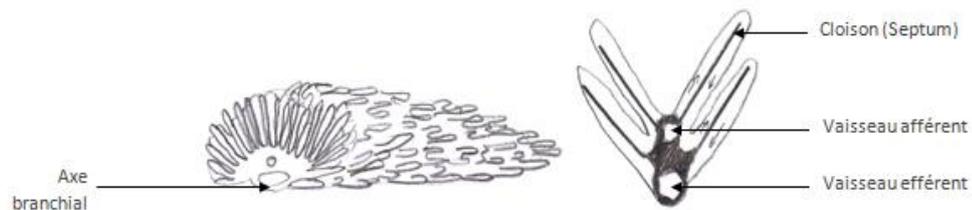


Figure 39 : Structure des branchies

- Les phyllobranchies : ce sont des branchies aplaties en forme de lamelle, elles sont bordées par des canaux marginaux, vues qu'elles sont très fines ces branchies sont entouré par des cellules piliers et entre ces cellules se forment des lacunes, l'hémolymphe passera entre ces lacunes. Ce type de structure est retrouvé chez les crabes.

Les branchies sont protégées par une cavité branchiale délimitée par un prolongement des tergites thoraciques, ceci est appelé le branchiostégite.

## 2. LA RESPIRATION TEGUMENTAIRE

Chez les *Crustacés* de petite forme on a une respiration tégumentaire, souvent ceci se fait sur des surfaces très amincies, ici ceci se fait au niveau des appendices.

## 3. LA RESPIRATION AERIENNE

### a. *Les pseudobranchies*

Les pseudotrachées sont présentes au niveau des *Isopodes* terrestres, ce sont les seuls *Crustacés* qui vivent sur terre, au niveau de leurs appendices ils ont de petites surfaces d'échanges en forme de lacune sur leurs exopodite. Au niveau des pléopodes. Les trachées s'ouvrent au niveau de la base de l'appendice à sa face interne

Les *Ligies* vivent quasiment toujours immergées mais ces autres isopodes portent aussi des pseudotrachées

**b. Le poumon des Arachnides**

Ce poumon est une invagination du tégument, il a une forme globuleuse. Dans sa partie dorsale il y a des lamelles, les replis lamelleux, ces replis vont communiqués ensemble dans un atrium. Cet atrium communique avec l'extérieur avec un stigmate. Entre les lamelles on a des petites cellules qui forment des lacunes, c'est au niveau de ces lacunes que l'hémolymphe circule. Chez une araignée il y a deux poumons (sauf chez les *Mygales* qui en ont 4) les *Araignées* ont aussi un système trachéen. Le poumon est situé dans l'opisthosome.

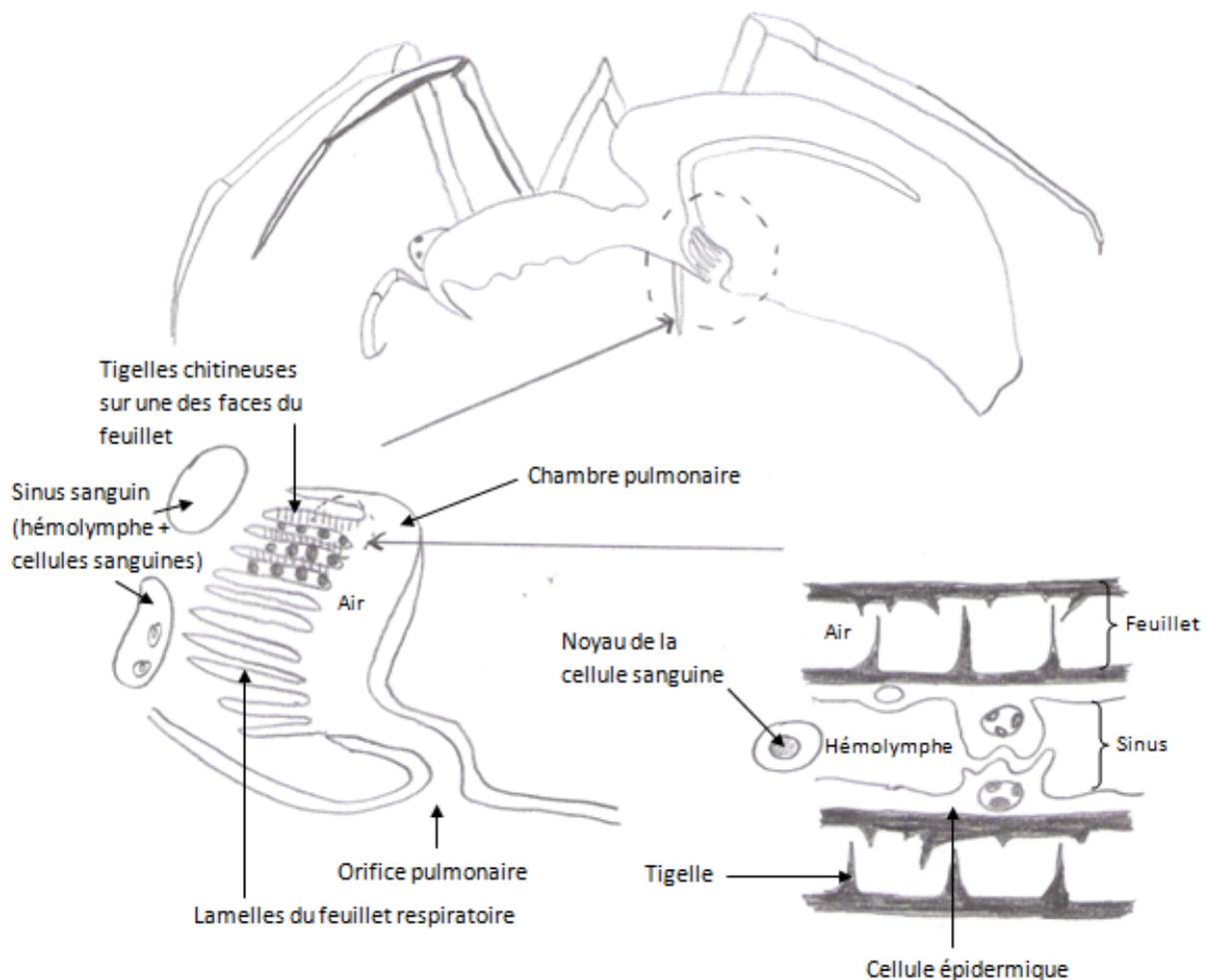


Figure 40 : Poumons des arachnides

Les trachées des *Araignées* sont un peu spéciales car les trachéoles se terminent dans l'hémolymphe au lieu d'aboutir directement sur les cellules. Ici l'hémolymphe est un intermédiaire de transport local de l'oxygène

### c. Les trachées chez les Myriapodes et les Insectes

La respiration des *Insectes* est assurée par des trachées qui constituent un système très perfectionné. Ce sont des invaginations du tégument, cette fois ci de forme tubulaire, elles communiquent à l'extérieur par des les stigmates, à l'intérieur de ces trachées, la cuticule forme, à certains endroit des épaissements en spirale qu'on appelle ténidies, ceci empêche les tube de se déformer et donc de se fermer.

