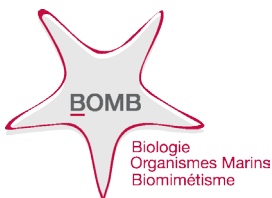


METAMORPHOS

UN OUTIL ILLUSTRANT EN 3D LES PLANS DE STRUCTURE DE METAZOAIRES INVERTEBRES

Eeckhaut I. & Puozzo N.



METAMORPHOS

UN OUTIL ILLUSTRANT EN 3D LES PLANS DE STRUCTURE DE METAZOAIRES INVERTEBRES

Igor Eeckhaut (Professeur; Dr en Sciences Zoologiques): idée originale, conception, textes

Nathan Puozzo (Infographiste): conception graphique

Rakotomahefa Solofondraibe Jamieson Albert (Ingénieur Halieute): Dessins des illustrations

*Biologie des Organismes Marins & Biomimétisme,
Université de Mons*

Avant-propos

Nous vivons dans un monde en trois dimensions et en cela nous possédons, tout comme l'ensemble des organismes vivants une longueur, une largeur et une épaisseur. L'étude des animaux, la zoologie, implique la compréhension de leurs plans de structure : sans décrire la structure d'un organe ou d'un système organique, le fonctionnement de celui-ci est incompréhensible. Si nous vivons bien dans un monde en trois dimensions les moyens explicatifs à notre disposition passent encore la plupart du temps par des supports en deux dimensions: le tableau noir des professeurs ou l'écran des projecteurs data, les dessins ou les photos que nous possédons nous donnent des images 2D des objets ou structures que nous décrivons ou que nous analysons. MetaMorphos (Metazoan Morphology) est un programme qui illustre les plans de structure de métazoaires invertébrés par des reconstructions 3D de haute qualité. Il s'adresse aux personnes désireuses de comprendre l'architecture animale qu'ils soient amateurs naturalistes, zoologistes professionnels, étudiants ou professeurs en biologie. MetaMorphos 2.12 est la seconde version du programme qui comprend douze organismes : deux Cnidaria dont un anthozoaire et un scyphozoaire, un cténaire (Ctenophora), un turbellarié (Platyhelminthes), deux Panannelida dont un polychète et un myzostomide, un gastéropode (Mollusca), un nématode (Nematoda), une araignée (Arthropoda), une holothurie (Echinodermata) et une ascidie (Urochordata).

Les organismes présentés dans MetaMorphos sont des avatars c'est-à-dire des reconstructions 3D d'organismes types fictifs regroupant les caractéristiques majeures de taxa de haut rang dans la hiérarchie linnéenne, généralement des classes. MetaMorphos permet d'analyser la morphologie externe des avatars ainsi que leur organisation systémique. Les systèmes organiques visualisés sont les systèmes digestif, excréteur, nerveux, reproducteur, circulatoire, respiratoire et tout autre système unique observé dans certains taxa (*e.g.*, le système ambulacraire des échinodermes). Un système organique peut être visualisé seul ou avec d'autres systèmes, en vue in toto ou sans représentation du corps translucide de l'animal. Un curseur permet d'identifier les parties systémiques. L'avatar peut être orienté dans toutes les dimensions de l'espace et une fonction « zoom » permet de grossir la partie du corps en analyse.

Sommaire

Avant-propos	7
Plan de structure, classification et phylogénie	11
Cnidaria	12
Anthozoa	13
Schyphozoa	16
Ctenophora	19
Platyhelminthes	22
Panannelida	27
Polychaeta	29
Myzostomida	33
Gastropoda	38
Nematoda	45
Arthropoda	48
Crustacea	52
Chelicerata	57
Echinodermata	63
Urochordata	70

Plan de structure

Un plan de structure (« Body Plan ») est une organisation morphologique modèle qui caractérise un ensemble d'espèces faisant partie d'un taxon de haut rang, généralement un phylum ou une classe. Le terme « Bauplan » a été introduit par l'embryologiste allemand Henry Woodger (1945) qu'il définit comme le plan de structure commun aux espèces d'un groupe monophylétique. C'est principalement à Haeckel

(1863, 1866, 1868, 1872, 1874, 1875) à qui on doit l'ébauche, encore fortement présente aujourd'hui, de la division taxonomique des métazoaires en classes et en phyla. En cela Haeckel est également le premier à diviser l'ensemble des métazoaires en groupes comprenant des espèces ayant une architecture corporelle - un plan de structure - similaire.

Classification et phylogénie

La science qui étudie la classification des organismes vivants est la taxonomie (ou systématique). Celle qui s'intéresse aux relations de parenté (phylogénèse) entre les organismes est la phylogénie. La taxonomie des organismes est en perpétuel changement car cette science essaie autant soit peu de refléter la phylogénèse des taxons qu'on caractérise de plus en plus finement avec l'arrivée de nouvelles données (e.g. séquences d'ADN) et de nouvelles méthodes (e.g., inférence bayésienne). De manière générale la nomenclature associée aux espèces est basée sur le code de Linné (1758) et représentée par un nom de genre et un nom d'espèce (e.g., l'étoile de mer *Asterias rubens*). Les taxons les plus communément utilisés sont, après l'espèce et le genre, la famille, l'ordre, la classe, le phylum et le règne. Les Metazoa forment le règne des animaux. Par définition, les métazoaires sont des organismes eucaryotes, pluricellulaires, hétérotrophes et diploïdes qui se développent à partir de cellules haploïdes anisogames (les œufs et les spermatozoïdes) ; leur rencontre forme un zygote qui se développe en une blastula.

On retrouve 32 phylums de métazoaires, ce nombre changeant quelque peu en fonction des auteurs. Les phylums se répartissent en deux sous règnes: les Parazoa (qui ne possèdent pas de véritables tissus) et les Eumetazoa (qui possèdent de véritables tissus). Les Eumetazoa sont eux-mêmes divisés en Diploblastica (dont les embryons différencient deux feuillets germinatifs, l'ectoderme et l'endoderme) et Triploblastica (dont les embryons différencient trois feuillets germinatifs, le mésoderme faisant son apparition). Par ailleurs, ces derniers étaient divisés autrefois en Acoelomata, Pseudocoelomata et Coelomata. Les Acoelomata représente un taxon comprenant des métazoaires sans cavité générale. Les Pseudocoelomata forme celui de métazoaires ayant une cavité générale dérivée du blastocoele embryonnaire et qui n'ont aucun dérivé coelomique. Les Coelomata sont des métazoaires qui présentent des paires de cavités coelomiques à l'état embryonnaire, ces cavités pouvant former la cavité générale des adultes ou régresser.

Les 32 phylums de métazoaires.

Les phylums dont un avatar est représenté dans cette version de MetaMorphos sont représentés en gras.

Porifera	Acoelomorpha	Entoprocta	Panannelida
Placozoa	Gnathostomulida	Arthropoda	Bryozoa
Cnidaria	Gastrotricha	Tardigrada	Brachiopoda
Ctenophora	Mollusca	Pentastomida	Phoronida
Mesozoa	Rotifera	Onychophora	Chaetognatha
Plathelminthes	Acantocephala	Priapulida	Hemichordata
Nemerta	Nematoda	Kynorynchia	Echinodermata
Cycliophora	Nematomorpha	Loricifera	Chordata

Caractéristiques générales

Diploblastiques à symétrie radiaire

Marins, quelques espèces dulcicoles

Cycle monophasique avec stade polype ou cycle biphasique avec stade méduse pélagique et stade polype benthique

Solitaires ou coloniaux

La plus grande méduse: Cyanea capillata (2,5 m de diamètre) ; le plus grand polype solitaire: Stichodactyla mertensi (1 m de diamètre)

Age du plus vieux fossile : 560 millions d'années

Nombre d'espèces : ca 13.000

Le phylum des cnidaires (du grec « cnidé », urticant) est celui des anémones, des méduses et des coraux. Ce phylum comprends quatre taxons souvent considérés comme des classes : les Hydrozoa, les Anthozoa, les Scyphozoa et les Cubozoa. Tous sont des organismes didermiques radiaires dont les tissus, exclusivement des épithéliums, sont achevés contrairement aux éponges. De tels épithéliums vont de paire avec une haute intégration des cellules qui les constituent et avec l'apparition de nombreux types cellulaires spécialisés. Les cnidaires se caractérisent sur un plan tout à fait général par la présence de cellules urticantes ou cnidocytes (parfois aussi appelés « nématocytes »). Ces cellules, spécifiques des cnidaires, renferment un cnidocyste, sorte de capsule (« cyste ») contenant un filament creux, enroulé, terminé en pointe d'aiguille, et, souvent, un venin dans lequel baigne le filament. Si le cnidocyte est stimulé, la capsule s'ouvre, le filament est dévaginé et inocule le venin dans l'organisme à l'origine de la stimulation. Les cnidaires se caractérisent aussi par le fait que les adultes ont tous clairement une structure gastruléenne, l'orifice de cette gastrula (le blastopore) servant à la fois de bouche et d'anus aux individus.

Quel que soit leur forme, les cnidaires sont toujours constitués des deux feuilletts embryonnaires primordiaux que sont l'ectoderme (ectoblaste) qui limite l'animal extérieurement (*i.e.*, l'épiderme) et l'endoderme (endoblaste) qui limite la cavité digestive (*i.e.*, le gastroderme). Epiderme et gastroderme sont séparés par une couche intermédiaire, en principe anhyste, la mésoglée (« colle du milieu »). Le gastroderme délimite une cavité ouverte sur l'extérieur: la cavité digestive ou cavité gastrique que, plus généralement, on qualifie de cavité gastrovasculaire ou de coelentéron. L'orifice gastrovasculaire est entouré d'un ou de plusieurs cercles de tentacules, sites de prédilection des cellules urticantes que sont les cnidocytes. N'étant constitué que d'un seul type de tissu, les cnidaires n'ont pas de véritables organes et

sont dépourvus de systèmes respiratoire, circulatoire et excréteur. Les sexes sont généralement séparés (gonochorisme) et les cellules germinales agrégées en pseudo gonades. Ces pseudo gonades n'ont ni conduit ni orifice et dérivent, selon les cas, de l'ectoderme ou de l'endoderme.

Le système nerveux des cnidaires consiste en un double plexus nerveux, l'un situé sous l'épiderme, l'autre sous le gastroderme. Le plexus nerveux est un réseau en forme de filet entourant l'animal. Il est formé de neurites (ou neurones) qui ne possèdent pas de polarité : ils n'ont ni axone ni dendrite et l'influx nerveux peut circuler dans un sens ou dans l'autre. Certaines de ces cellules nerveuses se prolongent dans l'épiderme et forment une partie des cellules sensorielles de l'organisme.

La larve typique est la planula. C'est un organisme de petite taille en forme de tonnelet mesurant quelques millimètres de long. Après une vie larvaire de quelques heures à quelques jours, la planula se fixe sur un substrat adéquat et s'y métamorphose. Elle se transforme dans la plupart des cas en un polype. Solitaires ou coloniaux, libres ou fixés, les cnidaires s'observent dans tous les océans et à toutes les profondeurs. Ils sont carnivores pour les uns, suspensivores pour les autres.

Caractéristiques générales

Marins, benthiques

Solitaires ou coloniaux

La plus grande espèce solitaire : Stichodactyla mertensi, l'anémone carpette ; 1 m de diamètre

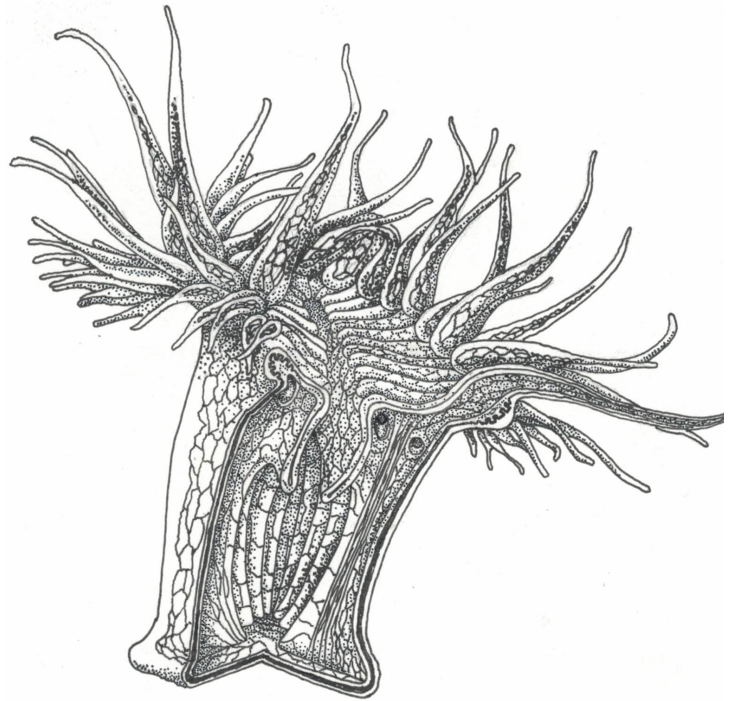
Age du plus vieux fossile : 560 millions d'années

Nombre d'espèces : 6.000

Ecologie et systématique

Les anthozoaires (Anthozoa) forment la seule classe du phylum des cnidaires où les espèces n'ont pas de stade méduse. Les adultes sont des polypes exclusivement marins, benthiques et sédentaires dont la plupart s'attachent à des substrats durs (quelques espèces vivent dans des substrats meubles). Les anthozoaires se retrouvent dans tous les océans, du milieu intertidal aux plaines abyssales. Ils peuvent être solitaires comme c'est le cas pour l'anémone de mer, mais beaucoup d'entre eux forment des colonies associant dès lors plusieurs milliers d'individus (e.g., de nombreux coraux scléractiniaires). La taille des individus est très variable allant du millimètre chez les espèces coloniales à plusieurs dizaines de centimètres chez les espèces solitaires. Les colonies peuvent occuper plusieurs mètres carrés de surface.

Le plus vieil anthozoaire est âgé de 560 millions d'années (Précambrien) mais c'est au cours de l'Ordovicien que la biodiversité corallienne commence à exploser. Deux sous-classes sont généralement reconnues, les Octocorallia (ou Alcyonaria) et les Hexacorallia (ou Zoantharia). Parmi les Octocorallia, on retrouve comme ordres principaux les Alcyonacea (les coraux mous), les Gorgonacea (les gorgones), les Helioporacea (les coraux bleus), les Pennatulacea (les pennatules) et les Stolonifera (les coraux-pipes). Parmi les Hexacorallia, on retrouve les Actiniaria (les anémones), les Scleractinia (les coraux vrais), les Anthipatharia (les coraux noirs) et les Ceriantipatharia (les cérianthes). Le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos est celui d'une actinie.



Section dans une anémone (*Anemonia sp.*) illustrant ses parties internes et en particulier son plexus nerveux.
Hauteur : 50mm

Structure externe

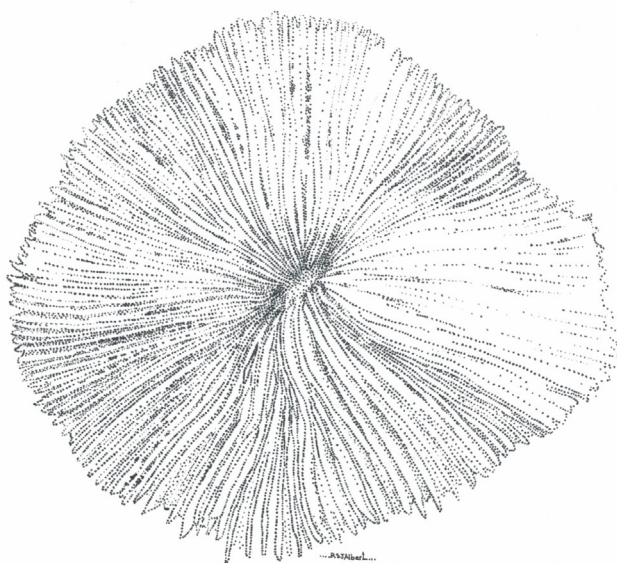
Le polype est unique chez les espèces solitaires tandis que chez les espèces coloniales, les multiples polypes sont en connexion les uns avec les autres. Un polype est composé d'un tube dressé, la **colonne**, attaché au substrat par les sécrétions de son **disque pédieux**. A l'opposé du pied s'ouvre l'**orifice gastrovasculaire** entouré de **tentacules** qui sont au nombre de 8 chez les Octocorallia ou un multiple de 6 chez les Hexacorallia. L'orifice gastrovasculaire sert à la fois

de bouche et d'anus. Il permet aussi l'entrée d'eau dans la cavité interne où se font, tout comme cela se fait au niveau de la surface externe, des échanges gazeux et des transferts de divers métabolites. Les anthozoaires ont une symétrie radiaire : des plans, multiple de 6 ou de 8, divisent l'animal en deux parties équivalentes et passent tous par un axe reliant l'orifice gastrovasculaire au centre du disque pédieux.

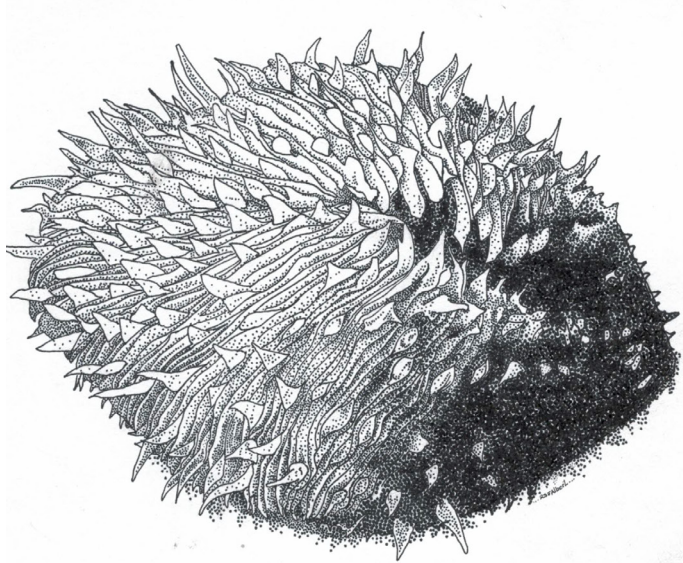
Paroi corporelle, squelette et cavité générale

Les anthozoaires n'ont pas de cavité générale (ce sont des acoelomiens) et leur seule cavité interne est la **cavité gastrovasculaire** qui occupe une grande partie du volume de l'animal. La paroi corporelle des anthozoaires est composée d'un épiderme et d'une mésoglée. L'épiderme est cuticulé et cilié. Il comprend des cellules myoépithéliales, des cellules muqueuses, des cellules sensorielles et des cnidocytes. Les cellules myoépithéliales possèdent dans leur partie basale des myofilaments orientés parallèlement à la colonne de l'anthozoaire. Leur contraction raccourcit la longueur du polype. Les cnidocytes sont majoritairement concentrés au niveau des tentacules. La mésoglée est en principe une couche anhyste (*i.e.*, sans cellules) cependant il n'est pas rare que la base des cellules myoépithéliales, comprenant les myofilaments, s'y enfonce formant ainsi une couche musculieuse.

