

Les Métazoaires Triploblastiques Cœlomates.

L'embranchement des annélides.

Les annélides sont des **protostomiens**, **hyponeuriens** à **symétrie bilatérale**. Leur corps est constitué de **métamères** (unités anatomiques) disposés les uns à la suite des autres. Tous les métamères de la région moyenne sont à peu près identiques : on parle alors de **métamérie homonome**.

Le **segment antérieur** est le **prostomium** et le **segment postérieur** est le **pygidium** : ils ne sont **pas métamérisés** car ils n'ont **pas de vésicule cœlomique**.

La **chaîne ganglionnaire est ventrale**, traverse tous les métamères de l'avant vers l'arrière et *dans chaque métamère, on trouve une paire de ganglions nerveux*.

L'appareil excréteur est métamérisé, constitué *d'une paire de néphridies par segment*.

L'appareil circulatoire est clos.

Le **tube digestif est complet et bien différencié**.

Le développement des œufs se fait par **segmentation inégale, spiralée**. Le développement embryonnaire donne, après la gastrulation, une **larve nageuse (larve trocophore)**



I\ La classe des Polychètes.

Les polychètes portent sur chaque segment, des **parapodes** (*extensions latérales locomotrices*) où sont implantées des **soies chitineuses**. Ils sont *presque tous marins* et les sexes sont séparés (**gonochorisme**).

A\ Morphologie externe.

La taille varie de quelques centimètres jusqu'à trois mètres. Le corps comprend **trois parties** :

- La région céphalique (ou prostomium) :

Cette région **porte des appendices sensoriels** comme les *yeux* (au nombre de deux) *rudimentaires* et *sessiles*. Ils portent aussi des *antennes*, des *palpes* (une paire). Les antennes et palpes assurent les fonctions tactiles et gustatives.

- Le soma :

Le soma comprend un *grand nombre de segments identiques*. Il commence par un métamère particulier : le **péristomium**. Ce dernier *provient dès la fusion des deux premiers métamères*. Il **entoure la bouche qui s'ouvre**

légèrement sur la face ventrale. On y trouve **quatre cirres tentaculaires sur la face dorsale** (à gauche et à droite). L'innervation de ces tentacules et des cirres est assurée par un ganglion de la chaîne ventrale.

- La région caudale ou pygidium :

C'est en avant du pygidium que les nouveaux métamères se forment. Le pygidium porte un **anus en position terminale** et **deux grands cirres**.

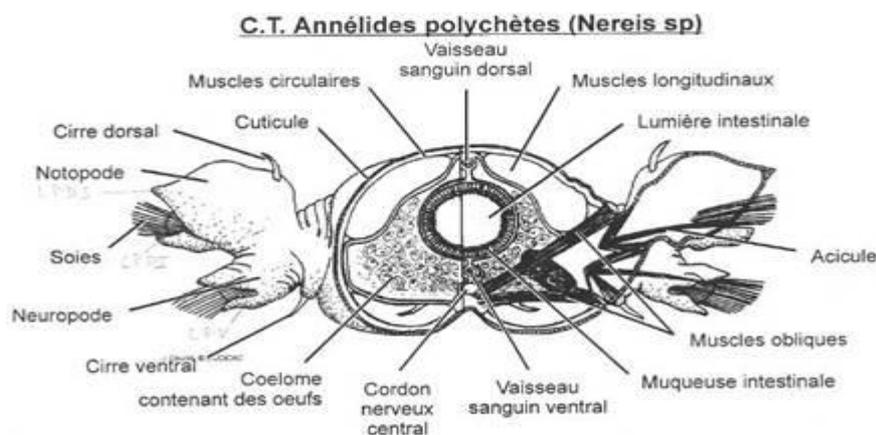
Les **parapodes** sont constitués de **deux rames** :

- Le notopode (rame dorsale) comprend un **mamelon sétigère** qui porte les soies. Ce dernier est encadré par **deux languettes parapodiales** (une dorsale inférieure et une dorsale supérieure). Dorsalement, on trouve un **cirre dorsal**.

- Le neuropode (rame ventrale). Cette rame est constituée d'un **mamelon sétigère plus développé que le précédent** : on a ainsi une **languette parapodiale ventrale**. Le neuropode va porter un **cirre ventral**.

Les rames sont soutenues par un **acicule**.

B\ Cœlome, métamérie et tégument.

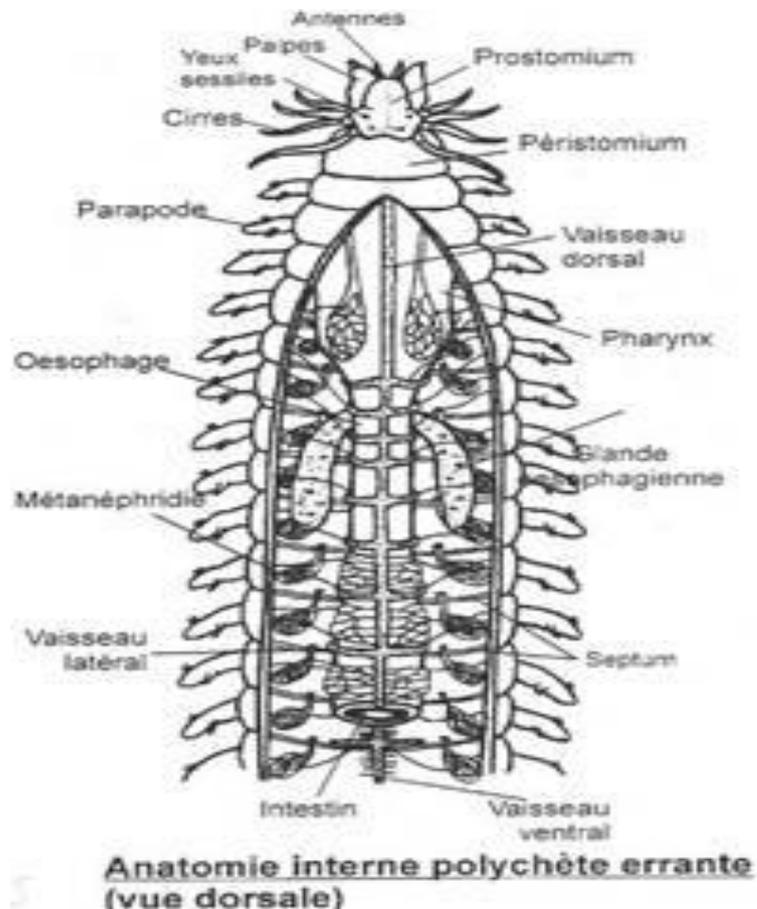


Chaque métamère est constitué de **deux vésicules cœlomiques**. Celles-ci *sont en contact* dans le plan médian *par leurs deux feuilletts splanchnopleuraux*. Cet accollement donne le **mésentère**. Les *parois cœlomiques de deux métamères consécutifs sont accolées et forment un dissépiment*. La paroi du corps est formée d'une **cuticule** constituée de **deux couches chitinisées**. Elles sont **striées et perpendiculaires**.

Sous la *cuticule*, on trouve un **épiderme monostratifié** et une *membrane basale* d'importance variable. Cet épiderme renferme des *cellules à mucus* utilisées chez les espèces tubicoles pour synthétiser un tube membraneux ou calcaire.

C\ L'appareil digestif.

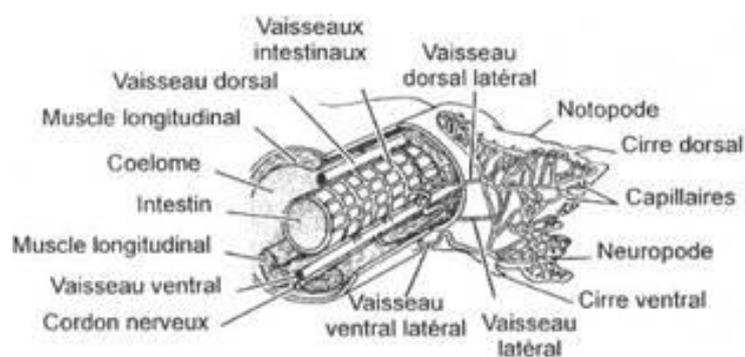
L'appareil digestif commence par une *bouche* qui porte intérieurement une **trompe dévaginable** qui peut être **inerte ou armée** chez les espèces prédatrices. Dans ce dernier cas, on aura **apparition de mâchoires à l'extrémité de la trompe** et de **paragnathes sur les côtés**.



Les **mâchoires** servent à la **capture**. Une fois la proie attrapée, la **trompe** s'invagine et les **paragnathes** vont **triturer** cette proie.

Cet appareil se continue par une **cavité buccale** avec des **glandes salivaires**, puis un **œsophage**, un **intestin** (rectiligne) qui débouche à l'extérieur par un **anus** au **niveau du pygidium**.

D\ L'appareil circulatoire.



**Polychète errante
circulation sanguine**

L'appareil circulatoire est clos, composé de **deux vaisseaux médians** (un dorsal et un ventral) réunis dans chaque segment par **une paire d'anses vasculaires**. Dans le **tronc dorsal**, le **sang circule d'arrière en avant** et c'est l'inverse pour le tronc ventral. Chez beaucoup de polychètes, le **sang est coloré en rouge** par des substances oxydables comme la **chlorocruorine** et/ou l'hémoglobine.

E\ L'appareil respiratoire.

La **respiration est surtout cutanée** et se fait *particulièrement au niveau des parapodes*. Chez certaines formes, il *existe des branchies* (exemple : l'arénicole) *ou des extensions en panache* rencontrées chez les sabelles et les serpules.

F\ L'appareil excréteur.

La communication entre le cœlome et le milieu extérieur se fait par les **néphridies**, au nombre **d'une paire par segment**. Chez les **larves**, les néphridies sont absentes, précédées par des **protonéphridies**. Chez les **adultes**, les **néphridies** comprennent un **pavillon cilié** ouvert dans la cavité cœlomique (= **néphrostome**). Du pavillon part un **petit canal glandulaire** qui traverse le dissépinement : **chaque néphridie chevauche deux segments consécutifs**. Ce canal glandulaire s'élargit pour donner une *vessie qui débouche à l'extérieur* (au niveau du segment n+1) *par le néphridiopore*.

Chez de nombreuses espèces, le néphrostome ne forme pas de pavillon et est donc fermé. Quand ce **pavillon est absent**, on parle alors de **néphridium**. D'autres organes participent à l'excrétion comme la **région postérieure de l'intestin et le tissu chloragène**.

G\ Système nerveux et organes des sens.

Chez les polychètes errants, on trouve de nombreux organes :

- Tactiles : situés au **niveau des tentacules** et des **palpes céphaliques**.
- Nucaux : situés à la **base du prostomium**, chargés **d'apprécier la qualité de la nourriture**.
- Yeux : situés au niveau de la **région céphalique** ou dans d'autres régions du corps. Ces yeux sont plus évolués que ceux des planaires. Le tégument à ce niveau est transparent, permettant ainsi l'entrée de lumière.

Le système nerveux est composé d'une **succession de ganglions**. Les premiers ganglions (**cérébroïdes**) **sont soudés** et forme une **masse unique**. Ils vont *innervent les organes sensoriels céphaliques* (palpes, tentacules, yeux et organes nucaux). Les **ganglions sont sur la face dorsale**. Il se forme à l'arrière des ganglions céphaliques un **collier péri-œsophagien** à la suite duquel on trouve le **ganglion sous œsophagien**, situé **dans le péristomium, sur la face ventrale**. Ce dernier *vient de la soudure des ganglions nerveux des deux premiers métamères*. Il en part la **chaîne nerveuse**, constituée de **deux cordons nerveux longitudinaux**. Sur ces deux cordons, on trouve, *dans chaque métamère, une paire de ganglions réunis par de petites commissures*.

Chez les **formes primitives**, la chaîne *nerveuse centrale* est constituée de **quatre cordons** : on parle alors de **disposition tétraneurale**.

H\ L'appareil reproducteur.

Les polychètes sont, pour la plupart, **gonochoriques**. *Les organes génitaux ne sont pas bien différenciés. Les gonades sont de simples différenciations du revêtement péritonéal du cœlome (la splanchnopleure)*. Les *produits génitaux tombent dans le liquide cœlomique*. Chez le mâle, on obtient des **spermatogonies** et des

ovogonies chez la femelle. Chez les mâles, les *spermatogonies se multiplient et forment une masse glandulaire*. Ces dernières seront *libérées à l'extérieur par des canaux cœlomoductes*. Quand ces cœlomoductes sont absents, les spermatogonies utilisent les canaux néphridiens ou bien, sont libérées par rupture du tégument.

I\ Reproduction et développement.

La **fécondation est externe**. La majorité des polychètes est **ovipare** mais il existe *quelques formes vivipares*. La *maturité sexuelle s'accompagne de modifications morphologiques et comportementales* : c'est la **métamorphose** ou **épitoquie**. Cette métamorphose entraîne des *modifications surtout dans les segments postérieurs où sont stockés les gamètes*. Les *parapodes de ces segments développent des dilatations lamellaires*. Les soies vont se développer. Dans la région antérieure, il y a aussi des modifications comme une *hypertrophie des yeux* et une *régression des palpes et des antennes*. L'épitoquie s'accompagne aussi de **modifications comportementales** : il y a un *changement complet du milieu de vie*. Par exemple, la Néréis, benthique, devient pélagique et l'on va parler d'Hétéronéréis.

Les mâles et les femelles nagent, *remontent à la surface et libèrent les produits génitaux* (c'est l'**essaimage**). L'essaimage s'effectue à des *périodes bien déterminées* (avec les *phases lunaires*). *Après la reproduction, les mâles meurent*. Les **œufs** vont se segmenter, donner une **gastrula**, puis, une **larve trocophore ciliée**, en forme de toupie, nageuse et se nourrissant de petites proies.

L'appareil digestif est différent : on a une bouche, un estomac et un **intestin qui s'ouvre à l'extérieur, au niveau de l'anus**. Le **mésoderme est indifférencié** ; au niveau de l'intestin, il *va donner le mésoblaste par bourgeonnement* ; les **îlots mésodermiques se creusent en vésicules cœlomiques**.

Chez les polychètes, il peut aussi exister une multiplication asexuée qui est présente sous diverses modalités :

- **Gemmiparité** : il y a *formation de bourgeons* qui, chacun, *donneront un individu adulte*. Le bourgeonnement peut se situer à différents endroits du corps d'un adulte.
- **Scissiparité** : des *fragments d'un adulte* pourront *régénérer les parties manquantes*. Exemple, *Dodecaceria* : chaque métamère peut donner un animal entier.
- **Schizogamie** : elle est observée *chez les polychètes libérant la partie postérieure du corps*. La partie antérieure va alors bourgeonner et **régénérer un individu entier**.

J\ Ecologie et systématique.

Chez les polychètes, il existe des **formes libres, ectoparasites, endoparasites** ou bien **commensales** (vivant associées avec d'autres espèces, mais pas parasites).

Ectoparasites : ces formes parasitent les branchies de homards.

Endoparasites : ces formes parasitent d'autres polychètes.

Commensales : ces formes s'associent avec des annélides ou bien des éponges.

Libres : ces formes sont marines ou d'eau saumâtre. Il existe quelques formes d'eau douce (dulçaquicoles).

On va ensuite diviser les polychètes en formes **errantes** et **sédentaires** :

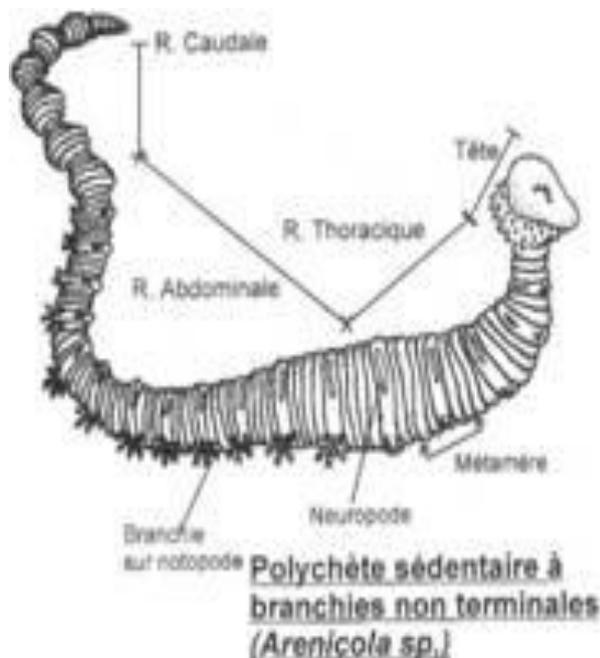
Le groupe des polychètes errantes : 17 familles.

Dans ce groupe, on trouve les **Néréidés**. Elle est caractérisée par un **grand prostomium**, **quatre yeux**, **deux antennes** (ou tentacules) et **deux palpes**. On y trouve une **trompe dévaginable** avec **deux mandibules** et de **petites dents cornées**.

L'exemple des **Aphroditidés** : ils sont caractérisés par un **corps large et court**. Sur la face dorsale se différencient des **cirres en forme de lame aplatie**, « les **élytres** ».

Le groupe des polychètes sédentaires :

Ils ont **deux régions au niveau du métasoma** (région moyenne) : un **thorax** et un **abdomen**. La **tête** est souvent *petite et donc peu différente* du reste du corps. Les *parapodes de la région moyenne sont dépourvus d'acicules*. Sur ces parapodes, on a des **soies en crochet au niveau des rames ventrales**. On trouve aussi des **branchies réparties selon une région déterminée** (selon l'espèce). La **trompe est sans mâchoire**. Ils vivent le plus souvent **dans des tubes** (espèces tubicoles) et ce groupe comprend 21 familles.



Exemple des Arénicolidés. Ils ont des **parapodes biramés** ; les **branchies** sont situées sur les **segments abdominaux des parapodes** (exemple : *Arenicola marina* qui vit dans le sable, dans un tube en « U »).

Exemple des Sabellidés. Cette famille présente de **longs filaments branchiaux** formant une couronne tentaculaire qui peut être soit circulaire, soit en spirale. Ils vivent dans des **tubes membraneux**, souples et implantés verticalement dans le sable.

Exemple des Serpulidés. Ils vivent dans des **tubes calcaires souvent spiralés**. Ces tubes sont *généralement fixés sur des coquilles de bivalves*.