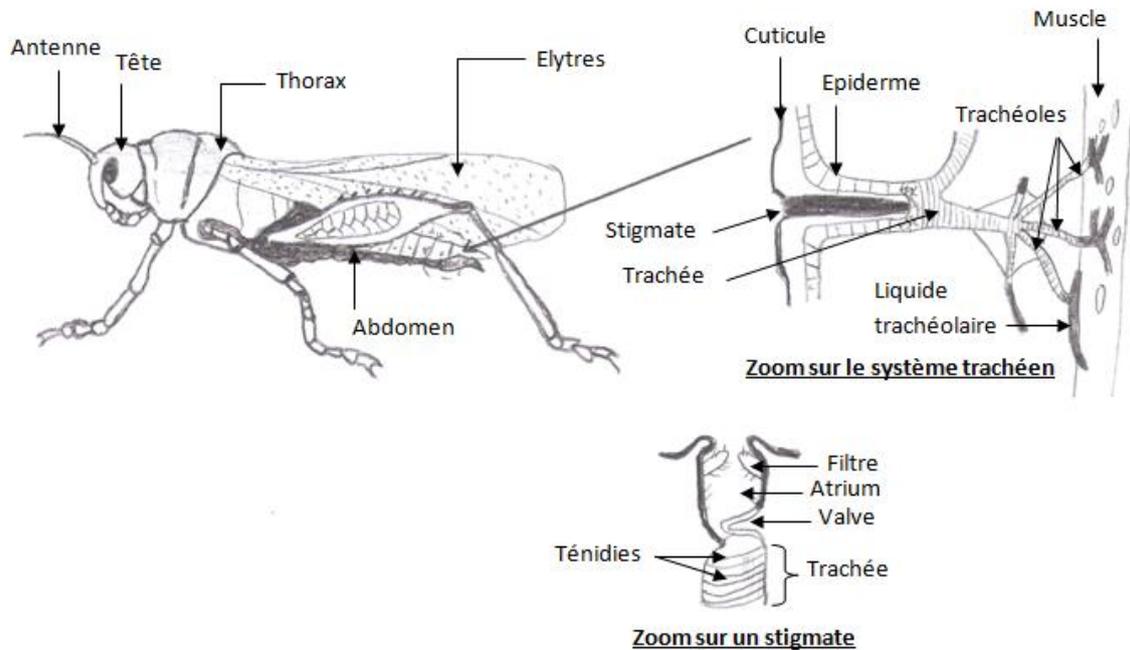


Figure 41 : Les trachées des *Insectes*

Les trachées se ramifient en de nombreuses trachéoles, ces ramifications deviennent de plus en plus fines pour atteindre 3 à 5  $\mu\text{m}$  en fin de ramification. Les dernières ramifications arrivent sur de grosses cellules, de forme étoilée, les cellules trachéolaires. De ces ramifications ce font des prolongements cytoplasmiques, les trachéoles. L'extrémité est aveugle et se termine directement dans les organes, l'oxygène arrive directement dans la cellule, les trachéoles repoussent le cytoplasme des cellules cibles, dans les trachéoles il y a un peu de liquide pour permettre la diffusion des gaz

Chez les arthropodes les moins évoluées, chaque trachée provient d'un métamère, ces trachées sont assez peu ramifiées et sont indépendante les une des autres. Par contre chez les arthropodes les plus évolués les trachées sont reliées les unes aux autres par des connexions transversales et longitudinales, ceci permet la circulation de l'air dans tout le corps

Il existe 3 systèmes :

- Un système de ramification dorsale qui irrigue les muscles pariétaux et le cœur
- Un système latéral irrigant les viscères
- Un système ventral qui irrigue la chaîne nerveuse et les muscles pariétaux

On trouve aussi des sacs aériens au niveau des muscles allaires chez les *Ptérygotes*, constituant des réserves d'air, ces sacs diminuent aussi la densité, la paroi est très mince, ce qui permet à l'animal par la contraction du corps de les remplir.

Plusieurs systèmes protègent le système respiratoire. L'obturation des stigmates par exemple, ils s'ouvrent au niveau d'une chambre qu'on nomme atrium, cet atrium est bordé par un filtre et une valve, qui empêchent l'eau et les particules de rentrer dans les trachées. Ceci est une adaptation réussie chez les *Arthropodes* terrestres, car elle empêche les dessiccations et permet la respiration, comme il n'y a pas de transport de gaz, la diffusion est limitée par la longueur des trachées. Plus ces trachées sont longues plus l'oxygène diffuse mal, ceci explique pourquoi les *Arthropodes* terrestres ont une taille limitée.

Lorsque l'*Insecte* mue, il renouvelle son appareil respiratoire

#### d. La respiration des insectes aquatiques

Les larves utilisant l'O<sub>2</sub> dissous dans l'eau

Les *Ephémères* ou les *Odonates*, ont des larves qui vivent dans l'eau, en temps que larve ils n'auront pas de stigmate comme à l'état adulte, il y a un système particulier, le système trachéen existe déjà mais les stigmates sont clos, elles possèdent par contre des trachéobranches, l'oxygène y passe et sera transmis aux trachées. Ce sont des expansions tégumentaires au niveau des trachées localisées différemment en fonction des individus, ces expansions portent aussi des petites trachées, l'eau passe, l'O<sub>2</sub> est capté au niveau de la trachéobranche et est transmis aux trachées