Certains anthozoaires présentent un squelette calcifié qui est externe chez les Hexacorallia ou interne chez les Octocorallia. Il est fait d'aragonite la plupart du temps mais peut être fait majoritairement de protéines telles que l'anthipathine chez les anthipathaires ou la gorgine chez les gorgones. L'exosquelette est synthétisé par des cellules de l'épiderme, les calicoblastes, situés dans le disque pédieux. Sous le polype, l'exosquelette porte le nom de corallite, l'ensemble des corallites, lorsqu'il s'agit d'une colonie, est le corallum. Le corallite présente de nombreux septes de divers ordres, la forme et l'arrangement des septes étant un critère taxonomique. Lorsque le squelette est interne, il se forme dans la mésoglée. Il est à ce moment formé de protéines et la dureté dépendra du degré de précipitation du carbonate de calcium. L'association entre les protéines et le carbonate de calcium assure une flexibilité au squelette et ainsi une très bonne adaptation à la vélocité de certains courants marins.



Corallite d'un scléractiniaire du genre *Fungia*. Diamètre : 10 cm.



Vue d'un *Fungia* lorsque le tégument recouvre le corallite.
Diamètre : 20 cm.

Système gastrovasculaire

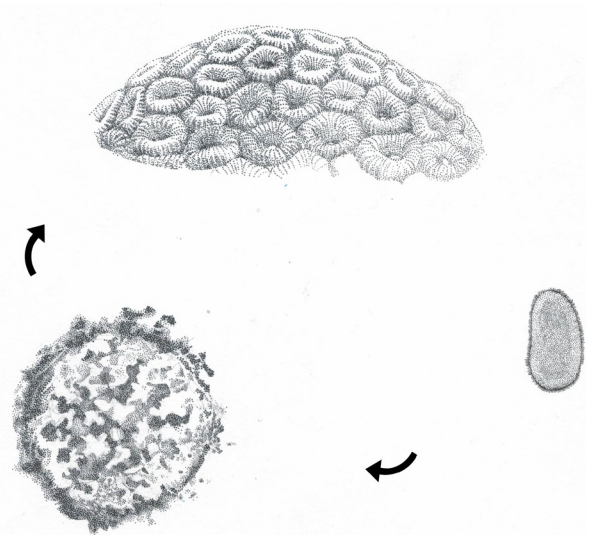
Les anthozoaires sont des organismes suspensivores, la matière organique arrivant au contact des tentacules étant dirigé par la ciliature vers le tube digestif. Les anthozoaires sont aussi des prédateurs qui capturent avec leurs cnidocytes le zooplancton et parfois, certains macroorganismes, arrivant au contact des tentacules. Au centre de la couronne de tentacules se situe l'orifice gastrovasculaire qui s'ouvre dans le pharynx, court tube de transit alimentaire, qui communique avec la cavité gastrovasculaire en cul-de-sac. Le pharynx comprend une ou plusieurs gouttières ciliées, les **syphonoglyphes** qui amènent l'eau et la matière organiques en suspension dans la cavité gastrovasculaire. Celle-ci est bordée par le gastroderme qui possède de nombreux replis, les mésentères ou septes. Il existe chez les anthozoaires, des septes charnus non calcifiés et parfois d'autres qui sont calcifiés. Les premiers forment des sarcoseptes et sont faits du gastroderme accompagné de la mésoglée. Les septes calcifiés forment des scléroseptes (ils se retrouvent par exemple chez les scléractiniaires) : ils sont composés du gastroderme, de la mésoglée, de l'épiderme et du squelette externe. Le gastroderme comprend également des cellules myoépithéliales. Leurs myofilaments sont cette fois orientés perpendiculairement à la colonne de l'anthozoaire et

leurs contractions diminuent le diamètre du polype. Chez certaines espèces, des cnidocytes se retrouvent dans le gastroderme au niveau de filaments gastriques, les **acoties**, situées à la base des septes. Ces filaments peuvent s'étendre et sortir du polype par des orifices, les **cinclides**, localisés à la base de la colonne. Les acoties sont des organes de défenses qui peuvent repousser un organisme dérangerant.

Bon nombre d'anthozoaires obtiennent des métabolites nécessaires à leur croissance de façon indirecte, grâce à une symbiose qu'ils effectuent avec des zooxanthelles du genre *Symbiodinium*. Ces algues unicellulaires microscopiques se situent dans le cytoplasme des cellules du gastroderme. Dans des conditions environnementales favorables, la symbiose est un mutualisme, l'anthozoaire et l'algue obtenant des molécules nécessaires pour leur développement. L'algue étant autotrophe, elle influence le bilan carbonaté à proximité de l'anthozoaire ce qui favorise la croissance du corallum. Les coraux qui possèdent des zooxanthelles sont appelés coraux hermatypiques, les autres sont des coraux ahermatypiques. Les premiers sont responsables de la formation des récifs coralliens.

Système reproducteur

Le système reproducteur est composé de multiples gonades de petite taille situées au niveau des sarcoseptes. Les polypes et les colonies sont généralement gonochoriques mais il n'est pas rare de retrouver au sein d'un même polype des gonades mâles et femelles ni d'avoir au sein d'une même colonie des polypes mâles et d'autres femelles. Les gonades se différencient à partir de l'endoderme. Des cellules germinales de l'endoderme croissent pour donner naissance aux gamétogonies, aux gamétocytes et finalement aux gamètes. Les gamètes sont évacués dans la cavité gastrovasculaire puis vers l'extérieur où a lieu la fécondation. La fécondation donne naissance à une larve planula, pélagique, qui, après un certain temps se métamorphose sur le substrat pour donner naissance au polype. Celui-ci, dans certains cas, se divisera de façon asexuée pour donner vie à une colonie.



Cycle de vie généralisé d'un anthozoaire. L'espèce représentée est une colonie corallienne. La colonie se reproduit en émettant les gamètes mâles et femelles dans la colonne d'eau où a lieu la fécondation. De cette fécondation naît une larve planula qui se métamorphose pour donner une recrue (ou polype fondateur). Cette recrue se divise ensuite (reproduction asexuée) pour former la colonie.

Caractéristiques générales

Marins, solitaires

Adultes pélagiques, juvéniles (polypes) benthiques

La plus grande espèce : *Cyanea capillata*, la méduse à crinière de lion; 2,5 m de diamètre

Age du plus vieux fossile : 500 millions d'années

Nombre d'espèces : 200

Ecologie et systématique

Les scyphozoaires (Scyphozoa) forment le groupe des méduses communes. Elles sont exclusivement marines, majoritairement pélagiques et se retrouvent dans tous les océans, de la surface aux plaines abyssales. Elles mesurent généralement de l'ordre du centimètre, la plus grande, *Cyanea capillata*, atteignant 2,5 m de diamètre. Ce sont des organismes prédateurs capturant leurs proies au moyen de leurs tentacules urticants. Leur cycle passe par un stade polype benthique.

Le plus vieil schyphozoaire est âgé de 500 millions d'années (Cambrien). La classe est divisée en trois ordre, les Coronatae, les Semaestomae et les Rhizostomae. Le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos est celui d'un semaestome.



Section dans une schyphoméduse (*Aurelia* sp.) illustrant les organes et cavités internes. Diamètre : 40mm.

Structure externe

Le corps de la schyphoméduse est formé d'une **ombrelle**, de **tentacules** et de **bras manubriaux**. L'ombrelle a une forme générale d'assiette ou de bol renversé. Elle est formée d'une partie concave, la face orale, au centre de laquelle s'ouvre l'**orifice gastrovasculaire**, et d'une partie convexe, la partie aborale. L'orifice gastrovasculaire est entouré de quatre **bras manubriaux** (ou bras oraux).

L'ombrelle est bordée d'une multitude de tentacules et comprend sur sa marge des **rhopalies**. Les rhopalies, au nombre de huit sont des organes sensoriels dans lesquels se trouvent des cellules photosensorielles et des statocytes. L'ombrelle est souvent translucide ce qui permet d'observer les canaux du système gastrovasculaire et les gonades au nombre de quatre.

Paroi corporelle

Les schyphoméduses comprennent des muscles circulaires, les muscles coronaux, qui en se contractant produisent des pulsations rythmiques de l'ombrelle. La plupart des méduses peuvent par le biais de ces mouvements se maintenir à un niveau donné dans la masse d'eau. Certaines méduses contiennent des zooxanthelles et sont donc amenées à rester à

proximité de la surface pour assurer la photosynthèse des algues.

Système gastrovasculaire

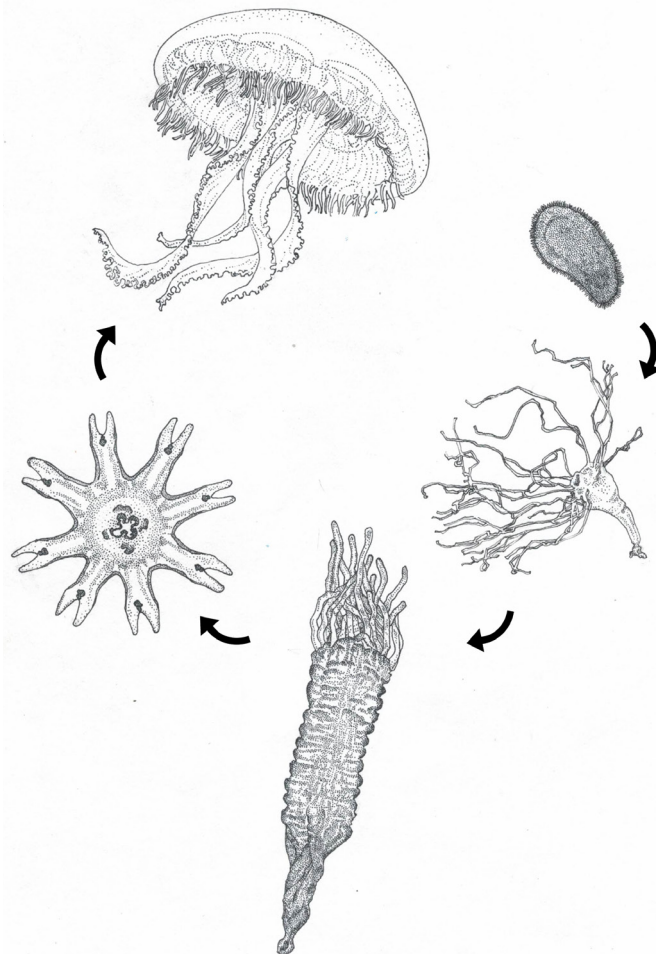
Les scyphozoaires sont pour la plupart des organismes prédateurs qui se nourrissent de crustacés ou encore de poissons. Généralement les proies s'enchevêtrent dans les tentacules qui déchargent leurs cnidocytes. Les bras manubriaux ramènent ensuite les proies vers l'**orifice gastrovasculaire** qui s'ouvre dans la cavité gastrovasculaire. La cavité gastrovasculaire est souvent divisée en quatre donnant naissance à quatre poches gastriques. De celle-ci partent des **canaux**

radiaires qui se dichotomisent et envahissent l'entièreté de l'ombrelle. En bordure de l'ombrelle ces canaux rencontrent le **canal circulaire** d'où partent des **canaux tentaculaires**. La majeure partie de la digestion s'effectue dans la cavité gastrovasculaire, les nutriments sont distribués par l'ensemble des canaux du système. Certaines méduses sont suspensivores et capturent les particules en suspension par un jeu de courants générés par leur ciliature.

Système reproducteur

Le système reproducteur des schyphoméduses est situé sur le plancher des poches gastriques. Les quatre **gonades** évacuent leurs gamètes via des orifices sous ombrellaires et la fécondation a lieu dans la masse d'eau. La larve planula qui résulte de la fécondation se fixe et se métamorphose sur un substrat pour

donner naissance à un polype, le schyphistome, qui se strobilise. La strobilisation engendre une division transversale du corps du polype, chaque segment donnant naissance à une éphyre (ou éphyrule) pélagique qui se transforme en méduse.



Cycle de vie généralisé d'un scyphozoaire. La schyphoméduse est le stade adulte qui est sexuellement mature. Les méduses se reproduisent en émettant leurs gamètes mâles et femelles dans la colonne d'eau où a lieu la fécondation. De cette fécondation naît une larve planula qui se métamorphose pour donner un polype solitaire, le schyphistome. Ce polype se strobilise, c'est-à-dire se divise transversalement, pour donner naissance à des méduses juvéniles, les éphyres ou éphyrules, qui en grandissant se transforment en méduses.

Autres Cnidaria |

Les autres cnidaires

Hydrozoa

Nombre d'espèces : 2.700

Ecologie : espèces marines très largement, quelques espèces dulcicoles

Particularités :

- Cycle vital généralement avec stade polype benthique et méduse pélagique
- Solitaires ou coloniaux au stade benthique, très majoritairement solitaires au stade pélagique (exception : les chondrophores et siphonophores avec colonies pélagiques)
- Gonochoriques, fécondation externe; larve planula



L'hydrozoaire *Obelia geniculata*. Longueur : 20 mm.

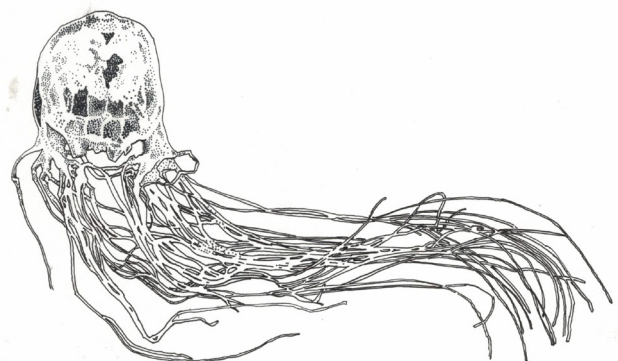
Cubozoa

Nombre d'espèce : 200

Ecologie : espèces marines

Particularités :

- Cycle vital avec stade polype benthique et stade méduse pélagique
- Méduses sans bras manubriaux
- Polypes solitaires
- Gonochoriques, fécondation externe; larve planula



Chironex fleckeri, une cuboméduse dangereuse pour l'Homme. Diamètre : 30mm.

Caractéristiques générales

Diploblastiques
Symétrie radiaire
Pélagiques, solitaires

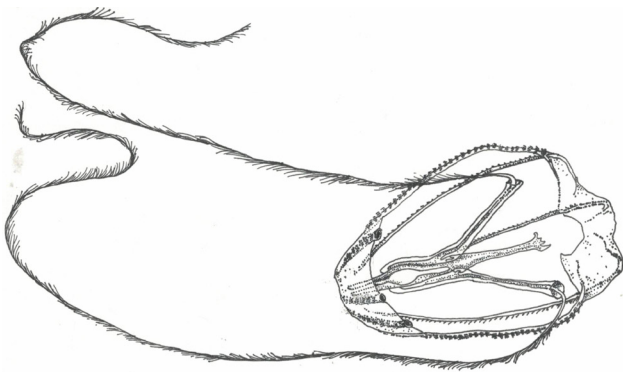
La plus grande espèce : *Cestum veneris*, la ceinture de Vénus ; 1,5 m de long
Age du plus vieux fossile : 360 millions d'années

Écologie et systématique

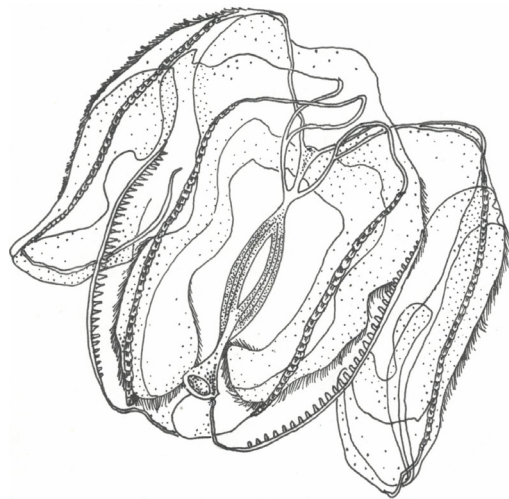
Les cténophores ou cténaires (ca 100 espèces) sont des organismes exclusivement marins qui se retrouvent dans tous les océans, du milieu subtidal aux plaines abyssales. Ils sont majoritairement pélagiques (il existe une vingtaine d'espèces benthiques ou symbiotiques) et ils forment une partie considérable de la biomasse du zooplancton dans certaines régions et à certains moments de l'année. Toutes les espèces sont solitaires, la taille des individus allant du millimètre pour les plus petits à un mètre cinquante chez *Cestum veneris*, la ceinture de Vénus. Les cténophores sont souvent confondus avec les méduses du phylum des cnidaires. Ils diffèrent cependant de ces dernières par leurs structures externe et interne. En particulier, les cténophores ne sont pas urticants : ils ne possèdent pas de cnidocytes mais sont caractérisés par la

présence de cellules collantes : les collocytes.

Le plus vieux cténophore est âgé de plus de 360 millions d'années (Dévonien). Jusque récemment, le phylum était divisé en deux classes, les Tentaculata (possédant des filaments pêcheurs) et les Nuda (sans filament pêcheur) mais celles-ci se sont révélées être polyphylétiques à la lumière de données moléculaires. Actuellement on divise le phylum en 7 ordres : les Beroida, Cestida, Cyddipida, Ganeshida, Lobata, Platyctenida et Thalassocalicida. Le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos est celui d'un cténophore cyddipide.