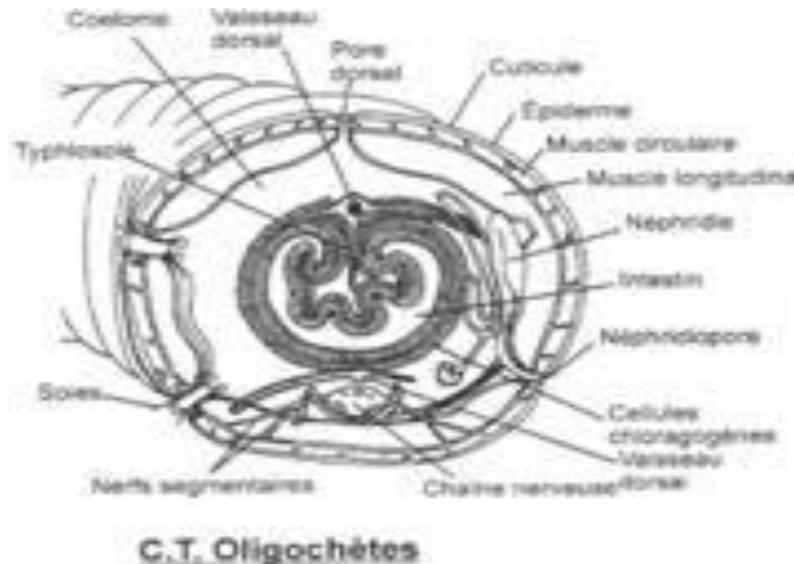
II) La classe de Clitellates.

Le groupe des clitellates comprend les **oligochètes** et les **achètes**. Les espèces de cette classe **n'ont plus de parapodes**. Ils présentent un **renflement glandulaire se développant en période de reproduction**, dans le tiers antérieur du corps : c'est le **clitellum**. Ce dernier se situe *sur la face dorsale*. Chez les lombrics, le clitellum

occupe du 33^{ème} au 38^{ème} anneau (qui sont dans ce cas de vrais métamères). Les clitellates sont des **hermaphrodites à développement direct** s'effectuant **dans un cocon, sans larve trocophore**.

A\ Les Oligochètes.

1\ Morphologie.



La taille des oligochètes est variable : de quelques centimètres à 3 mètres dans certains cas. Par exemple, le **lombric** est généralement constitué d'une centaine de métamères. *L'annélation externe correspond à la métamérie*. On y retrouve les différentes parties du corps des polychètes (**prostomium, péristomium, soma, pygidium**). Contrairement aux polychètes, les **soies sont insérées dans le tégument**. *Chaque métamère porte quatre faisceaux de soies*.

2\ Le tégument.

Le tégument des oligochètes comprend un **épiderme simple**, constitué de *trois catégories cellulaires* : des **cellules épithéliales**, des **cellules muqueuses** (mucocytes), des **cellules sensorielles**. L'épiderme est recouvert d'une **fine couche cuticulaire** qui donne des reflets irisés au lombric.

Il y a modification du tégument au moment de la reproduction. Ce dernier présente un *renflement glandulaire du à la multiplication des cellules muqueuses de l'épiderme*.

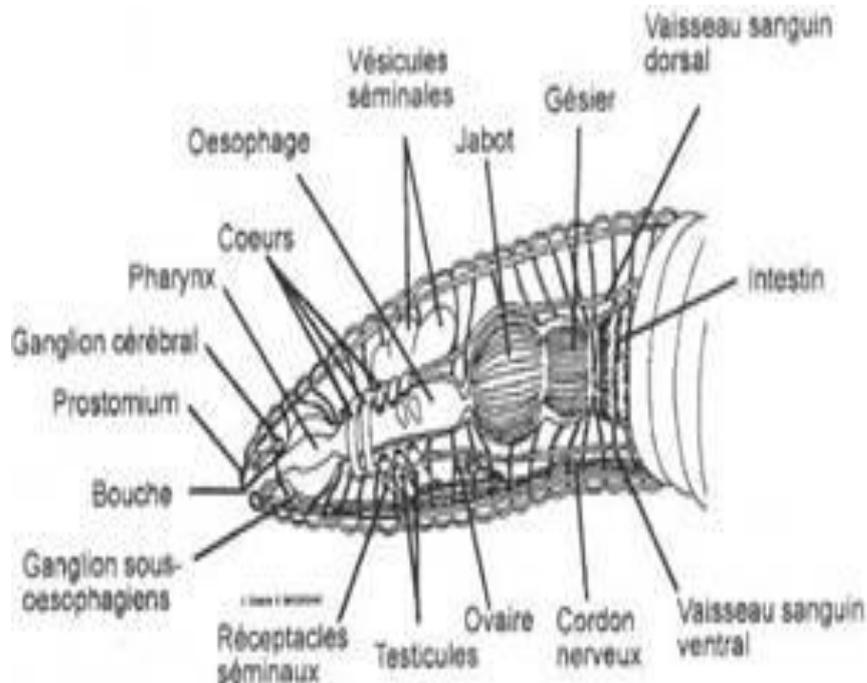
Sous cet épiderme, on trouve **deux couches de fibres musculaires superposées** (une *circulaire* et une *longitudinale*). Ces couches de fibres musculaires sont réparties en **quatre champs** : un *dorsal*, un *ventral* et *deux latéro-ventraux*.

3\ Le coelome.

Le liquide coelomique, blanchâtre, contient des **coelomocytes** à *fonction phagocytaire* (défense contre les bactéries) ou à *fonction nutritionnelle*. Le coelome communique avec la surface corporelle par l'intermédiaire de *pores coelomiques médio-dorsaux*.

Au niveau du tissu péritonéal, situé autour du tube digestif, on trouve des cellules de grande taille constituant le **tissu chloragène**. Ces cellules sont chargées du *métabolisme du glycogène* et vont intervenir dans *l'excrétion des déchets azotés*.

4\ Le tube digestif.

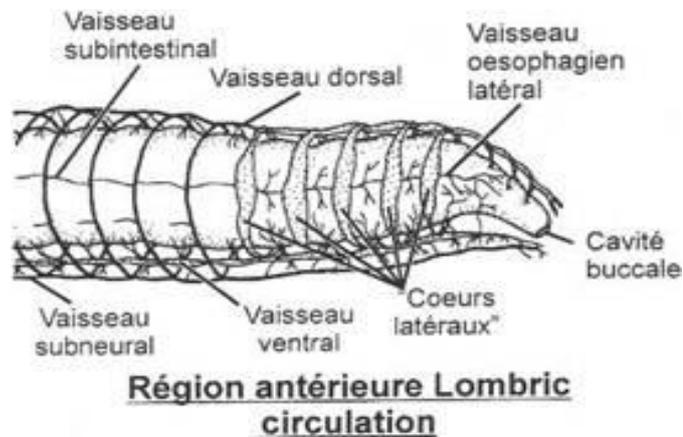


Après la **bouche**, on trouve une **région orale** située du *segment 1 à 3*, puis, un **pharynx** (*segments 4 et 5*). Ce pharynx comprend un *renflement dorsal dévaginable* (le **bulbe pharyngien**). Ensuite vient un **œsophage** dans les *segments 6 à 13* qui présente des différenciations suivant le mode d'alimentation. Chez les **oligochètes limicoles**, la **paroi interne sera ciliée**. Chez les **terricoles**, l'**épithélium est non-cilié**.

Après l'œsophage, **chez les terricoles**, on trouve un **jabot** (des *segments 14 à 16*) qui sert à *stocker les aliments*, succédé par un **gésier** (*segments 17 à 19*) permettant la *trituration des aliments*. Après le gésier, on a un **intestin rectiligne** se terminant par un **anus**. Cet intestin peut présenter une *invagination médio-dorsale* appelée **typhosole**. Le typhosole augmente la surface intestinale et est rempli par un tissu chloragène.

5\ L'appareil circulatoire.

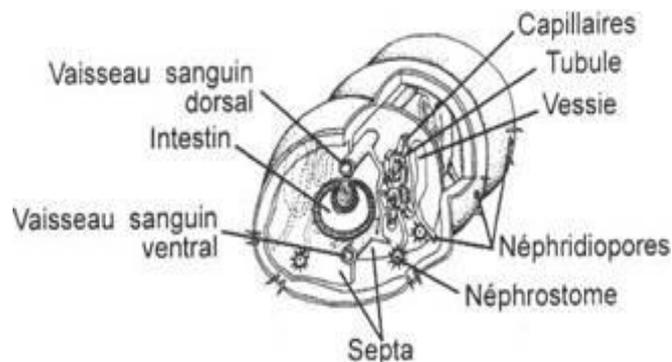
L'appareil circulatoire des oligochètes est *semblable à celui des polychètes (clos)*. On y trouve un vaisseau dorsal et un vaisseau ventral. Ces deux vaisseaux sont **reliés par des anses latérales** (*au niveau de chaque métamère*). Dans la *région antérieure*, les anses vont être **contractiles** et prendre le nom de « **cœurs latéraux** ». Ces « cœurs » se contractent rythmiquement mais de manière asynchrone. La contraction favorise le mouvement du flux sanguin. Chez les oligochètes primitifs, le sang est incolore. Quand on passe à des espèces un peu plus évoluées, on note la présence d'**érythrocrurine** (proche de l'hémoglobine).



6\ L'appareil respiratoire.

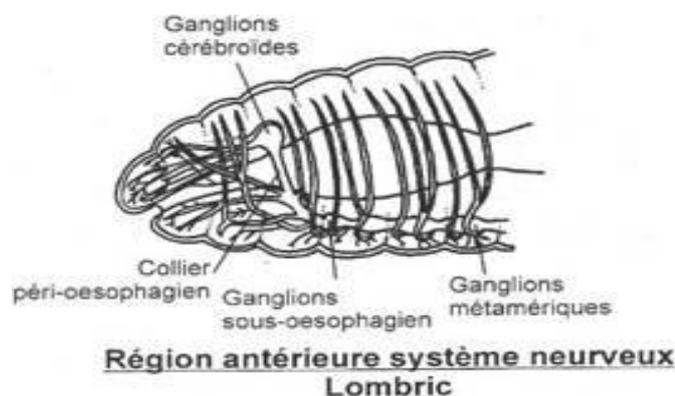
La plupart des oligochètes n'ont **pas d'appareil respiratoire différencié**. Les échanges gazeux se font alors sur toute la surface du corps, par *simple diffusion pour les espèces de petite taille*. Pour les *espèces de grande taille*, l'épiderme sera traversé de petits capillaires.

7\ L'appareil excréteur.



Cet appareil est **semblable à celui des polychètes**, avec **une paire de néphridies par métamère**. Les *canaux sont plus longs que chez les polychètes*.

8\ Système nerveux et organes sensoriels.

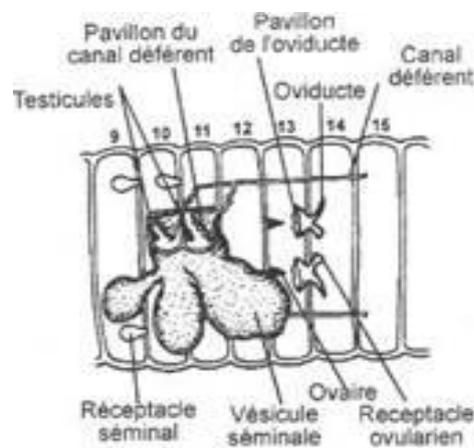


Le système nerveux rappelle en tous points celui des polychètes sauf le **cerveau qui est plus simple et les organes sensoriels bien différenciés qui sont absents.**

Au niveau de la chaîne nerveuse ventrale, **de chaque ganglion partent trois paires de nerfs segmentaires** : une paire vers la région antérieure de chaque segment et deux paires vers la partie postérieure du même segment. Les **nerfs segmentaires assurent l'innervation de l'épiderme.**

On note la présence de fibres géantes, multicellulaires, dont la taille peut atteindre l'équivalent de la longueur de l'animal.

9\ L'appareil reproducteur.



App. Génital Oligochètes

Les **glandes sont nettement différenciées et localisées dans la région antérieure du corps, en avant du quinzième métamère.**

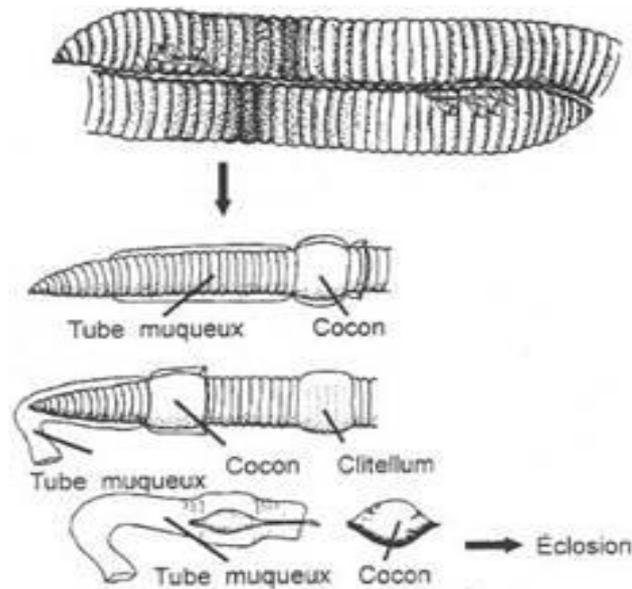
L'appareil femelle comprend **deux minuscules ovaires** situés au niveau du dissépiment (*métamères 12-13*). Les ovaires lâchent leurs produits de sécrétion dans des **oviductes** captés par des **pavillons femelles**, situés dans le *dissépiment 13-14*. L'orifice de ponte s'ouvre au niveau du quatorzième segment.

Il **existe quatre réservoirs séminaux**, les **spermathèques**, au niveau des *métamères 9 et 10*. Les spermathèques interviennent lors de l'accouplement et de la ponte.

L'appareil mâle est constitué de **deux paires de testicules** situés dans les *segments 10 et 11*. Sous les testicules sont présentes **d'énormes vésicules séminales** où les *spermatogonies vont subir la maturation*. Après la maturation, les spermatozoïdes obtenus vont être utilisés *deux canaux déférents* s'ouvrant par des **orifices mâles**, au niveau de *segment 15*.

10\ La reproduction sexuée chez les Lombrics.

L'accouplement a lieu chez *deux individus protérandriques*. Ces deux animaux s'unissent tête-bêche par la face ventrale du clitellum : la région génitale de chaque individu coïncide. Les *spermatozoïdes de l'un vont passer dans les réceptacles séminaux de l'autre* (et inversement). *L'accolement est favorisé par la sécrétion de mucus (au niveau du clitellum).*



Reproduction - Lombric

Une fois l'échange de spermatozoïdes réalisé, les deux individus vont se séparer. **Chacun synthétise un cocon au niveau du clitellum où sont déposés les ovocytes.** Le lombric va reculer en laissant le cocon sur place. Une fois ce cocon au niveau des orifices mâles, les *spermatozoïdes* y seront libérés : **c'est la fécondation.**

Le **développement est direct** : l'embryon donne un jeune ressemblant à l'adulte.

Il existe chez les oligochètes asexués, une **multiplication par scissiparité** (chez les limicoles), se faisant par deux phénomènes : **architomie** ou **paratomie**.

11\ Biologie des Oligochètes.

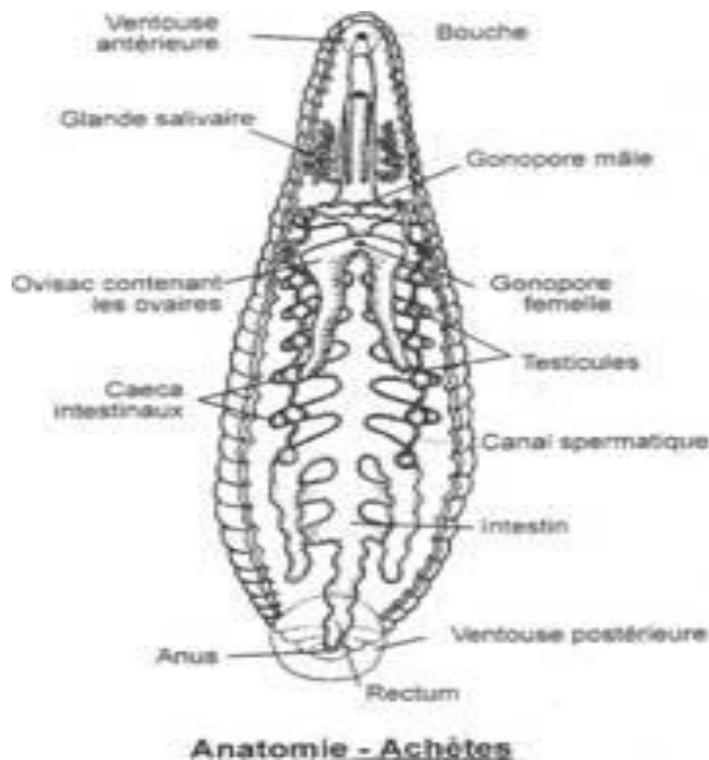
La plupart des oligochètes *se déplacent par reptations péristaltiques* : par des **contractions alternatives des muscles longitudinaux et transversaux**. Les *soies jouent un rôle d'accrochage*. Les oligochètes ont la possibilité de passer dans des orifices de diamètre inférieur à celui de leur corps, grâce à la **mobilité du liquide cœlomique**.

12\ Régime alimentaire.

Les Oligochètes *se nourrissent de débris organiques variés*. Ils peuvent être aussi bien marins que d'eaux douces ou terrestres, dans des sols humides. Il existe quelques espèces prédatrices et quelques espèces parasites. On peut distinguer trois catégories d'oligochètes :

- Les Oligochètes Limicoles nageurs : ils vivent sur des *plantes immergées*.
- Les Oligochètes limicoles fousseurs : ils vivent *dans les sédiments* des lacs et des rivières.
- Les Oligochètes strictement terrestres : ces formes ont un rôle important dans la formation des sols : *rôle mécanique et chimique*. On estime la quantité de lombrics par hectare à une tonne (par hectare). Ils peuvent ingérer 200 à 300 tonnes de terre par an. Ils produisent la plus grande quantité d'humus recouvrant la terre. Ils ont aussi un rôle d'oxygénation et de drainage des sols.

B\ Les Achètes.



Les achètes sont *majoritairement représentés par les sangsues*. Ces formes peuvent être **libres ou ectoparasites**. On les trouve principalement en eau douce. Il existe quand même quelques formes marines et terrestres.

1\ Le cas de *Hirudo medicinalis*.

Cette espèce ne possède **ni parapode ni soie**. Le **nombre de segments métamérique est fixe (33)**, auquel on rajoute le *prostomium*. Les *anneaux externes ne correspondent pas à la métamérie interne* : on observe 102 anneaux externes chez la sangsue.

La région antérieure porte les **yeux, rudimentaires (cinq paires)**, sur le premier anneau des cinq premiers métamères. Les *métamères 1 et 2 n'ont qu'un anneau externe*. Le *troisième en possède deux*. Les 4 et 5 en ont *trois chacun*. On trouve aussi **une ventouse buccale en arrière du prostomium** et **une ventouse à l'extrémité postérieure** du corps qui est **non perforée**.