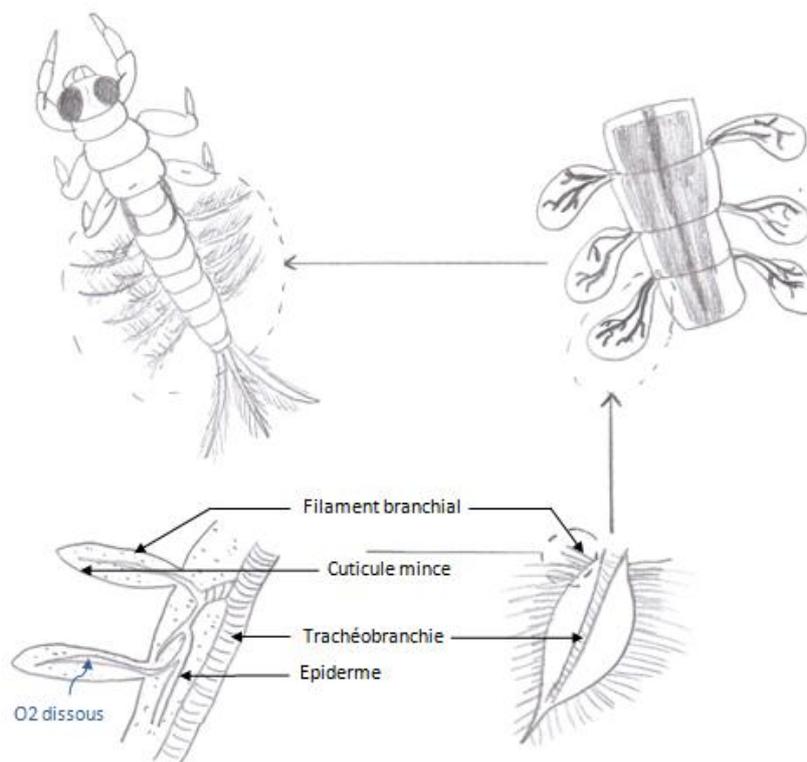


Figure 42 : trachéobranche des larves d'éphémère

Les échanges peuvent se faire au niveau anal (Corbeilles branchiales). En effet un autre système est constitué par les branchies rectales, en coupe transversale de la larve, les branchies sont des invaginations de 6 replis au niveau du rectum, par les contractions du cloaque l'oxygène entre

Larve d'Aesche en vue macroscopique, dissection et observation de la chambre respiratoire rectale

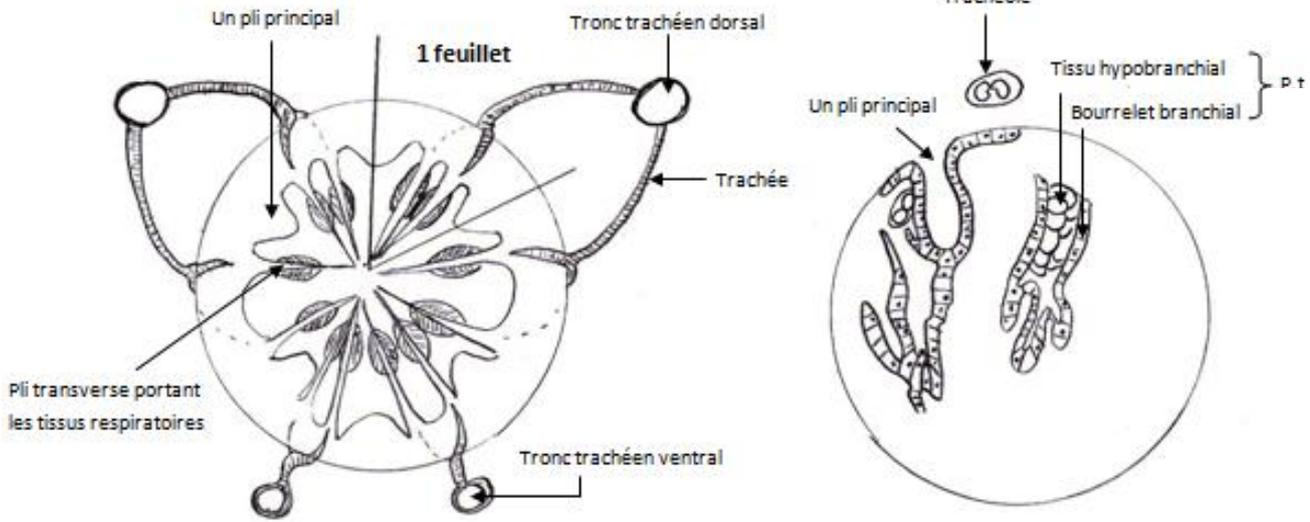
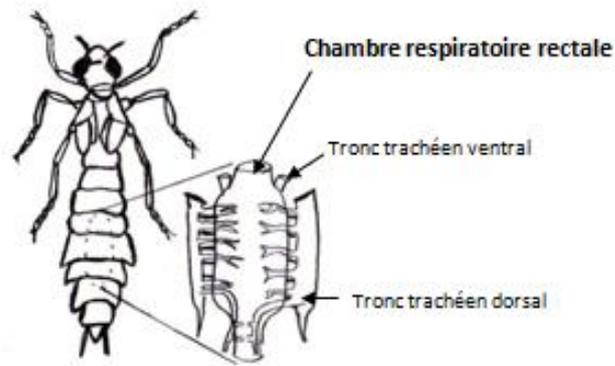


Schéma de la coupe transversale de la corbeille branchiale vu au microscope à l'objectif x4 – x10

Figure 43 : Corbeille branchiale de larve D'Aesche

### Les Insectes qui utilisent l'oxygène gazeux

Ces *Insectes* portent des systèmes particuliers, ils sont par contre tous aquatique. Tous les stigmates sont clos sauf la dernière paire abdominale. Ces stigmates s'ouvrent au niveau d'un siphon. Le siphon peut être lié à sa base ou à son extrémité au stigmate, il absorbe l'air et l'achemine vers les trachées.

Les larves ont un siphon respiratoire plus ou moins long avec ou non des crochets fixateurs à leurs bases, Les larves se tiennent alors verticalement ou obliquement sous la surface de l'eau. La disposition et la nature des soies, les proportions du siphon, la base du siphon sont utilisés en systématique.