Pleurobrachia sp. Ordre des Cyddipida. Diamètre : 20mm



Mnemiopsis sp. Ordre des Lobata. Diamètre : 50mm

Ctenophora |

Structure externe

Le corps de la majorité des cténophores est sphérique ou ovoïde bien que certaines espèces peuvent être aplaties dorso-ventralement (*e.g.*, les platycténides). Un **orifice gastrovasculaire**, souvent appelé bouche mais ayant la fonction de bouche et d'anus, se situe à un pôle du corps de l'animal. A l'opposé se trouve l'**organe apical**, géorécepteur comprenant un statolithe et permettant à l'animal de sentir son positionnement dans l'espace. De part et d'autre du corps s'ouvrent deux orifices tentaculaires mettant en relation les deux cavités tentaculaires avec l'extérieur. Dans chaque cavité tentaculaire se loge un filament pêcheur qui peut s'y rétracter où s'allonger et sortir

pour atteindre plusieurs fois la longueur du corps du cténaire. Chaque filament pêcheur est fait d'un axe central, le **tentacule**, d'un côté duquel part une multitude de **tentilles**. Les tentilles sont les parties collantes de l'organisme : elles comprennent un grand nombre de collocytes qui permettent de capturer le plancton environnant. Le plan dans lequel se trouvent les filaments pêcheurs est le plan tentaculaire. Il divise l'animal en deux parties équivalentes parcourues chacune par quatre rangées de cils locomoteurs que l'on nomme les **peignes**. Le battements des cils de ces peignes sont responsables des couleurs iridescentes que l'on peut voir *in situ* à la surface des cténophores.

Paroi corporelle, squelette et cavité générale

A l'instar des cnidaires, les cténophores n'ont pas de cavité générale (ce sont des acoelomiens) et leur seule cavité interne est la partie gastrovasculaire qui forme un réseau de fin canaux dans tout le corps de l'animal.

La paroi corporelle des cténophores est généralement fine, composée d'un épiderme et d'une mésoglée. L'épiderme comprend des cellules de recouvrement

(majoritaires) et des cellules ciliées (au niveau des peignes). Au niveau des tentilles, l'épiderme est composé, en plus des cellules de recouvrement, de cellules sensorielles et des collocytes. L'axe central des tentacules et des tentilles est composé de fibres musculaires lisses sans connexion avec les cellules épidermiques (contrairement aux cnidaires).

Système nerveux

Le système nerveux consiste en un double plexus nerveux, un situé sous l'épiderme, l'autre sous l'épithélium gastrovasculaire. Comme chez les cnidaires, le plexus nerveux consiste en un réseau en forme de filet formé de neurites qui entourent

l'animal. Certaines cellules nerveuses se prolongent dans l'épiderme et forment une partie des cellules sensorielles de l'organisme. Les neurites sont particulièrement abondantes sous les peignes, sous l'organe apical et au niveau de l'orifice gastrovasculaire.

Système gastrovasculaire

Les cténophores sont des organismes prédateurs qui capturent le zooplancton arrivant au contact des tentilles avec les collocytes. Le zooplancton est englué dans la colle de ces cellules et sont ensuite amenés vers l'orifice gastrovasculaire suite à la torsion des tentacules. Le système gastrovasculaire est complexe. L'orifice gastrovasculaire s'ouvre dans le **pharynx** auquel fait suite l'**infundibulum** qui se termine en cul-de-sac sous l'organe apical. De l'extrémité du pharynx partent 2 **canaux transverses** qui se dichotomisent pour donner naissance à 4 **canaux interradiaires**, 8 **canaux adradiaires** et 8

canaux méridionaux qui longent les 8 peignes. Le système gastrovasculaire comprend encore 2 **canaux pharyngiens** et 2 **canaux tentaculaires**. La digestion, qui est extracellulaire, s'effectue au niveau du pharynx, les nutriments étant distribués dans le corps de l'animal via l'ensemble des canaux gastrovasculaires. L'extrémité de l'infundibulum peut communiquer via des pores à l'extérieur (les pores anaux), ces pores s'ouvrant à proximité de l'organe apical. La majorité des particules non digérées sont cependant rejetées par l'orifice gastrovasculaire.

Ctenophora |

Système reproducteur

La majorité des cténophores sont hermaphrodites, certains d'entre eux (les platycténides) se reproduisent aussi de façon asexuée. Les **gonades** se développent à partir des canaux méridionaux. Les gamètes sont évacués par la bouche via le système gastrovasculaire.

La fécondation est externe et donne généralement naissance à une larve cyddipide fort proche en structure de l'adulte. Certaines espèces de *Beroida* ont un développement direct.

Autres systèmes

Les cténophores ne possèdent pas de systèmes circulatoire, excréteur et respiratoire. La respiration et l'excrétion est transtégumentaire et se fait au niveau de l'épiderme et du gastroderme.

Platyhelminthes

Turbellaria

Caractéristiques générales

Triploblastiques

Pas de cavité générale

Protostomiens

Symétrie bilatérale

*Le plus grand: le triclade terrestre *Bipalium kewense*; jusqu'à 60 cm de long*

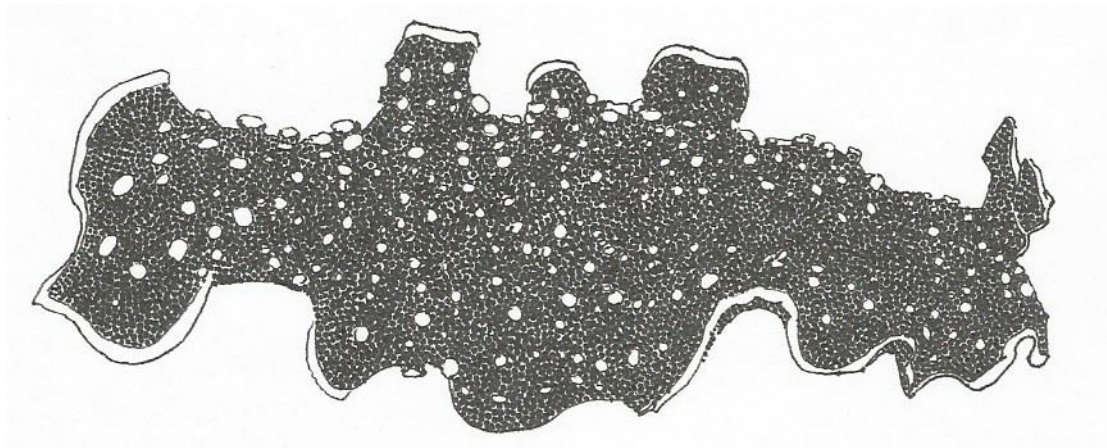
Age du plus vieux fossile : 40 millions d'années

Nombre d'espèces : 5.000

Ecologie et systématique

Les turbellariés (Turbellaria) ou planaires forment une des trois classes du phylum des Platyhelminthes. Ce sont des organismes marins, parfois dulcicoles rarement terrestres (quelques espèces sont également symbiotiques). Très majoritairement benthiques, ils se retrouvent dans tous les océans, du milieu intertidal aux plaines abyssales. Ce sont des organismes faiblement vagiles qui se déplacent sur ou dans les substrats à l'aide de leur ciliature. Certains sont capables de nager en faisant onduler la marge de leur corps. Les turbellariés sont de petite taille, ne dépassant pas quelques centimètres pour la plupart, à l'exception de quelques planaires terrestres pouvant mesurer jusqu'à 60 cm.

La plus vieille espèce de turbellarié date de quelque 40 millions d'années (Eocène). Douze ordres sont généralement reconnus cependant deux d'entre eux, les Acoela et les Nemertodermatida, ont un statut incertain (des analyses moléculaires séparent ces deux ordres du reste des platyhelminthes). Sans ceux-ci, les turbellariés forment toutefois encore un groupe paraphylétique en regard des deux autres classes des platyhelminthes, les trématodes et les cestodes. Le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos est en grande partie basé sur celui de *Discoplana malagasensis* qui fait partie de l'ordre des Polycladida.



Acanthozoon sp. un turbellarié polyclade. Longueur = 5 cm.

Platyhelminthes

Turbellaria

Structure externe

Les turbellariés sont des organismes à symétrie bilatérale. Ils sont très aplatis dorso-ventralement ce qui leur donne l'allure de crêpes ou de feuilles. Ils possèdent une partie antérieure qui peut être élargie ou soulignée par un rétrécissement et qui peut porter des appendices (tentacules frontaux et auricules latéraux) ainsi que des **ocelles**. C'est sur la partie ventrale de l'animal que s'ouvre l'orifice digestif souvent appelée

bouche mais qui sert également d'anus. Dans le plan sagittal on retrouve postérieurement un orifice génital commun lorsque l'espèce est hermaphrodite ou deux **gonopores**, un **mâle** et un **femelle**, lorsque celle-ci est gonochorique. Des néphridiopores s'ouvrent également postéro-ventralement mais sont extrêmement petits et donc très peu visibles.

Paroi corporelle et cavité générale

La paroi corporelle est composée d'un épiderme, et de couches musculaires (généralement trois, à orientation circulaire, longitudinale et oblique) et d'un tissu conjonctif (le parenchyme). L'épiderme est cilié et cuticulé. On y retrouve principalement des cellules de recouvrement avec rhabdoïdes, des cellules glandulaires muqueuses, des cellules glandulaires à rhabdites et des cellules ciliées. Rhabdites et rhabdoïdes sont des sécrétions défensives. Les cellules ciliées sont beaucoup plus nombreuses

sur la face ventrale et participent à la locomotion de l'organisme. Les turbellariés, comme les autres platyhelminthes n'ont pas de cavité générale, ce sont des acoelomiens. Le parenchyme qui remplit les espaces entre les différents systèmes organiques est fait de cellules conjonctives et d'une matrice extracellulaire collagénique. Les muscles participent aux mouvements généraux du corps, à la locomotion et notamment à la nage que le turbellarié effectue grâce à l'ondulation de la marge de son corps.

Système nerveux

Le système nerveux des turbellariés est très variable en structure, il s'agit d'un plexus chez les Acoela ou d'un système nerveux central chez beaucoup d'autres tel que les Polycladida. Chez ceux-ci, on le qualifie de système « ladder-like » (en forme d'échelle) de part sa disposition dans le corps. Un début de cérébralisation s'observe avec l'apparition de **ganglions cérébroïdes** et une concentration des organes

sensoriels dans la partie antérieure de l'organisme ce qui va favoriser le déplacement unidirectionnel vers l'avant. De ces ganglions cérébroïdes partent des cordons (la plupart ventraux) qui sont en connexion les uns avec les autres par des cordons transverses. De nombreuses **commissures nerveuses** partent des cordons vers les différentes parties corporelles (e.g. muscles, ocelles).

Système digestif

Les turbellariés sont des prédateurs opportunistes, des carnivores, des herbivores ou des charognards. Ils localisent leur nourriture grâce à leur odorat (chémo-réception). Une fois localisée, la nourriture est capturée grâce à un pharynx qui s'étend hors de la bouche. Le système digestif est incomplet, la bouche agissant également comme anus. Il est composé d'un **pharynx**, d'un **intestin**, de **branches digestives** et de **diverticules digestifs**. Le pharynx est

complexe, sa structure différant d'un taxon à l'autre. Il sert à prendre la nourriture et à l'accumuler vers les parties profondes du système digestif. L'intestin se dichotomise donnant naissance aux **branches digestives** et aux **diverticules** qui envahissent l'entièreté du corps. Intestin, branches et diverticules participent à la digestion de la nourriture, à l'absorption des nutriments et à leur distribution.

Platyhelminthes

Turbellaria

Système excréteur

Le système excréteur est fait de **protonéphridies**. Les turbellariés peuvent posséder une seule néphridie, une paire ou plusieurs paires comme c'est le cas chez les polyclades. Les protonéphridies sont composées de cellules-flammes. Ce sont des cellules ciliées et fenestrées qui assurent l'ultrafiltration du liquide extracellulaire du parenchyme. Les protonéphridies

sont accompagnées de **tubes collecteurs** qui parcourent la longueur du corps. Certaines cellules de ces tubes assurent l'absorption et la sécrétion d'éléments amenant à la formation d'une urine définitive qui est excrétée via des **néphridiopores** généralement situés postéro-ventralement.

Système reproducteur

Les turbellariés sont des organismes hermaphrodites possédant un système reproducteur complexe et diversifié. De manière générale, il y a accouplement, copulation et fécondation interne. Le système reproducteur s'ouvre à l'extérieur par un gonopore commun ou, dans le cas du polyclade illustré, par deux gonopores séparés. Chez les polyclades, comme chez les autres archoophores, les **ovaires** sont des germovitellaria assurant la croissance des cellules germinales femelles et synthétisant le vitellus nécessaire à cette croissance. Chez d'autres, les néoophores, ces deux fonctions sont assurées séparément par un germinarium (l'ovaire proprement dit) et un vitellarium (des glandes vitellines). Chez le polyclade illustré, l'appareil génital femelle est composé de deux **ovaires**, d'**oviductes**, de **branches utérines**, d'un **vagin** et d'une **vésicule de Lang**. Les ovaires envahissent le corps de l'animal, particulièrement sur ses côtés. Les ovocytes matures sortent de l'ovaire, se font véhiculer dans les oviductes et les branches utérines pour arriver dans le vagin où s'effectue la fécondation. La vésicule de Lang servirait à évacuer le sperme excédentaire et éviter une

polyspermie néfaste pour la fécondation. L'appareil génital mâle est composé de deux **testicules**, de **canaux efférents**, de **canaux déférents** et d'un **antrum**. Les spermatozoïdes sortent des **testicules** et s'écoulent vers le **gonopore mâle** via l'ensemble de ces canaux. Ces canaux peuvent être complétés chez d'autres espèces par un cirre copulateur, des glandes accessoires et une vésicule séminale.

La plupart des turbellariés ont un cycle de vie direct, un turbellarié non mature mais de forme adulte sortant directement de l'œuf. Une larve existe chez quelques turbellariés marins. L'aspect des larves est varié, celle de *D. malagasensis* est ovoïde (d'autres espèces auront des larves de Miller ou de Goëthe qui possèdent des extensions latérales). Après quelques jours la larve ovoïde est entièrement ciliée. Sous l'épiderme, se retrouve une couche conjonctive périphérique et un ensemble de cellules vitellines centrales. Vers le huitième jour, la larve devient moins mobile. Un pharynx s'est formé et est connecté avec l'archentéron rempli de vitellus. Elle finit par se fixer au substrat et se métamorphose.

Autres systèmes

Les turbellariés ne possèdent pas de système respiratoire, ni de système circulatoire : la respiration est transtégumentaire et la circulation des nutriments est assurée par le développement du système digestif couplée à la forme aplatie des organismes.

Platyhelminthes

Turbellaria

Les autres platyhelminthes

Trematoda

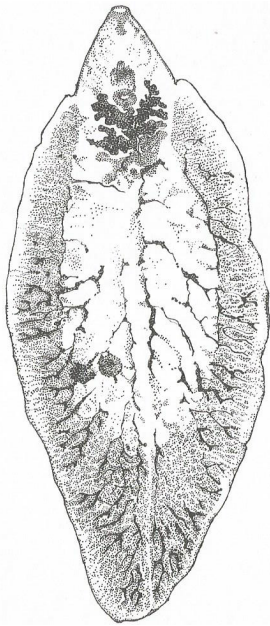
Nombre d'espèces : 8.000

Ecologie : espèces ecto- ou endoparasites (monoxènes ou hétéroxènes)

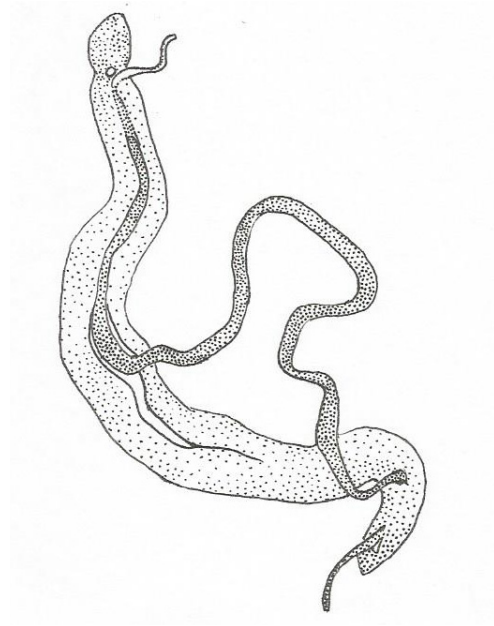
Cycle vital complexe avec larves variées (miracidium, rédie, cercaire, métacercaire)

Particularités :

- Hermaphrodites ou gonochoriques
- Acoelomien
- Epiderme syncytial
- Souvent présence d'une ventouse orale et d'une ventouse ventrale
- Fécondation interne avec système génital complexe



Fasciola hepatica, la douve d'une foie, agent d'une distomatose hépatique. Longueur : 1 cm.



Schistosoma mansoni. Agent d'une bilharziose intestinale, très répandu en Afrique et en Amérique inter-tropicale. Le mâle est situé dans le sillon ventral de la femelle. Longueur : 0,5 mm.

Platyhelminthes

Turbellaria

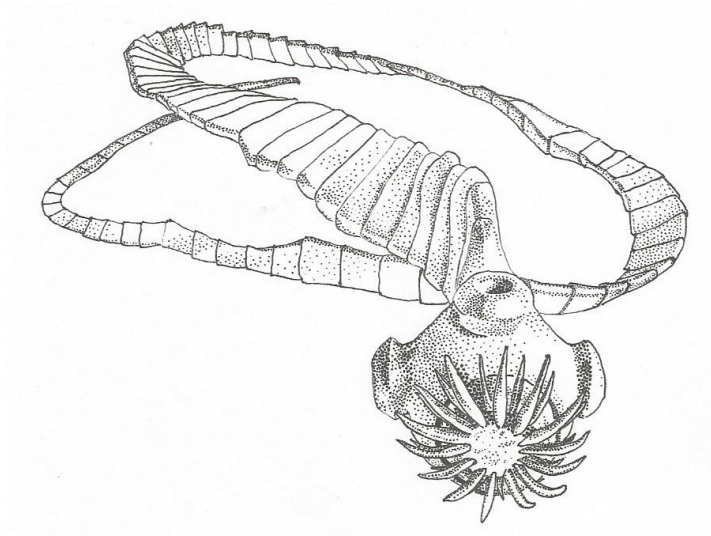
Cestoda

Nombre d'espèces : 2.000

Ecologie : espèces parasites dont l'hôte définitif se situe toujours dans tube digestif de vertébrés

Particularités :

- Hermaphrodites
- Corps totalement modifié avec scolex antérieur portant ventouses et crochets et tronc strobilisé fait d'une répétition de proglotti
- Acoelomien
- Absence de système digestif, digestion transtégumentaire
- Fécondation interne, développement indirect avec larves s'enkystant dans un hôte intermédiaire



Taenia sp., un ver solitaire, agent d'une taeniose (parasitose intestinale). La vue montre le scolex et les proglotti. Longueur : 80 cm.