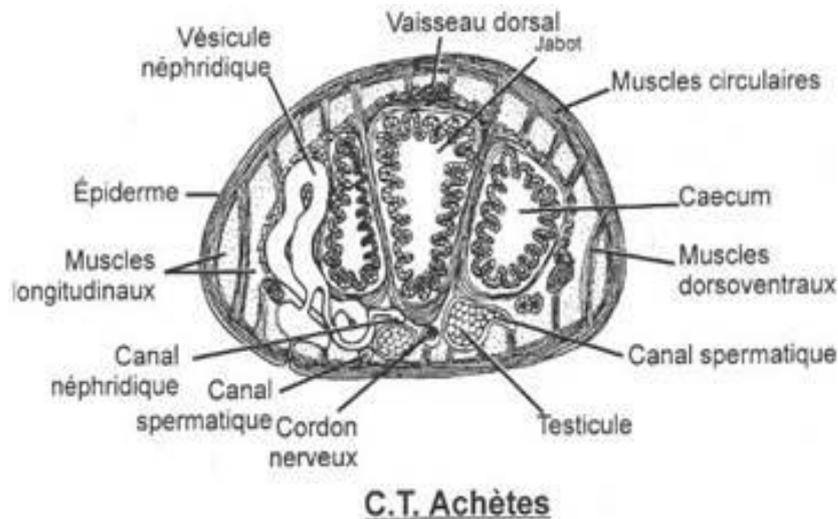
On trouve un *clitellum moins marqué que chez les oligochètes*. Ce clitellum est situé *du neuvième au douzième métamère*. Là, s'ouvrent les orifices génitaux males et femelles en position médio-ventrale. Les *orifices males sont sur le métamère 10 (M10)* et les *orifices femelles sont sur M11*.

2\ Le tégument.

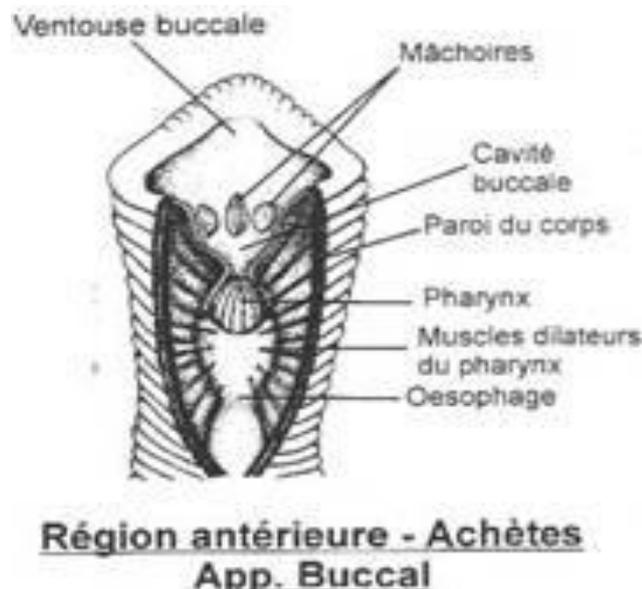
L'**épiderme est monostatifé**, recouvert par *une cuticule plus ou moins épaisse*, selon la région du corps et selon l'espèce. La cuticule s'interrompt au niveau d'un petit orifice correspondant aux **glandes cutanées**.

Le **derme** est formé d'un tissu conjonctif. Sous le derme, on trouve une **musculature très développée**, présente sous trois formes : **circulaire, longitudinale et dorso-ventrale**.

Le **cœlome est réduit** car un tissu de remplissage (**tissu botryoidal**) est présent : il a le même rôle que le tissu chloragène des oligochètes.



3\ L'appareil digestif.



L'appareil digestif est composé de :

- La partie antérieure, d'origine ectodermique, avec une **cavité buccale**, le **pharynx** et l'**œsophage**.
- La partie moyenne correspond à l'**estomac**, d'origine endodermique. On y trouve des **cæcums digestifs** dont la taille croît de M7 à M18.
- La partie postérieure, d'origine endodermique, est la **partie où se déroule la digestion**. Elle est **terminée par le rectum** (ou *canal rectal*), débouchant à l'extérieur par un **anus en position dorsale**, dans M26.

4\ L'appareil circulatoire.

Quand l'appareil circulatoire est présent, il forme un **système vasculaire clos**, à parois contractiles. Il est constitué d'un *vaisseau dorsal dans lequel le sang circule d'arrière en avant*, et d'un *vaisseau ventral*. Les deux vaisseaux sont réunis aux extrémités par de nombreuses *anses vasculaires*.

Certains achètes n'ont pas d'appareil circulatoire ; c'est alors le système cœlomique et la lymphé qui vont jouer le rôle du sang.

5\ L'appareil respiratoire.

Il n'existe **pas d'appareil respiratoire**. Les échanges gazeux se font *au travers de l'épiderme*. Certaines espèces parasites de poissons marins ont des *replis cutanés fonctionnant comme des branchies*.

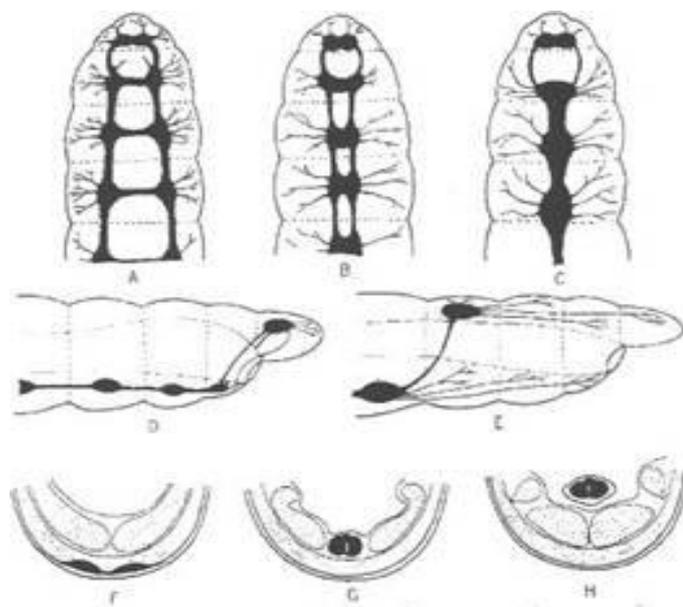
6\ L'appareil excréteur.

L'appareil excréteur comporte une *quinzaine de paires de métanéphridies* qui s'ouvrent à l'extérieur au niveau de **néphridiopores**, situés ventralement, *au niveau de M7 à M23*.

7\ Le système nerveux et organes sensoriels.

Le système nerveux est plus complexe que chez les polychètes et les oligochètes. Il est constitué de 34 paires de ganglions répartis ainsi : les six premières paires fusionnent pour donner le « cerveau » et une masse nerveuse sous-œsophagienne. Les 21 paires de ganglions suivants sont réparties le long de la chaîne nerveuse. Les sept dernières paires de ganglions fusionnent en une masse nerveuse pygidiale.

Les organes sensoriels sont relativement réduits. On trouve des yeux céphaliques, un grand nombre de papilles sensibles et des cellules tactiles.



**Morphologie et position du Système nerveux
chez les annélides**

De A à C, on observe une **fusion des ganglions puis des cordons nerveux**.

En D et E, on voit les *ganglions cérébroïdes qui reculent en arrière du prostomium, vers M3*. Les *ganglions sous-œsophagiens sont repoussés dans M4*. On a aussi un développement des prolongements des chaînes nerveuses vers l'avant pour les organes sensoriels et les muscles.

De F à H, on observe un **enfoncement de la chaîne nerveuse à l'intérieur de l'animal**. Primitivement (en F), la chaîne nerveuse est sous-épidermique ; elle s'enfonce ensuite (en G) dans les muscles longitudinaux (sous-dermiques) et finie (en H) dans la chaîne de la cavité coelomique.

8\ Les appareils génitaux.

L'appareil male.

L'appareil male se compose d'un *nombre variable de testicules selon les espèces*. Chez *Hirudo*, on trouve **dix paires de testicules de M12 à M21**. Ces *testicules sont reliés par de longs spermiductes longitudinaux*. Ils s'élargissent en **vésicules séminales** pour se terminer en *canal éjaculateur* (un seul orifice male).

L'appareil femelle.

L'appareil femelle est constitué d'**une paire d'ovaires** qui sont contenus **dans des ovisacs**. C'est là que les cellules germinales se forment. De ces ovaires partent **deux oviductes courts**, débouchant dans **deux utérus**. Ces deux derniers confluent dans **un vagin** qui s'ouvre à l'extérieur par un **pore génital unique (M11)**.

9\ Les différents ordres d'Achètes.

L'ordre des Acanthobdelliformes.

Dans cet ordre, on ne trouve **qu'une seule espèce** : *Acanthobdella peledina*. Elle est *parasite de poissons salmonidés* (truites, saumons) du lac Baïkal. Cette espèce possède des *caractères communs avec les oligochètes*, comme la présence de *soies sur le corps* et *l'absence de ventouse antérieure*.

L'ordre des Rhyncobdelliformes.

Cet ordre regroupe les **sangsues à trompe dévaginable**. Toutes les formes sont **aquatiques**. On peut distinguer **deux familles**. La famille des *Glossiphoniidés* comprend des espèces, tous *parasites de mollusques ou d'amphibiens*. La seconde famille, celle des *Pissicolidés* comprend des *individus parasites de poissons*.

L'ordre des Gnathobdelliformes.

Cet ordre regroupe des **sangsues aquatiques ou terrestres** présentant **trois mâchoires dentées** au niveau du pharynx. On y trouve *Hirudo officinalis*.

L'ordre des Pharyngobdelliformes.

Ces individus sont *d'eaux douces ou terrestres de milieux humides*. Ils sont presque tous **prédateurs**. Leur pharynx est long, **sans mâchoire**.

10\ Biologie et Ecologie.

Il n'existe **pas de multiplication asexuée chez les achètes**. La fécondation sexuelle est **soit réciproque, soit unilatérale** (= autofécondation). Les **œufs** fécondés sont pondus dans un **cocon** selon la même modalité que chez les oligochètes. Le cocon contient un liquide « albumineux » servant de nourriture à l'embryon.

Régime alimentaire.

Il existe de *nombreuses formes parasites ou prédatrices*. Pour les formes parasites, on parle de **parasitisme temporaire** car ces sang-sues se détachent de l'hôte, une fois le repas terminé. Elles sont encore utilisées en chirurgie réparatrice pour relancer la circulation veineuse dans les membres accidentés (elles créent un appel du sang).

III\ les Pogonophores.

L'*embranchement des annélides* comprend en plus un autre groupe, les **pogonophores**, uniquement constitué d'espèces (peu nombreuses) *cantonnées aux fonds abyssaux*.

A\ Morphologie externe.

Les **pogonophores** ont souvent une **forme de fil fin** (inférieur à 1mm) d'une longueur d'environ 8cm. Certaines espèces peuvent mesurer jusqu'à 2,5mm de diamètre pour 30cm de long. On a même trouvé un individu de 1,5m de long et de 5cm de diamètre.

Ces animaux **vivent dans des tubes** et possèdent des **couleurs vives et contrastées**. La *partie antérieure porte de nombreux tentacules garnis de pinnules*. Cette partie avant est appelée le « **prosoma** ».

La partie moyenne (le **mésosome**) et la partie terminale (le **métasome**) portent des *papilles et des plaquettes chitineuses* que l'animal utilise pour se déplacer dans son tube.

B\ Morphologie interne.

Le **système nerveux est cutané** ; il n'y a **pas d'organes des sens** ; le **système circulatoire est clos** et *formé de deux vaisseaux* (un dorsal et un ventral). *Dans le vaisseau dorsal, le sang circule d'avant en arrière*.

Ces animaux sont **gonochoriques**. La fécondation se fait dans le tube de la femelle. Les œufs se développeront dans la partie antérieure du tube.

Les pogonophores sont caractérisés par **l'absence de tube digestif** bien que non parasites. Deux hypothèses existent pour expliquer le mode d'alimentation :

- Il y aurait absorption, *au niveau des cellules épithéliales du tégument, de substances dégradées par les bactéries* qui vivent en contact avec eux.
- Il y aurait une *digestion externe* de particules qui seraient ensuite *récoltées par les tentacules pinées*. Toutefois, aucune glande enzymatique pour la digestion externe n'a pu être mise en évidence.

Les Métazoaires Triploblastiques Cœlomates.

L'embranchement des Mollusques.

Cet embranchement compte *plus de 130 000 espèces* et occupe donc une place importante dans le règne animal par le nombre (d'espèces) et par le rôle écologique. Certaines espèces servent de nourriture pour l'Homme. Ce sont les seuls invertébrés avec les crustacés à être consommés (très fréquemment).

On distingue **sept classes de mollusques** : les **Monoplacophores**, les **Aplacophores**, les **Polyplacophores**, les **Scaphopodes**, les **Lamellibranches** (= Bivalves), les **Gastéropodes** et les **Céphalopodes**. Nous verrons en détail les trois dernières classes.

Chez les mollusques, on parle de **radiation adaptative** car, à partir d'un ancêtre commun, une grande quantité d'espèces a évolué. **Les sept classes ont un ancêtre commun**. Ces espèces ont principalement conquis le *milieu marin* où l'on trouve des mollusques dans les zones de balancement de marées, dans le milieu pélagique (en pleine eau), dans les substrats meubles (comme le sable), dans les substrats durs (les rochers) et à de grandes profondeurs marines.

Seuls deux groupes se sont adaptés avec succès à l'eau douce : les **gastéropodes** et les **lamellibranches** ; et quelques gastéropodes sont même passés à la vie terrestre. On pense que ces mollusques ont été les premiers à sortir de l'eau.

Bien que les espèces de ces diverses classes soient différentes, on peut quand même définir des caractères communs à ces sept groupes.

I\ Les caractères communs.

- Il n'y a **jamais de segmentation**, *sauf chez les monoplacophores*.
- Les mollusques sont tous **fortement céphalisés** avec la présence d'une **tête** et d'**organes sensoriels spécialisés**.
- Le **cœlome est réduit** et la *paroi du corps est épaisse et musculeuse*.
- La partie ventrale de la paroi du corps est transformée en un **pied musculoux** habituellement utilisé pour la *locomotion*.
- La partie dorsale du corps va former le **manteau** (ou **pallium**). Celui-ci *sécrète une coquille* et délimite la **cavité palléale** dans laquelle sont situées les *branchies*.
- Dans la **cavité palléale** s'ouvrent **l'anus** et tous les **autres pores excréteurs**.
- Le **tube digestif est bien développé et régionalisé**. La cavité buccale contient presque toujours un *organe tubulaire d'alimentation* (= la **radula**). Cette dernière est *armée de dents et fonctionne comme une râpe*. On trouve ensuite un **œsophage** qui est composé de régions spécialisées : *une région pour le stockage de la nourriture* et *une région pour le morcellement de celle-ci*. Il vient ensuite un **estomac associé à une paire de glandes digestives**. La partie postérieure de ce tube digestif forme *l'intestin*, souvent long et terminé par un *anus*.

- On trouve presque toujours un **système circulatoire avec un cœur bien défini**. Ce cœur est constitué **d'une ou plusieurs oreillettes** et **d'un ventricule médian**. Le sang circule dans les *vaisseaux* (sanguins) mais aussi dans les *espaces inter-viscéraux* entourant le cœlome. Le pigment respiratoire est **l'hémocyanine**.
- On trouve **une paire de reins pouvant fusionner**. Ils sont en liaison étroite avec la cavité péricardique.
- Le système nerveux. On trouve un **anneau nerveux circum-entérique** (= *péri œsophagien*). A cet anneau sont associées **deux paires de connectifs** (nerveux). Une des deux paires innerve le pied (**connectifs cérébropédieux**), l'autre innerve les viscères et le manteau (**connectifs cérébropleuraux**). Sur l'anneau nerveux et les connectifs, on trouve des ganglions (nerveux) plus de vastes réseaux nerveux sous-épidermiques.
- Les **œufs** sont généralement de **taille réduite**, avec **peu de vitellus**. La **segmentation est spirale**. La larve caractéristique des mollusques est une **larve trocophore** (pour les mollusques primitifs) ou une **larve vellogène** (pour les mollusques moins primitifs). Elles sont toutes les deux très proches.

Tous ces caractères ne sont pas forcément présents en même temps dans les sept classes.

Tous les **mollusques** sont des **métazoaires triploblastiques cœlomates**. Le **cœlome**, constitué au début par **une paire de sacs cœlomiques**, se transforme en *trois cavités communiquant entre elles*. La **cavité génitale** entoure les *gonades* ; la **cavité péricardique** entoure le *cœur* ; un **néphrocœle** entoure les *néphridies*. Les *deux dernières cavités peuvent fusionner pour donner une cavité réno-céphalique*.

La *cavité palléale est délimitée par le pallium*. Elle joue un rôle important chez les mollusques. Il y débouche le tube digestif par l'intermédiaire de l'anus, les néphridiopores. Cette cavité renferme le plus souvent une paire de **branchies constituées de cellules ciliées**. La vibration de ces cils entraîne un *fort courant d'eau*, obligatoire pour la respiration et même parfois, pour l'alimentation (surtout chez les lamellibranches).

On peut aussi trouver, dans la cavité palléale, des *organes sensoriels* comme les **osphradies**, qui permettent à l'animal *d'apprécier la qualité de l'eau « inhalée »*. On a aussi des **glandes** sécrétant une substance qui permet le *nettoyage de cette cavité* : les **glandes hypobranchiales**.

Cette *cavité se transforme chez les gastéropodes terrestres* (les Pulmonés). Elle se renferme en un sac (le « **poumon** ») qui communique avec le milieu extérieur par un *orifice pulmonaire* : le **pneumostome**. On pourra observer au niveau du manteau, une ou plusieurs soudures délimitant des ouvertures avec le milieu extérieur. On peut y trouver des *prolongements tubulaires* : les **siphons**.

1\ L'appareil digestif des mollusques.

Le *tube digestif* commence par une **bouche** s'ouvrant sur le **bulbe buccal**, au niveau duquel se trouve la **radula**. Celle-ci est constituée de *dents chitinisées* fonctionnant comme une râpe. La radula est enveloppée par une *gaine constamment régénérée au fur et à mesure de la vie de l'animal*.

Chez les gastéropodes, le nombre, la forme et la disposition des dents sont fonctions du régime alimentaire (*les dents sont un des caractères de la systématique de la classe des gastéropodes*).

Chez *certaines mollusques*, on va trouver des *mâchoires*, par exemple, le **bec de perroquet des céphalopodes**.

Au niveau du *bulbe buccal* vont **arriver deux glandes salivaires**. La bouche se prolonge d'un **œsophage** puis, d'un **estomac** on l'on trouve l'arrivée d'une **glande digestive** (dans l'estomac). Il est parfois appelé « hépatopancréas ». Il suit l'**intestin** qui est *souvent long*, débouchant dans la cavité palléale par un **anus**.

Un élément particulier de ce tube digestif est le **protostyle** qui permet la *trituration et la digestion des aliments*. Il se trouve **dans l'intestin**. Comme la radula, il *se régénère au cours de son utilisation*. Il a une forme de bâtonnet et a deux rôles dans la digestion :

- Un **rôle chimique** par *l'action d'enzymes*.
- Un **rôle mécanique** : il peut tourner rapidement sur lui-même et *provoquer un écrasement*.

