

ORGANISATION & DIVERSITE DU MONDE ANIMAL Numéro 3

CHANET B.

Département Systématique et Evolution, USM 603 MNHN, UMR 7138, CP26, Muséum National d'Histoire Naturelle, 57 rue Cuvier
75005 PARIS, France, chanet@mnhn.fr

Titre en anglais : Organisation and Diversity of Animal Kingdom. N° 3.

Mots-clés : *anatomie, phylogénie, animaux, enseignement.*

Keywords : anatomy, phylogeny, animals, teaching.

Abstract. *The purpose of this document is to expose the basis on the systematic and the anatomy of animals to biology students. Phylogenetically organized, it presents the major clades and their interrelationships; synapomorphies are indicated, homologies commented, some insights on the biology of organisms are specified.*

Résumé. Le but de ce travail est d'exposer les bases de la systématique et de l'anatomie des animaux à des étudiants en biologie. Organisé phylogénétiquement, il présente les clades principaux ainsi que leurs relations de parenté ; les synapomorphies sont indiquées, les homologies commentées et quelques aspects de la biologie des organismes présentés.

Mot de la rédaction. Ce travail se distingue des autres articles des C@C en ce qu'il ne présente aucune observation anatomique originale, c'est pourquoi il est publié via quatre numéros spéciaux. Les C@C sont ouverts à tout travail de diffusion de données anatomiques des animaux.

Plathelminthes

Eucaryotes
 Unicotes
 Opisthocontes
 Métazoaires
 Eumétazoaires
 Bilatériens
 Protostomiens
 Spiraliens

Position systématique

Les Plathelminthes sont, avec les Annélides et les Mollusques, des membres du groupe des Spiraliens. Tous partagent un clivage en spirale de l'œuf (Fig. 1). Chez ces espèces, les lignages cellulaires sont identiques ; un micromère donné sera à la base des mêmes types de cellules quelles que soient les espèces du clade des Spiraliens : par exemple, les cellules issues du micromère **1a** donneront une partie du système nerveux.

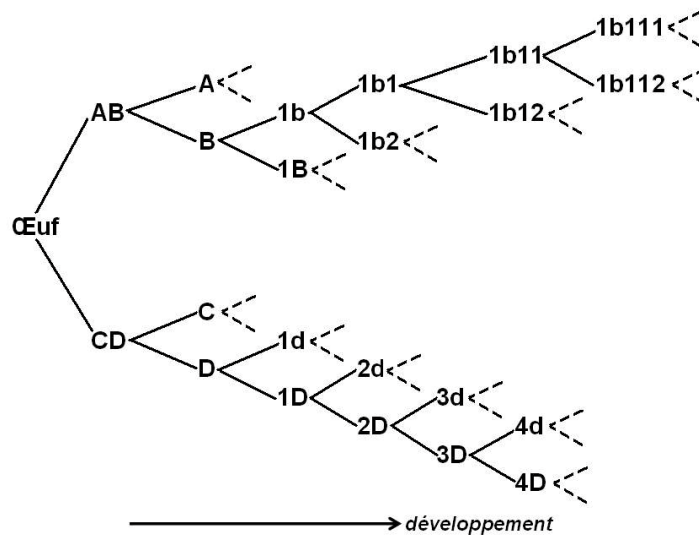


Figure 1. Lignages des cellules lors du développement d'un Spiralien. Les lettres majuscules représentent les macromères et les lettres minuscules représentent les micromères.

Les Spiraliens, avec les Ecdysozoaires, sont des Protostomiens, clade caractérisé par les synapomorphies suivantes :

- le blastopore donne la bouche et l'anus.
- le cœlome se forme par schizocoelie (Fig. 1, N^o2).
- le système nerveux est ventral.
- le squelette est un exosquelette.

Synapomorphies

Tous les Plathelminthes possèdent un système digestif complexe, ne possédant qu'un seul orifice (Fig. 2).

Ils partagent, avec les Némertes (des vers rubanés marins), le caractère exclusif suivant :

- le mésoderme forme un parenchyme remplissant l'espace entre l'ectoderme et l'endoderme (Fig. 3A).

La disparition des Vers

Dans la classification phylogénétique, le groupe « classique » des Vers a disparu et les espèces qui le constituaient se retrouvent à des positions très diverses dans l'arbre du vivant. Ce résultat repose sur le fait que : *primo*, le groupe des vers était un groupe privatif, fondé sur une absence de caractères, ici de pattes, et de fait constituait un groupe « fourre-tout » où se retrouvaient des espèces ayant uniquement une forme globale « similaire », *secundo*, l'étude de l'anatomie fine de tous ces animaux montre qu'ils partagent des caractères exclusifs avec d'autres animaux « non-vers ». Ainsi, les Nématodes sont plus proches des Euarthropodes qu'ils ne le sont des Annélides, les Plathelminthes sont apparentés aux Mollusques et aux Annélides (Fig. 2, N°1).

Organisation

Les Plathelminthes sont des vers plats, à symétrie bilatérale et tête différenciée (Fig. 2).

Le mésoderme n'est pas percé d'une cavité, le coelome, mais est rempli par un tissu lâche : le parenchyme (la perte de ce coelome serait secondaire).

Ce parenchyme entoure les autres systèmes : digestif, reproducteur, nerveux, excréteur.

Aucun système circulatoire ou respiratoire différencié n'existe. La circulation se réalise via les espaces intercellulaires du parenchyme, les échanges respiratoires se font par simple diffusion au travers des tissus. Le système digestif est très ramifié par l'extension de caeca (= tubes aveugles).

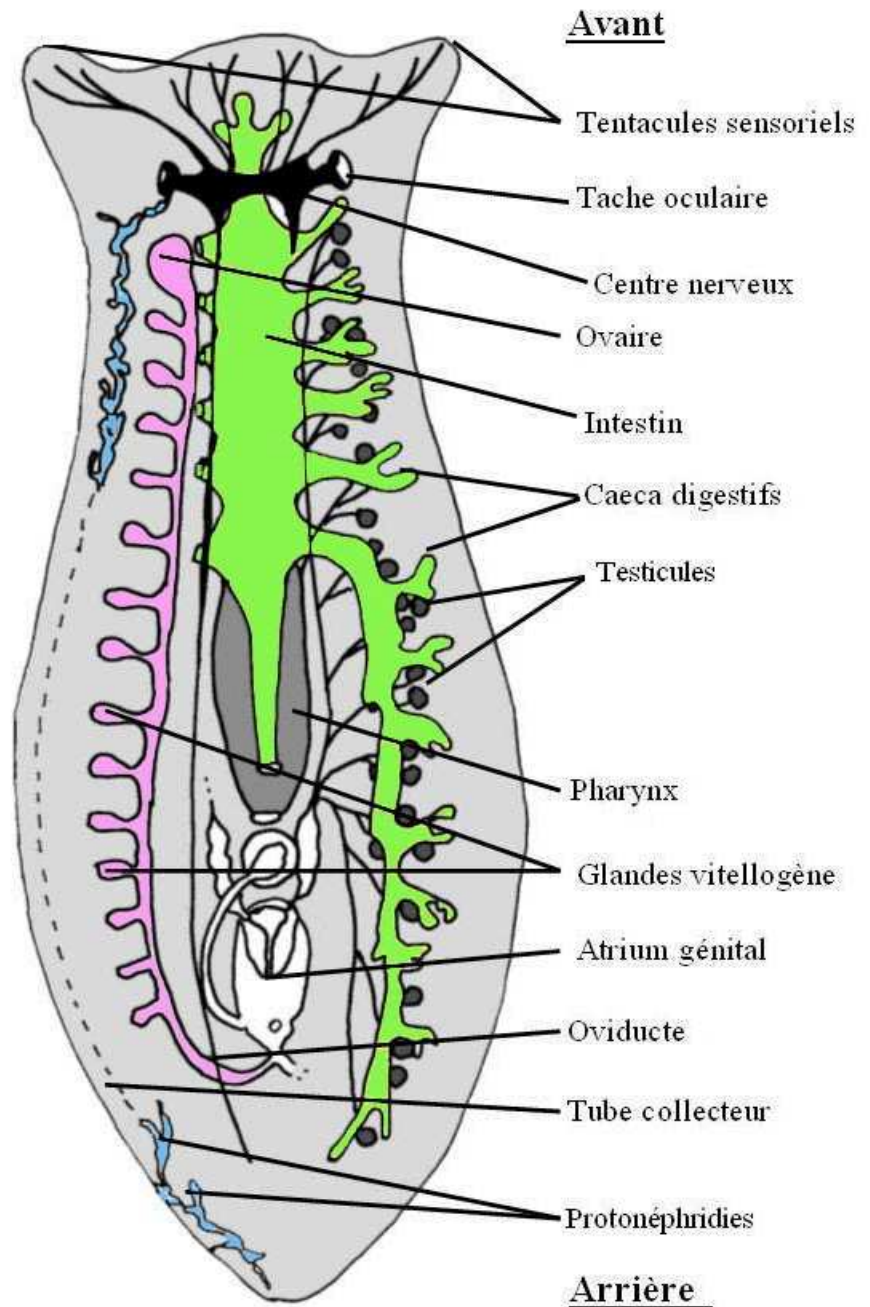


Figure 2. Organisation interne d'un plathelminthe : la planaire (*Dugesia* sp). Longueur : 1 cm.

L'excrétion s'effectue grâce à un réseau complexe de canaux collecteurs possédant des protonéphridies (Figs. 2 et 3B) où les battements des flagelles d'une « cellule-flamme » assurent la circulation des fluides dans ce réseau (Fig. 3B). Une urine primitive se forme avec réabsorption sélective dans le tube collecteur.