Caractéristiques générales

Triploblastique

Cavité générale : coelome métamérisé

Protostomien, schizocoelien

Symétrie bilatérale

Majoritairement marins, certains taxons dulcicoles ou terrestres

Les plus grands : espèces de la famille des Eunicidae ; jusqu'à 6 mètres de long

Age du plus vieux fossile : 520 millions d'années

Nombre d'espèces : 15.000

Le phylum des Panannelida regroupe les Annelida *sensu stricto* et quatre autres taxons – les Myzostomida, les Echiura, les Sipuncula et les Pogonophora - autrefois considérés comme phyla mais qui, à la lueur de données moléculaires d'abord

et de ré-analyses morphologiques ensuite, forment incontestablement avec les annélides un groupe monophylétique. Ce phylum rassemble les vers de terre, les sangsues et plusieurs types de vers marins.

Structure générale, coelome et métamérisation

De base, le corps des panannélides est métamérisé: il est formé d'une unité structurale, le métamère, qui se répète tout le long du corps. La formation des métamères est dépendante de celle du coelome. Ce dernier se différencie très tôt au cours de l'ontogenèse des panannélides (à l'exception des myzostomides qui ne possèdent pas de coelome): il se forme par schizocoelie et produit des paires de cavités situées de part et d'autre du plan sagittal de l'organisme en croissance. Ces cavités naissent à partir d'une paire de cellules, les téléoblastes, situés dans la partie postérieure de la cavité blastocoelienne des embryons. Chez l'adulte, une paire de cavité se retrouve dans chaque métamère, l'ensemble formant la cavité générale qui se retrouve cloisonnée tout le long du corps et au niveau du plan sagittal. Chez de nombreuses espèces, ce cloisonnement interne se réduit ou disparaît.

Le corps des panannélides est formé de trois régions, un prostomium antérieur une vaste région moyenne métamérisée et le pygidium postérieur. Bon nombre d'espèces ont une croissance continue qui se fait par différenciation de métamères additionnels apparaissant à l'extrémité postérieure de la région moyenne de l'organisme. Le prostomium (ou acron) contient le cerveau. Dans bien des cas, il fusionne avec le second métamère qui porte la bouche (le péristomium) et avec quelques autres métamères suivants pour former la « tête » du ver. La région médiane (encore appelée tronc ou soma) est constituée par la succession de métamères en principe semblables entre eux mais qui, dans bien des cas, montrent des particularités locales dans leur organisation externe et/ou interne. Au niveau du pygidium s'ouvre l'anus.

La plupart des panannélides disposent d'une musculature pariétale bien développée formée d'une assise externe de muscles circulaires et d'une autre interne de muscles longitudinaux. Le coelome fonctionne comme un squelette hydrostatique sur lequel les muscles vont prendre appui avec pour conséquence, lors de contractions, des modifications localisées de la forme du corps. Les contractions de la musculature pariétale sont relativement bien coordonnées entre métamères voisins, ce qui donne l'impression que le corps est parcouru de vagues péristaltiques successives et alternes selon l'axe antéro-postérieur. Un tel mode de locomotion est parfaitement adapté aux déplacements dans les substrats meubles et la métamérisation annélidienne est parfois considérée comme une adaptation à un tel mode de vie. Il s'agit d'un détournement partiel de la fonction du coelome qui acquiert un rôle de squelette au sens où les muscles prennent appui sur lui.

Les Annelida *sensu stricto* comprennent trois classes: les polychètes, les oligochètes et les hirudinées. Les échiures et les pogonophores sont intégrés depuis peu aux polychètes. La position des myzostomides et des siponcles est plus débattue mais ils sont estimés être très proches phylogénétiquement des polychètes. La structure de base des panannélides est très modifiée dans ces quatre taxons ainsi que chez les hirudinées. La cavité générale et la métamérisation des hirudinées et des myzostomides se réduit ou disparaît. Les échiures et les siponcles ont une cavité générale non métamérisée. La métamérisation des pogonophores n'est évidente qu'au niveau de leur partie postérieure.

Caractéristiques générales des systèmes organiques

De manière générale, le système nerveux comprend une paire de ganglions cérébroïdes antérieurs reliés à une double chaîne nerveuse ventrale ganglionnée (à l'exception des siponcles chez qui la chaîne nerveuse ventrale n'est pas ganglionnée). Il n'y a pas d'organe respiratoire différencié mais on observe parfois des branchies segmentaires chez des polychètes errants et fousseurs et chez des oligochètes aquatiques.

L'alimentation des panannélides est très variée et de nombreuses structures permettant la prise de nourriture se différencient en avant du tube digestif (*e.g.*, proboscis avec mâchoires des polychètes prédateurs, panaches de radioles des polychètes suspensivores, courte trompe dévaginable chez des polychètes détritivores). Les pogonophores sont une exception et ne possèdent pas de tube digestif mais un trophosome, tissu composé de trophocytes chargé de bactéries chimioautotrophes. Le tube digestif des autres panannélides est complet, souvent orthosome, parfois dérosome (chez les siponcles), avec des composantes ectodermiques à l'avant (cavité buccale et pharynx, ou stomodeum) et à l'arrière (rectum ou proctodeum). De façon caractéristique les annélides ne présentent pas d'hépatopancréas mais on note toutefois des diverticules digestifs chez des espèces de forme aplaties.

Un système circulatoire vasculaire est présent sauf chez les hirudinées, les siponcles et les myzostomides. Ce système circulatoire est fermé et généralement fait d'une aorte dorsale pulsatile (circulation de l'arrière vers l'avant), d'un vaisseau ventral (circulation de l'avant vers l'arrière) et de vaisseaux latéraux métamérisés. Dans bien des cas on note l'existence, là où les vaisseaux latéraux contactent l'aorte dorsale, de valves (clapets) anti-retours permettant une canalisation adéquate de la circulation aortique. La circulation dans l'aorte est due au péristaltisme du mésothélium.

Tous les panannélides présentent des néphridies. Chez les larves et chez quelques adultes (dont les myzostomides) l'excrétion est assurée par des protonéphridies. La règle générale est cependant de disposer à l'état adulte de métanéphridies qui sont des structures tubulaires ouvertes à leurs deux extrémités et qui, du côté coelomique, s'ouvrent par un entonnoir cilié (néphridie à néphrostome).

Une grande majorité de panannélides sont gonochoriques et présentent une fécondation externe. Les oligochètes, les hirudinées et les myzostomides sont cependant hermaphrodites et leur fécondation est externe (oligochètes) ou interne (hirudinées et myzostomides). Les gonades se différencient généralement à partir du mésothélium coelomique, souvent saisonnièrement, et les gamètes sont évacués à l'extérieur par des gonoductes ou par les métanéphridies. A l'exception des oligochètes et des hirudinées (chez qui le cycle est direct, sans larve), la fécondation donne naissance à une larve primaire, la trochophore, qui peut se transformer en larve secondaire (*e.g.*, la métatrochophore de certains polychètes, la pelagosphère des siponcles).

Panannelida

Polychaeta

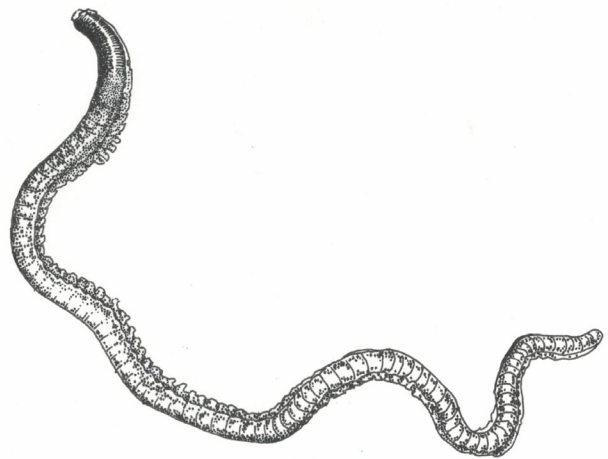
Caractéristiques générales

Majoritairement marins, benthiques
Possédant des parapodes et de nombreuses soies
Modes de vie et plans de structures très diversifiés
Les plus grands : espèces de la famille des Eunicidae ; jusqu'à 6 mètres de long
Age du plus vieux fossile : 520 millions d'années
Nombre d'espèces : 10.000

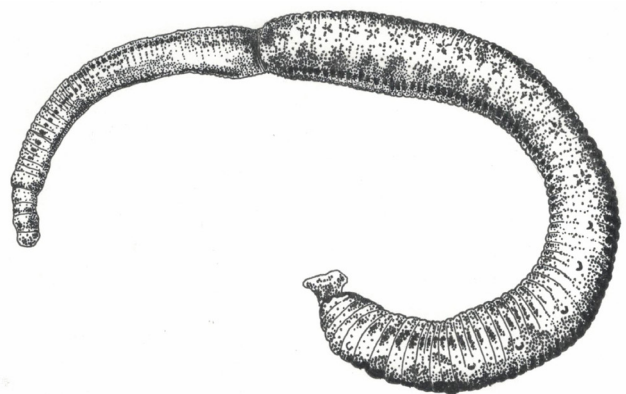
Ecologie et systématique

La grande majorité des polychètes sont des organismes marins benthiques vivants sur ou dans les substrats. Ils se retrouvent des zones intertidales aux fosses hadales dans tous les océans. Certains sont errants, d'autres sont sédentaires et quelques espèces sont parasites. Les polychètes mesurent de l'ordre du centimètre, les plus petits, inférieurs au millimètre font partie de la faune méiotique, les plus grands, de la famille des Eunicidae, mesurent jusqu'à six mètres de long.

Le plus vieux polychète connu est un phyllodocidé de 520 millions d'années (Cambrien). On divisait auparavant les Polychaeta en deux taxa, les Errantaria et les Sedentaria. Ces deux groupes sont cependant polyphylétiques et abandonnés au profit de deux groupes monophylétiques, les Scolecida et les Palpata. Les scolécidés sont endobenthiques. Les palpates sont divisés en Aciculata et en Canalipalpata, le premier groupe comprenant surtout des espèces errantes et le second des espèces tubicoles. Il existe 22 ordres de polychètes. Les aciculés comprennent des ordres tels que les Eunicida et les Phyllodocida, les canalipalpates sont divisés en Spionida, Sabellida et Terebellida. Le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos est celui d'un polychète errant phyllodocidé.



Nereis sp. , un polychète Aciculata. Longueur : 70 mm.



Arenicola sp. , un polychète Scolecida. Longueur : 10 cm.

Panannelida

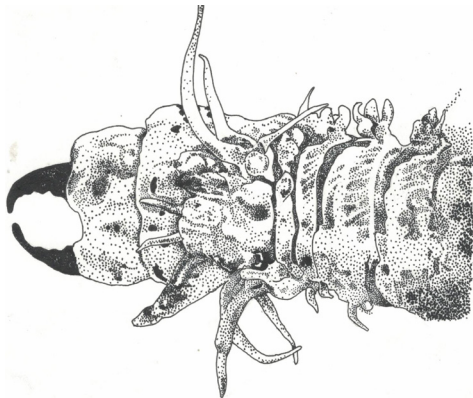
Polychaeta

Structure externe

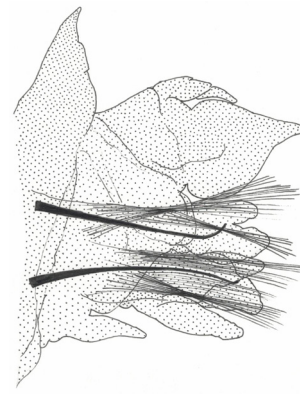
Le nombre de métamères varie d'une espèce à l'autre et peut atteindre plus d'un millier chez les plus grandes. Le **prostomium** ressemble à une petite plaque losangique dorsale qui porte des ocelles et des extensions sensorielles qui sont de deux types : les **tentacules prostomiaux** (une paire centrale de petite taille) et les **palpes prostomiaux** (une paire conique aux côtés des antennes). Le péristomium porte quatre paires de **cirres latéraux**. Le **péristomium** est également le métamère d'où sort le **proboscis** qui est une trompe cylindrique permettant aux polychètes prédateurs de capturer leurs proies. A son apex se trouve la bouche où commence le pharynx et où se trouvent deux **mâchoires** dentées chitineuses. A la surface du proboscis se retrouvent de petites dents brunes, dures et chitineuses, les paragnathes.

De part et d'autre de chaque métamère post-péristomial se trouve un **parapode**. Chaque parapode

est fait d'une partie dorsale, le notopode, et d'une partie ventrale, le neuropode. Notopode et neuropode sont chacun composés de deux parties charnues, les ligules. Les ligules portent les **soies** qu'on appelle notosoies et neurosoies selon leur localisation. Les soies sont des structures chitineuses sécrétées par l'épiderme qui permettent aux parapodes de s'ancrer fermement dans le substrat lors des déplacements. Chez quelques polychètes les soies servent aussi de moyen de défense contre des prédateurs. Toutes ces soies, visibles extérieurement, sont, dans le cas des polychètes aciculés, en contact avec une soie interne, l'acicule, qu'on retrouve dans le notopode et dans le neuropode. Dorsalement et ventralement, chaque parapode est encore flanqué d'un **cirre** à rôle sensoriel. Le corps des polychètes se termine par un **pygidium** où s'ouvre l'anus.



Partie antérieure de *Nereis* sp. en vue dorsale. Longueur : 4 mm.



Parapode vu de face montrant la disposition des acicules et des soies. Longueur : 2 mm.

Paroi corporelle et cavité générale

La paroi corporelle est composée d'un épiderme, d'une double couche musculaire et d'un mésothélium (épithélium coelomique). L'épiderme est cuticulé et cilié. On y retrouve des cellules de recouvrement ciliées et non ciliées, des cellules glandulaires et diverses cellules sensorielles. Sous l'épiderme se trouve une couche musculaire circulaire, puis une autre longitudinale qui se compose de quatre bandes parcourant le corps de l'animal. Le mésothélium borde la cavité générale qui est un coelome se formant par schizocoelie. Au niveau de la jonction entre deux métamères adjacents, la cavité coelomique est cloisonnée par une paroi, le septe, formée d'un double mésothélium. La cavité coelomique est donc cloisonnée le long de l'axe antéro-postérieur de l'animal par une multitude de septes dont le nombre varie en fonction du mode de vie du polychète.

La locomotion des polychètes met en jeu le double système musculaire, la cavité générale et les parapodes. Lorsque les muscles longitudinaux sont contractés alors que les muscles circulaires sont relâchés, les métamères se raccourcissent et leur diamètre augmente. A l'inverse, lorsque les muscles longitudinaux sont relâchés alors que les muscles circulaires sont contractés, les métamères s'allongent et leur diamètre diminue. Lorsque ce processus s'effectue de façon continue de l'avant vers l'arrière, l'animal se déplace par péristaltisme. L'efficacité du péristaltisme se complète par la projection des soies hors du corps lorsque les métamères sont allongés. Les polychètes, benthiques, peuvent également nager par fréttillement suite à l'ondulation de leur corps due à l'action de ces muscles.

Panannelida

Polychaeta

Système nerveux

Le système nerveux consiste en un double **ganglion cérébroïde**, un **collier nerveux péripharyngien**, une **chaîne nerveuse ventrale** et une multitude de nerfs périphériques. Les deux ganglions cérébroïdes sont antéro-dorsaux, situés sous le prostomium. Des ganglions partent une paire de nerfs tentaculaires, une paire de nerfs palpaux et des nerfs desservant les

ocelles. Du collier nerveux périoesophagien partent les nerfs desservant les cirres péristomiaux. La chaîne nerveuse ventrale est formée d'un, de deux ou de plus de deux cordons nerveux ganglionnés, une paire de ganglions se situant dans chaque métamère. Divers nerfs partent des ganglions et desservent les septes et les parapodes.

Système digestif

Le système digestif comprend les systèmes de capture alimentaire (dont le **proboscis** fait partie), le **pharynx**, l'**œsophage** et ses **glandes annexes**, l'**estomac** et l'**intestin**. Les systèmes de capture alimentaire sont aussi variés que leurs modes d'alimentation. La plupart des polychètes errants sont des prédateurs (*e.g.*, phyllodocidés, néréides). Le proboscis de ceux-ci est projeté vers une proie grâce à la contraction des métamères antérieurs qui entraîne une augmentation de la pression dans le fluide coelomique. La rétraction du proboscis est quant à elle due à la contraction de muscles propres à cet organe. Les polychètes tubicoles sont suspensivores (*e.g.*, sabellidés): ils capturent les particules en suspension dans l'eau grâce à des tentacules péristomiaux nommés radioles, et leurs extensions transversales, les pinnules. Pinnules et radioles sont des structures ciliées sécrétant un mucus, certains cils

créant un courant d'eau, d'autres cils entraînant les particules vers la bouche. D'autres polychètes vivent dans des galeries et sont détritivores : leur proboscis est de petite taille et leur sert à ingérer de manière non sélective le substrat. D'autres polychètes encore (*e.g.*, térébellidés) sont des détritivores sélectifs qui attrapent des particules à la surface des sédiments grâce à des tentacules adhésifs.

Les aliments sont accumulés vers les parties profondes du tube digestif par le pharynx musculieux et l'œsophage. Le pharynx et l'œsophage peuvent être accompagnés de glandes venimeuses ou digestives, respectivement. L'estomac est la zone de digestion comprenant un maximum de cellules séreuses (sécrétant le suc digestif), l'intestin est la zone d'absorption comprenant, lui, un maximum de cellules absorbantes surtout dans sa partie antérieure.