2\ Le système nerveux.

Le système nerveux est constitué de **plusieurs paires de ganglions reliés entre eux par des commissures** (pour les mêmes paires) *ou par des connectifs nerveux* (pour les ganglions de paires différentes).

Cette disposition est plus ou moins visible chez toutes les classes de gastéropodes (il peut y avoir fusion des ganglions et/ou liaisons entre ganglions). On pourra trouver une fusion totale des ganglions pour former un « cerveau ». Les céphalopodes sont les mollusques les plus évolués.

3\ L'appareil circulatoire.

L'appareil circulatoire comporte **un cœur** enveloppé par un **péricarde**. Le cœur est constitué **d'un ventricule et de deux oreillettes**. *Chaque oreillette est en communication avec une branchie*. Le sang d'une oreillette va vers le ventricule avant d'aller irriguer les différents organes par l'intermédiaire des artères. Tous les mollusques ont un **système circulatoire complètement clos**. Dans certains cas, il *peut y avoir disparition d'une oreillette* (très souvent chez les gastéropodes). Le pigment respiratoire est **l'hémocyanine**. Il renferme du *cuivre* qui correspond à l'élément métallique de l'hème.

4\ L'appareil respiratoire.

L'appareil respiratoire est *étroitement lié à la cavité palléale*. Il est constitué de **branchies** qui vont être remplacées par un **poumon** chez les gastéropodes terrestres (les pulmonés).

Les branchies ont une *forme variable*. Elles constituent le lieu d'échanges respiratoires chez les mollusques aquatiques.

5\ L'appareil excréteur.

L'appareil excréteur est représenté par **deux reins** qui sont à l'origine de la formation des *cœlomoductes à paroi excrétrice*. Ces cœlomoductes *communiquent avec la cavité péricardique et s'ouvrent à l'extérieur au niveau de la cavité palléale par l'orifice excréteur*.

La *communication entre rein et péricarde* se trouve dans la *plupart des groupes*. Elle est absente chez les gastéropodes terrestres.

6\ L'appareil génital.

Les **sexes sont généralement séparés** chez les mollusques mais on trouve des exemples *d'hermaphrodisme* et *quelques cas d'ambisexualité* (inversion du sexe durant la vie).

Les **gamètes**, produits par les **gonades**, *passent dans la cavité péricardique* puis dans les **canaux excréteurs** (*cœlomoductes*) pour être amenés *dans la cavité palléale*.

La fécondation est externe pour les lamellibranches. Il y a accouplement chez les céphalopodes et les gastéropodes.

Après la fécondation, l'œuf subit une **segmentation spirale**. Cet œuf donnera dans la majorité des cas une **larve trocophore** (libre et nageuse). Il existe quelques exceptions : la larve trocophore peut être modifiée rapidement pour former la larve velligère (avec une couronne ciliée développée : **prototroche**). *Sur la face dorsale de cette larve se présente rapidement une coquille.*

Les **céphalopodes** n'ont **pas de développement stade larvaire libre** : le *développement embryonnaire a lieu chez la femelle.*

Les gastéropodes n'ont pas tous de larve velligère.

II\ Etude de classes.

Avant, les amphineures regroupaient les polyplacophores et les aplacophores. Ces deux classes sont caractérisées par **l'absence de torsion du tube digestif** : la *bouche et l'anus sont terminaux et opposés.*

Le **manteau** va synthétiser des **plaques calcaires** qui donnent la *carapace* ou bien des *spicules*. Les **aplacophores** comprennent des *spicules* dans leur masse viscérale.

A\ Les Aplacophores.



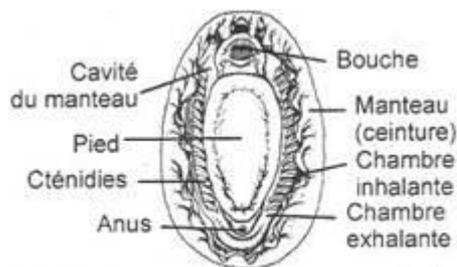
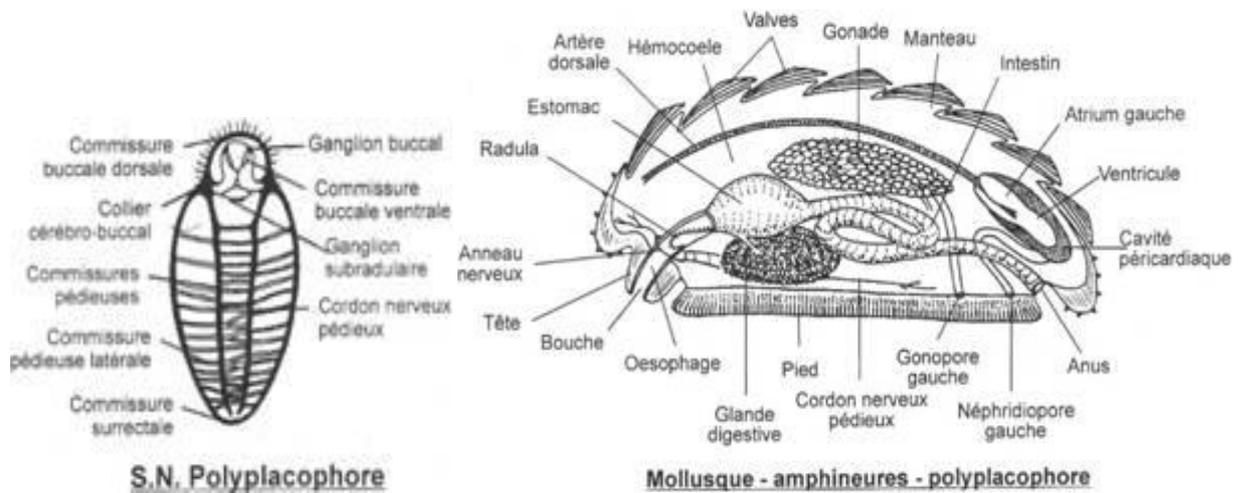
Vue externe - Mollusque
Amphineures aplacophores

Les aplacophores sont de petits animaux vivant dans le sol ou vivant fixés sur des plantes ou d'autres mollusques.

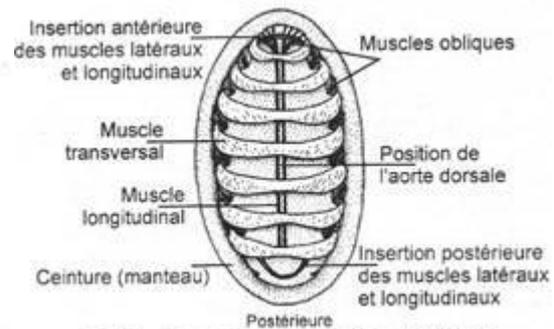
B\ Les Polyplacophores.

Un des représentants de ce groupe est le **Chiton**. On le trouve sur les rochers d'Atlantique ou de Méditerranée. Le **corps est aplati dorso-ventralement**. La coque dorsale est constituée de **huit plaques calcaires articulées entre elles**. Ventralement, on trouve un **ped large** ou sole de reptation. La cavité palléale va former le **sillon palléal autour du pied**. Dans le sillon, on trouve les branchies.

Le chiton possède une gonade qui provient de la fusion des deux gonades primitives. Il reste deux conduits génitaux. La fécondation est externe et les sexes sont séparés.

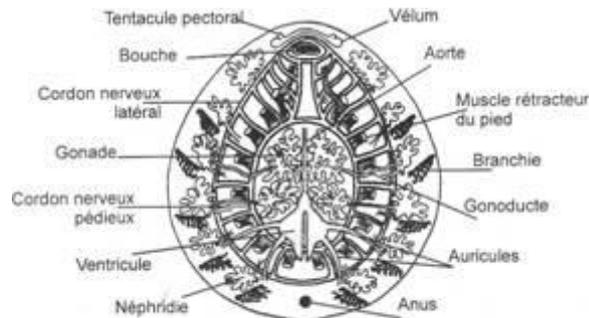


Polyplacophore - vue ventrale



Polyplacophore - musculature

C\ Les Monoplacophores.



Monoplacophore

Au début des années 50, on ne les trouvait qu'à l'état de fossiles. En 1952, on a trouvé des exemplaires vivants du genre **Néopilina** à plus de 4000 mètres de profondeur, dans le pacifique, au niveau du Mexique.

C'est un **animal circulaire** d'environ *quatre centimètres de diamètre*, montrant une *symétrie bilatérale nette*. Néopilina possède une *coque dorsale mince* et est caractérisé par une **répétition d'un certain nombre d'organes** pouvant faire penser à une *métamérisation de l'animal*. Dans la région antérieure s'ouvre la *bouche, entourée par des palpes ciliés et des tentacules buccaux*. Le *pied* est circulaire et contient *huit paires de muscles rétracteurs*.

Dans le sillon palléal, on trouve **cinq paires de branchies**. Dans ce sillon débouchent **six paires de néphridies** et **deux paires de gonades**.

Chez *Néopilina*, les sexes sont séparés et la fécondation externe.

Le cœur est composé d'un ventricule et de deux oreillettes. Le cœlome est plus développé que chez les autres mollusques.

Néopilina galathea possède des caractères primitifs comme le *sillon palléal*. Cela le rapproche du mollusque ancestral type. Cependant, cette espèce se distingue des autres mollusques par la répétition d'un certain nombre d'organes (musculature, néphridies, ...) : c'est une *forme de métamérie*.

Les monoplacophores se rapprochent des annélides. On y trouve une **segmentation spirale** des œufs ainsi que quelques ressemblances larvaires. Ils descendraient de formes annéliennes métamérisées. **Cette hypothèse a été abandonnée** : maintenant, on pense qu'ils viendraient de plathelminthes turbellariés primitifs. De nombreux travaux de taxonomie moléculaire sont effectués pour connaître la phylogénie de cette classe.

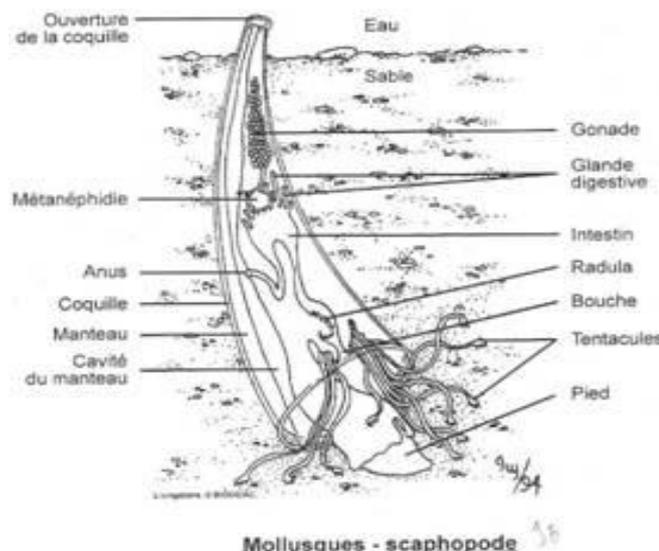
D\ Les Scaphopodes.

Les scaphopodes sont de *petits animaux marins*. Le plus connu d'entre eux est le **dentale** (*Dentalium*) qui vit dans les sables. Son corps est allongé et enveloppé d'un **manteau tubulaire** sécrétant une *coquille en forme de cône*.

On va trouver deux ouvertures :

- Une ouverture large dans la région antérieure (dans le sable).
- Une ouverture étroite, qui fait saillie hors du sédiment.

C'est par l'ouverture antérieure que s'ouvre la bouche. Celle-ci est entourée de **tentacules** appelés « **captacules** ». Le pied est peu développé et a un rôle fouisseur.



La **cavité palléale** s'ouvre par l'**orifice le plus étroit** (postérieur).

Les **branchies ont disparues** et les *échanges respiratoires se font alors au niveau du manteau*.

Le *système nerveux* est constitué de **quatre paires de ganglions** (cérébroïdes, pleuraux, pédieux et viscéraux).

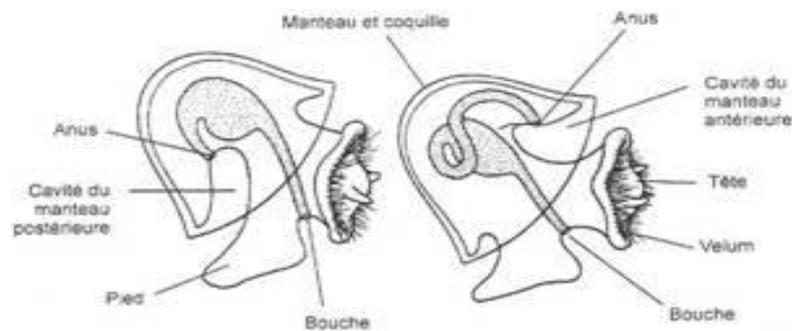
Les sexes sont séparés et l'on ne trouve qu'une gonade.

Ce groupe est rapproché des gastéropodes car leur coquille est unique et leur masse viscérale se développe en hauteur. Ils sont aussi rapprochés des lamellibranches car leur tête est réduite, leur pied fouisseur et la coquille, chez la larve de scaphopode, est bivalve.

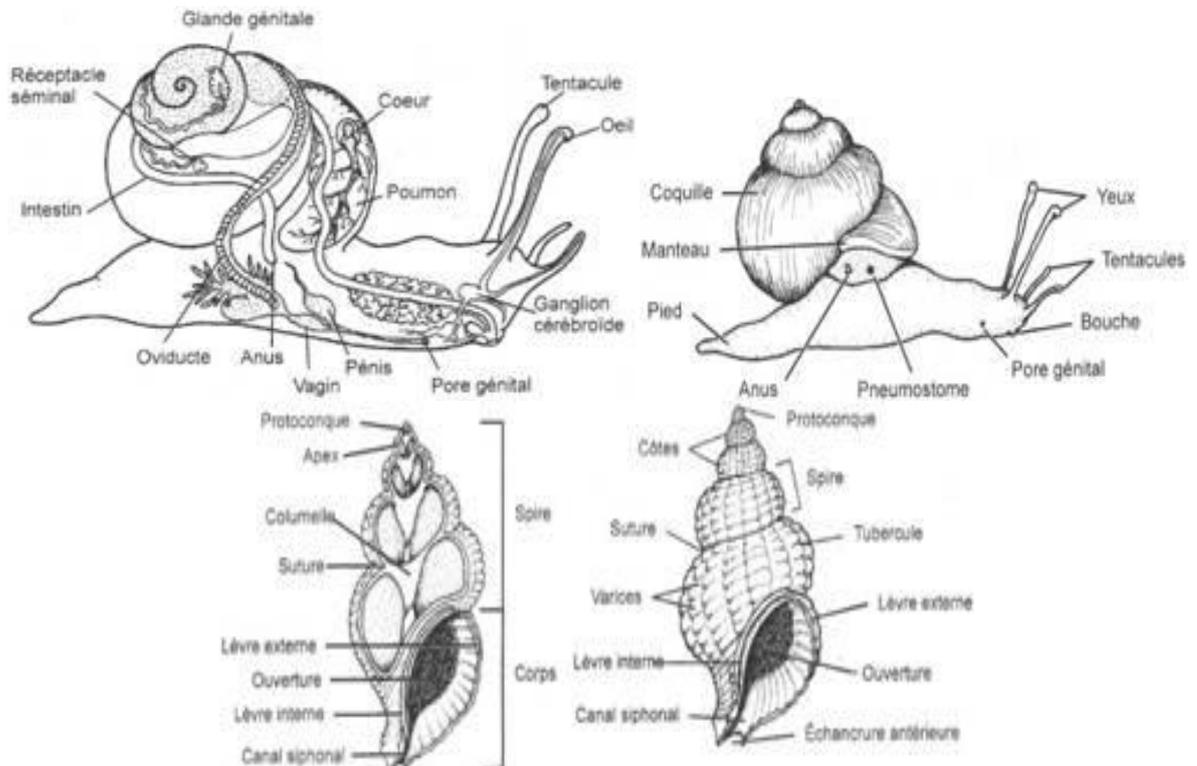
E\ Les Gastéropodes.

La classe des gastéropodes regroupe les $\frac{3}{4}$ des espèces de mollusques. Ils se distinguent par la **disparition de la symétrie bilatérale** au profit d'un **enroulement hélicoïdal** de la masse viscérale.

1\ Caractères généraux.



Flexion et torsion chez les Gastéropodes



La **tête** est bien individualisée, porte des **organes sensoriels** comme les *yeux* ou les *tentacules*.

Le **pied** est très musculeux et souvent appelé « **sole de reptation** ». Celle-ci sert à l'appui de l'ensemble de la masse viscérale qui est protégée par une coquille.

La **coquille** est formée par un **tube conique entouré en spirale autour d'un axe rigide** (la columelle). Cette columelle peut être *creuse* ou *pleine*.

Au cours du développement larvaire, on observe **trois phénomènes caractéristiques** de cette classe : la **flexion endogastrique**, la **torsion** et la **spiralisation**. La *flexion endogastrique* va provoquer un changement d'orientation au niveau de la cavité palléale. La *torsion* va amener cette cavité en avant, du côté dorsal. La *spiralisation* va entraîner l'enroulement de toute la masse viscérale qui se retrouve dans la coquille. Elle entraîne aussi la **perte de la symétrie bilatérale**. Toutefois, il faut noter que **tous les gastéropodes ne subissent pas la spiralisation**.

C'est la torsion qui permet la différenciation des sous-groupes de gastéropodes.

2\ La sous-classe des Prosobranches.

Les Prosobranches ont subi une **torsion complète** (180°). La cavité palléale se retrouve en avant (elle comporte les branchies). Les **sexes sont séparés** ; la **coquille** est bien développée et **peut être refermée par un opercule rigide** d'origine organique ou calcaire. On y trouve 3 ordres :

- **Les Archéogastéropodes**. C'est le groupe le plus primitif. Les individus le composant sont **tous marins**, généralement **herbivores**. Exemples : *Patelle*, *Haliotis*, *Ormeaux*.
- **Les Mésogastéropodes**. Ce groupe est celui qui comprend le plus d'individus et c'est aussi le plus varié des Prosobranches. Ces espèces ont **en général une branchie, un rein et une oreillette**. Ils sont **souvent herbivores** mais on y trouve quand même des *carnivores se nourrissant de lamellibranches* (comme les *bigorneaux*).
- **Les Néogastéropodes** : Ce sont les **plus évolués**. Ils sont **carnivores** et certains possèdent un *venin toxique pouvant être mortel pour l'Homme*. Exemples : **Buccin**, **Murex**.

3\ La sous-classe des Opisthobranches.