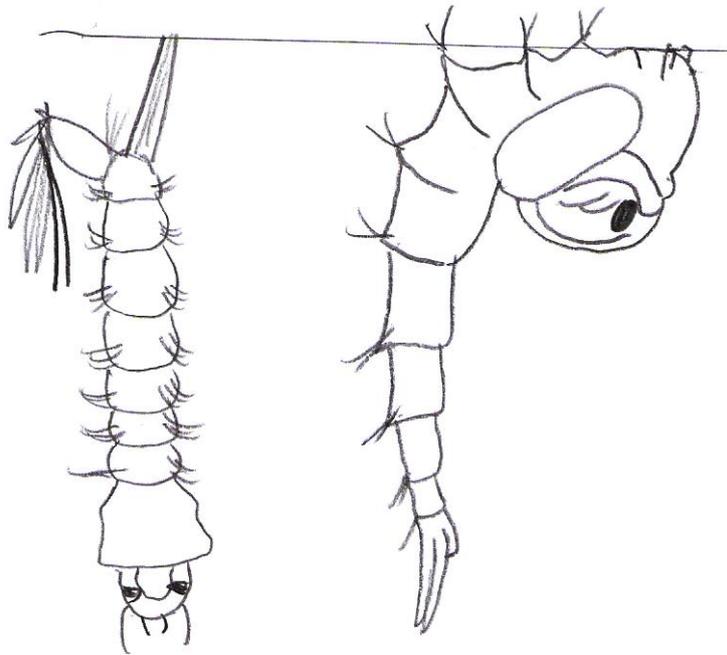


Figure 44 : Schéma montrant comment la larve et la pupa de Culex respirent

La larve du Coléoptère Donacia pique le roseau à l'aide de l'éperon de son 8<sup>ème</sup> stigmate abdominal et prend l'oxygène dans les lacunes aérifères.

Certains autres insectes peuvent emmagasiner de l'air. Le dytique doit se débrouiller pour capter l'oxygène à la surface de l'eau. Pour rester plus longtemps sous l'eau, le dytique a trouvé une astuce. Il coince de l'air sous ses élytres. Quand la bulle d'air est vide il remonte à la surface pour la recharger. les notonectes portent quant à elles des soies hydrophobes qui coincent l'air dans leur dos, leur permettant de faire une réserve d'air

#### e. Les Crustacés qui respirent hors de l'eau

Ces Crustacés portent une pièce buccale particulière, le scaphognatite, celui bat normalement pour ressortir l'eau quand il n'y a plus d'eau elle bat dans l'autre sens, ça oxygène l'eau restante dans la cavité buccale et donc permet la respiration

### C. L'APPAREIL CIRCULATOIRE

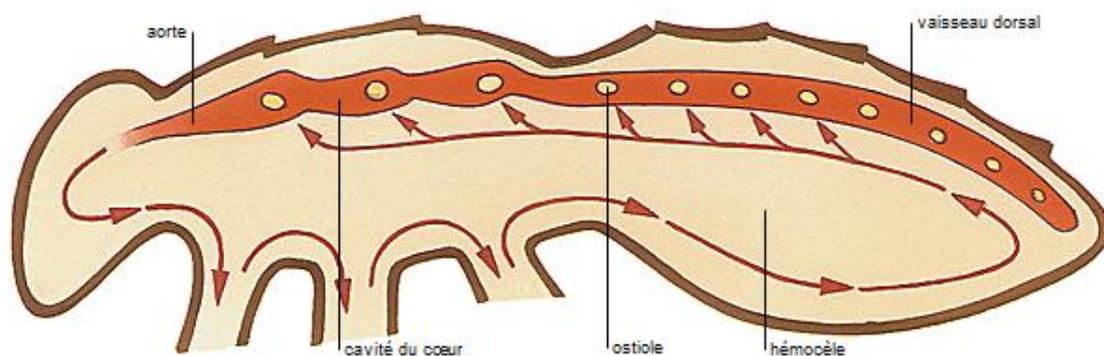


Figure 45 : Système circulatoire d'un Insecte © Larousse

L'appareil circulatoire n'est pas clôt, il est constitué d'un tube plus ou moins long constituant le cœur, ce tube porte des pores, les ostioles, il propulse l'hémolymphe d'arrière en avant, l'hémolymphe arrive dans les sinus et baigne les organes, le système qui ramène l'hémolymphe au cœur est très peu développé, en effet il la ramène par des lacunes veineuses. Tout autour du cœur on a un sinus péricardique

Chez quelques *Crustacés* et quelques larves d'*Insectes* on trouve de l'hémoglobine (notamment chez la larve de chironome) et de l'hémocyanine la couleur de l'hémolymphe n'a de rapport qu'avec ce que l'insecte mange. L'hémolymphe n'a aucun rôle respiratoire, elle ne porte donc pas de pigments colorés

## D. L'APPAREIL EXCRETEUR

Excréter sert à la fois à maintenir l'équilibre des concentrations en soluté mais aussi au maintien dans l'organisme d'un volume d'eau idéal. Cela sert aussi à l'élimination des déchets du métabolisme et à l'élimination des substances étrangères ou de leurs produits

Les systèmes excréteurs sont très variés selon les groupes, cependant ils utilisent l'ultrafiltration et transport actif. L'ultrafiltration utilise les gradients de pressions, la pression entraîne le passage du liquide à travers une membrane partiellement perméable, l'eau et les petites molécules solubles passent mais pas les grosses. Le transport actif consiste en un mouvement de soluté contre le gradient électrochimique grâce à un mécanisme nécessitant une dépense énergétique

Le coelome est réduit à certains organes excréteurs et les cavités gonadiques, les coelomes n'ont plus de disposition métamérique, les néphridies n'en ont donc pas non plus. Chez les *Arthropodes* l'appareil excréteur porte le nom de coelomoducte. Ces organes mettent en relation une cavité coelomique avec l'extérieur. Ces organes sont retrouvés chez les *Arthropodes* marins, les *Arthropodes* terrestres ont des tubes de Malpighi.