Système excréteur

Le système excréteur est composé de deux sites distincts, le premier, qui assure la sécrétion et la réabsorption d'éléments pour former une urine définitive, est composé de métanéphridies, le second, qui assure l'ultrafiltration, est composé du mésothélium modifié situé en bordure de certains vaisseaux sanguins proches des métanéphridies. Les métanéphridies sont disposées par paire dans les métamères. On peut en retrouver sur toute la longueur du corps où elles se concentrent dans quelques

métamères (*e.g.*, chez beaucoup de polychètes sédentaires). Une métanéphridie comprend un **néphridiostome** cilié, un **néphridioducte** et un **néphridiopore**. Généralement le néphridiopore s'ouvre ventralement au niveau du métamère qui fait suite à celui dans lequel s'ouvre le néphridiostome. Le site d'ultrafiltration au niveau des vaisseaux sanguins est composé de cellules particulières, les podocytes.

Panannelida

Polychaeta

Système circulatoire

Le système circulatoire est fermé et composé principalement des **vaisseaux dorsal** et **ventral** reliés entre eux par un système de **capillaires** particulièrement abondant au niveau de la paroi de l'estomac et de l'intestin. Dans chaque métamère, chaque parapode est desservi par une à deux paires de vaisseaux ventro-latéraux et une paire de vaisseaux dorso-latéraux qui se dichotomisent en capillaires. La circulation générale va de l'avant vers l'arrière dans le

vaisseau ventral et dans la direction opposée dans le vaisseau dorsal. Le sang part du vaisseau ventral pour desservir les capillaires et arriver dans le vaisseau dorsal. Il n'y a pas de véritables cœurs, les vaisseaux étant contractiles. La paroi des vaisseaux correspond uniquement au mésothélium où les cellules sont myoépithéliales. La lumière des vaisseaux correspond à une réminiscence de l'espace blastocoelien qui était présent chez les embryons.

Système reproducteur

La plupart des polychètes sont gonochoriques et la fécondation est externe. Les **gonades** apparaissent par paires au niveau du mésothélium dans certains métamères. A maturité, les gamètes sont déversés dans le coelome et repris par des coelomoductes ou par les métanéphridies pour être évacués vers l'extérieur. D'autres polychètes encore évacueront leurs gamètes

via des points de rupture dans la paroi corporelle. La fécondation donne naissance à une larve pélagique, la trochophore, qui se transforme en une larve métamérisée, la métatrochophore, avant de se fixer et de se métamorphoser sur le substrat. Quelques polychètes sont également capables de reproduction asexuée en se fragmentant de façon multiple.

Autres systèmes

Les polychètes ne possèdent pas de système respiratoire cependant certains d'entre eux différencient des excroissances tégumentaires qui sont fortement vascularisées faisant office de branchies.

Caractéristiques générales

Exclusivement marins symbiotiques

La plupart ectocommensaux ou parasites de crinoïdes, quelques espèces associées à des astéries, à des ophiures ou à des anthipathaires

Métamérisation incomplète, coelome absent

Les plus grands : espèces parasites de quelques centimètres de long

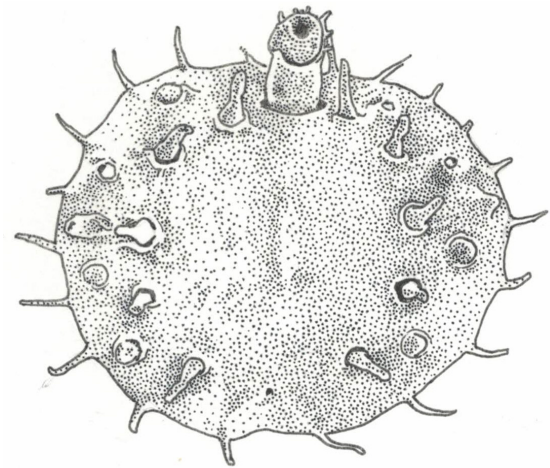
Age du plus vieux fossile : traces de parasites datant de plus de 300 millions d'années

Nombre d'espèces : 180

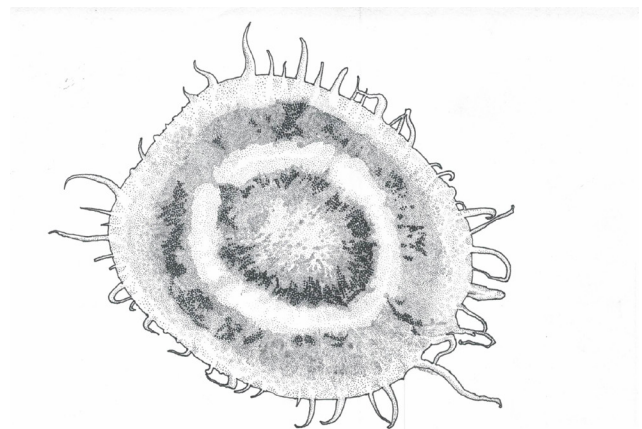
Ecologie et systématique

La totalité des myzostomides (Myzotomida) sont des organismes symbiotiques marins. Ils sont associés à des crinoïdes pour la plupart (plus de 80% des espèces) avec quelques espèces vivant avec des astéries, des ophiures et des anthipathaires (coraux noirs). Lorsqu'ils sont parasites, ils infestent le tégument, le système digestif, le système reproducteur ou le coelome de leurs hôtes. Ils se retrouvent des zones subtidales aux plaines abyssales dans tous les océans. De l'ordre du millimètre, les plus grandes espèces, parasites, ne dépasseront pas 3 centimètres. Sur leurs hôtes, les myzostomides s'y retrouvent parfois en petit nombre, parfois en population dense de plusieurs centaines d'individus

Certains myzostomides parasites contemporains déforment le squelette des échinodermes-hôtes. Des échinodermes fossiles datant d'il y a plus de 300 millions d'années montrent des déformations squelettiques similaires à celles laissées par ces myzostomides contemporains. On divisait auparavant les Myzostomida en deux taxa, les Proboscidea et les Pharyngidea. A la lueur des données moléculaires, les deux groupes sont cependant polyphylétiques et abandonnés. Il existe 11 genres de myzostomides, les taxons supragénériques sont encore actuellement débattus. Le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos est celui d'un myzostomide ectocommensal de crinoïde du genre *Myzostoma*.



Myzostoma cirriferum en vue ventrale. Diamètre: 2 mm.



Myzostoma polycyclus, vue externe. Diamètre : 1 mm.

Panannelida

Myzostomida

Structure externe

Le corps d'un myzostomide ectocommensal est formé d'un tronc discoïde aplati dorso-ventralement et d'un **introvert** cylindrique rétractile. La face ventrale du tronc présente cinq paires d'organes locomoteurs, les **parapodes** et quatre paires d'organes chémorécepteurs, les **organes latéraux**. Un nombre variable de **cirres** mécanorécepteurs se retrouve en marge du tronc et une paire de **pénis** se retrouve à gauche et à droite de la troisième paire de parapode. La bouche s'ouvre à l'apex de l'introvert et peut-être entourée d'un nombre variable de petits

cirres buccaux. A l'arrière du tronc, sur la partie ventrale s'ouvrent l'anus et le gonopore femelle. Les parapodes sont traversés par des **soies** en forme de crochet qui apparaissent à leur apex. Ces soies sont accompagnées de soies internes, les acicules, qui les guident dans leurs mouvements. Les myzostomides parasites vont voir leur plan de structure totalement modifié : les organes locomoteurs et sensoriels vont être réduits ou disparaissent et leur forme générale épousent l'endroit de l'hôte qu'ils infestent.

Paroi corporelle et cavité générale

Les myzostomides n'ont pas de coelome, toutefois les canaux génitaux femelles sont parfois considérés comme ayant une origine coelomique. La paroi corporelle est composée d'un épiderme, d'une double couche musculaire et d'un tissu conjonctif de remplissage traversé par de nombreux muscles ventro-latéraux. L'épiderme est cuticulé et cilié. On y retrouve des cellules de recouvrement ciliées et non ciliées, des cellules glandulaires, diverses cellules sensorielles et des cellules myoépithéliales. Sous l'épiderme se trouvent une couche musculaire circulaire et une autre longitudinale. Sous ces muscles est situé un conjonctif de remplissage qui s'insinue entre les différents organes internes.

La locomotion des myzostomides ectocommensaux met en jeu le mouvement des parapodes qui permettent la marche de l'individu à la surface des hôtes. Il n'y a donc pas de déplacement par péristaltisme chez ceux-ci. Les myzostomides parasites sont quant à eux très peu mobiles à l'intérieur de leurs hôtes.

Système nerveux

Le système nerveux consiste en une paire de **ganglions cérébroïdes**, un **collier nerveux péripharyngien**, une **chaîne nerveuse ventrale** et une multitude de nerfs périphériques. Les deux ganglions cérébroïdes sont antéro-dorsaux, situés à la base de l'introvert. La chaîne nerveuse ventrale est faite de deux cordons non ganglionnés. Les principaux

nerfs partant des cordons ventraux sont cinq paires de nerfs qui desservent les parapodes et les cirres marginaux (nerfs parapodiaux) qui alternent avec cinq paires de nerfs qui desservent les organes latéraux (nerfs latéraux) et la marge du corps.

Système digestif

Le système digestif comprend le pharynx situé dans l'introvert et l'estomac, l'intestin et les diverticules digestifs tous situés dans le tronc. L'introvert est projeté vers l'avant et se rétracte grâce à l'action de muscles particuliers. Cet introvert détourne les particules charriées par les sillons ambulacraires des crinoïdes dans le cas des ectocommensaux, il permettra également à certains parasites de se nourrir des tissus de l'hôte. Les aliments sont accumulés

vers les parties profondes du tube digestif grâce aux muscles du pharynx musculieux. L'estomac est une zone de digestion extracellulaire qui se complète par les diverticules digestifs où s'effectue une digestion intracellulaire et la distribution des nutriments. L'intestin est un endroit où les fèces sont compactées avant d'être éjectées par l'anus.

Panannelida

Myzostomida

Système excréteur

Le système excréteur est composé de protonéphridies. Deux rangées de cinq à six protonéphries longent le corps et s'ouvrent ventralement proches des parapodes. La protonéphridie comprend une cellule-

flamme qui se situe dans le conjonctif et filtre le liquide interstitiel et de cellules qui forme un néphridioducte.

Système reproducteur

La plupart des myzostomides sont hermaphrodites protandres mais les espèces parasites peuvent être gonochoriques et avoir un mâle nain. Le système génital femelle est dorsal, situé au-dessus du système digestif. On y retrouve un ensemble de canaux fait de **diverticules ovariens** au-dessus des diverticules digestifs et un **utérus** au-dessus de l'estomac et de l'intestin. L'**ovaire** longe dorsalement les diverticules ovariens.

Le système reproducteur mâle est situé ventralement entre le système digestif et le système nerveux. Il est composé d'une ou de deux paires de **testicules** et d'un ensemble de canaux comprenant des canaux déférents deux **vésicules séminales** et deux **canaux**

péniens. Des spermatophores sont synthétisés dans les vésicules séminales. Lors de la fécondation, un individu émetteur contacte un individu receveur et émet un spermatophore sur n'importe quelle partie de son tégument. Les spermatozoïdes contenu dans le spermatophore finissent par pénétrer le tégument, envahir le conjonctif et arriver dans les diverticules ovariens où ils féconderont les ovocytes matures qui finissent par s'accumuler dans l'utérus et être évacués par le gonopore femelle. La fécondation donne naissance à une larve pélagique, la trochophore, avant de se fixer et de se métamorphoser sur un hôte.

Autres systèmes

Les myzostomides ne possèdent pas de système respiratoire ni de système circulatoire.

Autres Panannelida |

Les autres panannélides

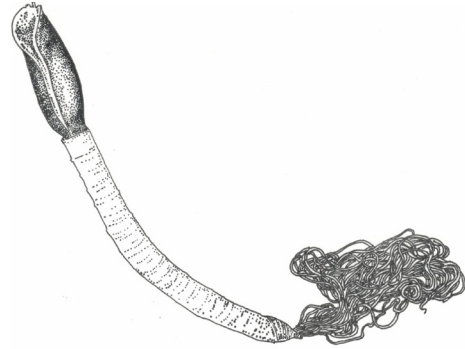
Pogonophora

Nombre d'espèce : 80

Ecologie : espèces marines, sédentaires, benthiques tubicoles, de grande profondeur

Particularités :

- Métamérisation très réduite, présente au niveau de la partie postérieure
- Pas de système digestif mais un trophosome avec trophocytes comprenant des bactéries chimioautotrophes
- Gonochoriques
- Fécondation externe, larve trochophore



Riftia sp. avec plume tentaculaire (en haut) sortant du tube chitineux.
Longueur : 30 cm.

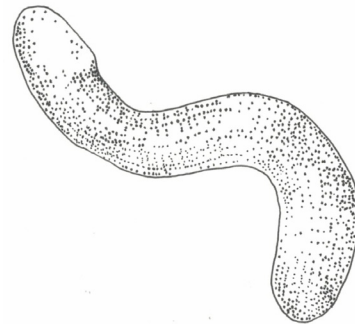
Sipuncula

Nombre d'espèce : 320

Ecologie : espèces marines endobenthiques

Particularités :

- Métamérisation absente
- Une paire de métanéphrides géantes
- Eucoelomien avec une cavité générale d'origine coelomique et un coelome supportant les tentacules
- Gonochoriques
- Fécondation externe avec larve trochophore suivie d'une larve pélagosphère



Sipunculus nudus, siponcle présent le long des côtes atlantique. Longueur : 13 cm.

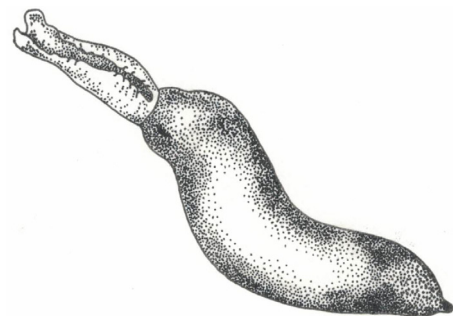
Echiura

Nombre d'espèce : 140

Ecologie : espèces marines ecto- ou endobenthiques

Particularités :

- Métamérisation absente sauf au niveau du système nerveux (ganglions métamériques)
- Système digestif dérosome
- Eucoelomien avec une cavité générale d'origine coelomique et un coelome supportant les tentacules
- Gonochorique ; dimorphisme sexuel avec mâles nains chez certaines espèces
- Fécondation externe avec larve trochophore ; fécondation interne si mâles nains



Espèce d'échiure indéterminée de la faune de Madagascar en vue dorsale. Longueur : 5 cm.

Autres Panannelida |

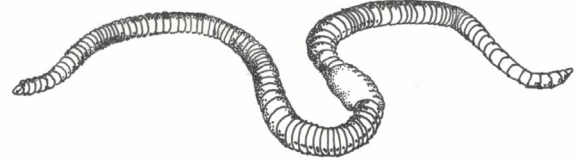
Oligochaeta

Nombre d'espèce : 3100

Ecologie : espèces majoritairement terrestres ou dulcicoles; certaines marines (errantes, benthiques)

Particularités :

- Métamérisation homonome
- Eucoelomien
- Présence d'un clitellum
- Hermaphrodites
- Fécondation interne avec système génital complexe



Lumbricus sp., le lombric, un représentant de la classe des Oligochaeta. Longueur : 10 cm.

Hirudinea

Nombre d'espèce : 500

Ecologie : espèces terrestres ou dulcicoles

Particularités :

- Métamérisation absente ou extrêmement réduite
- Acoelomien, coelome réduit aux espaces et canaux du tissu bothryoïdal
- Présence d'un clitellum
- Hermaphrodites
- Fécondation interne, développement direct



Hiruda medicinalis sp., une hirudinée utilisée autrefois en médecine pour diminuer la pression artérielle. Longueur : 50 mm.

Caractéristiques générales

Triploblastique

Cavité générale : blastocoele

Protostomien, schizocoelien (cœlome réduit aux espaces rénopéricardiques et au gonocoele)

Symétrie bilatérale

Le plus grand : la trompette australienne, *Syrinx aruanus*; 90 cm de long

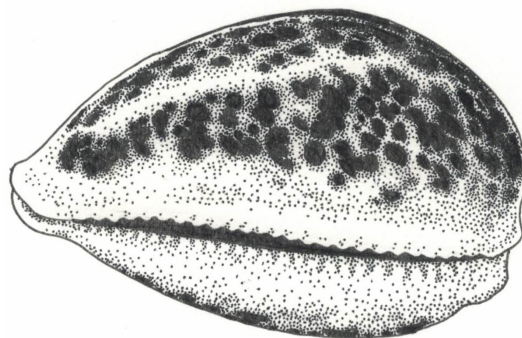
Age du plus vieux fossile : 520 millions d'années

Nombre d'espèces : entre 50.000 et 85.000

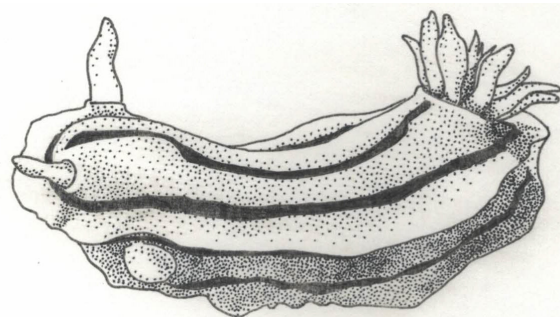
Ecologie et systématique

Les gastéropodes (Gastropoda) forment une des sept classes du phylum des Mollusca avec les Aplacophora, les Monoplacophora, les Polyplacophora, les Bivalvia, les Scaphopoda et les Cephalopoda. Ils représentent plus de 80% des espèces de mollusques et se retrouvent dans les milieux terrestres, dulcicoles et marins, des zones intertidales aux fosses hadales. Ce sont majoritairement des espèces benthiques (avec quelques exceptions notables telles que les Hétéropodes et les Ptéropodes planctoniques) vivant sur ou dans les substrats. Ils sont errants et se déplacent au moyen de leur sole pédieuse ciliée et muqueuse, quelques espèces sont parasites (*e.g.*, les Eulimidés). Une coquille spaciopiralée caractérise la majorité des espèces. Les plus petits gastéropodes mesurent de l'ordre du millimètre, le plus grand, la trompette australienne *Syrinx aruanus*, peut atteindre 90 cm de long.