La **torsion** des opistobranches est **incomplète**, ne dépassant pas 90°. Ils n'ont en général **qu'un rein, qu'une oreillette, qu'une branchie**. La *coquille* est réduite, souvent interne et parfois absente. On y distingue **deux ordres** :

- **Les Tectibranches**. Exemple : le lièvre de mer (genre *Apysia*). Il y a un développement des *expansions latérales du pied* : les **parapodies**. La *coquille* est très mince et le manteau tend à la recouvrir. Les *parapodies* s'*hyper-développent* et fonctionnent comme des *nageoires* ou des *ailles* aptes à la **nage**. Ce lièvre de mer est un *brouteur d'algue*.
- **Les Nudibranches**. Il y a **disparition totale de la coquille et de la cavité palléale**. Les *branchies* sont remplacées par des *expansions du tégument* : les **papilles**. Ces nudibranches *se nourrissent de cnidaires* mais ils ne digèrent pas les cnidoblastes ; ils stockent parfois ces derniers au niveau des papilles, ce qui les protège.

4\ La sous-Classe des Pulmonés.

On trouve les **pulmonés** en *eau douce* ou en *milieux terrestres* ; exceptionnellement en mer. Chez les *formes terrestres*, les *branchies disparaissent*. Le plafond de la cavité palléale forme un poumon. *L'ouverture de la cavité se rétrécit* et elle communique à l'extérieur par le **pneumostome**.

L'appareil génital est **hermaphrodite**. Il y a **accouplement et fécondation croisée** mais aussi **autofécondation** possible. On distingue **deux ordres** :

- **Les Basomatophores**. Ils ont les **yeux situés à la base des tentacules** qui ne sont pas invaginables. La **coquille est bien développée**. Ce sont les pulmonés qui *retournent à la vie aquatique*. On les trouve en eau douce. Exemple : *Planorbe* dont la coquille s'enroule dans un plan.

- **Les Stylomatophores**. Ils sont **presque tous terrestres** (genre *Hélix*). La **coquille extérieure est bien développée**. La *columelle est creuse* chez l'*escargot de Bourgogne*. Chez les *limaces*, la *coquille est réduite voir interne*.

F\ La classe des Lamellibranches (ou Bivalves).

Excepté quelques espèces d'eau douce cette classe ne comprend que des **individus marins**.

1\ Caractères généraux.

Le manteau.

Le **manteau** est développé et **donne deux lobes symétriques** enveloppant la totalité du corps et constitue la *cavité palléale*. Les deux lobes pourront être libres sur toute leur surface sauf dorsalement où l'on trouve une *soudure au niveau de la charnière*. Ces deux lobes du manteau vont laisser une *empreinte sur la face interne des valves* : c'est la **coquille intégripallée** (*empreinte continue*). Chez quelques formes, il existe d'autres types d'empreintes (chez les lamellibranches fouisseurs) : *une ou plusieurs soudures ventrales*. Quand on a deux soudures ventrales, il y a deux orifices dont un est inhalant et l'autre exhalant. Chez les fouisseurs les mieux adaptés, les *orifices sont prolongés par des siphons*. L'empreinte laissée est donc discontinue : c'est la **coquille sinupallée**.

Les muscles adducteurs.

On trouve **généralement deux muscles adducteurs** (*un antérieur et un postérieur*) : espèce **dimyaire**. Ces deux muscles traversent de part en part l'animal et s'insèrent sur la face interne des deux valves. La fixation laisse des **empreintes**.

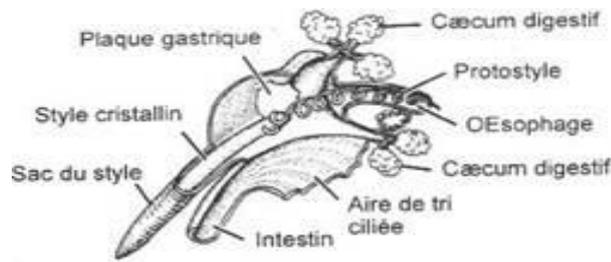
Le rôle de ces muscles est de **fermer ou de rapprocher rapidement les deux valves**.

Il existe quelques formes avec un *muscle adducteur postérieur unique* : espèce **monomyaire**.

La tête.

On note une **absence de tête bien différenciée**. Il n'y a donc *pas d'organes sensoriels céphaliques*. Ces organes se retrouvent plutôt sur les bords du manteau.

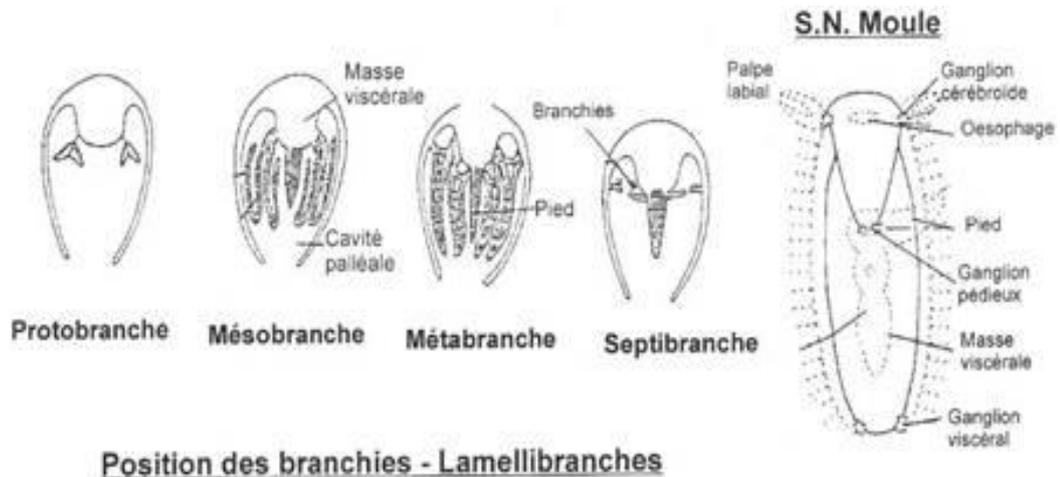
Le tube digestif.



T.D. Bivalves

La partie antérieure du tube digestif ne comporte **pas de mâchoire, ni de radula, ni de pharynx**. La bouche est entourée par des **palpes** (deux paires de palpes labiaux) et s'ouvre sur l'œsophage.

L'appareil respiratoire.



Les **branchies** sont recouvertes par un **épithélium cilié** dont les battements créent un **puissant courant entrant d'eau**. Il favorise la respiration par apport d'eau oxygénée et l'entrée de petites particules alimentaires qui pourront progresser jusqu'à la bouche. Le pouvoir filtrant de ces animaux est très important. Par exemple, *Corbicula* (1 centimètre de diamètre) filtre une dizaine de litres d'eau par jour.

La reproduction.

Les **males** et les **femelles** émettent leurs produits génitaux dans l'eau (**fécondation externe**). Il existe un phénomène particulier pour les lamellibranches d'eau douce : *après le développement embryonnaire*, on observe le **développement d'une larve glochidie (parasite)** qui se fixe sur les branchies ou les nageoires de poissons. Cette fixation confère aux mollusques d'eau douce, un **grand pouvoir de dissémination**.

La première **classification** des lamellibranches est basée **sur la structure et la forme des branchies**.

2) L'ordre des Protobranches.

Les branchies sont constituées de **filaments simples** et le *manteau est largement ouvert*. Exemple *Nucula sp.*

3\ L'ordre des Mésobranches (ou filibranches).

Les branchies sont **plus complexes**, constituées de **filaments directs et réfléchis**. Ils sont *en liaison par une jonction simple*. Les branchies prennent une forme de « W ».

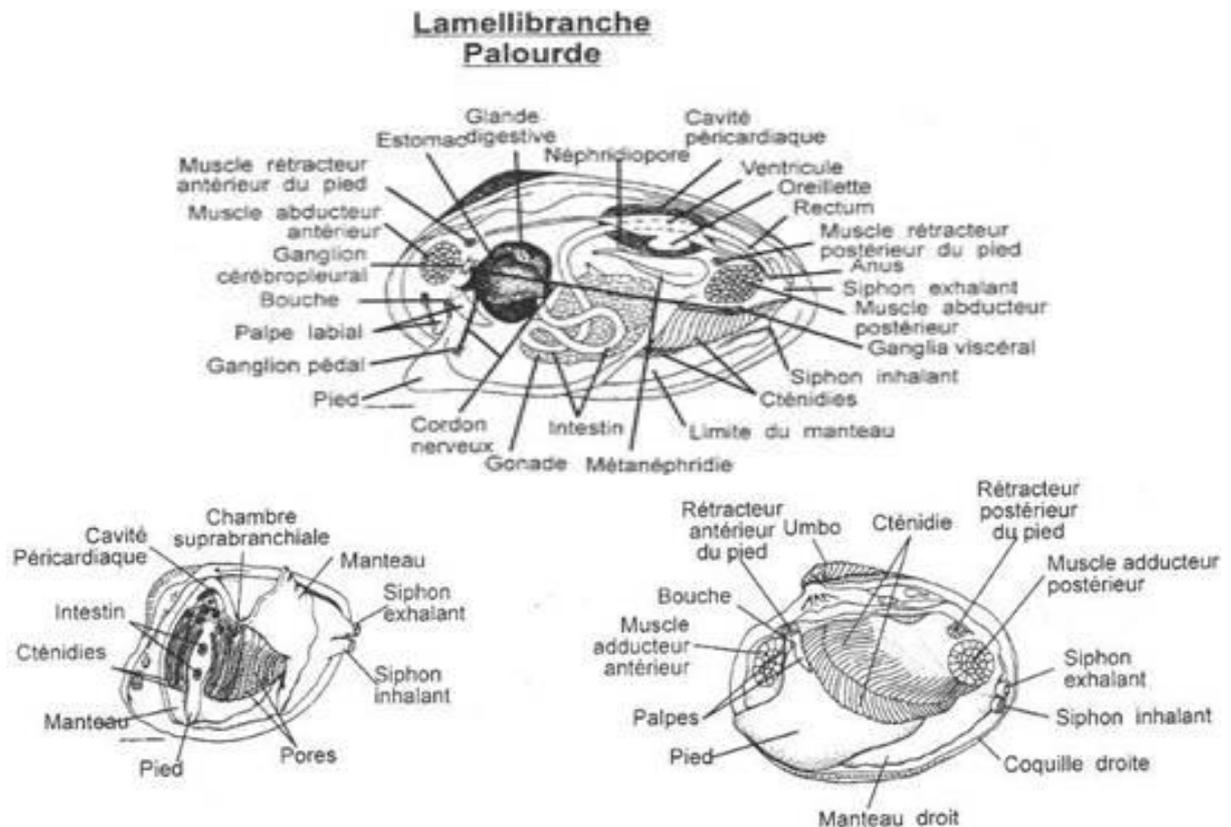
Les **deux muscles adducteurs** sont présents mais le **muscle antérieur est réduit**. On trouve une **soudure dorsale** (la charnière). Exemples : *Mytilus* (moule), *Pecten* (coquille St Jacques).

4\ L'ordre des Métabranches (ou Eulamellibranches).

On trouve des **filaments directs et réfléchis mais soudés**. Les **liaisons entre les filaments** sont plus importantes et **constituées de ponts conjonctifs** : on a une **rigidification** de la structure.

Le manteau présente **une ou deux soudures ventrales** (un orifice inhalant et un orifice exhalant).

Exemples : Coque, Palourde.



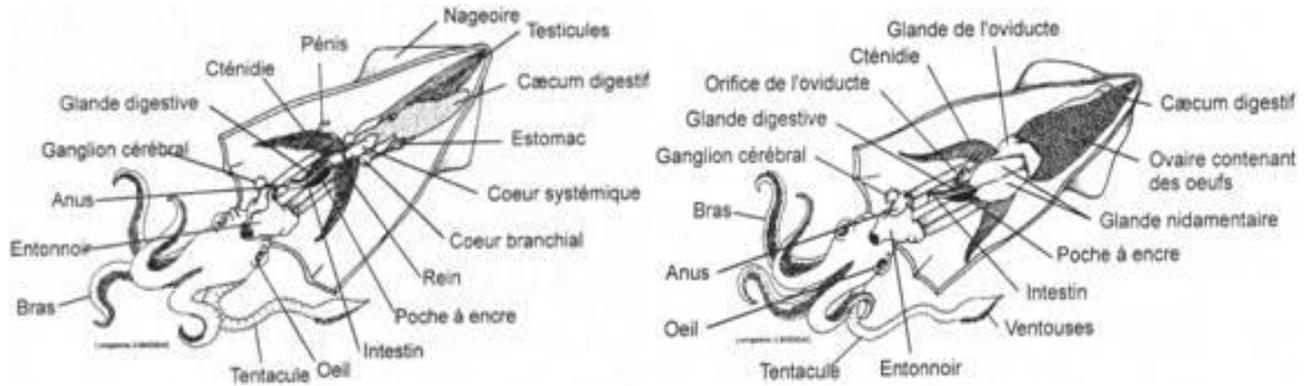
5\ L'ordre des Septibranches.

Les **branchies sont réduites** et forment une sorte de **membrane percée de pores** où passe le manteau et la masse viscérale. On détermine une « **chambre branchiale** ».

G\ La classe des Céphalopodes.

Les céphalopodes sont les **mollusques les plus différenciés**. Ils sont souvent considérés comme les invertébrés les plus évolués. Leur *système nerveux est concentré* et les **yeux sont de type caméculaire** (semblables à ceux

des vertébrés). Ce sont toutes des espèces marines. Leur taille est variable (de quelques centimètres à plusieurs mètres). Les plus grands sont les calmars géants et ils sont en concurrence alimentaire avec les gros vertébrés comme le cachalot...



1\ La sous-classe des Tétrabranchiaux.

Les tétrabranchiaux furent un **groupe important au Primaire**. Maintenant, ils ne sont plus représentés que par **un genre** : *Nautilus*.

Sa *coquille est enroulée sur un plan*. Elle est *divisée en loges*, séparées par des cloisons. L'animal vit dans la dernière loge. Il existe un **siphon** qui traverse toute les loges pour se terminer dans la loge initiale. Ce siphon contient un ligament qui va rejoindre la dernière loge.

Ils ont **quatre branchies, quatre oreillettes, quatre reins**. Ils présentent *entre 40 et 50 tentacules rétractiles*.

On les trouve dans *l'océan Pacifique* et dans *l'océan Indien*.

2\ La sous-classe des Ammonoïdés.

Cette sous-classe est *uniquement présente au Secondaire*, après, ils disparaissent. Leur coquille est traversée par un siphon. Ils avaient *deux ou quatre branchies*.

3\ La sous-classe des Dibranchiaux.

Les dibranchiaux possèdent **deux branchies, deux oreillettes, deux reins**.

a\ L'ordre des Décapodes.

Les décapodes ont **dix bras péribuccaux** et une **coquille interne**. Le *manteau forme deux replis latéraux qui donnent une nageoire de chaque côté* de l'animal. Exemples : Sèche, Sépia, Calmar.

b\ L'ordre des Octopodes.

Les octopodes ont **huit bras**. Ils sont **dépourvus de coquille**. Le manteau est sous les replis latéraux. Ce sont des **animaux benthiques**. Exemple : la Pieuvre.

c\ L'ordre de Bélemnitoïdés. Les bélemnitoïdés sont un **groupe fossile** qui présentait une **coquille externe**.

Les Arthropodes (Généralités)

I\ Caractères généraux.

Les animaux de la lignée protostomienne ont subi des modifications considérables avec des *spécialisations selon les milieux colonisés*. Les arthropodes sont les mieux céphalisés avec les céphalopodes.

Ces arthropodes présentent des *caractères d'annélides* comme une *chaîne nerveuse ventrale* et une *segmentation apparente*. Ils ont aussi des *caractères de mollusque* avec par exemple, un *cœlome réduit* et un *appareil circulatoire ouvert*.

Les arthropodes :

- Sont des **protostomiens segmentés**, équipés à l'origine, **d'une paire d'appendice par segment**. Certains de ces appendices disparaissent ; d'autres se spécialisent.
- Montrent des **formes primitives** avec des *appendices post-oraux tous égaux*. Les formes « modernes » vont présenter des **appendices spécialisés** en fonction de leur position sur le corps.
- Ont une **cuticule externe** qui recouvre tout le corps : c'est un **exosquelette rigide** qui oblige la **croissance par mue(s)**.
- N'ont des *vésicules cœlomiques que chez les embryons précoces* : elles vont *régresser chez l'adulte* alors que *l'hémocœle prend de l'importance*. L'hémocœle est la cavité générale où circule le sang.
- Possèdent un **cœur contractile**, *formé à partir d'un vaisseau dorsal*. Ce vaisseau est placé dans un **sinus péricardique** et le sang pénètre dans le cœur par des orifices latéraux paires : les **ostioles**.
- Ont un *système nerveux bâti sur le plan annélidien* (la **chaîne nerveuse est ventrale**, reliée au « cerveau » par le **collier péri-œsophagien**). Le *cerveau est hautement différencié* et divisé en **trois vésicules** : **protocérébron, deutocérébron, tritocérébron**.
- Ont leurs *mouvements qui ne dépendent que de la musculature* animant ces appendices locomoteurs, rattachés à l'exosquelette.
- Ont des *œufs très riches en vitellus* et ne présentent **pas de larve trocophore** (ce qui est le cas des annélides et des mollusques).

Le système excréteur néphridien des annélides a disparu.

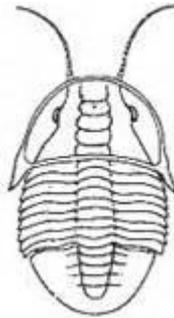
Les arthropodes présentent 7/8^{me} des espèces vivantes. Ces points évolutifs fondamentaux ont été déterminant dans leur succès écologique et leur réussite.

II\ La diversité des arthropodes.

Chez les arthropodes vrais, on trouve **trois sous-embranchements** : les **Trilobitomorphes**, les **Chélicérates**, les **Antennates** (ou Mandibulates).

Cet embranchement est représenté dès le cambrien (-560 millions d'années) avec des formes aquatiques.

A\ Le sous-embranchement des Trilobitomorphes.



Ces trilobitomorphes sont des *arthropodes primitifs, aquatiques*, avec des *antennes pré-orales* et des **appendices biramés sur tous les métamères**. Aucun trilobitomorphe n'a atteint l'ère secondaire. On compte 3950 espèces.

B\ Les Chélicérates.

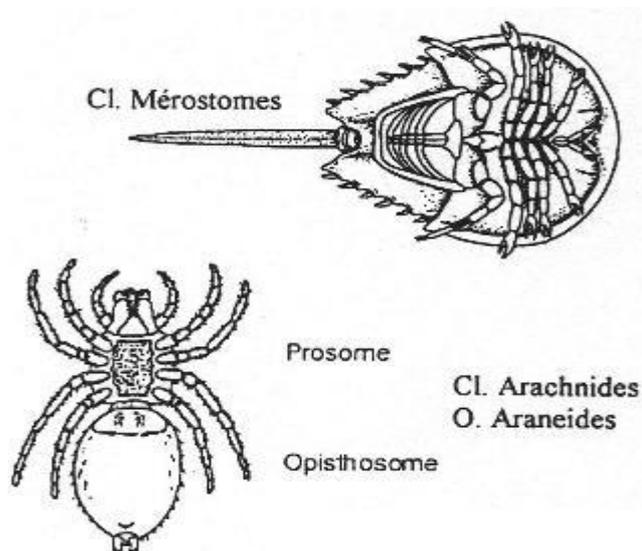
63000 espèces sont actuellement connues. Elles n'ont **pas d'antennes**. La *première paire d'articles est en avant de la bouche* et forme des *pinces préhensiles* : les **chélicères**. On y trouve aussi une *paire d'appendices tactiles* : les **pédipalpes**.