### 1. LES GLANDES COXALES

Les organes excréteurs sont appelés glandes coxales, elles sont situées à la base des pattes, on les trouve aussi au niveau des glandes antennaires ou mandibulaire, on a aussi des reins céphaliques des *Myriapodes* et de certains *Insectes*

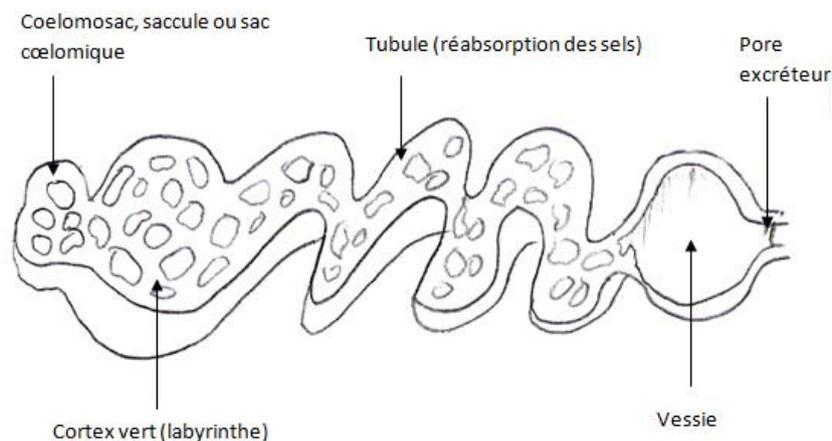


Figure 46 : Glande verte de l'écrevisse dépliée

Toutes ces glandes excrétrices ont un fonctionnement identique. Elles sont constituées de deux parties :

- Le saccule terminal d'origine coelomique possédant des parois contenant des podocytes qui permettent l'ultrafiltration.
- Le coelomoducte qui est un tube contourné, qui peut se dilater en une vessie. Il débouche à la base de l'appendice qui lui a donné naissance (coxa, antenne ...)

## 2. LES TUBES DE MALPIGHI

Les tubes de Malpighi sont présent chez les *Insectes*, les *Myriapodes* et les *Arachnides* ce sont des tubes grêles qui baignent dans l'hémolymphe, ils débouchent dans le tube digestif entre le mésentéron et le proctodeum, l'extrémité distale est aveugle, leur nombre varie en fonction des espèces, de 2 à 2500, ils forment de l'urine pâteuse, elle est fabriquée par sécrétion au niveau de la partie distale et réabsorption au niveau proximal. Il n'y a donc pas d'ultrafiltration, cette urine est évacuée par l'anus.

## 3. LES NEPHROCYTES

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

## 4. LES REINS D'ACCUMULATION

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

## E. L'APPAREIL GENITAL

D'une façon générale, les *Arthropodes* sont des animaux à sexes séparés, ce sont des animaux gonochoriques, certains sexes sont morphologiquement très différents. L'échange de gamète se fait par accouplement L'accouplement est très varié en fonction des groupes et mm des espèces. Les gonades sont associées à des organes annexes, il y a aussi des organes servant à la reproduction ou au stockage des spermatozoïdes.

### 1. CHEZ LES CRUSTACES

L'appareil génital est situé dans le péréion, les gonades sont paires et soudées sur la ligne médiane, et prennent souvent l'aspect d'un Y, les gonades sont dans une cavité représenté par un résidu de coélome.

Chez le mâle les canaux déférents s'ouvrent à la base des coxopodites des Pe8 (péréiopodes 8). Pour la femelle, les oviductes s'ouvrent à la base des coxopodites des Pe6

Les spermatozoïdes, quand ils sont émis sont regroupés en spermatophores, ils sont captés par les gonadopodes, les pl1 et 2 (pléopodes 1 et 2) et ils sont déposés sur les sternites thoracique à la base des pe6 là où sortent les ovocytes. Il y a fécondation.

Les œufs sont pondus et fécondés dès la sortie des oviductes. Soit ils sont libérés dans l'eau de mer, soit ils sont collés au niveau d'un substrat, soit les œufs sont accrochés au pléopodes 3 à 5 par des sécrétions d'une glande, les glandes cémentaires.

Les œufs des *Crustacés* sont riches en vitellus, la segmentation est donc difficile, elle est donc partielle. L'œuf libère une larve le *Nauplius*

## 2. CHEZ LES INSECTES

Les sexes sont séparés et le dimorphisme sexuel est plus ou moins accentué. D'une manière générale les appareils génitaux sont bâtis sur la même structure

Les gonades et les gonoductes sont pairs, ces structures sont d'origine mésodermique. Elles hébergent les cellules germinales dont la finalité est d'aboutir aux gamètes.

Le conduit génital est impair et médian, il est d'origine ectodermique et est aussi commun.

Chez les *Insectes* on a un appareil copulateur externe, le génitalia, chez le male il sert au rapprochement des sexes et au transfert des spermatozoïdes, les pièces sont très différentes et permettent de ne pas avoir de fécondation entre deux espèces

L'appareil femelle est composé de 3 valves et est appelé ovipositeur

La gonade male est composée de tubes séminifères, ils sont reliés par un pédicelle à un tube commun le spermiducte, parfois les testicules sont accolés pour former une masse testiculaire, la partie basale du spermiducte peut être dilaté en vésicule séminale, ils se terminent par le canal éjaculateur, en commun avec l'appareil copulateur (pénis ou aedeagus) on a des glandes accessoires qui permettent d'agglomérer les spermatozoïdes en spermatophores et de faire du liquide séminal. L'aedeagus est souvent associé à deux formations chitineuses, les épiphalus

La gonade femelle est composée de 2 ovaires, faite par un certain nombre d'ovarioles (ou ovigères), à l'intérieur on a des gamètes dont la taille est de plus en plus grande. Ça débouche sur un pédicelle qui peut être fermé par un bouchon épithélial qui est détruit à chaque ovulation. Chaque ovariole est composée de 4 parties :

- Un filament terminal fait d'un prolongement de l'ovariole, ils servent à garder la position de l'ovariole, accroché à la partie dorsale, l'ensemble de ces filaments est appelé ligament suspenseur.
- Le germarium, qui contient des cellules appartenant à deux séries distinctes, les cellules germinales primordiales dont l'évolution donne les ovocytes et les cellules préfolliculaires d'origine mésodermique pour former un follicule, ces dernières sont appelés aussi cyctocytes.
- le vitellarium, il s'agit de la zone de croissance de l'ovocyte, on trouvera une série d'ovocyte linéaire dont la taille sera croissante.
- Le pédicelle avec le bouchon épithélial

Les deux oviductes latéraux vont fusionnés en un vagin médian, les œufs en fonction des espèces, qui sont pondus seuls ou en amas, descendent et sont fécondés dans la chambre génitale par les spermatozoïdes stockés dans la spermathèque.

Les œufs sont imbibés d'une substance sécrétée par les cellules cholérétiques. Ils sont collés à un substrat, il existe un appareil de ponte et l'oviscapte pour capter les spermatozoïdes.