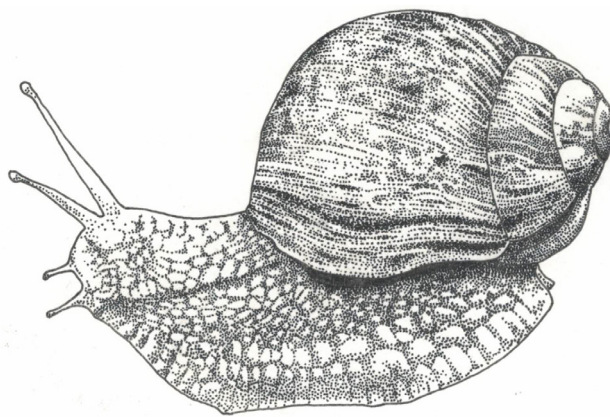
Le plus vieux gastéropode date d'il y a environ 520 millions d'années (Cambrien). Trois sous-classes sont communément admises : les Prosobranchia, les Opisthobranchia et les Pulmonata. Les prosobranches (plus de 80% des espèces) sont les escargots marins (avec quelques espèces d'eau douce ou terrestre ; *e.g.*, *Pomatia* sp). Ils comprennent deux ordres majeurs : les diotocardes et les monotocardes (à deux et un ventricule). Les opisthobranches sont les limaces des mers. On reconnaît plusieurs ordres parmi lesquels les anaspides (*e.g.*, le lièvre de mer *Aplysia* sp.), les ptéropodes encore appelés les papillons de mer et les nudibranches ou limaces de mer. Les pulmonés comprennent les escargots et les limaces terrestres. On y retrouve l'ordre des basommatophores et celui des stylommatophores. Les premiers sont très majoritairement dulcicoles (*e.g.*, les genres *Lymnaea*, *Planorbis*, *Bulinus*), ou exceptionnellement marins (*e.g.*, le genre *Amphibola*). Le second ordre comprend les « escargots vrais » avec les genres *Helix* et *Achatina* et les limaces terrestres avec les genres *Arion* ou *Limax*. Le plan de structure exposé dans le programme Metamorphos est celui d'un gastéropode prosobranch.



Un prosobranch *Cyprea leopardi*. Longueur : 7 cm



L'opisthobranch *Chromodoris* sp. Longueur : 2 cm.



Le pulmoné *Helix pomatia*. Longueur : 3 cm.

Structure externe

Le corps des mollusques est composé de trois parties : la **tête** qui porte la majorité des organes sensoriels, le **pied** avec lequel l'organisme se déplace et la masse viscérale qui, dans le cas du prosobranch, est toujours protégée par une **coquille**. La coquille est un exosquelette sécrété par l'épiderme d'une partie de la masse viscérale nommée le manteau. La coquille des gastéropodes est spaciopirale : elle effectue autour d'un axe des tours de spire qui s'enroule la plupart du temps en suivant le mouvement des aiguilles d'une montre (clockwise). Elle peut être de forme extrêmement variable et a ainsi une valeur taxonomique importante dans la détermination des espèces. La coquille n'est pas cloisonnée et la masse

viscérale occupera la majeure partie de son volume. La tête est rétractable. Dans son état rétracté, elle est complètement protégée par la coquille ; étendue, elle laisse voir une paire de **tentacules céphaliques** à la base desquels se trouvent des ocelles et, chez beaucoup d'espèces, un **siphon**. Chez d'autres gastéropodes, la tête pourra porter aussi une paire de rhinophores. Le pied peut également être totalement rétracté dans la coquille. Il porte souvent un opercule qui referme l'orifice coquillier. Étendu, le pied s'applique sur le substrat. Grâce à ses sécrétions muqueuses et sa ciliature, il va permettre la reptation du gastéropode.

Paroi corporelle, squelette et cavité générale

La paroi corporelle des gastéropodes est composée d'un épiderme et d'une couche musculaire située dans un tissu conjonctif où on retrouve des lacunes sanguines. Les gastéropodes sont des blastocoelomiens : leur cavité générale provient du blastocoele embryonnaire et n'est donc pas limitée par un mésothélium. Les gastéropodes voient cependant apparaître une paire de cavités coelomiques à l'état embryonnaire mais celles-ci resteront fugaces et formeront les cardiocoeles, rénocoeles et gonocoeles associés au cœur, aux reins et aux gonades des adultes. L'épiderme est fait majoritairement de cellules ciliées et de cellules glandulaires. Il sécrète la conchioline (ou conchine) qui forme la base de la structure de la coquille. La coquille, qui constitue l'exosquelette du gastéropode, est faite de couches variées, généralement d'une couche purement organique et externe, le périostacum, et de deux couches internes minérales, la couche prismatique et la couche lamellaire (cette

dernière, lorsqu'elle est présente, forme la nacre). La couche musculaire est faite de fibres lisses organisées en sous-couches, circulaire (la plus externe), diagonale et longitudinale. Le tissu connectif entoure ces fibres musculaires et est traversé par les lacunes sanguines du système circulatoire.

En plus de la cavité générale blastocoelienne, une partie de la paroi corporelle des gastéropodes s'invagine pour former une cavité plus ou moins spacieuse, la **cavité palléale**. Cette cavité, limitée par l'épiderme, s'ouvre à l'extérieur par l'orifice palléal. Elle entoure les branchies (aussi nommées cténidies) et reçoit les excréments et l'urine produits par les systèmes digestif et excréteur. Lors de l'ontogenèse des gastéropodes, cette cavité, postérieure au départ, est amenée vers l'avant chez les prosobranches. Elle se placera sur la droite du corps ou à l'arrière chez d'autres gastéropodes.

Le système nerveux

Le système nerveux est très développé chez les gastéropodes. Il consiste en une paire de **ganglions cérébroïdes**, une paire de **ganglions pédieux** et une paire de **ganglions pleuraux** situés au niveau de la tête, entourant le tube digestif, et reliés entre

eux par des commissures nerveuses. De ces ganglions partent divers nerfs, les principaux étant les **nerfs tentaculaires**, **viscéraux** et **pédieux**. D'autres ganglions peuvent se retrouver sur le chemin de ces nerfs tels que les **ganglions pariétaux** et **viscéraux**.

Le système digestif

Les modes alimentaires des gastéropodes sont très variés : ils sont herbivores, carnivores, charognards ou opportunistes. La plupart d'entre eux utilisent leur **radula**, une plaque chitineuse pourvue de dents situés dans la cavité buccale (ou **pharynx**), pour s'alimenter. Le système digestif comprend le pharynx, l'**œsophage** et ses **glandes œsophagiennes**, le **jabot**, le **gésier**, l'**estomac**, l'**hépatopancréas** et l'**intestin**. Les aliments sont saisis et découpés

par la radula qui est un organe en forme de râpe puis amenés dans les parties profondes du système digestif. Les glandes œsophagiennes et l'hépatopancréas sécrètent des enzymes digestives. Le gésier, très musculéux permet le broyage des aliments.

Le système excréteur

Selon le groupe de gastéropodes considérés, le système excréteur est composé d'une ou de deux métanéphridies (aussi appelées **reins**) et de leurs néphridioductes qui débouchent dans la cavité palléale. Dans le cas du prosobranch exposé dans le programme MetaMorphos, la torsion du corps subit lors de l'ontogenèse a fait disparaître un des reins. Le rein est en connexion avec la **cavité péricardique**

qui entoure le cœur. L'ultrafiltration du sang s'effectue au niveau de l'épiscarde du cœur, le filtrat arrivant dans la cavité péricardique avant d'être dirigé vers le rein. La paroi du rein est faite du mésothélium péricardique entouré du tissu connectif. Le mésothélium péricardique est cilié, le battement des cils permettant de diriger l'urine en formation vers la cavité palléale.

Le système circulatoire

Le système circulatoire est ouvert : le sang est situé en partie dans des vaisseaux, en partie dans les lacunes hémiales et dans la cavité générale qui porte ainsi également le nom d'hémocoèle. Le système circulatoire est composé d'un cœur et de divers vaisseaux sanguins. Le cœur est formé d'un **ventricule** et de deux **oreillettes**, l'une d'entre elles pouvant disparaître avec la torsion du corps (c'est le cas du prosobranch représenté dans le programme). Le sang arrive désoxygéné à l'oreillette d'abord, puis au ventricule qui en se contractant l'envoie dans la cavité générale ou dans les lacunes hémiales via les vaisseaux antérieur et postérieur. Pour se réoxygéner, le sang passe de la cavité générale ou des lacunes

hémiales vers le **vaisseau branchial afférent**. Il sortira oxygéné par le **vaisseau branchial efférent** pour se diriger vers le cœur. La circulation générale est assurée par les battements de ce dernier.

La paroi du cœur est faite (en partant de la lumière cardiaque) du tissu connectif, du myocarde (*i.e.*, des cellules musculaires) et de l'épiscarde. La paroi externe bordant la cavité péricardique est faite du péricarde interne et du tissu connectif externe. L'épiscarde et le péricarde sont des mésothélium limitant la cavité péricardique qui provient du coelome embryonnaire. L'épiscarde comprend à certains endroits des podocytes qui permettent l'ultrafiltration sanguine. Le péricarde est fait, lui, de cellules myoépithéliales.

Le système respiratoire

Le système respiratoire est composé d'une ou de deux branchies, l'une d'elles pouvant disparaître avec la torsion du corps. Chaque branchie est un mince repli de la paroi palléale. Elle consiste en un axe central aplati latéralement, qui porte, à gauche et à droite, et sur toute sa longueur, un grand nombre de fines lames branchiales très rapprochées. Les branchies peuvent être mono- ou bipectinées selon que le peigne de fines lames branchiales se situe d'un

côté ou des deux côtés de l'axe de la branchie. La paroi des branchies est faite de l'épiderme très fin et du tissu connectif interne dans lequel se trouvent les lacunes sanguines. L'épiderme des branchies est très cilié. La présence de branchies et le sens du courant produit par les battements de leur ciliature compartimentent fonctionnellement l'espace palléal en une région inhalante et une région exhalante. L'anus et les divers orifices s'ouvrent dans la région exhalante.

Le système reproducteur

La plupart des gastéropodes prosobranches sont gonochoriques, les opisthobranches et les pulmonés sont hermaphrodites. L'appareil génital mâle des gastéropodes prosobranches est composé d'un testicule et d'un spermiducte souvent associé à une glande prostatique. Chez les espèces produisant des œufs encapsulés, le spermiducte se termine par un pénis (une extension du tégument) qui sort lors de la copulation par le gonopore mâle situé sous le tentacule céphalique droit. L'appareil génital femelle est composé d'un **ovaire** et d'un oviducte qui s'ouvre dans la cavité palléale. L'**oviducte** se différencie sur son trajet en **glande à mucus** associé dans certains cas à une glande à albumine. Il se connecte à une bourse copulatrice proche du gonopore et à un réceptacle séminal proche de l'ovaire.

Lors de la copulation, le sperme est déposé dans la **bourse copulatrice**. Lorsque la femelle est mature, les spermatozoïdes remontent l'oviducte pour se loger dans le **réceptacle séminal**. Les ovocytes sont fécondés à ce niveau et reçoivent les sécrétions des glandes muqueuses qui les protègent lors de leur développement. Ceux-ci font le chemin inverse des spermatozoïdes pour être déposés à l'extérieur. L'éclosion d'un œuf donne naissance à une larve pélagique, la trochophore, qui se transforme en une larve non métamérisée, la veligère, avant de se fixer et de se métamorphoser sur le substrat.

Les autres mollusques

Aplacophora

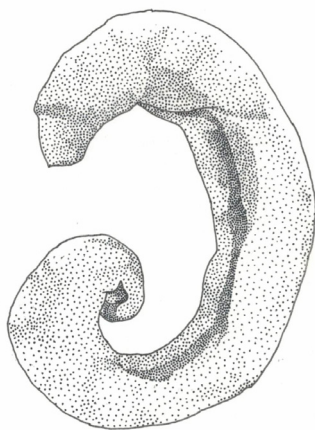
Nombre d'espèces : 320

Ecologie : espèces marines benthiques

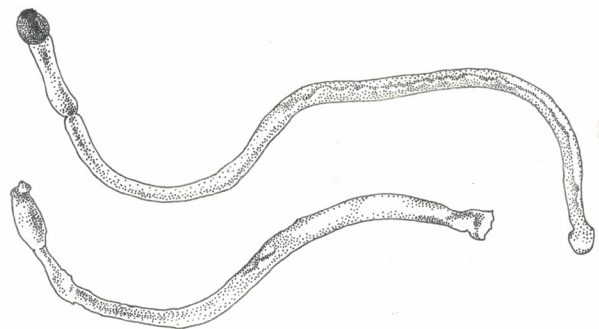
Comprend les Caudofoveata (Chaetodermomorpha) (70 espèces) et les Solénogastres (250 spp)

Particularités:

- Sans coquille mais avec spicules de carbonate de calcium
- Vermiformes
- Radula parfois absente chez les caudofovéates
- Gonochoriques ou hermaphrodites, fécondation externe



Proneomenia sp. Longueur : 2 cm.



Chaetoderma sp. Longueur : 3 cm.

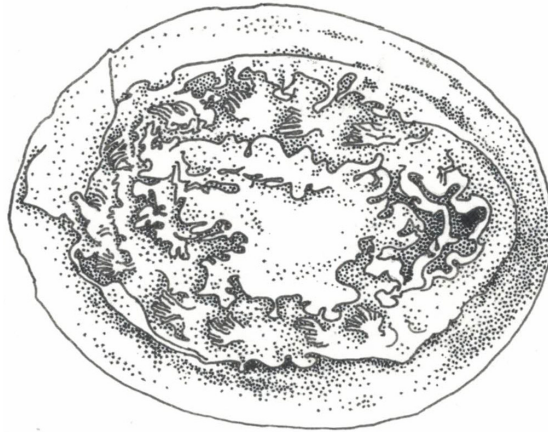
Monoplacophora

Nombre d'espèces : 8

Ecologie : espèces marines benthiques de grandes profondeurs

Particularités:

- Coquille d'une pièce en bouclier
- Répétition de paires de structures externes et d'organes internes considérée parfois comme homologue de la métamérisation annélidienne
- Hermaphrodites, fécondation externe



Neopilina sp. Longueur : 3 cm.

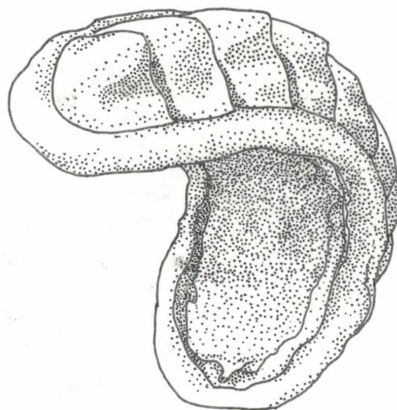
Polyplacophora (Amphineures)

Nombre d'espèces : 550

Ecologie : espèces marines benthiques littorales

Particularités:

- Coquille faite de huit plaques successives dans l'axe antéro-postérieur
- La plupart gonochoriques, fécondation externe, incubation des embryons dans la cavité palléale



Polyplacophore *Tonicella* sp. Longueur : 6 cm

Bivalvia

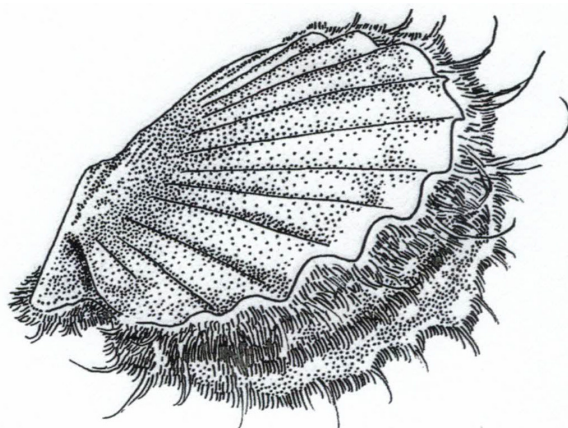
Nombre d'espèces : 20.000

Ecologie : espèces marines benthiques

Groupe des huîtres, moules, coquilles Saint Jacques, horneaux, pétoncles

Particularités:

- Coquille à deux valves gauche et droite
- Pied en forme de hâche (Pelecypoda)
- Sans tête (Acephala) avec deux paires de palpes
- Hypertrophie des branchies devenues chez une grande majorité des organes de captures alimentaires (suspensivores)
- Généralement gonochorique (exception notable : les huîtres), fécondation externe



Bivalvia *Pecten maximus*. Diamètre : 10 cm.

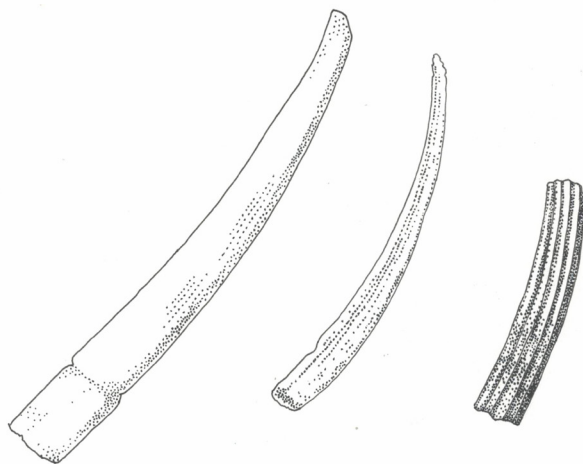
Scaphopoda

Nombre d'espèces : 350

Ecologie : espèces marines, benthiques, de grandes profondeurs

Particularités:

- Coquille tubuleuse conique ouverte à ses deux extrémités
- Tête et pied réduits
- Masse viscérale développée avec cavité palléale possédant deux ouvertures
- Développement de tentacules fins (captacules)



Coquilles de scaphopode. Longueur : 1 à 3 cm.