Le **corps** est divisé en deux régions ou **deux tagmes** :

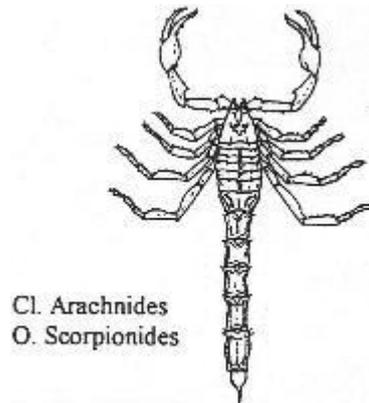
- Un **prosoma**, antérieur, *portant les chélicères, les pédipalpes et tous les segments munis de pattes marcheuses*.
- Un **opistosoma**, *portant des appendices réduits ou bien absents*.

Les chélicérates sont divisés en trois classes :

Les mérostomes : leur *respiration est branchiale, aquatique*. Ce sont les **limules** (ou xiphosures). Le corps est recouvert d'une **carapace dorsale**.

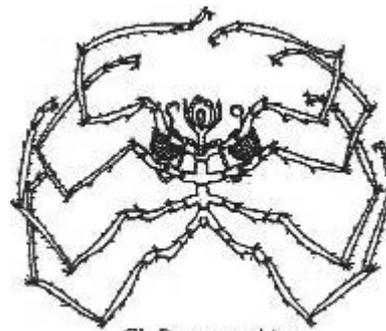


Les **arachnides** : la **respiration est aérienne** et ils sont *majoritairement terrestres*. On en connaît 15 ordres et les plus connus sont les scorpions, les araignées, les opilionides ou les acariens.



Cl. Arachnides
O. Scorpionides

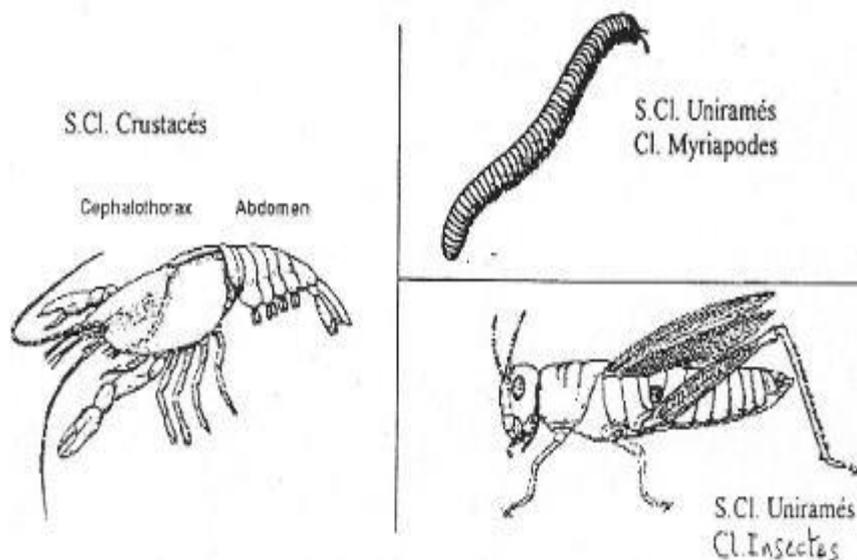
Les **pycnogonides** : ce sont les « araignées de mer ». Ce sont des *formes aquatiques* à **respiration cutanée**. Le *prosoma* est très développé alors que l'*opistosoma* est très réduit.



Cl. Pycnogonides

C\ Les antennates (ou mandibulates).

S/E Antennates = Mandibulates



Les **antennates** ont des **antennes et des mandibules**. Ils regroupent les **crustacés** et les **uniramés** (myriapodes + insectes). La **différence** entre les sous-groupes est surtout faite à partir des **appendices céphaliques**.

1\ La Super-classe des Crustacés.

Les crustacés **sont aquatiques, à respiration branchiale**. Ils possèdent **deux paires d'antennes**. On en connaît 40 000 espèces réparties en **10 classes**.

2\ La Super-classe des Uniramés.

Cette Super-classe comprend près d'un million d'espèces. Elles sont **pourvues d'une seule paire d'antennes**. Les *appendices locomoteurs n'ont qu'une rame*.

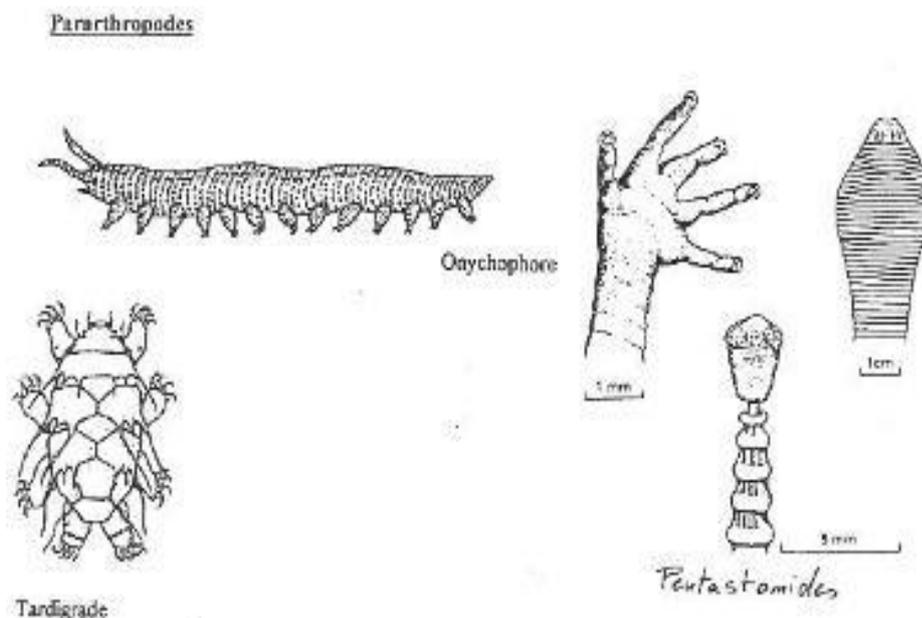
a\ La classe des Myriapodes.

On trouve **plus de trois paires d'appendices locomoteurs**.

b\ La classe des Insectes (ou hexapodes).

On trouve **trois paires d'appendices locomoteurs**.

III\ Les Pararthropodes, groupe associé aux arthropodes.



Les pararthropodes regroupent **trois classes** : les **tardigrades**, les **onychophores** et les **pentastomides**. Ces derniers seraient des arthropodes vrais déformés par le parasitisme.

Les tardigrades et les onychophores sont beaucoup plus énigmatiques. Ils possèdent des caractères d'arthropodes comme une segmentation, une cuticule, une croissance par mue. Ils présentent toutefois des particularités pouvant être considérées comme des régressions : les tardigrades n'ont ni antennes, ni pièces buccales, ni système respiratoire. Les appendices articulés peuvent être présents ou non.

Le problème de l'intégration de ces trois classes aux arthropodes n'est pas résolu.

IV\ La métamérie des arthropodes.

Comme chez les annélides, le corps est à **symétrie bilatérale**, avec une succession de segments : les **métamères**. Il y a *segmentation ganglionnaire du système nerveux*.

Chaque segment est entouré de plusieurs plaques (sclérites) et sont unis (les segments) entre eux et aux métamères voisins par une **membrane ventriculaire**.

On trouve un **tergite dorsal**, un **sternite ventral** et **deux pleurites ventraux**.

Un métamère est traversé par : le **tube digestif**, le **cœur** (vaisseau contractile dorsal), la **chaîne nerveuse**, des **faisceaux musculaires** longitudinaux dorsaux et ventraux.

La *musculature circulaire a disparu*. A la série des métamères s'ajoutent :

- **L'acron** dans la *région antérieure*, qui porte le **protocérébron**.
- Le **telson**, à l'*arrière*, qui **porte l'anus**.

Cette **métamérie hétéronome** résulte de la *différenciation de régions* (les tagmes). Chaque tagme comprend une série de métamère pour la même fonction.

Les *appendices des tagmes sont spécialisés* dans des différentes fonctions. Les *arthropodes primitifs* ont un *grand nombre de segments*, pouvant être indéfini, alors que les *formes spécialisées* ont un *nombre de segments réduit et fixe*. Il y a donc une **division du travail** entre les différents groupes de segments. La *région antérieure* est *sensorielle et masticatrice* ; la *région moyenne* est *locomotrice* ; la *région postérieure* porte les *organes génitaux*.

V\ La céphalisation.



La **tête** résulte de la **fusion de l'acron avec les cinq premiers métamères**. L'*acron* porte les **ocelles** et les **yeux composés**. Les *métamères 1 à 5* portent les *appendices spécialisés dans les fonctions sensorielles* (exemples : **antennes** et **antennules**) et/ou dans les *fonctions masticatrices* (exemples : **mandibules**, **pattes-mâchoires**).

Les *métamères 1 et 2* sont en **position pré-orale** et leurs *centres nerveux* (deuto et tritocérébron) vont *fusionner avec le protocérébron pour former le cerveau*.

Les *métamères 3 à 5* sont **post-oraux** et leurs *ganglions fusionnent en un ganglion sous-œsophagien innervant les pièces masticatrices*.

Ces deux ensembles sont liés par un **collier péri-œsophagien**. La tête des arthropodes reste controversée sur plusieurs points. Les formes primitives étaient proches des crustacés céphalocarides : une tête bien individualisée avec un acron plus cinq métamères. La tête est séparée du premier métamère thoracique par une limite inter segmentaire. On admet que cette disposition représente la structure fondamentale des arthropodes. Cette structure fondamentale est conservée chez les myriapodes avec une meilleure individualisation, grâce à un cou. C'est la même chose chez les insectes.

Toutefois, la tête de nombreux crustacés et de tous les chélicérates s'éloigne de ce type fondamental. *Les crustacés ont une céphalisation qui fait intervenir les deux premiers segments du tronc qui vont se souder à la tête primitive*. La partie dorsale de la carapace recouvre plus ou moins l'ensemble du corps. Les *premiers appendices thoraciques forment des pattes-mâchoires* venant participer à la mastication. *La tête est une unité anatomique mais aussi fonctionnelle*. Elle regroupe les éléments pour les fonctions nerveuses (et sensorielles) et de nutrition.

Chez les *chélicérates*, la *partie antérieure est longue*, d'un seul tenant. De l'avant vers l'arrière, on trouve *une paire de chélicères*, *une paire de pédipalpes* (deuxième métamère plus bouche) puis *quatre paires locomotrices*. Le **premier segment est dépourvu d'appendice**. *Le premier métamère porte les chélicères*. Tout cet ensemble peut être assimilé à une tête primitive mais il assure aussi la fonction locomotrice.

On doit admettre que les pattes locomotrices correspondent à des segments du tronc ayant fusionné avec la tête ; l'ensemble formant le prosoma.

VI\ Le Développement Embryonnaire des Arthropodes.

A\ Généralités.

Dans la *majorité des cas*, le *jeune arthropode*, au moment de l'éclosion, a un *aspect larvaire*. Les formes larvaires varient fortement d'un groupe à l'autre. On distingue **deux types de développement embryonnaire**.

a\ Développement de type anamorphique.

Ce type de développement est aussi appelé **développement dilaté**. *Au moment de l'éclosion, tous les segments ne sont pas formés*. Les *nouveaux segments s'ajouteront en avant du pygidium* au fur et à mesure des mues. On peut citer l'exemple des **limules** (Xiphosures) dont la *larve trilobitomorphe* va acquérir progressivement le nombre de segments et d'appendices définitifs. Dans le cas des *araignées de mer* (Lycmognonides), on a *trois paires d'appendices au départ* ; les autres se formeront au cours des mues.

La plupart des chélicérates et des crustacés sont anamorphiques, ainsi que les **insectes amétaboles** (sans ailes).

b\ Le développement épimorphique.

Ce type de **développement est direct**. Le **nombre de segments est définitif** au moment de l'éclosion. C'est le type **le plus répandu chez les insectes (ptérygotes)** *bien que les larves ne ressemblent pas à l'adulte*.

Le développement post-embryonnaire est très riche en variations de détails. On détaillera les types les plus intéressants et les plus complexes : les crustacés et les insectes.

B\ Le développement post-embryonnaire des crustacés.

On passe d'un *développement anamorphique (formes nageuses)* à un *développement épimorphique (forme benthiques)*. On prendra comme exemple les crustacés pénéides (**décapodes**). On distingue **plusieurs stades larvaires** et ce sont les *mues successives* qui permettent de passer les divers stades. Le schéma général est :

1-Nauplius → 2-Métanauplius → 3-Protozoé → 4-Zoé → 5-Mysis.

Au cours de ses mues, la larve acquiert des *pléiopodes*. Les *segments thoraciques* sont différenciés et portent les **périopodes P1 à P5**. Le *céphalon* et le *péréion* se recouvrent d'une *carapace non divisée* : le **céphalopéréion**.

La dernière mue donnera l'adulte.

Chez les Mysidés (crevettes nageuses), le développement post-embryonnaire *commence avec la larve nauplius et s'achève au stade zoé*. L'adulte est de type mysidé.

Chez les Péréidés, on **retrouve les cinq stades**, de nauplius à mysis.

Chez les Malacostracés, comme la langoustine, il y a **éclosion au stade mysis**.

Chez les Brachyours, il y a **rajout d'un stade mégalope** dont la structure rappelle celle de l'adulte.

Chaque fois que les crustacés sont adaptés aux eaux douces, les stades larvaires sont abrégés et chez les écrevisses, le développement est direct.

C\ Développement post-embryonnaire des insectes.

A l'exception des aptérygotes, la *larve possède tous ses segments à l'éclosion*.

Cette larve devra subir des transformations plus ou moins importantes avant d'atteindre le *stade adulte reproducteur* (le **stade imago**).

On distingue **quatre types de développement post-embryonnaire** d'où quatre groupes d'insectes.

a\ Le développement amétabole.

On rencontre ce type de développement chez les **aptérygotes** (Collemboles, Thysanoures). Les jeunes ressemblent aux adultes mais sont plus petits. *Le nombre de segments définitifs s'acquiert définitivement mais sans métamorphose*. La mue d'adulte, ou imaginale, donne l'imago qui possède des gonades fonctionnelles.

Les adultes continuent à grandir par mues successives qui alternent avec des cycles de reproduction.

b\ Les insectes hétérométaboles paurométaboles.

Ces insectes sont des **ptérygotes**. On trouve différents ordres comme : les **Orthoptères**, les **Dictyoptères**, les **Phasmoptères**, les **Dermaptères** (perce-oreille) et les **Hyménoptères** (punaises).

L'éclosion va libérer une larve *différent de l'adulte par sa taille et l'absence de pièces génitales et d'ailes*. Ce cycle de développement est dit **holobiontique** (*dans le même milieu*).

Le *développement est progressif* : il y a augmentation de la taille et développement des pièces génitales et des ailes. Les ailes *apparaissent au niveau du mésothorax et du métathorax* (en position dorsale). Elles *sont d'abord enfermées dans les replis du tégument* (les **ptérothèques**). *Chez les larves, les ébauches d'ailes sont visibles extérieurement* : ce sont des **exoptérygotes**.

La mue imaginale montre une *croissance accélérée des pièces génitales et des ailes* on obtiendra alors un **adulte qui ne mue plus et qui pourra connaître plusieurs cycles de reproduction**.

c\ Insectes hétérométaboles hémimétaboles.

Ce type d'insecte est notamment représenté par les **Ephéméroptères** et les **Odonates**. L'éclosion va libérer une larve *différent de l'adulte par sa taille, l'absence de pièces génitales et d'ailes*. Toutefois, *la larve se distingue de l'imago par son habitat et son mode de vie*.

Le cycle se déroule sur deux type de milieu avec souvent, une **larve aquatique** et un **adulte terrestre** : **cycle amphibiontique**.

La larve possède des *pièces buccales broyeuses*. La mue imaginale implique d'importantes modifications.

Dans tous les cas, des *ébauches ailes n'apparaissent que dans le dernier stade larvaire* : chez la nymphe

(Insectes **exoptérygotes**). *L'adulte ne grandit plus et peut connaître plusieurs cycles de reproduction*.

d\ Insectes holométaboles à métamorphose vraie.

La larve est *très différente de l'adulte, par son organisation morphologique et anatomique, par son habitat et mode de vie, par son régime alimentaire*. Dans ce cas, on trouve les **Coléoptères** et les **Diptères** (mouches et moustiques).

Le *développement des ailes est masqué* et elles ne seront pas visibles en surface, avant la fin du dernier stade larvaire : ce sont des **insectes endoptérygotes**.

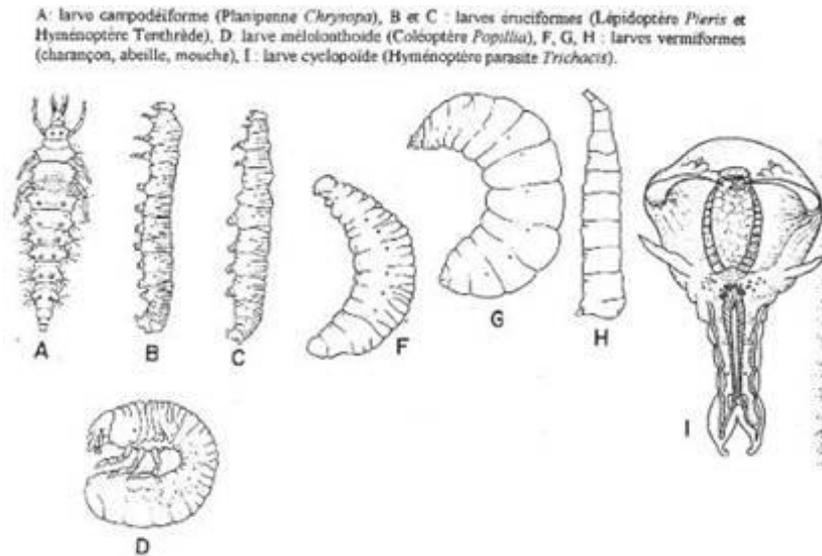
Le *nombre de mues est en général fixe pour une espèce*. Dans certains cas, il est soumis aux conditions environnementales (température et nourriture).

La mue imaginale donne l'adulte mais c'est une **véritable métamorphose** car l'animal (adulte) *change complètement d'organisation, de physiologie et de milieu* (par rapport à la larve). La **nymphe diffère des stades larvaires** par les trois mêmes critères. **Avant la mue imaginale, il y aura une mue nymphale**.