L'œuf est centrolécithes et la segmentation est superficielle, l'œuf libère une larve

### 3. CHEZ LES ARACHNIDES

Les sexes sont séparés et à l'exception des *Acarions*, l'orifice génital est situé à la face ventrale du 2<sup>ème</sup> somite abdominal (8<sup>ème</sup> somite du corps)

### 4. CHEZ LES MEROSTOMES

Les sexes sont séparés mais l'appareil reproducteur a la même organisation selon qu'on est chez le mâle ou la femelle. La gonade est unique, elle est située au dessus du tube digestif dans la moitié postérieure du prosoma et dans l'abdomen. Elle est constituée par un réseau symétrique de tubules ovariens ou spermatiques. Les gamètes sont conduits par un court gonoducte vers le gonopore

### 5. CHEZ LES PYCNOGONIDES

Les *Pantapodes* sont aussi gonochoriques, la présence d'une structure particulière permet de distinguer le mâle de la femelle, en effet la femelle porte des ovigères.

La gonade est unique, chez les mâles et les femelles, elle se trouve dorsalement au tube digestif, elle a la forme d'un U dirigé vers l'arrière. Les branches de cette gonade envoient des prolongements dans chaque appendice. Les orifices sexuels se trouvent à la base des Coxae. A maturité les œufs migrent dans les fémurs des gonopodes (pattes portant les gonopores)

## F. LE DEVELOPPEMENT POST EMBRYONNAIRE

### 1. CHEZ LES CRUSTACES

La croissance se fait de façon discontinue, elle est entrecoupée de mues, chez les *Crustacés* la croissance est indéfinie, elle continue toute la vie sauf chez une espèce l'araignée de mer maya qui s'arrête de grandir après une mue de puberté.

Il existe deux sortes de développement :

#### **a. Le développement condensé**

Le jeune a directement la forme de l'adulte

#### **b. Le développement dilaté**

La vie larvaire comprend un grand nombre de stade morphologiquement distinct, la forme adulte apparait progressivement. Plusieurs stades larvaires (5) sont nécessaires à la mise en place de la forme adulte :

- le premier est le nauplius. entre chaque stade on a un certain nombre de mue qui conduisent à changer progressivement l'animal entre la larve nauplius et la larve métanauplius

Ce premier stade est caractéristique de la majorité des *Crustacés* marins, il s'agit de la forme larvaire la plus primitive. Il s'agit d'une forme planctonique de 0,5 mm de long qui ne présente aucune trace de segmentation, son corps est ovoïde et présente deux soies caudales. Cette forme porte cependant 3 paires d'appendices dont les deux postérieures sont biramées, ils correspondent d'avant en arrière aux antennules, aux antennes et aux mandibules. Les deux appendices biramés (antennes et mandibules) présentent beaucoup de soies. Le tube digestif se situe à l'arrière de deux masses de mésoderme. Il commence au niveau de la bouche qui se situe entre les deux antennes. Elle présente une lèvre supérieure et une lèvre inférieure, respectivement appelées épistome et métastome. Le tube digestif se termine par l'anus qui s'ouvre entre les deux soies caudales

L'appareil circulatoire est pour le moment absent cependant il existe un appareil excréteur constitué de deux glandes coxales à la base des antennes, on parle aussi de glandes antennaires

A la face dorsale il y a présence d'un œil en position médiane et antérieure, il est constitué de trois ocelles. Le système nerveux est quant à lui rudimentaire, il présente un amas ganglionnaire supra-œsophagien (futur protocérébron) et 3 masses ganglionnaires sous-œsophagiennes qui sont en fait les neuromères correspondant aux trois paires d'appendices.

Après études embryologique, on sait que le nauplius est représenté par la fusion de l'acron de 4 somites et du telson.

- Le métanauplius suit après plusieurs mues le stade nauplius (1 jour et demi entre le stade nauplius et métanauplius). Il mesure 0,4 à 0,6 mm. Son corps est en forme de raquette, il possède 4 ébauches de métamères postmandibulaires dont le bourgeon des maxillules, des maxilles et des deux premiers péréiopodes. Le telson se termine par une structure particulière qu'on nomme furca de deux expansions latérales. L'organisation interne se perfectionne pendant environ le temps de 7 mues.
- La larve protozoé est le troisième stade et apparaît moins de 3 jours après l'éclosion, à ce stade apparaissent deux régions distinctes. Une région antérieure de forme ovale et recouverte d'une carapace, ainsi qu'une région postérieure de forme cylindrique et se terminant par une furca très bien marquée. les appendices maxillules, maxilles et pmx1 (péréiopodes 1) et Pmx2 (péréiopodes 2), acquièrent leur forme définitive. La larve mue pendant 4 à 5 jours et atteint une taille de 1,5 mm. Pendant ces mues les yeux continuent à se différencier et on voit apparaître la segmentation de la région postérieure
- La larve zoé apparaît 2 à 3 jours plus tard, cet état larvaire est caractérisé par la présence des péréiopodes 3 (Pmx3) qui est biramé et par l'apparition des 5 derniers segments thoraciques. L'abdomen ne porte qu'une paire d'appendice au niveau du dernier somite, ces appendices fusionneront avec la furca du telson pour former une nageoire caudale
- La larve mysis fait suite au stade zoé après 3 jours, elle acquit les pléopodes, les segments thoraciques sont recouvert d'une carapace et sont incorporés au céphalothorax.

## 2. CHEZ LES INSECTES

La croissance est discontinue et limitée, la dernière mue est la mue imaginale, car elle libère la dernière forme de l'*Insecte* qui est appelé imago.

### a. **Chez les Amétaboles**

Les *Amétaboles* sont les *Insectes* qui ne présentent pas de métamorphose, Le jeune ressemble donc à l'adulte, il y aura croissance de l'antenne et développement de ses différents segments, lors de la mue imaginal l'animal acquière des gonades matures. Il existe chez ces *Insectes* des mues post imaginal qui vont alterner les cycles de reproduction

### b. **les Hétérométaboles**

Les *Hétérométaboles* regroupent les *Insectes* qui ont des métamorphoses complètes et incomplètes. On parle respectivement des *Holométaboles* et des *Hémimétaboles*. Il existe aussi un autre groupe, les *Paurométaboles* qui n'ont pas réellement de métamorphose mais juste les ailes qui se développent. L'œuf libère une larve différente de l'adulte, les gonades n'apparaissent qu'à la mue imaginale.