Cephalopoda

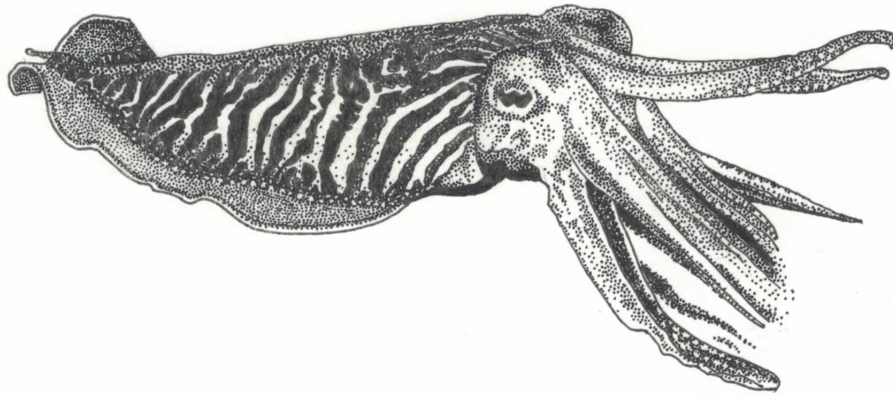
Nombre d'espèces : 600

Ecologie : espèces marines pélagiques ou benthiques

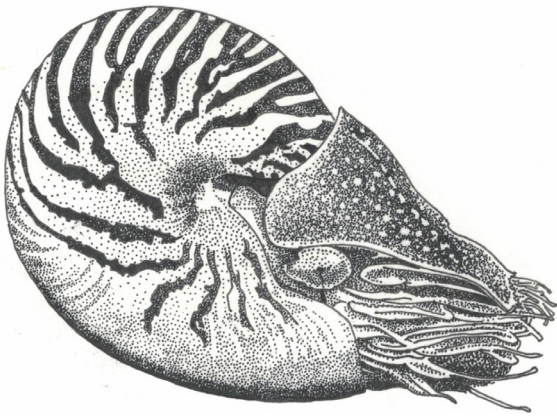
Groupe des nautilus, calmars, seiches, sépioles, pieuvres

Particularités:

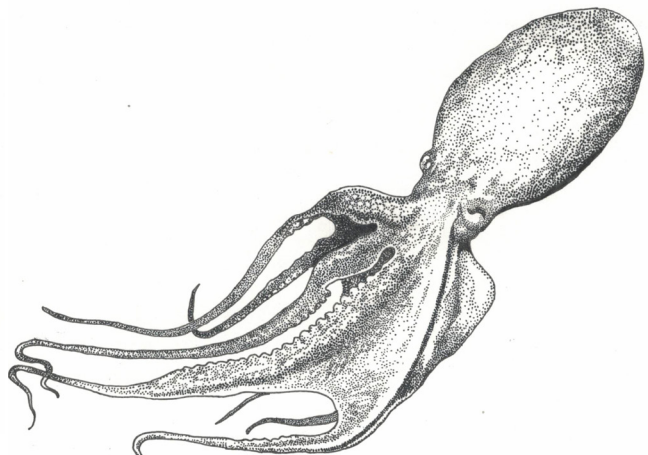
- Coquille très bien développées chez les nautilus ; coquille internalisée chez les calmars, seiches, sépioles; coquille absente chez les pieuvres
- Pied transformés en tentacules et bras
- Bulbe buccal avec radula et mâchoires (bec de perroquet)
- Système nerveux très développé avec encéphale entouré d'une capsule cartilagineuse
- Yeux très développés structurellement similaire aux yeux des vertébrés
- Gonochorique, fécondation interne et développement direct



La seiche *Sepia officinalis*. Longueur : 20 cm.



Le nautilus *Nautilus belauensis*. Longueur : 15 cm.



La pieuvre *Octopus* sp. Longueur : 30 cm.

Nematoda |

Caractéristiques générales

Triploblastique, blastocoelomien

Symétrie bilatérale

Marins, dulcicoles, terrestres

Le plus grand : Placentonema gigantissima; 8 m de long

Age du plus vieux fossile : 470 millions d'années

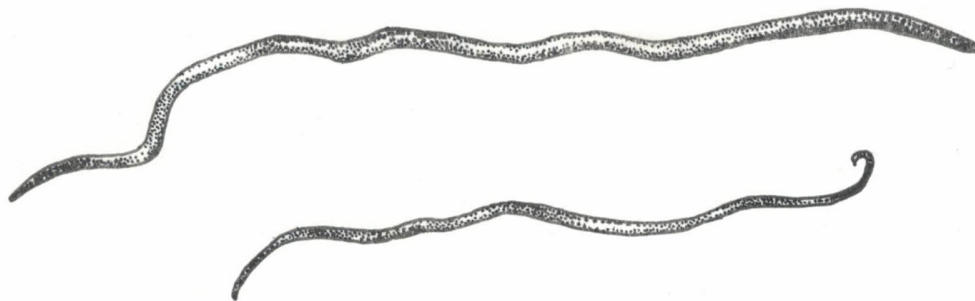
Nombre d'espèces : 25000

Ecologie et systématique

Les nématodes (Nematoda) ou vers ronds forment un phylum d'organismes largement distribués dans tous les écosystèmes de notre planète : ils se retrouvent dans les océans, lacs, rivières, forêts tropicales et déserts. Ils sont présents dans les fosses hadales des océans mais aussi à plus de 3000 m de profondeur dans la lithosphère (ils ont été retrouvés dans des mines d'or en Afrique du Sud à cette profondeur). Ils peuvent coloniser des substrats en abondance et s'y retrouver sur un mètre cube par centaines de milliers d'individus. La moitié des nématodes sont des espèces libres, ecto- ou endobenthiques. Ceux-ci sont faiblement mobiles et se déplacent sur ou dans les substrats grâce à un mouvement ondulatoire de leur corps. L'autre moitié des nématodes sont des parasites et l'Homme ou ses animaux d'élevage peuvent être des hôtes définitifs exclusifs. Les ascarioses, ancylostomiasés, necatoriasés, trichuriasés et les filarioses sont autant de maladies humaines dont l'agent infectieux est un nématode. Les nématodes mesurent généralement de l'ordre du centimètre, le

plus grand, *Placentonema gigantissima*, infeste le placenta des cachalots et mesure jusqu'à 8 m de long.

Le plus vieux nématode date d'il y a 470 millions d'années (Ordovicien). Auparavant, les nématodes et les autres organismes pseudocoelomates ont été considérés dans la phylogénèse animale comme un grade intermédiaire entre les Triploblastica Acoelomata et les Triploblastica Coelomata. Actuellement, les nématodes sont placés dans le clade des Ecdysozoa (littéralement les animaux qui muent) au même titre que les arthropodes et d'autres phyla. Les nématodes sont divisés en deux classes dont le statut monophylétique est encore discuté : les Adenophorea (Aphasmda) et les Secernentea (Phasmida). Le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos est celui d'un nématode phasmide.



Ascaris lumbricoides, agent d'une ascariidose (parasitose intestinale). La femelle est plus grande que le mâle qui a la partie postérieure en forme de crochet. Longueur de la femelle : 20 cm

Nematoda |

Structure externe

Les nématodes ont une symétrie bilatérale et ressemblent à des tiges ou à des fils. Ils sont de section ronde et n'ont pas beaucoup de structures externes si ce n'est chez certaines espèces où on retrouve des soies ou des anneaux qui proviennent de la cuticule collagénique. Les deux orifices du système digestif s'ouvrent aux extrémités antérieure et postérieure. Selon leur mode alimentaire, la bouche sera accompagnée de diverses structures telles que des **lèvres** ou un stylet perceur. Les nématodes

sont majoritairement gonochoriques et montrent un dimorphisme sexuel. Lorsque le nématode est femelle, le **gonopore** s'ouvre ventralement dans le tiers antérieur de l'animal. S'il est mâle, le système génital et le tube digestif se rejoignent postérieurement et le cloaque s'ouvre par un pore à quelque distance de l'extrémité du corps. Le mâle se distingue en cela de la femelle et sa partie postérieure est recourbée en forme de crochet. On retrouve encore un **pore excréteur** qui s'ouvre antéro-ventralement.

Tégument et cavité générale

Le tégument est composé d'un épiderme cuticulé, et d'une couche de muscles longitudinaux. La cuticule est épaisse et composée de collagène. Elle mue périodiquement et il faut généralement quatre mues pour arriver à l'état adulte. L'épiderme peut être cellulaire ou syncytial. Il est fin sur la majorité de la surface du nématode et est composé de cellules de recouvrement. Il s'épaissit et forme quatre cordons épidermiques internes à gauche et à droite du corps ainsi que dorsalement et ventralement. Ces épaississements parcourent toute la longueur du corps, de la bouche à l'anus. Les cordons épidermiques dorsal et ventral comprennent chacun un cordon

nerveux. Les cordons épidermiques gauche et droit comprennent chacun, en plus d'un cordon nerveux, un canal excréteur. Entre ces cordons épidermiques sont localisés des fibres musculaires formant quatre muscles longitudinaux. Ces muscles contactent les cordes nerveuses via des processus cellulaires. Les nématodes sont en cela les seuls organismes connus où ce sont les fibres musculaires qui contactent les nerfs et non pas l'inverse. La cavité générale provient du blastocœle (les nématodes sont des blastocoelomiens), il n'y a donc pas de mésothélium limitant cette cavité. Les nématodes sont aussi des organismes eutéliques.

Système nerveux

Le système nerveux est fait d'un **collier péripharyngien** de **cordons nerveux ventraux, dorsaux et latéraux** et de **commissures nerveuses** entre ces cordons. Le collier péripharyngien comprend la majorité des corps cellulaires des neurites, les cordons nerveux étant principalement composés de processus nerveux moteurs et sensoriels. Le cordon nerveux ventral est le plus développé. Il comprend souvent deux tractus nerveux et inclut des processus nerveux sensoriels et moteurs. Le cordon nerveux

dorsal est uniquement moteur et les cordons gauche et droit sont sensoriels. L'ensemble des cordons est en connexion via des commissures nerveuses. Les organes sensoriels les plus développés sont les **amphides** et les **phasmides**. Les amphides sont des organes chémosensoriels pairs en forme de dépression tégumentaire retrouvées au niveau de la partie antérieure. Les phasmides, retrouvés uniquement chez les Secernentea, sont également une paire d'organes chémosensoriels localisés postérieurement.

Système digestif

Le mode alimentaire des nématodes libres est très varié. Les espèces de petite taille, endobenthiques, sont souvent détritivores. D'autres espèces se nourriront de la matière organique de cadavres ou de matière fécales. D'autres encore seront des herbivores ou des prédateurs carnivores. Les parasites se nourrissent des fluides et tissus de leurs hôtes. Le système digestif est droit et complet. Il se compose d'un **pharynx** cuticulé (encore appelé œsophage) et d'un **intestin** qui se termine par un court **rectum**. Certaines cellules

glandulaires au niveau de pharynx et de l'intestin sécrètent des enzymes digestives. L'absorption des nutriments se fait au niveau de l'intestin.

Nematoda |

Système excréteur

Le système excréteur est unique parmi les métazoaires où il n'y retrouve aucun équivalent homologue. Il est fait d'un système de canaux en forme de « H » ou encore de système en « Y ». Ces canaux sont des extensions cytoplasmiques de deux cellules géantes.

Ils s'ouvrent à l'extérieur via un **néphriopode** antéro-ventral. Chez d'autres nématodes, le système excréteur consiste en une ou deux cellules, les cellules renettes, sans système tubulaire.

Système reproducteur

La plupart des nématodes sont gonochoriques et la fécondation est interne. Le système reproducteur femelle consiste en deux **ovaires**, deux **oviductes**, deux **utéri** et un **vagin** qui s'ouvre à l'extérieur ventralement dans le premier tiers de l'animal. Le système reproducteur mâle (non illustré) consiste en un testicule, un spermiducte, une vésicule séminale et un canal éjaculateur qui s'ouvre dans le cloaque. Le canal éjaculateur comprend un cirre copulateur qui est inséré dans le vagin de la partenaire lors de

la copulation. Les spermatozoïdes entourés des sécrétions de la vésicule séminale peuvent alors s'écouler dans le vagin et remonter vers l'utérus où a lieu la fécondation. Les œufs fécondés sont évacués vers l'extérieur. Le développement est direct et de l'œuf sort un juvénile. Le terme « larves » est souvent malencontreusement donné aux juvéniles.

Autres systèmes

Les nématodes ne possèdent pas de système circulatoire ni de système respiratoire : la respiration est transtégumentaire et la distribution des nutriments est assurée par la cavité générale couplée au mouvement ondulatoire du corps.

Arthropoda |

Caractéristiques générales

Triploblastiques

Cavité générale : blastocoelome (ou mixocoelome)

Protostomien, schizocoelien

Symétrie bilatérale

Majoritairement terrestres, certains taxons marins, plusieurs espèces dulcicoles

*La plus grande espèce: le crabe japonais *Macrocheira kaemferi*; envergure de 5 m*

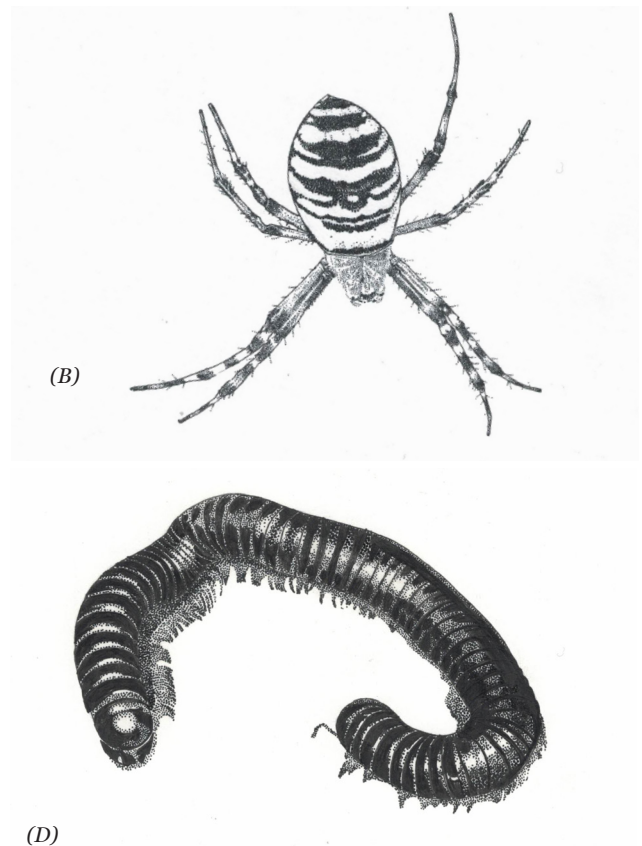
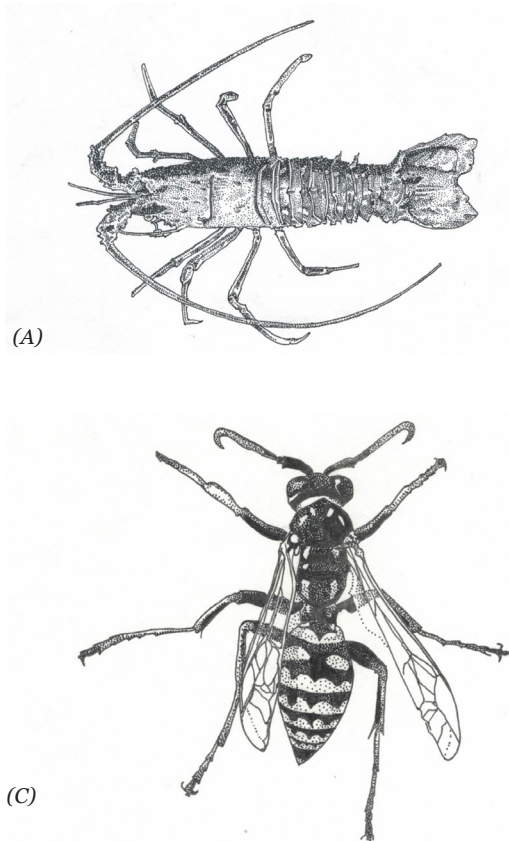
Age du plus vieux fossile : ca 600 millions d'années

Nombre d'espèces : ca 1.000.000 espèces (>80% des espèces animales répertoriées)

Avec plus d'un million d'espèces décrites, le phylum des arthropodes est celui qui présente la plus grande biodiversité. Ce phylum comprend quatre taxa souvent considérés comme des sous-phylums : les Crustacea, les Hexapoda (ou Insecta), les Myriapoda et les Chelicerata. A ceux-ci s'ajoute un phylum d'organismes fossiles, celui des Trilobita.

A la manière des annélides, les arthropodes sont des organismes métamérisés. De nettes différences les en séparent cependant, différences qui résultent du

phénomène d'arthropodisation et qui se remarque surtout par les caractéristiques suivantes : l'absence des paires de cavités coelomiques chez l'adulte, l'existence d'une métamérisation hétéronome et la présence d'une cuticule rigide et de pattes articulées.



Les plans de structure chez les *Arthropoda* : (A) les crustacés, (B) les chélicères, (C) les hexapodes, (D) les myriapodes. Chacun de ces taxons représente un sous-phylum parmi les arthropodes

Coelome et cavité générale

Un coelome se différencie au cours de l'ontogenèse des arthropodes : il se forme par schizocoelie et produit des paires de cavités. Celles-ci toutefois ne persistent pas au cours du développement, mais leur apparition chez les tout jeunes individus va en marquer profondément la structure et ils sont, à l'état adulte, constitués d'une succession de métamères encore appelés somites.

Dans la suite du développement de l'arthropode, la paroi coelomique se dissocie et ses cellules

participeront à l'édification des muscles et du mésenchyme. Quant au liquide coelomique, il se mêle au liquide blastocoelien, la cavité générale chez l'adulte étant en cela un blastocœle (encore appelé mixocœle). Les seules structures coelomiques qui persistent chez l'adulte sont très localisées : ce sont les gonades (tous les arthropodes) et des ampoules excrétrices situées dans la base des pattes (certains chélicérates et crustacés).