1\ Les cinq catégories de larves.

La larve campodéiforme.

La **carapace est rigide**, les **ocelles sont fonctionnelles** et **trois paires de pattes** locomotrices sont présentes : c'est une **larve carnassière**. Cette larve existe pour de nombreux **Coléoptères carnassiers** (coccinelles, dytiques, carabes).



La larve mélolonthoïde.

Ce type de larve ressemble aux **larves de hanneton** : elle a un **corps mou**, **trois paires de pattes thoraciques**, des **pièces buccales broyeuses** et **pas d'ocelle**. Ces larves vivent dans du bois pourri, dans des souches...

La larve éruciforme.

C'est la **larve type des chenilles de papillons**. Elles ont **trois paires de pattes thoraciques** et *n paires de pseudopodes abdominaux*.

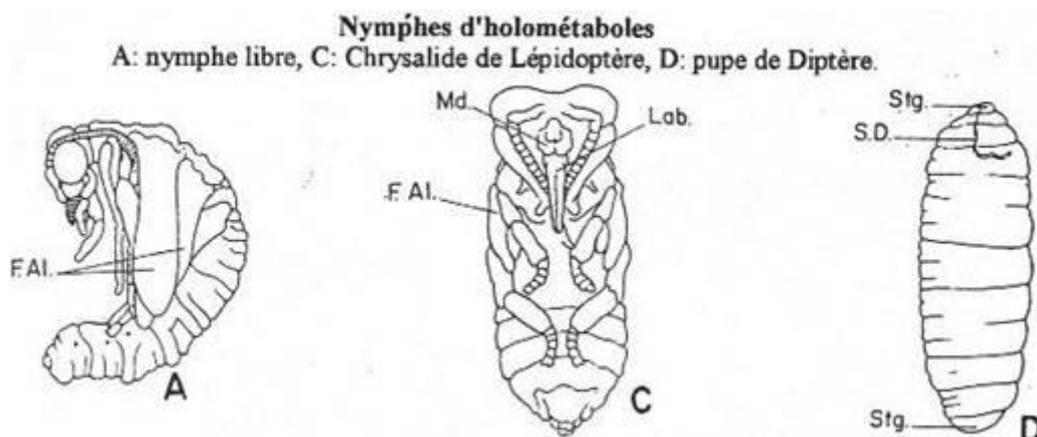
La larve vermiforme.

C'est la **larve des abeilles et des mouches**. On note la **disparition des appendices locomoteurs** et la **disparition régressive des pièces buccales et de la tête**.

La larve cyclopoïde.

On rencontre ce type de larve **chez quelques Hyménoptères parasites**.

2\ Les nymphes.



La nymphe est partiellement ou totalement immobile. L'organisation de la forme de la larve est fortement remaniée en vue de la transition vers la phase adulte.

La nymphe libre (nue).

Les nymphes de ce type sont *blanchâtres, immobiles* et possèdent des *appendices libres mais immobiles*. On les trouve chez les **coléoptères** et typiquement chez *Ténébrio*.

La chrysalide ou nymphes momies.

Ces nymphes sont *enfermées dans un cocon de soie*. C'est le cas des papillons (**lépidoptères**). La nymphe possède des *appendices qui sont collés au corps*.

La pupe des Diptères.

Les pupes sont **totalement enfermées dans la dernière exuvie** de la dernière larve vermiforme. Cette larve est **totalement immobile, de couleur foncée**.

Dans tous les cas, la nymphe a comme l'adulte des yeux composés, des antennes, des appendices et des fourreaux alaires (replis de tégument enfermant les ailes).

La dernière mue va libérer l'adulte. *Cette métamorphose débute avec la mue nymphale et se poursuit pendant tout le stade nymphal et se termine avec la mue imaginale.* Durant cette période, l'insecte subit des **phénomènes d'histogénèse, d'histolyse** et de **remaniements**.

3\ Histogénèse : exemple du remplacement du tube digestif larvaire par le tube digestif adulte.

Pendant le développement embryonnaire, des *amas de cellules non différenciées forment des disques imaginaux* et des *éléments diffus (histoblastes)*. Au cours de la vie larvaire, les *disques sont stationnaires (amas blanchâtres)* et seront à l'origine des organes spécifiques à l'adulte. Ces disques s'accroissent et poursuivent leur évolution après la mue de la nymphe.

4\ Histolyse.

Les *organes détruits* sont le **tube digestif, des muscles, la trachée, des glandes thoraciques et séricigènes** (pour la soie). Des hydrolases provoquent **l'autolyse des cellules concernées** et des *cellules phagocytaires vont absorber les débris*.

5\ Remaniements.

Les remaniements **affectent les organes communs** : le **cœur, certains muscles, les tubes de Malpighi** (à fonction excrétrice). Les cellules subissent une **différenciation** puis acquièrent les caractères imaginaux sans changer de destinée.

Les Échinodermes

Introduction

Les Échinodermes forment un groupe d'animaux anciens et fascinants. Bien que l'étoile de mer et l'oursin soient les échinodermes les plus connus, il ne s'agit que de deux espèces, parmi une multitude marins. Ils sont apparus il y a environ 500 millions d'années. Il ne reste qu'environ 6000 espèces et celles-ci se retrouvent dans 6 des 23 classes contenues dans ce phylum. Les espèces appartenant aux 17 autres classes sont maintenant disparues et ne sont donc connues que par des fossiles



Caractéristiques des Échinodermes

Ces animaux à la peau épineuse (d'où leur nom) possèdent un squelette interne. Ils sont le seul embranchement des invertébrés qui possèdent un squelette interne calcaire. Ils ont un système aquifère unique et une symétrie pentaradiaire (du grec penta pour 5).

Contrairement aux autres phylums radiaires d'animaux, qui incluent les Cnidaires et les Ctenophores, les Échinodermes sont triploblastiques et ont une véritable cavité coelomique. Le système aquifère et la cavité périviscérale sont dérivés du coelome embryonnaire. Par le passé, les zoologistes ont été intrigués par cette symétrie radiale, il n'était pas rare alors de réunir les trois groupes dans le phylum des Radiaires. Ceci semblait logique lorsque l'on constatait que toutes les espèces menaient une existence sessile. L'étude détaillée du développement des Échinodermes a permis de constater que ces animaux débutaient leur existence sous forme de larves ayant une symétrie bilatérale et nageant librement. Ce n'est que plus tard au cours du développement de l'animal que les larves se métamorphosent en animaux présentant la symétrie radiale caractéristique et bien connue. Les études sur le développement ont aussi permis de détecter des caractéristiques qui sont propres à un deuxième groupe important d'animaux triploblastiques, les deutérostomiens, parmi lesquels nous retrouvons aussi les vertébrés.

On pense souvent qu'une existence sessile est désavantageuse d'un point de vue évolutif. En effet, ce mode de vie nécessite un mécanisme qui provoque des courants aqueux qui apportent vers l'intérieur de l'animal, les aliments qui doivent être capturés. Une existence sessile demande aussi la capacité de détecter et de répondre à tous les changements du milieu ambiant, venant de toutes les directions. Par conséquent, les animaux à symétrie radiale possèdent des systèmes nerveux diffus.

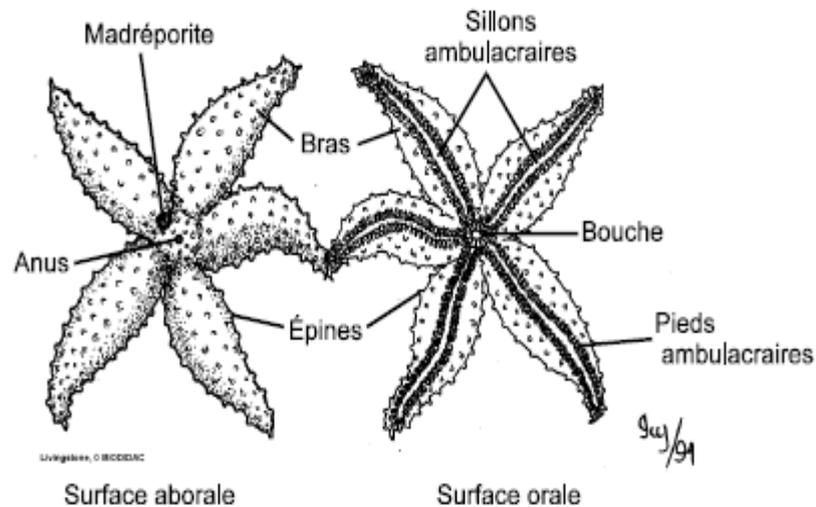
L'étoile de mer, *Asterias*

L'étoile de mer, *Asterias*, est l'Échinoderme le plus utilisé pour montrer les caractéristiques du phylum. Ces caractéristiques incluent : un plan corporel pentaradiaire, un endosquelette fait d'ossicules qui forment également les projections épineuses qui servent à protéger l'animal.

La locomotion s'effectue par l'action de pieds ambulacraires qui sont une partie intégrante du système ambulacraire (aquifère). Finalement, ces animaux vivent exclusivement dans un milieu marin.

Anatomie externe

Le corps est divisé en deux régions, un disque central et des bras disposés en rayons autour de ce disque.



Morphologie externe d'une étoile de mer

Chaque bras est attaché au disque central. L'orifice du système ambulacraire, le madréporite, ressemble à une passoire et est localisé sur un côté du disque et entre deux des bras (une région appelée interambulacre). Les deux bras de chaque côté du madréporite forment le bivium et les 3 autres bras forment le trivium. On trouve aussi sur un côté du disque central, un anus peu évident, il est situé à l'interambulacre qui suit (dans le sens des aiguilles d'une montre) le madréporite.

Anatomie interne

Le système digestif

La bouche conduit à un oesophage extrêmement court qui aboutit dans un grand estomac. L'estomac est divisé en portions cardiaque et pylorique. La portion cardiaque est la plus grande et est réversible par la bouche. Beaucoup d'étoiles de mer se nourrissent de Mollusques bivalves en sortant leur estomac par la bouche et en l'insérant entre les deux valves de la coquille du mollusque. Des enzymes digestives sont relâchées dans le mollusque et une digestion extracorporelle se produit. D'autres aliments, tels que de petits poissons et crustacés peuvent être engloutis en entier. Les résidus non digérés sont souvent régurgités plutôt qu'expulsés par l'anus.

Le système reproducteur

Les structures paires, à la base des bras sont les gonades. Leur taille varie selon le stade reproducteur de l'animal. Les gamètes sont libérés par des gonopores situés sur les côtés du disque central.

Le système nerveux

Le système n'est pas très complexe et la plupart de ses structures ne sont pas visibles. L'organisation est simple et consiste en un réseau nerveux diffus.

Les systèmes excréteur et respiratoire

Les systèmes excréteur et respiratoire sont absents chez ces animaux. Les branchies dermiques procurent une importante surface d'échange entre l'environnement extérieur et le contenu des cavités péviscérale et ambulacraire. Les deux cavités sont aussi tapissées de cils et le mixage constant de leur contenu assure un gradient de diffusion suffisamment important pour assurer la diffusion des déchets et de l'oxygène.

- Le pharynx : Chez les poissons, c'est de ce pharynx que dérivent les arcs branchiaux qui donnent les branchies.
- Présence d'un ou deux reins chargés de filtrer les fluides internes. Ils servent aussi à l'**excrétion**.
- Présence d'un foie qui sert à la transformation, au stockage et à la détoxification des substances nutritives apportées par le sang.
- Présence d'un arc neural qui forme la partie inférieure et supérieure des vertèbres.
- Présence de deux yeux latéraux.
- Présence d'un système acoustico-vestibulaire constitué de canaux semi-circulaires, de statocystes et de la ligne latérale pour certains vertébrés.
- Présence d'un cerveau complexe comprenant le bulbe olfactif, le bulbe visuel, le bulbe auditif, les hémisphères cérébraux et le cervelet.
- Présence d'un système endocrinien développé de **différentes glandes** (thyroïde, surrénales, gonades).

II\ Les Agnathes.

Les agnathes sont les vertébrés les plus anciens. *Leur organisation est rudimentaire*. Ils ont longtemps été considérés comme des « poissons ». Il en **existe deux types fondamentaux** dont les descendants sont la **Lamproie** et la **Myxine**.

Les agnathes sont **aquatiques**. Leur **corde est persistante**. *L'appareil respiratoire branchial est plus ou moins isolé du pharynx*. Les branchies sont localisées dans les poches branchiales ; chacune correspondant à un métamère. Les poches sont séparées par les arcs squelettiques branchiaux.

Le **squelette est rudimentaire, cartilagineux**. Les agnathes présentent souvent un **squelette dermique ossifié**. Ils sont caractérisés par l'**absence de mâchoire**, de **vraies dents**, de **ceintures**, de **nageoires** ou de **membres pairs**.

A\ Les agnathes fossiles ou classe des Ostrachodermes.

Les Ostrachodermes possèdent une **carapace sur le tégument**. Leur nutrition est **microphagique** ; la *bouche restant constamment ouverte*. Ils sont regroupés en deux ensembles.

1\ La sous-classe des Ptéraspidomorphes.

Ce sont les plus anciens vertébrés connus. Les plus abondants des Ptéraspidomorphes étaient les hétérostracés (du silurien au dévonien). On comptait 300 espèces.

Les hétérostracés avaient un *squelette externe en deux parties* :

- Un **bouclier céphalothoracique** avec éventuellement un rostre.
- Une **multitude de plaques recouvrant le corps** un peu comme les écailles de poisson.
- On pouvait aussi trouver des *épines sur ce squelette externe*, quelle que soit la partie du corps.

La chambre branchiale était recouverte par le bouclier. Il y avait une ouverture sur le côté.

La queue était **hétérocerque** où le lobe ventral, développé, recevait le squelette axial.

2\ La sous-classe des céphalospidomorphes.

Le super-ordre des Ostéostracés.

Le groupe des ostéostracés est le mieux connu des agnathes fossiles. Ils avaient une **tête large et aplatie**. Les yeux étaient sur la face dorsale, rapprochés l'un de l'autre.

Le bouclier était bien développé et pouvait avoir une longue corne postérieure.

La queue était hétérocerque avec le lobe supérieur plus grand que le lobe inférieur.

Les nageoires (une ou plusieurs) dorsales avaient des appendices qui faisaient penser aux nageoires pectorales.

B\ La classe des cyclostomes.

On a **deux lignées diverses** qui persistent : les lamproies et les myxines. Les deux lignées perdent le bouclier céphalothoracique. L'endosquelette est cartilagineux ; le régime alimentaire **microphage**, au moins à l'état larvaire.

1\ La sous-classe des Pétromyzonoïdes (des lamproies).

Les lamproies forment le groupe le plus nombreux des cyclostomes avec neuf genres et trente-cinq espèces.

· Anatomie.

Le corps est long, cylindrique, recouvert d'une peau nue et visqueuse, riche en cellules à mucus. Les nageoires sont impaires, dans le plan sagittal du corps avec deux nageoires dorsales séparées par un court intervalle et une nageoire caudale. Ce sont de simples replis du tégument. Qui n'ont pas de rôle important dans la propulsion. Celle-ci est assurée par des mouvements ondulatoires du corps (comme chez les anguilliformes). La bouche est arrondie, antérieure et sert à la succion. Elle ressemble à un entonnoir tapissé de denticules cornés, renouvelables périodiquement.

· Le squelette.

Le squelette est composé d'une série d'arcs cartilagineux, ouverts dorsalement. C'est sur la face dorsale des arcs que passe le système nerveux.

· La musculature.

Il existe des masses musculaires disposées symétriquement le long de la corde. Elles ne sont pas divisées comme on pourrait l'observer chez les poissons où l'on a des muscles latéro-dorsaux et latéro-ventraux.

· L'appareil digestif.

L'appareil digestif forme un tube allongé et droit. Au niveau de la bouche, on trouve une langue râpeuse. La bouche est suivie par un œsophage prolongé par l'intestin qui comprend une valvule spirale.

· L'appareil circulatoire.

L'appareil circulatoire rappelle celui des poissons. Le **cœur a trois cavités successives** : le *sinus veineux*, l'*oreillette* et le *ventricule*. L'hémoglobine du sang est légèrement différente de celle des vertébrés. Elle s'apparente plus à celle des invertébrés (**érythrocrurine**).

· Les organes sensoriels.

On trouve des **yeux primitifs**, une *oreille interne comprenant deux canaux semi-circulaires*. La région antérieure présente *dix paires de nerfs crâniens* qui se détachent du cerveau.

· Biologie.

La bouche fonctionne *comme une ventouse* : elle s'attache à un substrat dur (pour combattre le courant) ou sert à la nutrition en se fixant sur un poisson. Les adultes sont souvent des **ectoparasites de poissons** et sucent leurs proies. Ce sont des **carnassiers sans mâchoire**. On trouve dans la bouche, des *glandes spécifiques* qui sécrètent des *substances anticoagulantes* pour avaler plus facilement le sang des proies.

Les lamproies **ne se reproduisent qu'une fois dans leur vie**. Le cycle est à moitié en mer, à moitié en eau douce. Les œufs donnent des larves (**larve ammocète**) qui *vivent plusieurs années dans les sédiments des rivières*. Elles *subissent la métamorphose et retournent vers la mer* (en automne et hiver). Elles *subissent ensuite une phase de grossissement et de maturation sexuelle*. Les **adultes font la montaison** (au début de l'hiver) et la reproduction a lieu au cours du printemps. Le cycle est appelé « **migration anadrome** » (les adultes, marins, se reproduisent en eau douce) (les animaux catadromes ont les adultes qui vivent en eau douce et la reproduction a lieu en mer Exemple : les anguilles).

La *remontée des adultes en eau douce* se fait par différents moyens : ils peuvent se déplacer seuls en nageant ou rampant ou prendre un « taxi ». Dans ce dernier cas, il s'accroche sur un poisson migrateur. *Pendant la montaison, ils vivent sur leurs réserves* (ne mangent pas) et s'amaigrissent. Ils *se reproduisent dans des petites rivières à fonds sableux ou pierreux*. Pendant l'accouplement, la femelle est fixée sur un substrat et le mâle, fixé sur la tête de la femelle. *La fécondation est externe et les œufs sont fécondés au fur et à mesure de la ponte. Les adultes meurent ensuite.*

Certaines espèces vivent *constamment en rivière* (comme la « *lamproie de Planer* »). Là, la phase larvaire est de longue durée (7 à 8 ans dans les sédiments). Les adultes sont juste là pour la reproduction.

La lamproie marine est consommée (Lamproie à la Bordelaise). La lamproie de Planer peut-être utilisée comme appât.

2\ La sous-classe des Myxinoïdes (des myxines).

Les myxines n'ont **pas de parenté directe avec les lamproies**. On trouve chez les myxinoïdes six genres et une quinzaine d'espèces.

· Anatomie.

Le *corps a une forme proche de celle de la lamproie*. On ne trouve **qu'une nageoire caudale**, très réduite. La **peau est visqueuse**, riche en *cellules à mucus*.