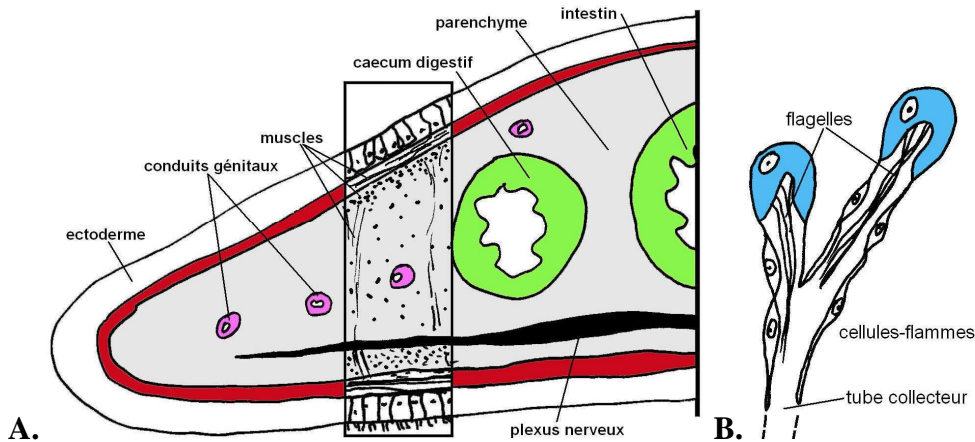


Figure 3. A. Demi-coupe transversale dans une planaire (*Dugesia* sp), détaillée dans la partie encadrée.

La disposition des fibres musculaires est typique des organismes sans squelette minéralisé : fibres circulaires, longitudinales puis transversales de l'extérieur vers l'intérieur du corps.

B. Protonéphridie.

Le système nerveux forme un réseau sous-épidermique peu centralisé avec quelques concentrations de cellules nerveuses, notamment en région antérieure et dans de longs cordons ou plexus, longitudinaux. Le rôle de ces centres est vraisemblablement limité dans la mesure où leur ablation ne perturbe pas notablement le comportement de l'animal. Les capacités de régénération sont importantes, avec régénération d'individus à partir d'un seul coupé en deux. Différentes expériences ont montré que le système nerveux serait un support de la régénération cellulaire chez ces animaux. L'hermaphrodisme est la règle (à l'exception du schistosome (Fig. 5)), l'appareil génital est, lui aussi, très ramifié au sein du parenchyme. L'épithélium est cilié au moins chez les formes libres (les tourbillons naissant à la surface du corps par le battement de ces flagelles a donné son nom à un groupe de Plathelminthes : les Turbellariés). Les formes libres possèdent quelques organes sensoriels (tactiles et visuels) en région antérieure ; ceux-ci sont réduits, voire absents, chez les formes parasites (douve, ténia). En revanche, des organes de fixation (ventouses, crochets) existent chez celles-ci. Comme chez de nombreux parasites, il y a chez ces dernières réduction des organes sensoriels et hyper-développement de l'appareil reproducteur : une production accrue de gamètes comblant les risques associés à la probabilité de rencontre avec l'(les) hôte(s).

Biologie

Les Plathelminthes sont soit des animaux libres des milieux aquatiques (eaux douces et marines), comme les planaires, soit des animaux parasites, comme les douves ou les ténias, de Vertébrés (Téléostéens, Amphibiens, Mammifères). Quelques formes libres assurent leur nutrition par l'intermédiaire d'une symbiose avec des chlorelles (Chlorobiontes unicellulaires). Certains possèdent un cycle biologique à un seul hôte comme le *Polystomum*, parasite de la vessie des Amphibiens (groupe des Monogènes), d'autres ont un cycle à deux hôtes comme la douve, les ténias ou le schistosome.

Les ténias, ou vers solitaires, ont un cycle en deux hôtes (homme-porc pour *Tænia solium*, et homme-bœuf pour *Tænia saginata*). L'adulte vit dans le tube digestif humain où il se nourrit par osmose et s'accroche à l'épithélium intestinal au moyen de ventouses et/ou de crochets : il peut atteindre des dimensions considérables (de 2 à 8 m). L'organisation des ténias est particulière : ils ne possèdent pas de tête, mais un organe antérieur de fixation, le scolex (Fig. 4) suivi d'un collet, véritable zone de prolifération, et d'un strobile où se forment des segments appelés proglottis ou anneaux. Ces segments peuvent être très abondants (de 2000 à 5000 selon les espèces), leur taille augmente à mesure qu'ils s'éloignent du collet. Chaque proglottis possède un appareil génital hermaphrodite et présente une relative autonomie (au moins locomotion dans le tube digestif). L'autofécondation n'est pas possible entre appareils reproducteurs d'un même anneau. A maturité, leur utérus est bourré d'œufs (plusieurs milliers). Éliminés par voie anale ces proglottis sont nommés cucurbitains, ils libèrent leurs œufs et contaminent ainsi la nourriture des Mammifères herbivores. De là, via la circulation sanguine, des larves hexacanthès viennent s'enkyster dans les muscles et différencier un scolex. Le passage à l'hôte définitif s'effectue via la consommation de la viande de l'animal contaminé.

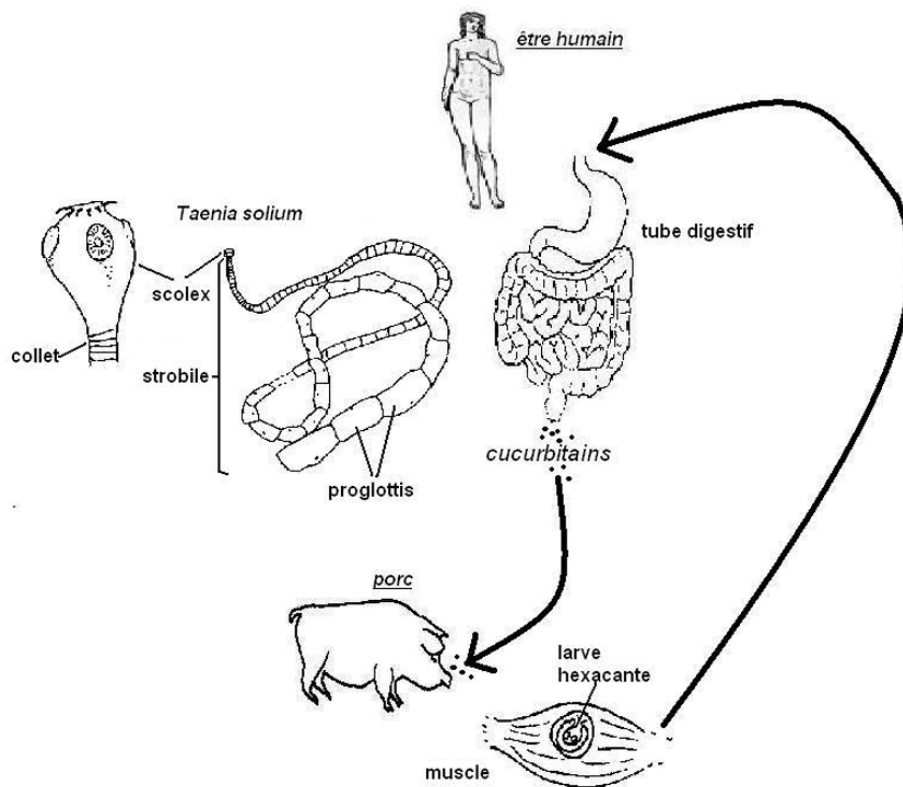


Figure 4. Cycle biologique du tœnia du porc (*Taenia solium*).

Le schistosome est responsable de la bilharziose humaine ou hématurie d’Egypte, dont les larves, appelées cercaires, transpercent les vaisseaux sanguins de la vessie et causent ainsi des pertes urinaires de sang. Les adultes sont hémato-phages et vivent dans la circulation humaine. Cas rarissime chez les Plathelminthes, les sexes sont séparés avec un fort dimorphisme sexuel ; le mâle vivant dans une gouttière ventrale de la femelle (Fig. 5). Une fois libérés, les œufs deviennent des larves miracidiums infectant une planorbe, Mollusque Gastéropode d’eau douce. Les miracidiums ont une autonomie de quelques heures et se transforment en sporocystes dans les tissus du mollusque. Ce sont des larves à la queue fourchue, appelées cercaires, qui sont libérées : elles sont capables de percer l’épiderme humain et, de là, gagner la circulation sanguine. Le mode de vie l’animal fait de la bilharziose, « maladie des rizières » et des bords du Nil, un problème majeur de santé publique en régions tropicales.