- Les *Paurométaboles*, la larve est identique à l'adulte mais il va y avoir développement des ailes qui va être progressif, l'ébauche de l'aile est visible dès la naissance, on parle d'*Exoptérygotes*
- Les *Hémimétaboles* sont aussi des *Exoptérygotes*, l'ébauche de l'aile est visible, mais il y a des différences entre l'adulte et la larve, autant morphologique que comportementale. La mue imaginale entraîne des changements très importants en rapport avec le mode de vie (aquatique à terrestre dans la plupart des cas), les ébauches allaires ne se développent qu'à la mue imaginale
- Les *Holométaboles* sont *Endoptérygotes*, les ailes n'apparaissent qu'au dernier stade de la vie, le stade nymphal, à la fin de ce stade nymphal, il y a la mue imaginale qui est la véritable métamorphose.

## 3. CHEZ LES ARACHNIDES

Le développement se fait sans métamorphose. Le coelome se segmente en deux bandes de mésoderme qui se segmentent en autant de cavités que de métamères externes. Ceci les fait se rapprocher des *Annélides*

### a. **Cas des Scorpionides**

Les scorpions sont vivipares ou ovovivipares. Les ovovivipares possèdent des œufs dont le développement se fait dans la lumière des tubules ovariens. Les espèces vivipares ont des œufs dépourvus de vitellus, ces œufs se développent isolément dans des diverticules ovariens en relation avec un caecum digestif maternel. Il s'agit d'un équivalent au cordon ombilical chez les *Mammifères*.

Le développement est extrêmement lent (quelques mois voire une année) et aboutit à la naissance de 6 à 19 jeunes qui grimpent immédiatement sur le dos de leurs mère pour accomplir leur L1 (premier stade larvaire qui dure une semaine). Les jeunes quittent ensuite progressivement la mère pour devenir indépendant, en un an et un nombre de mue variable selon les espèces, ils deviennent adultes.

### b. **Cas des Aranéides**

La femelle pond jusqu'à 3 000 œufs répartis en un nombre variable de cocons soyeux qui peuvent être, selon les espèces, transporté par la mère comme *Pisaura mirabilis* ou *Pardosa amentata*, ou fixés sur différents substrats. Chez l'épeire diadème *Araneus diadematus*, le cocon est fixé au dessus de la toile, à l'abri des prédateurs, il en est

de même pour les espèces du genre *Tegenaria*, à ceci près que ces espèces forment des toiles en forme de tube, les cocons sont ainsi protégés à la fois par le « terrier » mais aussi par la mère qui garde l'entrée

Les œufs présentent un vitellus centré, on parle d'œuf centrolécithes, le développement commence par une segmentation partielle. Après la sortie de l'œuf, les jeunes font leur première mue et sortent du cocon. La dispersion des petits se fait souvent par le vent, le jeune est alors accroché à un long fil de soie, on parle du fil de la Vierge.

Le nombre de mue pour arriver au stade est variable selon l'espèce et la taille. Seules les femelles des *Mygalomorphes* muent après avoir atteint le stade adulte.

## G. SYSTEME NERVEUX ET ORGANES DES SENS

### 1. LE CERVEAU

Le cerveau des *Arthropodes* résulte de la fusion de l'Archicérébron aussi appelé protocérébron et des deux premiers neuromères, on les appelle deutocérébron et tricérébron. Le protocérébron est en relation avec les organes visuels (yeux composés, ommatidies ou ocelles), il contient donc de gros ganglions optiques. Le corps central composé du pont protocérébral et des corps pédonculés forme des centres associations et d'intégration, ceux-ci sont très développé chez les *Insectes* sociaux.

Le Deutérocérébron est en relation avec les antennules et les antennes, il contient les ganglions antennaires ou antennulaires. Ces centres olfactifs symétriques sont réunis au dessus de l'œsophage, par une structure qu'on appelle commissure supra-œsophagienne.

Le tricérébron est encore sous l'œsophage, la céphalisation de ce neuromère est incomplète. Il innerve les antennes, les chélicères ou le labre selon la classe d'*Arthropodes*.

L'organisation de ce cerveau est très proche de celui des annélides, d'ailleurs embryologiquement, l'origine est la même, il s'agit de structures préorales. Sauf dans le cas du tricérébron qui est postoral et qui devient préorale au cours du développement de certains *Arthropodes*, en effet chez certains, notamment les *Crustacés Branchiopodes*, les *Collemboles* ou les *Hémiptères* la céphalisation du tricérébron n'est pas achevée et il occupe toujours une position postorale.

Le tricérébron est en relation avec le système sympathique antérieur aussi appelé stomogastrique. Ce système innerve le stomodeum (partie antérieure du tube digestif).

### 2. LA CHAINE NERVEUSE

La chaîne nerveuse est ventrale, comme chez tous les hyponeuriens, elle comporte une paire de ganglions par métamère qui sont associées entre eux par une commissure transversale et avec la paire antérieure et postérieure par des connections longitudinales, cependant via la tagmatisation, les ganglions d'une même paire sont soudés entre eux et les connections longitudinales associées aussi. Chaque ganglion est à l'origine de 3 paires de nerfs.

Les ganglions portent beaucoup de cellules neurosécrétrices, les produits de sécrétions seront directement déversés dans l'hémolymphe au niveau des organes neuro-hémaux. Ces substances contrôlent divers processus comme par exemple la mue, la digestion, l'excrétion, ou la vitellogenèse.

### 3. LES ORGANES DES SENS

On distingue deux types d'organes sensoriels selon qu'ils donnent des informations internes ou externes à l'organisme, on parle respectivement d'organes proprioceptifs ou intéroceptifs et d'organes extéroceptifs.

Dans les organes extéroceptifs on peut distinguer des organes photorécepteurs, gustatifs, olfactifs, auditifs ou thermosensibles. Ces éléments sont toujours construits sur la même base de 3 éléments :

- Des cellules sensorielles, des cellules épidermiques sont reliées par des neurofibres sensorielles à un centre nerveux, constituent alors le début d'un arc réflexe (neurone afférent, interneurone et neurone efférent)
- Une formation cuticulaire dont la structure est variable en fonction de la propriété de l'organe, son but est de transmettre l'information du milieu extérieur à la cellule sensorielle. Précédemment nous avons décrit la structure d'une soie sensorielle, le principe reste identique. La soie capte l'information et la fournit au neurone.
- Des éléments annexes, une ou plusieurs cellules épithéliales ont un rôle dans la sécrétion de cuticule ou dans la protection de la cellule nerveuse, c'est typiquement le cas de la cellule trichogène qui entoure et protège la terminaison dendritique de la cellule nerveuse au niveau de la soie.

L'ensemble de ces constituants forment ce qu'on appelle une sensille. Ce sont des structures d'origine ectodermique, elles sont donc toutes périphériques. Ce sont elles qui vont conditionner les actions de l'animal.