La *bouche est située ventralement* et est entourée de **huit tentacules courts**. Elle est en *forme de fente*.

· Les organes sensoriels.

Les organes sensoriels sont représentés par des **yeux primitifs**, situés *sous la peau* et par une *oreille interne à un canal semi-circulaire*.

·Le squelette. Le squelette est beaucoup plus rudimentaire que celui des lamproies. Il ne contient **pas d'éléments vertébraux**.

·Biologie.

Quelques espèces sont **hermaphrodites** mais la **majorité ont des sexes séparés**. Toutes les myxines **sont marines**, dans les zones tempérées et froides (atlantique nord). Elles sont *benthiques, vivant en grande partie enfouies dans le sédiment*. Ce sont des **carnivores** qui vont faire des trous dans le corps de la proie pour en dévorer l'intérieur. *Elles vont essentiellement s'attaquer aux poissons blessés, mourant ou morts*.

C\ Ressemblance gnathostomes/agnathes.

Les lamproies sont beaucoup plus proches des gnathostomes que des myxines. On trouve une cinquantaine de caractères évolués chez les lamproies. Le partage de caractères évolués est appelé « **synapomorphie** ». Par exemple, on peut citer : présence d'une *hypophyse subdivisée, innervation cardiaque, osmorégulation, présence de muscles associés aux nageoires impaires*.

Les myxines ont des caractères très primitifs, comme : un système immunitaire très rudimentaire, un cœur sans innervation. Elles sont incapables de survivre à une petite modification de salinité.

L'étude synapomorphique fait penser que les *lamproies et les gnathostomes ont un ancêtre commun différent de celui des myxines*. Dans la classification récente (20 ans !!!) il a été créé un groupe pour les myxines et un groupe pour lamproies et gnathostomes.

III\ Les gnathostomes.

Les gnathostomes apparaissent à l'ordovicien. Ils partagent plusieurs caractères évolués qui attesteraient d'une ascendance commune : la *myéline dans le système nerveux* ; dans l'oreille interne, la présence de *trois canaux semi-circulaires* formant l'organe de l'équilibration ; des *mâchoires qui dérivent des arcs squelettiques viscéraux 2 et 3* qui s'associent et s'articulent pour former la mâchoire et la suspension de la mâchoire sur le crâne. *Les mâchoires permettent la capture de proies plus importantes*. Il y a le développement de **nageoires paires** (qui donneront les membres) qui sont les **éléments essentiels de la mobilité**. La mobilité est importante pour la recherche de nourriture et de partenaire sexuel. Ces innovations font que les gnathostomes supplantent les agnathes et envahissent les eaux douces et les continents.

A\ Les placodermes.

Les placodermes sont les premiers gnathostomes à être apparus (silurien ; carbonifère inférieur). Ils avaient une **plaque dermique osseuse**, une **mâchoire inférieure bien développée** et une *queue généralement hétérocerque*. Ils se rapprochent du groupe actuel des chondrichthyens par la présence d'*organes d'accouplement* (les **claspers**). Ils ont vite disparu et ce sont les chondrichthyens qui les ont supplantés.

B\ Les chondrichthyens.

Les chondrichthyens sont les **poissons cartilagineux**. Les premiers représentants sont apparus à la fin du dévonien. Ils persistent de nos jours par deux groupes.

- Les **sélaciens** (ou **élastomobranches**) : ce sont les *requins et les raies*. Les requins ont leurs *fentes branchiales latérales (pleurotrèmes)* et les raies les ont *ventrales (hypotrèmes)*.
- Les **holocéphales** (ou *chimères*).

Dans ce groupe (chondrichthyens), les principales innovations par rapport aux placodermes sont la *présence d'une dentition avec des dents non soudées à la mâchoire* qui sont remplacées successivement et la **disparition du squelette dermique** (bouclier) *qui est remplacé par un squelette cartilagineux*.

1\ Les sélaciens.

L'**appareil mandibulaire est hypertrophié**. *5 à 7 fentes branchiales sont ouvertes directement à l'extérieur*. Ils possèdent un **spiracle** (ou *évent*) situé *en arrière des yeux*. Ce spiracle permet l'entrée d'eau en direction des branchies quand la bouche est fermée ou quand les animaux mangent. *Les requins sont plutôt pélagiques alors que les raies sont plutôt benthiques*.

2\ Les holocéphales.

Les holocéphales ont très peu évolués depuis leurs origines. Ils sont caractérisés par une **mâchoire supérieure soudée au neurocrâne** et des **fentes branchiales recouvertes par un repli tégumentaire**. Il peut y avoir *fusion des dents pour former des plaques dentaires*.

Ces deux groupes sont bien adaptés au milieu aquatique. Ils n'ont *pas de paupières mais l'œil est en permanence humidifié et nettoyé*. Les deux groupes n'ont **ni oreille moyenne ni oreille externe** : ils n'ont **pas d'audition**. Ils peuvent analyser finement les vibrations du milieu aquatique grâce à la **présence de récepteurs situés sur la « ligne latérale »**. Ce sont les **neuromastes**, situés dans des petits canaux, qui forment la ligne latérale. Les neuromastes sont composés de *cellules ciliées entourées de mucus*.

Les *requins* sont les plus spécialisés dans la *réception d'ondes sonores et électriques*. En effet, *en plus de la ligne latérale*, ils possèdent *au niveau du museau*, une série d'**organes électro-récepteurs** : les **ampoules de Lorenzini**. Ces organes sont *ultra-sensibles à des variations de tension électrique*. Ils détectent jusqu'à $10^{-6}V$ de variation : ils détectent donc des tensions inférieures à celles qui existent dans le système nerveux de tout animal.

Les chondrichthyens ont une *flottabilité négative* (coulent quand ils sont arrêtés) à cause de la densité de leur corps qui est supérieure à celle de l'eau de mer. Il va y avoir mise en place d'un processus leur permettant de dépenser moins d'énergie pour rester à la même profondeur : **accumulation de corps gras dans le foie**.

Les sélaciens ont un foie qui représente $1/5^{\text{ème}}$ du poids du corps alors que les poissons osseux ont un foie qui ne représente que $1/20^{\text{ème}}$ du poids du corps.

L'absence de pièces osseuses permet au squelette cartilagineux d'être trois fois moins lourd.

C\ Les Téléostomes (acanthodiens, actinoptérygiens, sarcoptérygiens et tétrapodes).

Tous les téléostomes ont un **squelette interne ossifié**. Ceux qui portent des *nageoires* ont des *rayons dermiques qui les soutiennent*. Ces rayons sont constitués de **lépidotriches** (écailles modifiées).

1\ Les acanthodiens.

Les acanthodiens n'ont pas de représentants actuels. Ce sont les premiers téléostomes et sont rencontrés dès le silurien inférieur. Ils se sont éteints entre le carbonifère et le permien.

Ils avaient des *nageoires anales, dorsales, pectorales et pelviennes* soutenues par une **grande épine osseuse**. Leur *queue était hétérocerque*.

2\ Les actinoptérygiens.

Dans ce groupe, on trouve *tous les poissons osseux sauf évidemment les acanthodiens*. Ils sont apparus au silurien supérieur et sont caractérisés par la **présence d'un opercule osseux qui recouvre la région branchiale**. Les *dents ont fusionné aux os des mâchoires*. Le bord supérieur de la bouche est formé par **deux os (pré maxillaire et maxillaire)**.

3\ Les sarcoptérygiens.

On pense que les sarcoptérygiens *sont les ancêtres possibles des tétrapodes actuels*. Ils ont encore une forme de poisson et *leurs membres ressemblent plus à des ébauches de membres de tétrapodes qu'à des nageoires de poisson*. **L'articulation est de type rotule**, située *entre la ceinture et le membre*.

Ils sont bien représentés à l'état fossile mais il existe quelques lignées ayant persisté (**dipneustes, crossoptérygiens**).

a\ Les dipneustes.

Les dipneustes présentent *deux types de respiration, branchiale et pulmonée*. Ils ont des caractères de poisson et de tétrapodes.

Les caractères de poisson sont :

- Un *système sensoriel latéral* (ligne latérale)
- Un *corps recouvert d'écailles*
- Un *système circulatoire branchial*.

Les caractères de tétrapodes sont :

- Un *cœur partiellement cloisonné* (au niveau des oreillettes)
- Ils ont *une veine et une artère pulmonaire*
- La *mâchoire inférieure a une suspension autostylique*
- Ils possèdent un *véritable coude mobile* ainsi qu'un radius et un cubitus de longueur identique
- Il y a présence de *deux poumons fonctionnels*.

Les **poumons dérivent de la vessie gazeuse**. Le canal reliant les poumons au tube digestif débouche ventralement au niveau de l'œsophage. On trouve *une fente* : la **glotte**.

b\ Les crossoptérygiens.

b1\ Les actinistiens.

Les actinistiens sont apparus au dévonien. Ils étaient bien diversifiés. Ils ont régressé et il *n'existe plus qu'une forme*, le **cœlacanthe**. Il a été découvert à la fin des années 30, au large de Madagascar. Les cœlacanthes sont caractérisés par **l'absence de narines internes** bien que l'on trouve deux orifices faisant penser à des choanes. *Ces orifices sont recouverts par une mince couche cellulaire, qui les rend non fonctionnels*.

Ils ont aussi des *poumons, non fonctionnels*, car ils sont **calcifiés et ossifiés**. Les branchies sont bien développés et la *circulation sanguine est typique des poissons*.

b2\ Les rhipidistiens.

Les rhipidistiens n'existent **que sous la forme de fossiles**. Ils présentaient *un crâne dont l'architecture est semblable à celle des tétrapodes*. Il y a présence des **maxillaires** et des **prémaxillaires**. Le premier segment des nageoires pectorales ressemble à l'humérus des tétrapodes.

On pense qu'ils *seraient les ancêtres les plus probables des tétrapodes actuels*.

4\ Les tétrapodes ou la sortie des eaux.

La *sortie des eaux* a nécessité des **modifications anatomiques et physiologiques**. Il ya respiration pulmonée sauf chez certains animaux qui conservent des *branchies ayant surtout un rôle respiratoire à l'état larvaire*.

Les tétrapodes vont devoir *s'adapter à la dessiccation* et développer un *système de régulation du milieu interne* (osmorégulation) ; *lutter contre la gravité* (développement de **membres puissants et rigidification de la colonne vertébrale**). Les membres puissants servant à la locomotion voient leurs articulations se modifier (poignet pour les membres antérieurs, chevilles et genoux pour les membres postérieurs).

On va observer une **adaptation au niveau de la reproduction** : il y a *deux choix comme stratégie de reproduction* :

- **La stratégie « r »** : production d'un *grand nombre d'œufs* en espérant que quelques-uns se développent. Les *œufs sont sans protection*.
- **La stratégie « K »** : cette stratégie consiste à produire un *nombre d'œufs limité* tout en assurant la *protection de ces œufs* pendant leur développement.

Les tétrapodes sont divisés en deux groupes :

- Les amphibiens
- Les amniotes.

IV\ Les amphibiens.

Les **lépospondyles** sont les **amphibiens fossiles** ; les **lissamphibiens** sont les **amphibiens actuels**. Ces derniers regroupent *les Anoures, les Urodèles et les Apodes* (ou Gymnophiones).

Les **lissamphibiens** ont une **peau lisse**. Leurs caractères généraux sont :

- *Tétrapodes,*
- *Anamniotes,*
- *Peau nue et humide,*
- *Pentadactyles, (sauf les apodes)*
- *La respiration larvaire est branchiale et la respiration adulte est pulmo-cutanée,*
- *Le cœur est constitué de trois cavités (deux oreillettes et un ventricule),*
- *Le crâne s'articule sur la colonne vertébrale par deux condyles avec l'atlas.*
- *Le développement post-embryonnaire* comporte généralement une *métamorphose*. Ils passent une partie de leur vie en milieu aquatique.

A\ Caractères de familles.

1\ Les anoures (super-ordre).

Les **anoures** regroupent environ 3800 espèces. Ils sont caractérisés par :

- L'absence de queue chez les adultes.
- Les pattes postérieures sont longues, repliées en « Z » (pour le saut).
- Présence d'une palmure entre les doigts des mains et ceux des pieds.
- La larve est un têtard avec des branchies.
- Le nombre de vertèbres est réduit (5 à 8).
- Radius / cubitus et tibia/péroné sont soudés

Ces anoures sont ensuite divisés en famille à partir de la structure des vertèbres.

a\ La famille des Bufonidés.

Il y a absence de dents sur les maxillaires. Exemple, le crapaud vulgaire ou *Bufo bufo* ; il vit en milieu terrestre. Il ne retourne à l'eau que pour la reproduction.

b\ La famille des Hylidés (ou rainettes).

Ces espèces sont arboricoles (dans les arbres). On peut observer une courbure des dernières phalanges qui donnent des crochets.

Exemple : *Hyla arborea*.

c\ La famille des Ranidés.

Ce sont toutes les espèces du type *Rana*.

2\ Les urodèles.

Les urodèles regroupent environ 360 espèces.

Il y a une persistance de la queue chez les adultes ; la fécondation est semi-interne ; les branchies persistent jusqu'à la fin de la métamorphose ; ils n'ont pas de tympan.

On trouve plusieurs ordres comme les **Salamandridae** (salamandre et triton). Le plus grand des urodèles est *Megalobatrachus japonicus* (la salamandre géante) qui fait 1 mètre 60 pour 10 kilogrammes. Il appartient aux **Cryptobronchidae**.

3\ Les apodes.

Les apodes sont serpentiformes. Ils mesurent entre 10 centimètres et un mètre. Ils ont des écailles dans le derme ; leurs yeux sont atrophiés et les adultes pondent dans des terriers proches de pièces d'eau.

Les larves atteignent un développement avancé à l'intérieur de l'œuf. L'éclosion donne des jeunes à respiration pulmonaire.

B\ La reproduction chez les amphibiens.

1\ Les anoures.

Les mâles et les femelles vont se réunir dans des pièces d'eau où les mâles sont bruyants. Il y a *deux types d'accouplement* selon la position du mâle sur la femelle. **L'accouplement axillaire** et **l'accouplement lombaire**.

La **fécondation est externe** et 2000 à 6000 œufs sont pondus. Les *œufs fécondés sont protégés par une enveloppe visqueuse pour éviter la dispersion*. En plus de l'enveloppe, certaines espèces produisent une *écume protectrice formée à partir de sécrétions cloacales, d'eau et de bulles d'air*. Le tout entoure la ponte et la partie extérieure se durcie, ce qui permet aux *œufs de résister à de courtes sécheresses*.

De ces œufs vont éclore des têtards (à tête globuleuse). La tête possède un **bec à dents cornées**. Le reste du corps est allongé, avec un *aplatissement latéral*. Dorsalement et ventralement, des *replis cutanés donnent des « nageoires »*. Ces larves ont un régime alimentaire **herbivore**. Les têtards *vivent 3 à 4 mois dans l'eau* avant de subir la **métamorphose** et de devenir de jeunes grenouilles pouvant quitter le milieu aquatique.

Toutefois, toutes les espèces d'anoures ne se reproduisent pas dans l'eau. Certains pondent sur des rochers ou des plantes surplombant une pièce d'eau. A l'éclosion, les larves tombent dans l'eau.

2\ Les urodèles.

Exemple du Triton palmé.

Ces tritons passent l'hiver le plus souvent dans l'eau. Au printemps, l'activité est importante, avec les font qui font une **parade nuptiale** (ils replient leur queue sur le côté et frétilent). Les mâles déposent un **spermatophore** (contenant des spermatozoïdes) dans l'eau et reculent. La femelle va suivre son mâle et passer sur le spermatophore. *Elle va le capter avec ses lèvres cloacales* ; il y a alors **fécondation interne ou semi-interne**.

Après la fécondation, *la femelle pond ses œufs sur les feuilles de plantes aquatiques* qu'elle va replier.

Les **larves ont des branchies extérieures bien visibles** et les *membres sont beaucoup plus grêles que chez les adultes*.

Ces larves ont une *croissance rapide* et la **métamorphose** a lieu en fin d'été.

C\ La métamorphose chez les amphibiens.

La **métamorphose** est un *ensemble de processus qui aboutissent d'un plan de fonctionnement et d'organisation à un autre*. Il y a des **modifications structurales** et **fonctionnelles** (apparition de nouveaux organes et/ou modifications et/ou disparition d'organes larvaires). *Le déterminisme est de nature hormonale*.

La métamorphose est plus complexe chez les anoures que chez les urodèles.

1\ Les organes nouveaux.

Il y a **apparition de vraies dents**, de **paupières**, de la **langue**, de **glandes cutanées** pluricellulaires, de **poumons** et de **membres** (*pour les anoures uniquement*).

Les *pattes postérieures apparaissent en premier*. Les pattes antérieures commencent à se développer dans les chambres branchiales.

2\ Les transformations.

Il y a **transformation de l'appareil circulatoire**, de la **musculature**, de la **peau**. Il y a *raccourcissement de l'intestin*. La *bouche s'agrandit* et les *yeux font saillie*.

3\ Les disparitions.

Le **bec et les dents cornées disparaissent**, *ainsi que les branchies et la queue chez les anoures*.

4\ Les modifications de la métamorphose et de la fécondation.

Il peut y avoir *réduction ou suppression de la métamorphose*. Chez certains anoures tropicaux qui pondent des *œufs riches en vitellus*, il y a **disparition du stade têtard**. *Les œufs donnent des jeunes semblables aux adultes*. Le nombre d'œufs pondus est réduit à cause de la grande quantité de vitellus à produire.

De plus, tous les anoures et urodèles ne libèrent pas forcément les œufs dans le milieu extérieur. Par exemple, le *crapaud accoucheur récupère les œufs fécondés (forment un long chapelet)*. Il les *entortille autour de ses pattes postérieures*. Il les garde pendant environ trois semaines. Quand les têtards sont près à sortir, le mâle va vers un point d'eau où les larves seront libérées.

Il existe *d'autres espèces d'anoures qui portent les œufs sur le dos*. La peau de ce dos se gonfle et sécrète une substance protectrice qui enveloppe l'ensemble de la ponte.

D'autres espèces portent les œufs et les larves au niveau de poches incubatrices (parfois même dans les sacs vocaux). On trouve dans ce cas les **espèces arboricoles** qui portent leurs œufs *dans une poche dorsale*.

Un *espèce d'anoures australiens* va, après la fécondation, *avalier les œufs et les incuber dans l'estomac*. Les **femelles cessent alors de s'alimenter**. La capsule des œufs synthétise une *substance qui arrête la production d'enzymes digestives chez la mère*. A l'éclosion, les têtards sont expulsés par la bouche. La femelle pourra alors recommencer à se nourrir.

On trouve aussi des **espèces vivipares**. Chez elles, *il existe au niveau de l'oviducte, une poche incubatrice dans laquelle les têtards ont des rapports nourriciers avec la mère*. Ce phénomène est comparable à ce qu'il se passe chez les mammifères.