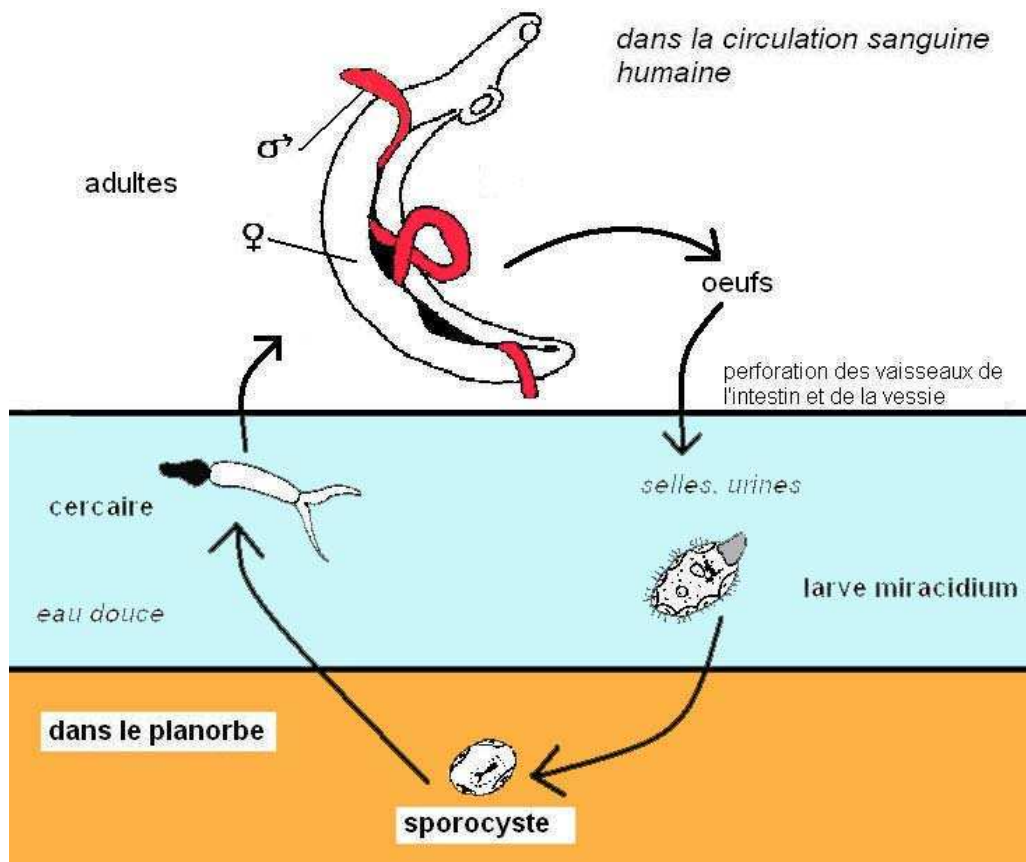


Figure 5. Cycle biologique du schistosome (*Schistosoma mansoni*). La femelle adulte mesure 1,5 cm de long.

Classification et exemples

Turbellariés	planaire	<i>Dugesia maculata</i>
Cestodes	ver solitaire, tænia	<i>Tænia sp.</i>
Trématodes	douve du foie schistosome	<i>Fasciola hepatica</i> <i>Schistosoma mansoni</i>

Mollusques

Eucaryotes
Unicontes
Opisthocontes
Métazoaires
Eumétazoaires
Bilatériens
Protostomiens
Spiraliens

Position systématique

Les Mollusques forment un clade riche de plus de 110000 espèces et à la position incertaine au sein des Spiraliens (Fig. 2, N°1).

Synapomorphies

Les Mollusques possèdent :

- un tégument spécialisé (Fig. 6), le manteau, qui sécrète du carbonate de calcium sous forme de spicules isolées (chez les Solénogastres), d'écailles calcaires (chez les Caudofovéates), de plaques calcaires indépendantes et articulées (chez les Polyplacophores (chitons)), de coquille externe (chez les Chonchifères (moule, patelle, dentale, nautile...) ou de coquille interne (aplysie, seiche...). La coquille peut secondairement régresser chez certaines espèces (limace, Nudibranches, pieuvres...).
- une radula chitineuse formant un ruban râpeux (Fig. 7), avec lequel l'animal récupère sa nourriture. Elle est absente (régression secondaire) chez les Bivalves.
- une structure en peigne des branchies ou cténidies ont (Fig. 7).

Organisation

Les Mollusques constituent un groupe très diversifié, avec une abondance de formes. Une description générale sera tout d'abord donnée ici, description quelque peu complétée groupe par groupe dans la partie classification.

Les Mollusques sont des organismes cœlomates. La question de la présence d'un cœlome chez les Mollusques – très réduit, mais présent chez les adultes - fut longtemps un sujet de controverse et traîne encore dans des ouvrages. Un cœlome authentique persiste autour du cœur, du rein et des gonades. Avec de nombreuses variations, les Mollusques sont fondamentalement composés d'un pied ou sole pédieuse, et du manteau. La coquille est fondamentalement composée de trois couches (Fig. 6) :

- le périostracum (la couche la plus externe), composé de scléroprotéines et pouvant contenir des pigments variés (mélanines, porphyrines...).
- l'ostracum, ou couches des prismes, composé de calcite.
- la couche de nacre, composée d'aragonite.

C'est dans cette dernière que peut s'enkystrer une particule et être à la base de la formation d'une perle chez certains bivalves.

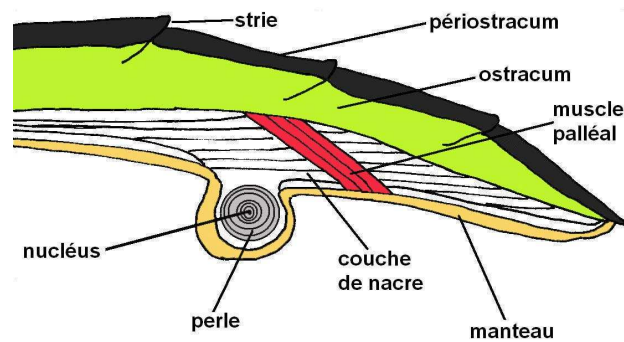


Figure 6. Coupe schématique dans une coquille d'un bivalve

La croissance de cette structure squelettique s'effectue par les bords et laisse des stries successives visibles extérieurement. L'épiderme est riche en cellules à mucus et en cellules neuroépithéliales à rôle sensoriel.

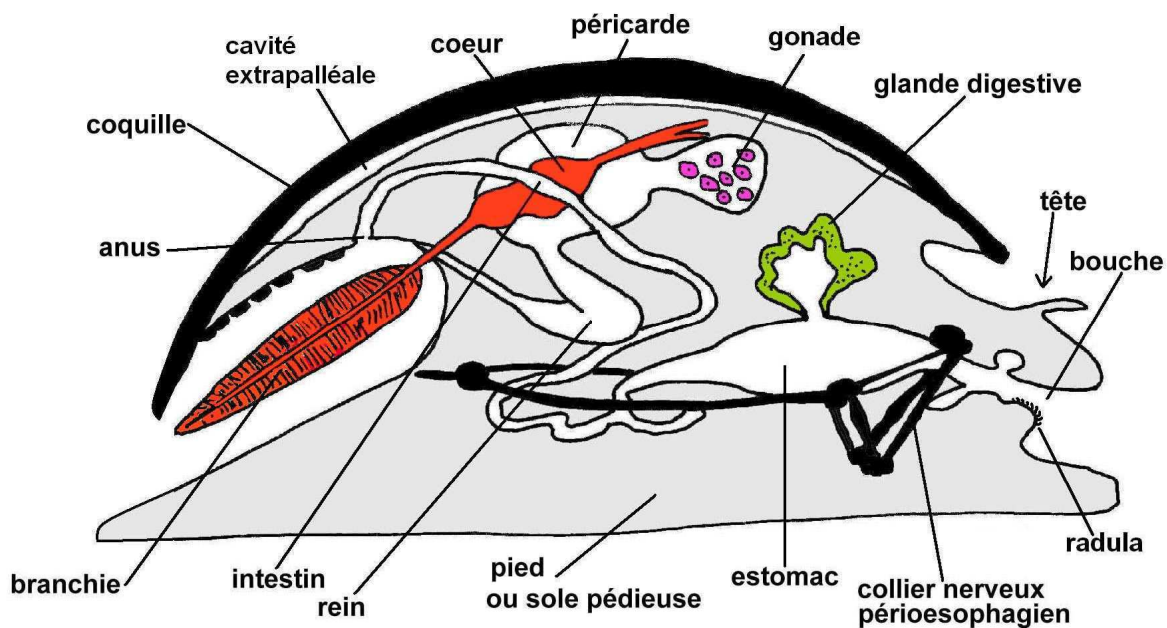


Figure 7. Coupe longitudinale théorique montrant l'organisation d'un mollusque.

En général, une tête est individualisée, avec des organes sensoriels différenciés (ocelles, statocystes...) et des ganglions nerveux pairs reliés transversalement par des commissures et longitudinalement par des connectifs. La présence de 3 paires de ganglions nerveux formant une structure appelée triangle latéral se retrouve chez de nombreux mollusques.

Les Mollusques ont en commun avec les Annélides de posséder dans le tube digestif un typhlosolis et un stylet cristallin. Les enzymes digestives sont produites par une glande digestive ou hépatopancréas. Des branchies, le plus souvent à l'abri dans la

cavité palléale, assurent les échanges gazeux avec l'environnement. L'O₂ est transporté dans une hémolymphe grâce à un pigment respiratoire bleu-vert, l'hémocyanine, au site actif contenant un atome de cuivre. La circulation s'effectue dans un système circulatoire non clos (sauf chez les Céphalopodes), aux vastes lacunes baignant les organes, grâce aux contractions d'un cœur à deux cavités. Ce cœur est entouré d'une cavité péricardique, vestige du coelome.

L'excrétion est assurée par un rein massif d'origine mésodermique composé de néphridies. Les déchets azotés sont rejetés sous forme d'ammoniac, d'urée ou d'acide urique selon les disponibilités en eau (cas des gastéropodes de la zone de balancement des marées).

Le développement est de type spiral, comme chez tous les Spiraliens (Fig. 1), et est voisin de celui des Polychètes. La bouche dérive du blastopore, la larve primordiale des Mollusques est de type trochophore, elle devient ensuite une larve véligère, ciliée et également planctonique (Fig. 8).