Les organes photosensibles ou ommatidies fonctionnent aussi sur le même principe. On a des cellules épidermiques spécialisées, les cellules rétinienne disposées en une seule assise et dont le prolongement forme le nerf optique, cette assise est superposée d'une formation cuticulaire qui joue le rôle de lentille dont le rôle est de concentrer la lumière. On distingue selon le nombre de formations cuticulaires, les ocelles qui ne possèdent qu'un dioptre pour l'ensemble des cellules sensorielles et les yeux composés qui ont autant de formations cuticulaires que de cellules sensorielles.



DEMANGE, Jean-Marie. Myriapodes [En ligne]. In : *Encyclopaedia Universalis*. Paris : Encyclopaedia Universalis S.A, 2008. Disponible sur <http://www.universalis-edu.com/> (consulté le 25 janvier 2012)

FOREST, Jacques. Crustacés [En ligne]. In : *Encyclopaedia Universalis*. Paris : Encyclopaedia Universalis S.A, 2008. Disponible sur <http://www.universalis-edu.com/> (consulté le 25 janvier 2012)

IAVCHA. Le tégument [en ligne]. Disponible sur <http://www.iavcha.ac.ma/benazoun/entomologie-generale/docs/tegument.html> (consulté le 21 janvier 2012)

LEGENDRE, Roland, VACHON, Max. Arachnides [En ligne]. In : *Encyclopaedia Universalis*. Paris : Encyclopaedia Universalis S.A, 2008. Disponible sur <http://www.universalis-edu.com/> (consulté le 25 janvier 2012)

LEGENDRE, Roland, VACHON, Max. Arthropodes [En ligne]. In : *Encyclopaedia Universalis*. Paris : Encyclopaedia Universalis S.A, 2008. Disponible sur <http://www.universalis-edu.com/> (consulté le 19 janvier 2012)

LEGENDRE, Roland, VACHON, Max. Chélicérates [En ligne]. In : *Encyclopaedia Universalis*. Paris : Encyclopaedia Universalis S.A, 2008. Disponible sur <http://www.universalis-edu.com/> (consulté le 19 janvier 2012)

“The Tree of Life Web Project”. Disponible sur <http://tolweb.org/tree/phylogeny.html> (consulté le 21 janvier 2012)

WIKIPEDIA. Chelicerata [en ligne]. In : Wikipedia l'encyclopédie libre. Etats Unis : Wikimedia Foudation, Inc. Mise à jour le 28 septembre 2011. Disponible sur <http://fr.wikipedia.org/wiki/Chelicerata> (consulté le 21 janvier 2012)

WIKIPEDIA. Pycnogonida [en ligne]. In : Wikipedia l'encyclopédie libre. Etats Unis : Wikimedia Foudation, Inc. Mise à jour le 28 mai 2011. Disponible sur <http://fr.wikipedia.org/wiki/Pycnogonida> (consulté le 21 janvier 2012)

WIKIPEDIA. Lame basale [en ligne]. In : Wikipedia l'encyclopédie libre. Etats Unis : Wikimedia Foudation, Inc. Mise à jour le 28 novembre 2011. Disponible sur [http://fr.wikipedia.org/wiki/Lame\\_basale](http://fr.wikipedia.org/wiki/Lame_basale) (consulté le 21 janvier 2012)

BEAUMONT, André, CASSIER, Pierre. Biologie animale : Des protozoaires aux métazoaires épithélioneuriens. 3<sup>ème</sup> édition, Paris : 2000, Dunod. ISBN : 2 10 048660 8



## ILLUSTRATIONS ET PHOTOS

<http://www-museum.unl.edu/research/entomology/workers/graphics/Latreille.JPG> : Latreille  
<http://sciencextra.files.wordpress.com/2008/11/limuleplage.jpg> : regroupement de limule  
<http://clione.ru/wp-content/gallery/underwater/pavuk.jpg> : Pantopode  
<http://i34.servimg.com/u/f34/11/13/26/35/reptil12.jpg> : Scolopendre  
© Alexander Semenov : <http://clione.ru/>

## ILLUSTRATIONS UTILISEES POUR LA CONFECTION DES SCHEMAS

[http://locust.cirad.fr/images\\_locusts/mpat136.jpg](http://locust.cirad.fr/images_locusts/mpat136.jpg) Téguments des arthropodes  
<http://lemondedesphasmes.free.fr/IMG/cache-450x378/mue-fig3-et-4-450x378.jpg> Téguments des arthropodes  
<http://aramel.free.fr/Sensillecuticule.jpg> Téguments des arthropodes  
[http://s3.e-monsite.com/2010/09/28/09/resize\\_550\\_550//a2.png](http://s3.e-monsite.com/2010/09/28/09/resize_550_550//a2.png) Téguments des arthropodes  
[http://s3.e-monsite.com/2010/09/28/09/resize\\_550\\_550//a1.png](http://s3.e-monsite.com/2010/09/28/09/resize_550_550//a1.png) Schéma d'une cellule épidermique  
<http://www.astrosurf.com/luxorion/Bio/cellule-animale.jpg> Schéma d'une cellule épidermique  
<http://micro.magnet.fsu.edu/cells/nucleus/images/nucleolusfigure1.jpg> Schéma d'une cellule épidermique  
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/31/Gastrulation.png/300px-Gastrulation.png> embryologie  
[http://www.infovisual.info/03/img\\_fr/067%20Oeuf%20f%E9cond%E9.jpg](http://www.infovisual.info/03/img_fr/067%20Oeuf%20f%E9cond%E9.jpg) embryologie  
[http://cours.cegep-st-jerome.qc.ca/101-nya-m.b/Classification/coelome\\_2.JPG](http://cours.cegep-st-jerome.qc.ca/101-nya-m.b/Classification/coelome_2.JPG) embryologie  
[http://s1.e-monsite.com/2010/07/13/11/resize\\_550\\_550//ARTHRO7.jpg](http://s1.e-monsite.com/2010/07/13/11/resize_550_550//ARTHRO7.jpg) Métamère d'un arthropode  
Métamère, © 2005 Encyclopaedia Universalis France S.A

La plupart des illustrations ont pour base des schémas tirés de ce livre : **BEAUMONT, André, CASSIER, Pierre. Biologie animale : Des protozoaires aux métazoaires épithélioneuriens. 3<sup>ème</sup> édition, Paris : 2000, Dunod. ISBN : 2 10 048660 8**