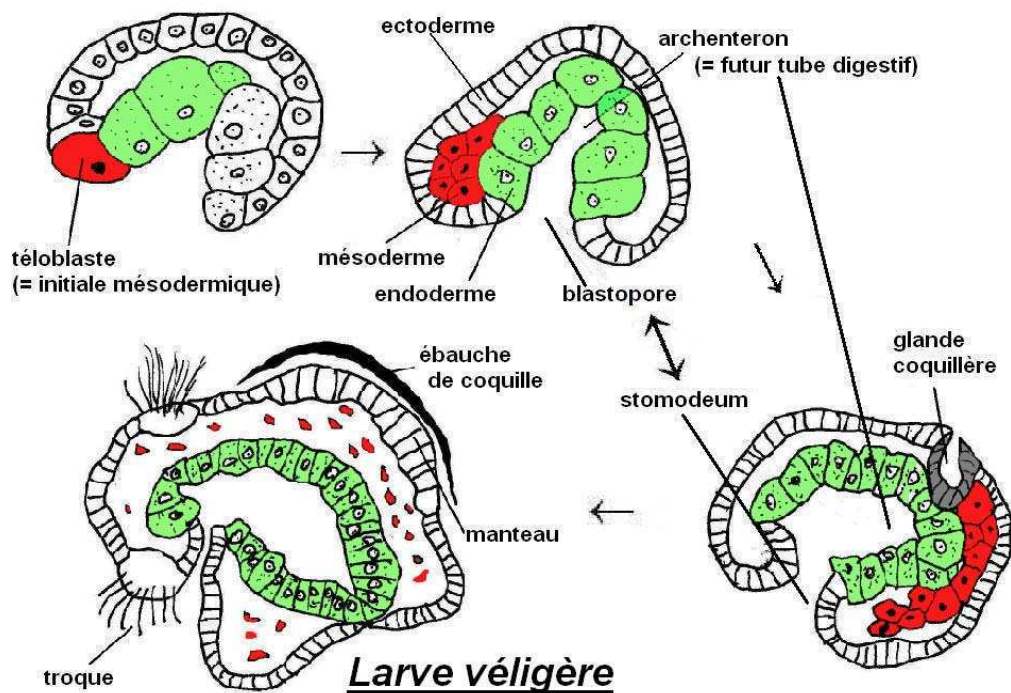


Figure 8. Premières étapes du développement d'un mollusque.

Chez celle-ci, la différenciation de la coquille est précoce ; dès lors, la croissance n'est plus antéropostérieure comme chez les Annélides, mais selon deux axes d'allongement : l'un, dorsal, donnant la masse viscérale et l'autre, ventral, donnant le pied. Cela aboutit à une « expulsion » de la masse viscérale à l'intérieur de la coquille. Le mésoderme colonise la cavité générale et il n'y a pas de creusement net d'un coelome en son sein (d'où les controverses citées précédemment). Cependant, des éléments d'une cavité coelomique persistent chez l'adulte notamment autour du cœur (voir p.9). De

nombreux cas de développement direct ont été décrits pour lesquels ce sont des jeunes indépendants et identiques (en forme et comportement) aux adultes (cas des jeunes seiches) qui éclosent des œufs. Mais, le plus souvent, ceux-ci sont abandonnés, sitôt délivrés par l'adulte, avec quelques cas de soins aux œufs (pieuvre) notamment pour l'oxygénation.

Biologie

Le mode de vie est varié : benthique pour la patelle, fouisseur chez la coque, fixé au substrat chez la moule, planctonique chez les Ptérobranches, pélagique chez les Céphalopodes, marin chez tous les précédents... dulcicole chez la limnée, terrestre chez l'escargot... Parasite des Echinodermes chez certains gastéropodes, brouteurs, prédateurs, microphages, charognards, symbiontes... les Mollusques sont présents sous toutes latitudes et profondeurs dans les milieux un tant soit peu humides. Le manteau peut changer de couleur chez de nombreuses espèces (avec d'étonnantes capacités de mimétisme chez les Céphalopodes grâce à des mélanophores pouvant contracter ou disperser très rapidement les pigments contenus dans la cellule). Chez certains gastéropodes (Nudibranches), ce manteau peut héberger les cnidocytes actifs des cnidaires consommés par l'animal). Le gonochorisme et l'hermaphrodisme sont largement répandus dans le groupe avec des fécondations croisées (par exemple chez l'escargot) ou des parades nuptiales chez les seiches. La gonade peut produire simultanément des spermatozoïdes et des ovules (cas des escargots, mais avec une maturité différée de quelques jours entre les deux types de gamètes). Chez l'huître, l'hermaphrodisme est successif avec changement de sexe d'une saison sur l'autre. La plupart du temps, la fécondation est externe, mais elle est interne chez de nombreuses espèces de céphalopodes et de gastéropodes.

Classification et exemples

La disposition des groupes ci-dessous représente les relations de parenté entre principaux groupes. Des synapomorphies de chaque groupe sont indiquées entre parenthèses et en gras, des exemples d'organismes, avec leur nom scientifique en italiques, sont indiqués.

MOLLUSQUES (**manteau, radula**)

Solénogastres

Proneomenia aglaopenhiae

Caudofovéates

*Chaetoderma nitidulum*Eumollusques (**sole pédieuse**)Polyplacophores (**coquille divisée en plaques articulées**)

chiton

*Chiton tuberculatus*Conchifères (**une coquille en trois couches, statocystes**)

Monoplacophores

*Neopilina galathea*Ganglioneures (**muscles rétracteurs**)Viscéroconques (**tête développée**)Gastéropodes (**torsion de la masse viscérale**)

escargot

Helix aspersa

bigorneau

*Littorina littorea*Céphalopodes (**tentacules préhensiles, siphon**)

seiche

Sepia officinalis

calmar

*Loligo vulgaris*Diasomes (**tête absente, manteau enveloppant le corps**)Bivalves (**coquille en deux valves gauche et droite**)

moule

Mytilus edulis

coque

*Cardium edule*Scaphopodes (**captacules, coquille conique**)

dentale

Dentalium vulgare

Les pages suivantes sont consacrées aux Gastéropodes, Céphalopodes et Bivalves.

Gastéropodes

Il s'agit d'un groupe très diversifié caractérisé par un développement très particulier, pendant lequel la masse viscérale subit une spiralisation et une torsion de 180° (Fig. 9), ayant entre autres des conséquences sur l'organisation des voies nerveuses (Figs. 9 et 10). De fait, l'animal présente une forte asymétrie bilatérale, la coquille est enroulée, de manière dextre (= dans le sens trigonométrique inverse = sens des aiguilles d'une montre) dans 95 % des formes enroulées connues (caractère gouverné par un gène diallélique chez les espèces où cela a pu être déterminé).

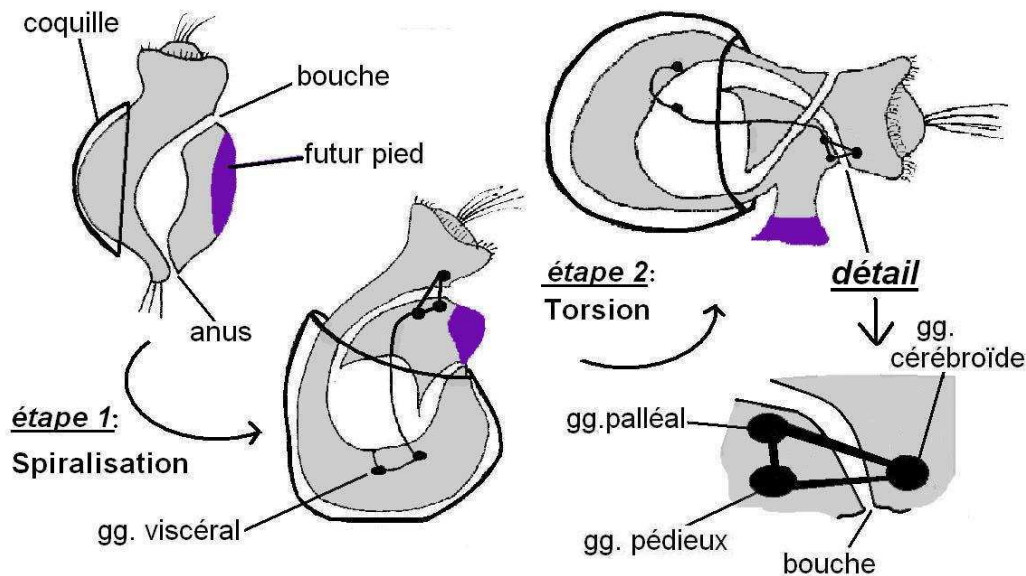


Figure 9. Développement d'un gastéropode. [gg.: ganglion]

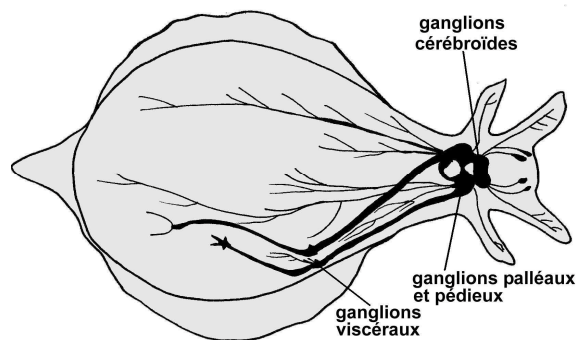


Figure 10. Système nerveux d'une aplysie (*Aplysia fasciata*).
Vue dorsale. Longueur : 10 cm.

L'animal se réfugie dans sa coquille si les conditions du milieu deviennent défavorables (agression, marée basse...), un opercule corné ou calcifié vient obturer celle-ci (les escargots n'ont pas d'opercule mais sécrètent un épidiaphragme obturant la coquille durant l'hivernation). Ces dispositifs ont pour intérêt de maintenir une humidité constante à l'intérieur de la coquille. Chez de nombreuses espèces, la coquille est enroulée. Les dents chitineuses de la radula sont de forme variée selon le régime alimentaire de l'animal. Les yeux peuvent être portés par des tentacules (et non des cornes...).

Les Gastéropodes présentent des formes variées de l'ormeau à la limace, en passant par la patelle ou l'aplysie. Ils occupent des niches écologiques variées et quasiment tous les milieux aquatiques, avec en plus des formes terrestres. Chez celles-ci (groupe des Pulmonés, comme l'escargot et la limace), la partie dorsale du manteau de la cavité palléale est différenciée en un poumon.

Classification et exemples

La classification traditionnelle du groupe est notamment fondée sur la position et structure des branchies dans la cavité palléale :

Prosobranches (**branchies en avant du cœur**)

patelle	<i>Patella vulgata</i>
ormeau	<i>Haliotis tuberculosa</i>
calliostome	<i>Calliostoma ziziphinum</i>
bigorneau	<i>Littorina littorea</i>
buccin	<i>Buccinum undatum</i>

Opisthobranches (**branchies en arrière du cœur**)

Tectibranches

aplysie	<i>Aplysias fasciata</i>
---------	--------------------------

Nudibranches

<i>Eolis papillosa</i>
<i>Hypselodoris cantabrica</i>

chez les Nudibranches, la coquille est absente.

Ptérobranchés (**pied élargi transformé en nageoire**)

petits gastéropodes pélagiques

Pulmonés (**un poumon présent**)

escargot de Bourgogne	<i>Helix pomatia</i>
limace rouge	<i>Limax maximus</i>

Céphalopodes

Il s'agit d'un groupe de mollusques actifs, prédateurs pélagiques, présentant de nombreuses particularités. La symétrie bilatérale est très nette, l'anus ramené vers l'avant. Le pied est différencié en une couronne de tentacules entourant la tête (Fig. 11). Des ventouses ornent ces tentacules. Une large cavité palléale abrite les branchies (Fig. 11). La partie ventrale du manteau est différenciée en un entonnoir (Fig. 11) par lequel l'évacuation rapide de l'eau de la cavité palléale par contraction des muscles du manteau produit un jet d'eau propulsant l'animal. La bouche est ornée d'une structure chitineuse nommée « bec de perroquet » (Fig. 11) permettant de broyer les coquilles et carapaces dures des proies. Les proies sont tuées par injection d'un venin contenu dans la salive.

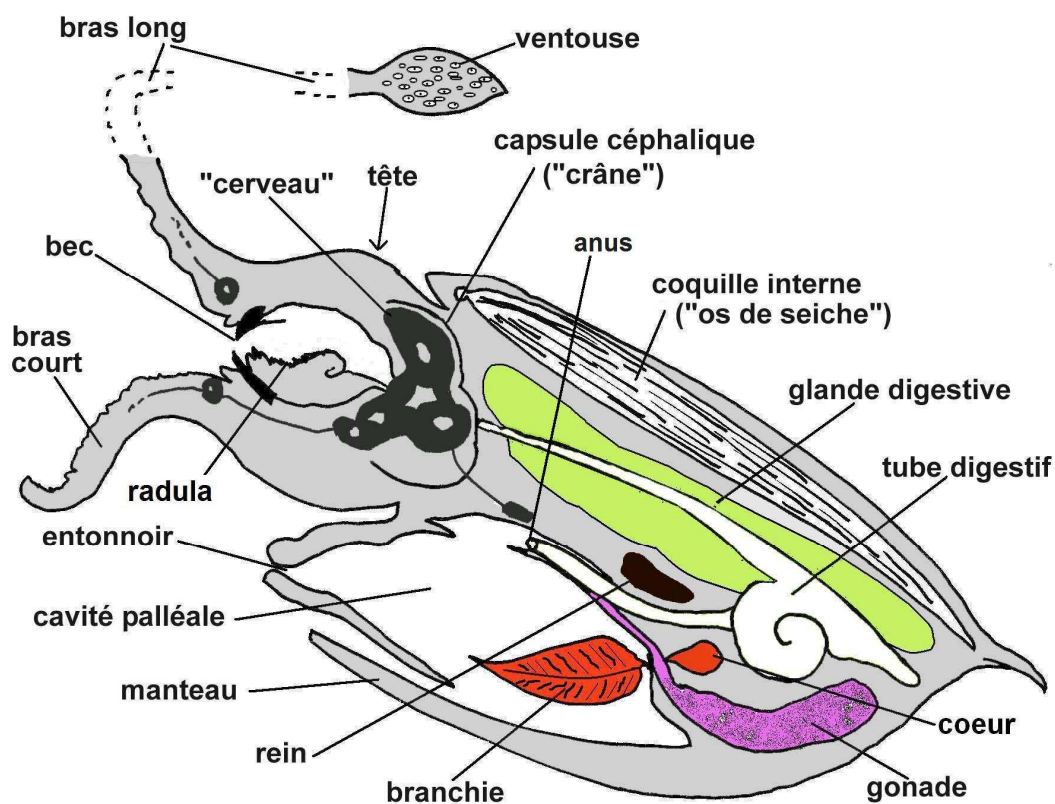


Figure 11. Coupe longitudinale théorique dans une seiche (*Sepia officinalis*). Longueur : 30 cm.

La coquille peut être enroulée et présenter des loges successives (nautilé) ; l'animal vit dans la plus vaste et utilise les autres comme des ballasts pour se déplacer dans la colonne d'eau, les échanges se réalisant au moyen d'un siphon parcourant les loges. Chez plusieurs groupes, la coquille est réduite (« plume » interne des calmars) et interne (« os de seiche » (Figs. 11 et 12)), elle manque totalement chez les poulpes.

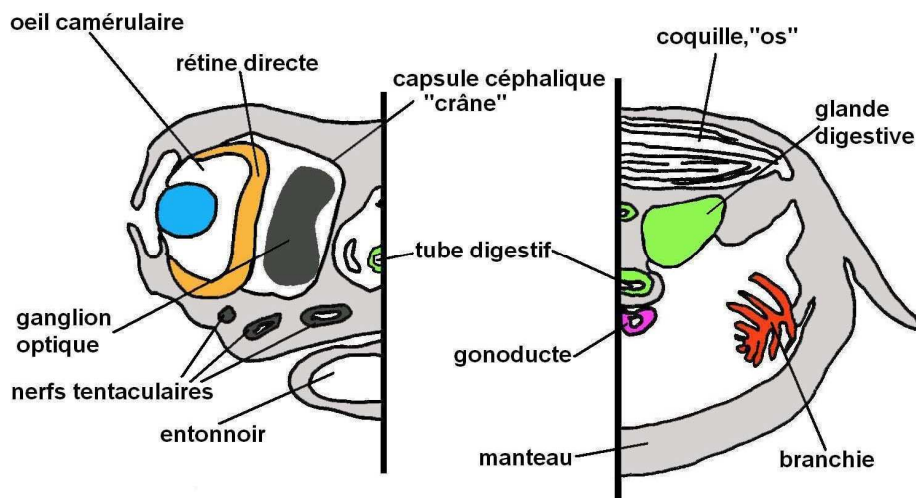


Figure 12. Demi-coupes transversales dans une seiche (*Sepia officinalis*). A gauche, au niveau des yeux. A droite, au niveau de la cavité palléale.

Le système nerveux central est hautement différencié : il est volumineux par développement et fusion des différents ganglions. Il peut former un « cerveau » protégé dans une capsule céphalique cartilagineuse (Figs. 11, 12 et 14). L'axone géant des calmars est bien connu des travaux d'électrophysiologie ; il s'agit d'une voie nerveuse de fort diamètre formée par la coalescence de plusieurs centaines d'axones des neurones des ganglions étoilés (Fig. 13). Les organes des sens sont très développés avec existence d'un œil camérulaire (Fig. 12), analogue à celui des Vertébrés, possédant une pupille, un iris et un cristallin. Mais, c'est un cas de convergence, il n'y a pas homologie.

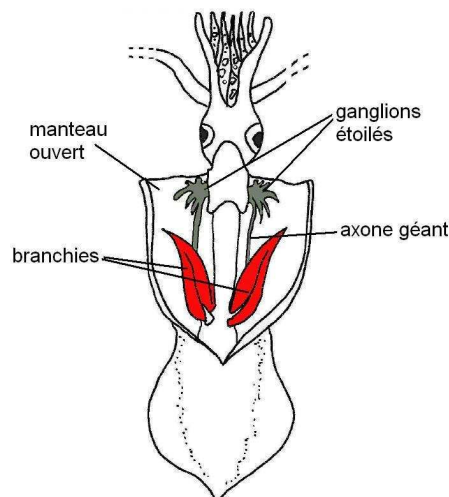


Figure 13. Calmar (*Loligo vulgaris*) en vue ventrale, manteau fendu et écarté afin de montrer les ganglions étoilés. Longueur : 25 cm.

Il s'agit bien de garder en mémoire que chez les Céphalopodes, la rétine est directe, avec présence des cellules photosensibles au contact avec la lumière dès l'arrivée dans la rétine. Tandis que chez les Vertébrés, la rétine est inversée avec présence des cellules photosensibles au fond de la rétine ; la lumière devant traverser entièrement celle-ci avant de toucher les cônes et les bâtonnets. Les Céphalopodes sont capables d'étonnantes capacités de mimétisme et d'apprentissage (capacité à associer un stimulus à une prise de nourriture, capacité à sortir et revenir d'un aquarium pour aller se nourrir dans un aquarium adjacent...).

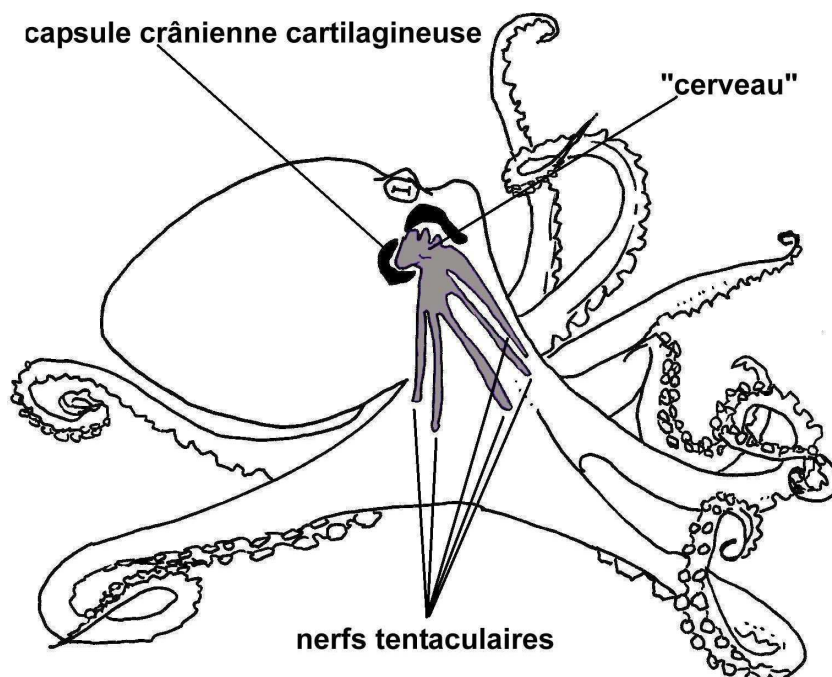


Figure 14. Organisation simplifiée du système nerveux central chez un poulpe (*Octopus vulgaris*). Longueur : 40 cm.

L'appareil circulatoire est entièrement clos et assure un transport rapide du sang vers les organes. La fécondation est interne, les sexes séparés. Le mâle introduit ses spermatozoïdes dans la cavité palléale de la femelle au moyen d'un de ses bras, dit hectocotyle, transformé durant la période de reproduction.

Classification et exemples

Tétrabranchiaux

nautilé

Nautilus pompilius

Dibranchiaux

Octopodes

poulpe

Octopus vulgaris

Décapodes

seiche

calmar

Sepia officinalis

Loligo vulgaris

Le plus grand des Protostomiens actuels, le calmar géant (*Architeutys princeps*), appartient au clade des Céphalopodes.

Bivalves

Les Bivalves sont des animaux diversifiés, présentant une absence de tête, un pied développé, pouvant atteindre un volume considérable, souvent en forme de lame de hache, d'où leur ancien nom de Pélécy-podes (du grec, *pelecus* : hache et *podos* : pied). Le manteau enveloppe entièrement le corps de l'animal et secrète une coquille en deux valves, séparées selon le plan de symétrie bilatérale et reliées par une charnière (Figs. 15 et 16). La disposition des crochets de cette charnière permet d'identifier les valves gauche et droite. Ces deux valves peuvent présenter une asymétrie bilatérale prononcée : l'une étant très concave et l'autre plus plate (huitre (*Ostrea sp*), coquille St-Jacques (*Pecten maximus*)).

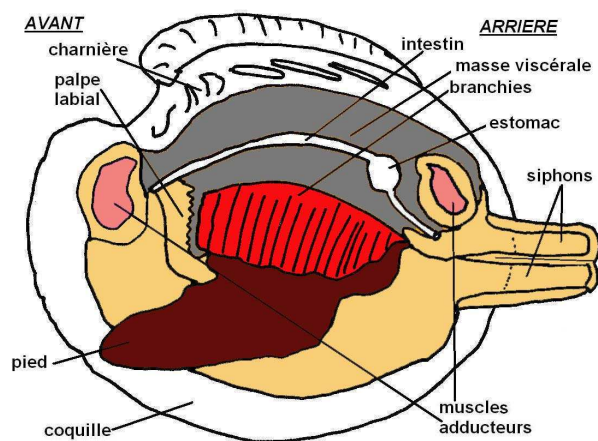


Figure 15. Organisation interne (simplifiée) d'un bivalve, valve gauche ôtée. Longueur : 3 cm.

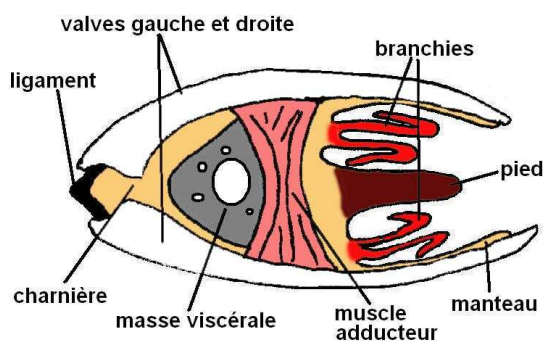


Figure 16. Coupe transversale simplifiée chez le bivalve de la Fig. 15.

Des muscles adducteurs puissants contrôlent l'ouverture/fermeture des deux valves (Figs. 15 et 16). La fixation de l'animal à son substrat se réalise via les filaments adhésifs, protéiques du byssus sécrétés par la glande byssogène.

Des branchies développées et en lamelles (d'où leur ancien nom de Lamellibranches) assurent non seulement les échanges gazeux avec le milieu, mais aussi le prélèvement des particules alimentaires (bactéries, organismes unicellulaires, débris...). Le mouvement d'eau nécessaire à la réalisation de ces fonctions est assuré par les battements incessants des cils des cellules de l'épithélium branchial. Piégées dans un mucus, les particules alimentaires sont convoyées vers la bouche où des palpes labiaux les captent. Leur digestion est quelquefois aidée par la présence d'un stylet mucoprotéique intradigestif aidant la malaxation du « bol alimentaire » et produisant des enzymes digestives. Chez plusieurs espèces (coque, *Cardium sp*), le pied peut se différencier en des siphons inhalant et exhalant canalisant les échanges d'eau avec le milieu.

Les Bivalves sont des animaux diversifiés présents dans les eaux douces, marines et saumâtres de toute latitude, climat et profondeur. L'essentiel de ces animaux sont

microphages, mais certains sont symbiontes ou chimolithotrophes, près des fumeurs océaniques. Posés, accrochés à la surface du fond ou enfouis dans le sédiment, ce sont des acteurs importants de la sédimentation des vases. Ces animaux sont hermaphrodites avec une fécondation externe après éjection des gamètes dans le milieu.

Classification et exemples

Traditionnellement, les Bivalves sont classés selon la structure de leurs branchies :

Protobranches

nucule

Nucula nucleus

Filibranches

huître

Ostrea sp

moule

Mytilus edulis

coquille St-Jacques

Pecten maximus

Eulamellibranches

coque

Cardium edule

couteau

Ensis ensis

palourde

Venerupis pullastra

Annélides

Eucaryotes
 Uicontes
 Opisthocontes
 Métazoaires
 Eumétazoaires
 Bilatériens
 Protostomiens
 Spiraliens

Position systématique

Les Annélides forment un clade riche de plus de 14000 espèces et à la position incertaine au sein des Spiraliens (Fig. 2, N°1)). Nombre d'animaux, jadis éloignés des Annélides, se sont avérés appartenir à ce groupe : Pogonophores, Bonellies et Vestimentifères.

Synapomorphies

Les Annélides possèdent :

- un système circulatoire clos (convergence avec les Céphalopodes au sein des Protostomiens)- un corps métamérisé (Fig. 17), avec des altérations chez certains sous-groupes (Bonellies).

Organisation

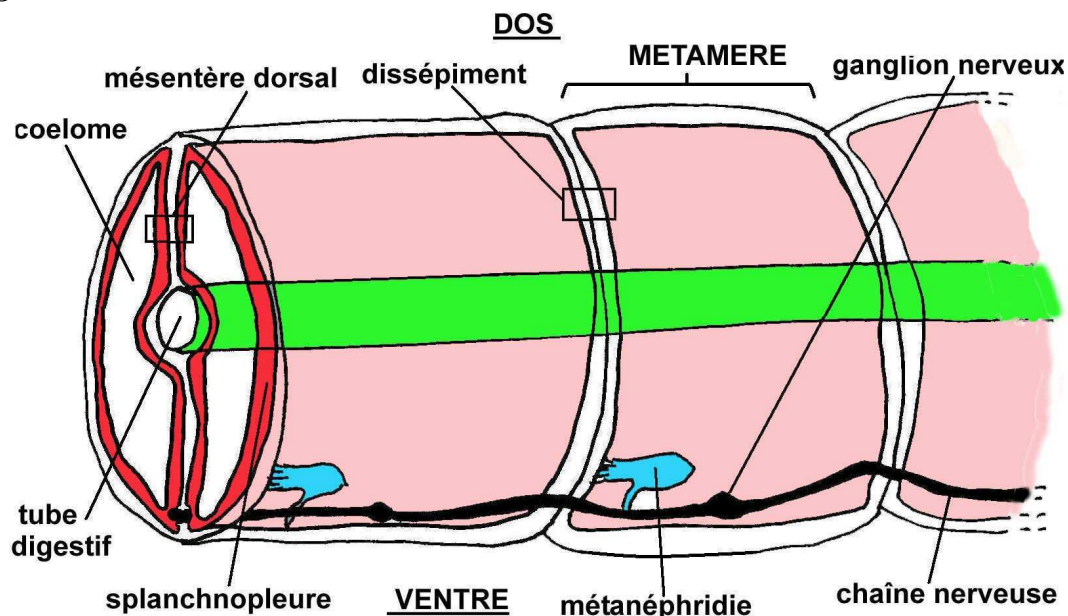
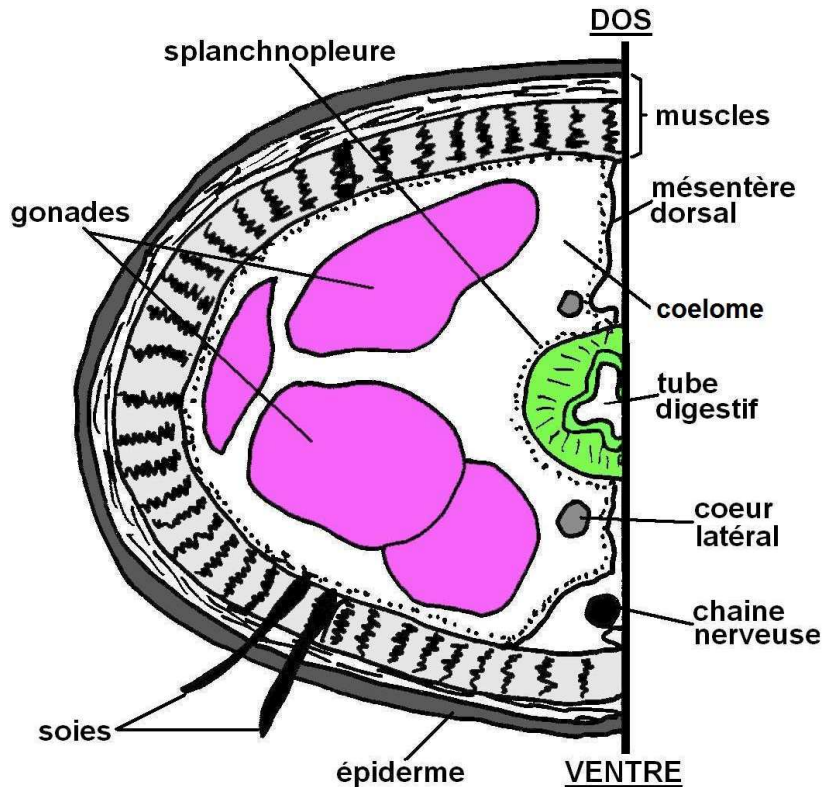


Figure 17. Organisation schématique des métamères d'un annélide.

Les Annélides, ou vers annelés, sont des animaux triploblastiques, coelomates au corps très nettement métamérisé. Chaque anneau du corps correspond à un métamère ; les

métamères post-céphaliques sont de structure identique et creusés chacun d'une cavité coelomique indépendante. Le premier segment corporel est nommé le prostomium (ne correspondant pas à un métamère mais à plusieurs fusionnés), le dernier segment est appelé pygidium ; la bouche s'ouvre sous le premier, l'anus dans le second (Fig. 19). Le coelome se creuse dans le mésoderme par schizocœlie (Fig. 1, N°2) ; les deux cavités coelomiques d'un même métamère sont séparées par un mésentère (Figs. 17 et 18), tandis que celles de deux métamères successifs sont séparées par un dissépiment (Fig. 17).



**Figure 18. Demi-coupe transversale dans un lombric. (*Lumbricus terrestris*).
Diamètre complet : 8 mm.**

Une chaîne nerveuse, avec un ganglion nerveux par métamère, est en position ventrale (type hyponeurien). Des filaments nerveux, les connectifs relient entre eux ces ganglions. Des ganglions cérébroïdes plus développés sont présents dans le prostomium (Fig. 19). En cela, les Annélides présentent une céphalisation et une centralisation. Les organes sensoriels sont réduits chez les sangsues et les Oligochètes. Les Polychètes, en revanche, peuvent posséder en région antérieure de nombreux cirres tactiles et des ocelles photosensibles (Fig. 19).

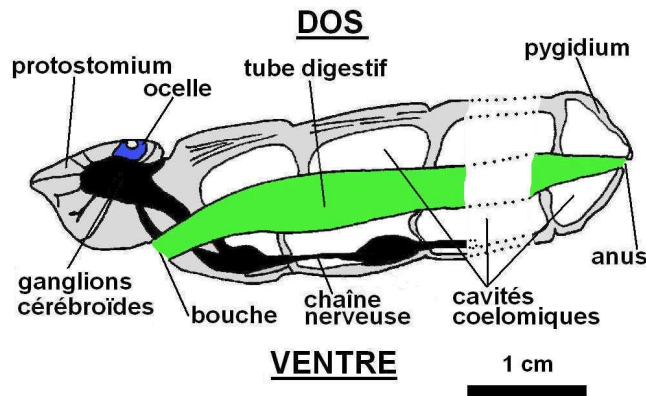


Figure 19. Coupe longitudinale synthétique dans un polychète.

Dans chaque métamère, une paire de métanéphridies (Fig. 17) assure l'excrétion des déchets accumulés dans le cœlome. Le mouvement de fluide dans ces métanéphridies est assuré par le battement des cils de leurs cellules. De surcroît, un tissu particulier, le tissu chloragogène, joue le rôle d'un rein d'accumulation.

L'appareil circulatoire est clos, il y circule une hémolymphe pouvant contenir de l'hémoglobine. La respiration peut être uniquement cutanée (chez la sangsue et chez les formes humicoles et terricoles, comme le lombric). De nombreuses espèces développent des branchies externes, ayant aussi un rôle dans la prise de nourriture chez les formes microphages. La locomotion (reptation ou nage) se réalise le plus souvent par ondulations du corps, quelquefois aidées par des appendices biramés, les parapodes (notamment chez les Néréidae). Une paire de parapodes est présente par métamère. Le tube digestif de certaines espèces (dont le lombric) est différencié en un estomac contenant un stylet cristallin en rotation assurant le broyage de la nourriture. Une gouttière stomacale ciliée, le typhlosolis, peut être également présente ; elle intervient dans l'évacuation des déchets.

La larve est planctonique (quelques millimètres de long) et de type trochophore (Fig. 20A et B). Au cours de sa croissance, par le pygidium, se développeront des masses mésodermiques se creusant de cavités coelomiques (Fig. 20B) par schizocœlie.

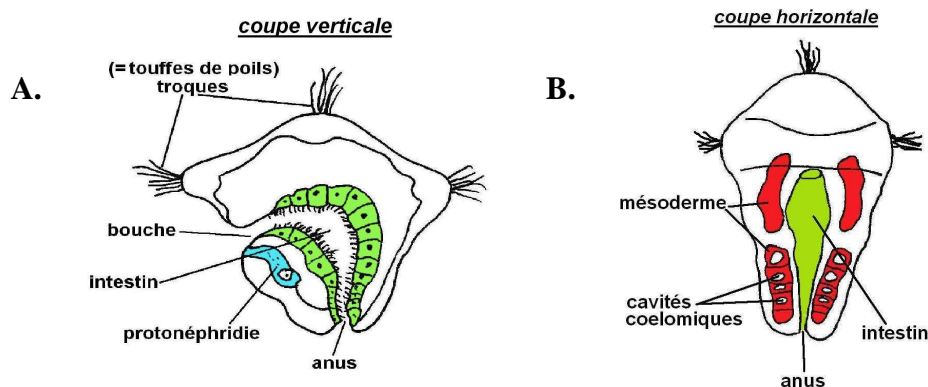


Figure 20 (A et B). Larves trochophores à deux stades successifs. Le stade B montre un début de métamérisation.

Biologie

Les Annélides sont des animaux marins, dulcicoles ou terrestres. Ils peuvent être benthiques, nageurs, fouisseurs, libres ou fixés. Certains polychètes (de la famille des Néréididae) sont des prédateurs actifs, attrapant leurs proies au moyen de mâchoires placées au bout d'une trompe érectile. Plusieurs polychètes développent un tube calcaire (*Spirorbis borealis*) ou formés de grains de sables agglomérés (*Sabella pavonina*), dans lequel ils s'abritent. De ce tube, ils font émerger un large panache branchial (ver spirographe) assurant la microphagie de l'animal. Les formes terrestres sont des agents fondamentaux de la biologie du sol, qu'ils brassent, aèrent et enrichissent de leurs déjections. Les sangsues sont dulcicoles et hématophages. Les Pogonophores et les Vestimentifères sont des animaux benthiques des sources hydrothermales ; ils se nourrissent par symbiose en abritant dans leurs branchies des bactéries chimio-lithotrophes.

Au sein de la diversité des Annélides, le gonochorisme et l'hermaphrodisme sont présents. La maturité sexuelle est déclenchée par des stimuli externes (photopériode, température...) ; c'est notamment le cas des Polychètes du genre *Marphysa* au début du printemps en Manche et Atlantique. Chez plusieurs familles de Polychètes, les individus changent d'aspect à ce moment, ce phénomène est appelé épitoquie. La différence peut être telle que les auteurs anciens identifiaient ces formes comme des espèces différentes. Ces formes sexuellement matures, ou épitoques ou épigames ou hétéronéris, différencient en région postérieure des métamères bourrés de gamètes et peuvent modifier leurs parapodes en appendices nageurs (les formes épitoques deviennent nageuses, montent vers la surface où suite à des parades nuptiales, libération des gamètes et fécondation ont lieu). L'épitoquie est déclenchée via des neurosécrétions. Chez les formes terrestres, comme le lombric, et chez les sangsues, la fécondation est interne et réciproque (hermaphrodisme). Les œufs peuvent être déposés dans un cocon laissé dans le sol.

Tous présentent des capacités de régénération importante. Différents cas de reproduction asexuée, par scissiparité, sont connus.

Classification et exemples

La systématique des Annélides est classiquement construite sur l'absence et l'abondance des soies. Ainsi, sont distingués :

Polychètes (*aux soies abondantes*)

Errantes

néreïde

*Nereis diversicolor**Marphysa sanguinea*

Sédentaires

arénicole

Arenicola marina

spirographe

*Spirographis spallanzani*Oligochètes (*aux soies réduites*)

lombric

*Lumbricus terrestris*Hirudinées (*aux soies absentes*)

sangue médicinale

Hirudo officinalis

A ceux-ci, ont été ajoutés au sein des Annélides :

Echiuriens

bonellie verte

Bonelia viridis

Pogonophores

Lamellisabella sp

Vestimentifères

Riftia pachyptila

Nématodes

Eucaryotes
 Uicontes
 Opisthocontes
 Métazoaires
 Eumétazoaires
 Bilatériens
 Protostomiens
 Ecdysozoaires

Position systématique

Les Nématodes sont avec les Euarthropodes des Ecdysozoaires. En effet, tous possèdent une cuticule renouvelée par des mues contrôlées par des hormones ecdystéroïdes (Fig. 22).

Synapomorphies

Les Nématodes partagent les caractères évolués suivants :

- une bouche entourée de trois à six lèvres.
- des sensilles (organes tactiles) péribuccales organisées en anneaux.
- des amphides (organes chémorécepteurs).

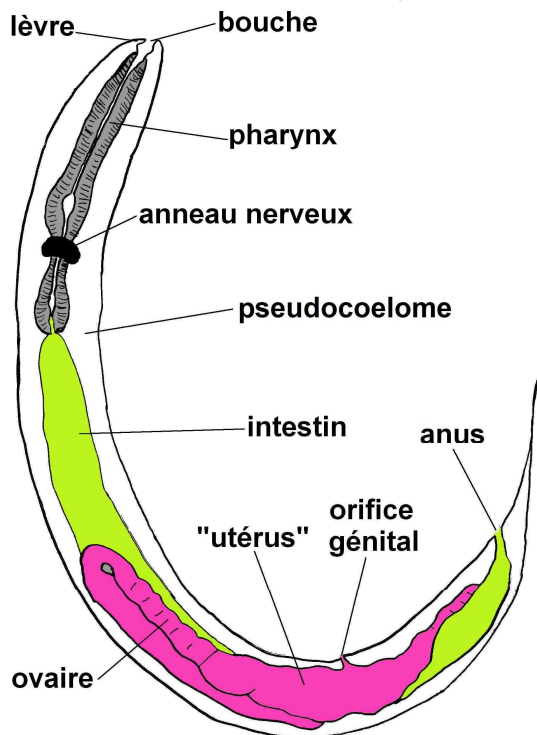


Figure 21. Organisation d'un *Caenorhabditis elegans* femelle.

Longueur : 2 mm.

Le nombre de cellules et le lignage cellulaire (origine des cellules depuis la cellule-œuf) semblent constants pour chaque espèce. *Caenorhabditis elegans*, le nématode de laboratoire très utilisé pour les travaux de biologie du développement,

possède 959 cellules pour la forme hermaphrodite et 1031 pour le mâle. Cette caractéristique entraîne une incapacité à remplacer les cellules manquantes lors du développement (différence avec un jeune embryon de Vertébrés par exemple).

Organisation

Les Nématodes sont des vers ronds, blanchâtres, non segmentés au corps recouvert d'une cuticule et aux extrémités pointues (Fig. 21). L'absence d'organe locomoteur et la réduction des organes sensoriels sont interprétées comme des adaptations à la vie parasitaire. La cavité générale est un pseudocœlome provenant du blastocœle embryonnaire, ni creusé dans le mésoderme, comme dans un cœlome formé par schizocoelie (Fig. 1, N°2), et ni formé par évaginations latérales de l'endoderme, comme dans le cœlome formé par entérocoelie (Fig. 1, N°2).

Cette cavité est tapissée de muscles longitudinaux, formés de cellules myoépithéliales géantes. Un épiderme syncytial produit la cuticule ; cette structure joue le rôle d'un exosquelette, suffisamment souple pour être déformé par les contractions musculaires nécessaires à la locomotion de l'animal. Cette cuticule est ornée chez les formes reptantes, elle est composée de glycoprotéines et de collagène et est à la fois perméable aux gaz et imperméable aux sucs digestifs, notamment chez les formes parasites de tubes digestifs de l'hôte. Deux cordons nerveux (Fig. 22), situés sur les faces ventrale et dorsale, et un anneau nerveux forment l'essentiel du système nerveux. Anus et orifice génital sont ouverts sur la face ventrale.

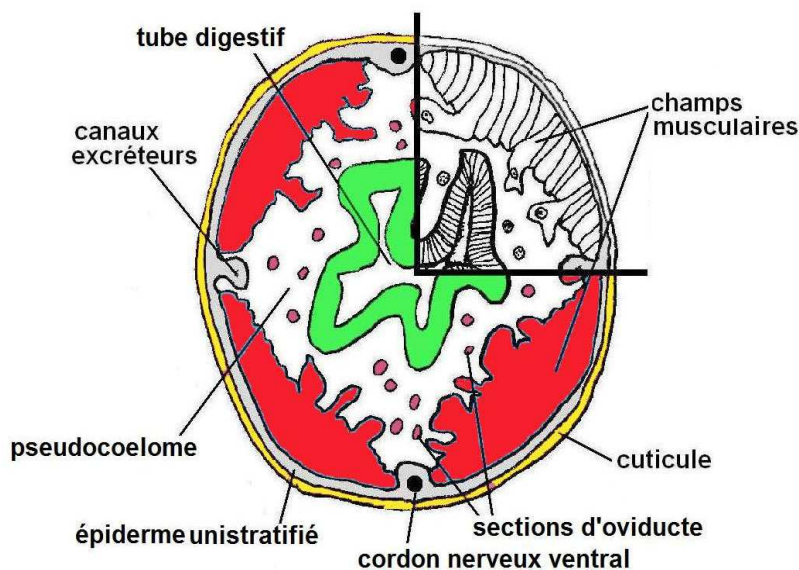


Figure 22. Coupe transversale d'un ascaris (*Ascaris megalcephala*) femelle. Tous les champs musculaires n'ont volontairement pas été détaillés. Diamètre : 0,5 mm.

Biologie

Les Nématodes sont des animaux abondants dans les sols (jusqu'à 4 millions d'individus par m²) et sont des animaux clés dans l'écologie des sols de par leur consommation des bactéries. D'autres espèces, nombreuses, mènent une vie de parasite de plantes ou d'animaux. Ils possèdent d'étonnantes capacités de résistance (supportant des pH de 2,7 à 11,7 et les températures des eaux arctiques ou thermales) et revivent une fois réchauffés après être portés à -200°C. Plusieurs maladies humaines (trichinose, éléphantiasis, ascaridiase, oxyurose...) sont causées par des nématodes. Chez les Vertébrés, plusieurs espèces, dont l'ascaris et l'oxyure, peuvent vivre (en aérobiose complète) dans le tube digestif de l'hôte où ils s'accouplent et pondent leurs œufs. Ces derniers, évacués dans le milieu sont ingérés par d'autres vertébrés, qui à leur tour sont infectés et peuvent infecter leurs prédateurs. Dans le cas des trichines, les vers peuvent s'enkyster dans les muscles striés de porcs et infester les organismes les consommant (homme inclus). Les filaires obstruent les vaisseaux lymphatiques et provoquent des gonflements des membres ou de parties du corps (éléphantiasis).

La circulation des fluides internes s'effectue par le biais du pseudocœlome. Les échanges gazeux respiratoires s'effectuent par simple diffusion et sont facilités par la petite taille des animaux (beaucoup d'espèces ont une taille de l'ordre du millimètre). Les sexes sont séparés, les gonades filiformes, la fécondation interne et le développement direct. Les œufs fécondés commencent leur développement dans la partie terminale (« utérus ») des voies génitales femelles. Les embryons sont libérés et disséminés dans le milieu, protégés dans une coque protectrice. Différents cas de parthénogenèse ont été décrits.

Exemples

ascaris du cheval

trichine

filaire, agent de l'éléphantiasis

*Caenorhabditis elegans**Ascaris megalocephala**Trichinella spiralis**Wuchereria bancrofti*

Remerciements C. Guintard (ENVN, Nantes, France), C. Cauchie (Lycée Louis Pasteur, Hénin-Beaumont, France) et plusieurs anciens étudiants.

Orientations bibliographiques :

En ce qui concerne les classifications modernes, le très complet et moderne :

LECOINTRE G. et LE GUYADER H. (2006). Classification phylogénétique du vivant. BELIN.

Les ouvrages suivants sont plus anciens et ne respectent pas toujours les règles de la classification moderne, en cela ils sont à utiliser avec précaution. Cependant, des données anatomiques fines, complètes et fondamentales y sont rassemblées.

BEAUMONT A. (2000). Biologie animale. Des Protozoaires aux Métazoaires épithélioneuriens, tome 1 & 2. DUNOD.

BEAUMONT A. (2000). Biologie animale. Les Cordés. Anatomie comparée des Vertébrés. DUNOD.

BEAUMONT A. et CASSIER P. (1998). Biologie animale. Des Protozoaires aux Métazoaires épithélioneuriens, tome 1 & 2. DUNOD.

GRASSE P.-P. *et al.* (1961). Précis des Sciences biologiques. Zoologie I. Invertébrés. MASSON.

GRASSE P.-P. *et al.* (1965). Précis des Sciences biologiques. Zoologie II. Vertébrés. MASSON.

HEUSSER S. et DUPUY H.G. (2008). Atlas de biologie animale, 1 : Les grands plans d'organisation. DUNOD.

HEUSSER S. et DUPUY H.G. (2008). Atlas de biologie animale, 2 : Les grandes fonctions. DUNOD.

MEGLITSCH P.-A. (1973). Zoologie des Invertébrés. I. Protistes et Métazoaires primitifs. DOIN.

MEGLITSCH P.-A. (1974). Zoologie des Invertébrés. II. Des Vers aux Arthropodes. DOIN.

MEGLITSCH P.-A. (1975). Zoologie des Invertébrés. III. Arthropodes Mandibulés et Deutérostomiens. DOIN.

VERON G. (2002). Organisation et classification du règne animal. Sciences Sup série Aide-mémoire. DUNOD.

Pour les données biologiques, même si les données purement systématiques sont d'un niveau inégal :

CAMPBELL N.A. et REECE J.B. (2004). Biologie. DE BOECK.

TURQUIER Y. (1990). L'organisme dans son milieu. 1. Les fonctions de nutrition. DOIN.

TURQUIER Y. (1994). L'organisme dans son milieu. 2. L'organisme en équilibre avec son milieu. DOIN.

Pour citer ce travail : Chanet B., Organisation & Diversité du Monde Animal. *Cahiers d'Anatomie Comparée*, 2010 (NS^o1(2)): 1-29. C@C All rights reserved.