Métamérisation hétéronome et tagmose corporelle

Si la métamérisation des annélides est dite homonome (*i.e.*, tous les métamères sont, en principe, semblables entre eux), celle des arthropodes est dite hétéronome car on note de nombreuses différences d'un métamère à l'autre. De base, le corps d'un arthropode est formé de trois régions : un acron (premier métamère, antérieur et réduit), un soma fait d'une succession de métamères chacun porteur d'une paire d'appendices articulés et un telson (dernier métamère, postérieur et souvent réduit). Ce schéma est toutefois toujours modifié chez les groupes actuels d'arthropodes, conséquence de deux phénomènes. Le premier est l'hétéronomie de la métamérie : différents métamères acquièrent des signes distinctifs qui les font devenir différents de ceux qui les précèdent et les suivent immédiatement. Le second est la tagmose du corps : les métamères adjacents vont se regrouper en sous-ensembles distincts dont certains vont s'associer intimement avec la région antérieure ou la région

postérieure de l'organisme. Conséquence de ces modifications, le corps des arthropodes est constitué de trois parties non équivalentes : le céphalon ou tête (région antérieure) formé de l'acron auquel est venu s'adjoindre un certain nombre de somites antérieurs, le péréon ou thorax (région médiane) formé d'un nombre variable de somites médians et le pléon ou abdomen (région postérieure) formé d'un nombre variable de somites postérieurs qui se sont associés au telson.

En principe chaque métamère porte une paire d'appendices articulés. Ceux-ci sont extraordinairement diversifiés aussi bien sur le plan structural que sur le plan fonctionnel. Deux types majeurs se reconnaissent cependant selon qu'ils sont biramés (*i.e.* présentant deux rames segmentées) comme chez les crustacés ou simplement uniramés (*i.e.* présentant une rame segmentée), comme chez les insectes, les myriapodes et les chélicérates.

Paroi corporelle et cuticule chitino-protéique

La paroi corporelle est composée d'un épiderme cuticulé et d'un tissu conjonctif. Dans l'épiderme se retrouvent principalement des cellules de recouvrement, des cellules glandulaires et diverses cellules sensorielles très localisées. Le tissu conjonctif borde la cavité générale qui dérive du blastocœle embryonnaire. Des muscles sont présents dans tout le corps et traversent la cavité générale qui est étendue dans tous les appendices.

La cuticule forme l'exosquelette de l'arthropode. Elle est localement traversée par des cellules trichogènes à l'origine des soies, par les canaux des glandes dermiques (qui élaborent et secrètent le ciment) et par un nombre très élevé de microcanalicules en relation avec les oléocytes de l'épiderme (cellules qui produisent les cires cuticulaires). La cuticule

est composée d'une épicuticule mince et d'une procuticule plus épaisse, elle-même composée d'une exo- et d'une endocuticule. La trame de ces deux dernières couches est principalement composée de chitine, un sucre polymère de la N-acétylglucosamine. L'endocuticule est la couche qui est digérée lors de la mue des arthropodes. A ce moment, après la lyse de l'endocuticule, l'exo et l'épicuticule se rompent ce qui permet à l'individu en croissance de sortir de sa « boîte » cuticulaire. L'épiderme synthétise dans les heures suivantes les nouvelles couches cuticulaires qui finiront pas durcir. Le durcissement de la cuticule dépend du tannage (c'est le phénomène de sclérotinisation des cuticules d'arachnides, de myriapodes ou d'insectes) et de son imprégnation par du CaCO_3 (chez les crustacés).

Arthropoda |

La cuticule forme sur le corps de l'arthropode un grand nombre de pièces rigides, les sclérites. En principe quatre sclérites s'observent sur chaque métamère : une tergite (ou tergum) dorsale, des pleurites ou pleurums latéraux et un sternite ou sternum ventral. La cuticule n'est pas qu'externe: elle forme à hauteur de chacun des somites et dans les pattes des indentations rigides qui pénètrent dans l'organisme. Ces indentations, appelées apodèmes, sont des replis internes de la cuticule sur lesquels viennent s'insérer les muscles. La cuticule longe aussi toutes les structures internes dérivées de l'ectoderme à savoir les régions antérieure et postérieure de l'appareil digestif et le système trachéen (ce système s'observe chez les arachnides, les myriapodes et les insectes).

La carapace des arthropodes est donc un exosquelette vrai comme l'est la coquille des mollusques mais, à la différence de cette dernière, l'exosquelette arthropodien enferme complètement et de façon permanente l'organisme dans une boîte. L'acquisition d'un exosquelette de ce type présente des avantages mais également des contraintes évolutives. Parmi les avantages, on peut citer :

(i) un accroissement de la protection individuelle (l'arthropode est recouvert d'une véritable armure).

(ii) une meilleure isolation des individus, ce qui les rend plus autonomes par rapport au milieu environnant. L'exemple des cires cuticulaires produites par de nombreux arthropodes terrestres est très probant ; cela minimise les risques de dessiccation et a permis la conquête du milieu terrestre dans son intégralité.

(iii) l'existence d'apodèmes ce qui permet aux arthropodes de faire ce que font les vertébrés c'est-à-dire utiliser les muscles comme des bras de levier ou, en d'autres termes de produire à partir d'une faible contraction musculaire un ample mouvement. Une telle méthode est à la fois plus précise et plus économique que celle qui met en jeu une musculature agissant sur un squelette hydrostatique (comme chez les annélides).

Parmi les désavantages :

(i) il n'y a pas de possibilité de respiration transcutanée et les arthropodes auront donc à différencier des organes ou des systèmes respiratoires particuliers (branchies des crustacés, poumon des scorpions, trachées de nombreux arthropodes terrestres).

(ii) les systèmes néphridiens habituels ne sont guère utilisables et là aussi des organes excréteurs particuliers vont devoir être développés (glandes coxales des crustacés ; tubes de Malpighi chez de nombreux autres).

(iii) la croissance en taille ne peut pas être continue mais se fait par bond à l'occasion de mues (exuviation).

La mue va concerner toute la cuticule, y compris les parties longeant l'appareil digestif et le système trachéen. Certains arthropodes muent toute leur vie (cas des crustacés), d'autres ne présenteront qu'un nombre restreint de mues, la dernière préluant au passage au stade adulte (acquisition de la maturité sexuelle) (arachnides, insectes).

Caractéristiques générales des systèmes organiques

Le système circulatoire est ouvert (ce sont des hémocoéliens) et dispose, comme seule partie endiguant l'hémolymphe, d'un cœur tubulaire dorsal et percé d'orifices régulièrement disposés (ostioles) et d'aortes antérieure et postérieure. Le cœur est toujours localisé dans un sinus hémocoelien (le sinus péricardique). L'hémolymphe pénètre le cœur par les ostioles, est propulsée vers les aortes et abouti dans les sinus hémocoéliens du reste du corps. L'hémolymphe transporte les nutriments et les gaz dissous chez les crustacés et les chélicérates ; elle ne transporte que les nutriments chez les insectes (les échanges gazeux se font à hauteur du voile trachéen).

Le tube digestif est fait de trois parties bien marquées: un long stomodéum (avec parfois jabot, gésier et glandes salivaires), un mésentéron endodermique (souvent en relation avec un hépatopancréas), et

un proctodeum bien développé. La paroi digestive est pourvue de muscles périphériques circulaires et longitudinaux (ils assurent la progression du bol alimentaire par mouvements péristaltiques).

Il n'y a pas de système excréteur néphridien bien que des 'glandes excrétrices' pourraient en être dérivées (glandes coxales, antennaires, maxillaires, etc. des crustacés, de certains chélicérates et quelques myriapodes). Bon nombres d'arthropodes terrestres ont développé des organes excréteurs particuliers, les tubes de Malpighi, s'ouvrent dans le tube digestif au point de jonction entre le mésentéron et le proctodeum.

Le système nerveux comprend une chaîne nerveuse ventrale reliée à un cerveau antéro-dorsal. Ce dernier,

Arthropoda |

extrêmement développé, est fait généralement de trois parties (proto-, deutéro-, tritocérébron) et assure l'innervation des yeux et appendices céphaliques les plus antérieurs (comme les antennules et les antennes).

Les arthropodes sont en principe gonochoriques (encore qu'il y a assez bien de crustacés hermaphrodites). Ils montrent deux gonades, souvent fusionnées en une seule. La fécondation est interne chez les insectes et chélicérates ; interne ou externe chez les crustacés et les myriapodes.

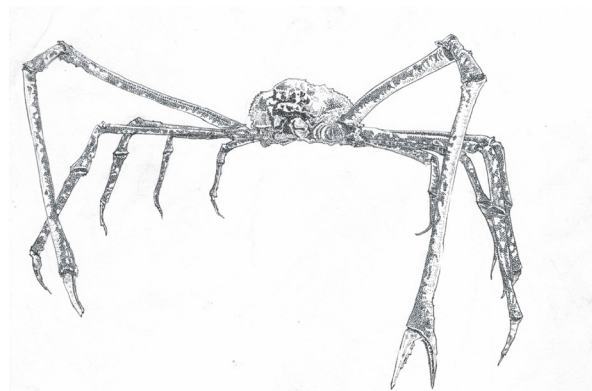
Caractéristiques générales

Marins pour la plupart, quelques espèces dulcicoles et terrestres
La plus grande espèce: *Macrocheira kaemferi*; envergure de 5 m
Âge du plus vieux fossile : ca 500 millions d'années
Nombre d'espèces : ca 70.000 espèces

Ecologie et systématique

Les crustacés forment un sous-phylum parmi les arthropodes. La plupart sont marins, ils se retrouvent dans tous les océans jusqu'aux plaines abyssales. Plusieurs espèces sont dulcicoles ou terrestres et peuvent se retrouver jusqu'à plus de 6.000 m d'altitude dans certains étangs au Chili. Ils peuvent mesurer de l'ordre de la centaine de micromètres pour les plus petits ou mesurer 5 m d'envergure dans le cas du crabe araignée japonais. Les crustacés comprennent également les espèces les plus lourdes avec le homard américain qui peut peser jusqu'à 20 kg et le crabe des cocotiers, terrestre lui, qui peut atteindre les 4 kg. Les crustacés comprennent de nombreuses espèces benthiques et autant de pélagiques. Ils forment pour certains une large partie du zooplancton alors que d'autres sont des top prédateurs dans leur écosystème. Ils se trouvent donc, en fonction des espèces considérées, à des niveaux très variés des chaînes alimentaires. Leurs populations peuvent être immenses et la biomasse du Krill antarctique, par exemple, a été estimée à plus de 500 millions de tonnes. Les crustacés sont des organismes populaires comprenant les homards, les langoustes et les crevettes. Leur morphologie est très variable mais le corps de la plupart d'entre eux est composé de trois parties : la tête, le thorax (ou péron) et l'abdomen (ou pléon).

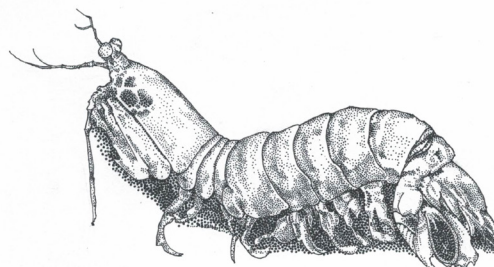
La plus vieille espèce de crustacés date d'il y a quelque 500 millions d'années (Cambrien). La systématique du groupe est très variable et les relations phylogénétiques des taxons très instables à la lueur des données moléculaires récentes. On reconnaît souvent onze classes dont les Malacostraca où se rencontrent les homards, les langoustes et les crevettes, les Thecostraca avec les balanes et les anatifes et les Copepoda qui forme une grande partie du zooplancton. Plusieurs classes, les Tantulocarida, les Branchiura et les Pentastomida sont composées exclusivement d'espèces parasites. Le plan de structure des crustacés est donc extrêmement varié, celui exposé dans le programme MetaMorphos appartient à un malacostracé décapode.



Macrocheira kaemferi, "Japanese Spider Crab" pouvant atteindre une envergure de 5 m.



Synalpheus stimpsoni, une crevette symbiotique toujours associée aux crinoïdes. Longueur : 1,5 cm



Une squille ou "crab-mantis" de l'ordre des *Stomatopoda*. Longueur : 6 cm.

Structure externe

Le corps comprend une tête, un thorax (péréon) et un **abdomen** (pléon). La tête comprend six métamères, le premier, l'acron, étant un métamère extrêmement réduit. Elle porte dorsalement deux paires d'antennes (les **antennes** et les **antennules**) et ventralement, entourant la bouche, une paire de **mandibules** et deux paires de maxilles (les maxilles et les maxillules). Une paire d'**yeux composés**, pédonculés ou pas, se retrouvent sur les côtés. Le thorax composé de huit métamères porte les thoracopodes qui sont des appendices segmentés. Les trois premières paires forment les pattes mâchoires (ou **maxillipèdes**), plus courtes, associées à la bouche. Les cinq dernières paires sont les appendices

locomoteurs, la première pouvant former une pince (ou **chélipède**) chez certaines espèces. Les segments de ces appendices sont la **coxa**, la **base**, l'**ischion**, le **mérus**, le **carpe**, le **propodyte** et le **dactylopodite**. Tête et thorax sont souvent recouverts dorsalement d'un **bouclier céphalothoracique**. L'abdomen composé de six métamères porte les **pléopodes** qui sont des appendices biramés : ils se rattachent à la partie ventrale de l'abdomen par leur protopodite qui se divise en une endopodite et une exopodite. Les appendices du dernier métamère, le telson, sur lequel se trouve l'anus sont aplatis et forment des uropodes, le tout formant la queue du crustacé décapode.

Système nerveux

Le système nerveux consiste principalement en un cerveau et une chaîne nerveuse ventrale. Le cerveau provient de la fusion de trois paires de ganglions cérébroïdes formant le proto-, deuto- et tritocérébron. Du protocérébron antérieur partent les nerfs qui desservent les ocelles. Le deutocérébron donne naissance à une paire de nerf qui dessert les

antennules et le tritocérébron, qui forme un collier périoesophagien innervera les antennes. La chaîne nerveuse ventrale comprend une paire de ganglion par métamère et s'étend dans le thorax et l'abdomen. Des ganglions partent les nerfs qui desservent les différentes parties du corps.

Système digestif

Le système digestif est orthosome et complet avec la bouche s'ouvrant ventralement sur le 3ème métamère et l'anus au niveau du telson. Après la bouche se retrouvent successivement un **œsophage**, un **estomac** et un **intestin**. L'estomac comprend une portion **cardiaque** antérieure où s'accumule la nourriture et une portion postérieure **pylorique**

avec dents chitineuses permettant la malaxation des aliments et soies chitineuses retenant les grosses particules alimentaires. L'intestin porte une paire de caeca digestifs (**glandes digestives** ou hépatopancréas) où s'effectue la digestion et une partie de l'absorption.

Système circulatoire

Le système circulatoire est ouvert et comprend un **cœur** à ostia situé dans le thorax d'où partent une **aorte antérieure** et une **aorte postérieure**. L'aorte antérieure s'étend dans le céphalothorax où elle donne naissance à deux **aortes latérales** et des **artères segmentaires thoraciques**. L'aorte postérieure se prolonge dans la partie dorsale de l'abdomen qui rejoint une artère ventrale abdominale via des **artères segmentaires**. Le cœur est entouré

d'un sinus péricardique. L'hémolymphe arrive au cœur oxygéné en passant par les ostia. Les ostia sont paires, de part et d'autre du cœur, et au nombre variable en fonction des espèces. Des ligaments permettent la suspension du cœur dans le sinus péricardique, lorsqu'ils sont contractés, le volume du cœur augmente, lorsqu'ils se relâchent en même temps que les ostia se referment, le volume du cœur diminue en poussant le sang dans les aortes.

Système respiratoire

Le système respiratoire est composé de branchies au nombre variable. Les branchies sont portées par la coxa des appendices locomoteurs et sont situées dans une paire de chambres branchiales situées sur les côtés du thorax. Généralement, le mouvement répétitif et rapide de plaques chitineuses, les scaphognathites,

portées par les maxilles assurent le mouvement d'eau au sein de ces chambres. Les branchies sont des organes parcourus par l'hémocoèle. L'oxygénation se fait à leur niveau, le sang parcourant ensuite différents sinus pour parvenir au cœur.

Système reproducteur

Les crustacés décapodes sont des organismes gonochoriques présentant un dimorphisme sexuel à l'état adulte. Les systèmes reproducteurs mâle et femelle sont simples. Les gonades dérivent du coelome embryonnaire et forment une paire de testicules ou

d'ovaires localisés dans le thorax chez l'adulte. Les gonoductes sont courts avec des gonopores dont la position varie d'une espèce à l'autre. Les mâles possèdent un pénis impair ou une paire de pénis.

Quelques autres crustacés

Copepoda

Nombre d'espèces : 13.000

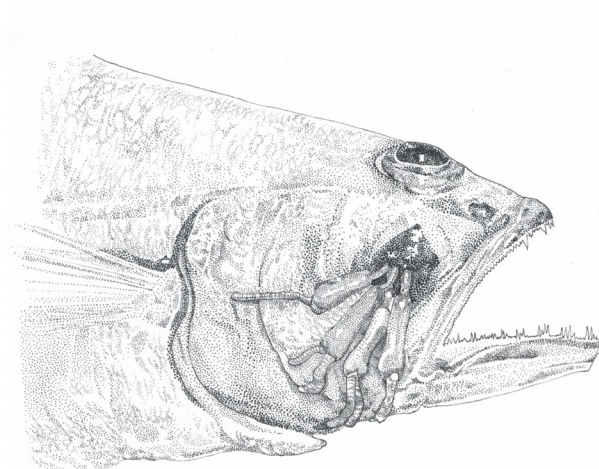
Ecologie : Principalement marins, plusieurs espèces dulcicoles ou parasites

Particularités :

- Classe de crustacés de petite taille sans branchies, un seul œil, médian, l'œil nauplien
- Constituant dominant du zooplancton (jusqu'à 60 % de la biomasse du zooplancton océanique)
- Nage « par petits sauts » à l'aide d'antennes natatoires
- Femelles avec deux sacs ovigènes latéraux
- Corps composé d'un céphalothorax et d'un abdomen
- Certaines espèces parasites avec plan de structure totalement modifié



Un copépode de l'ordre des *Calanoida*, un ordre dominant du zooplancton marin. Longueur : 1 mm.



Des copépodes de l'ordre des *Siphonostomatoida*. Cet ordre comprend plus de 75% des espèces parasitant des poissons. Longueur : 5 mm.

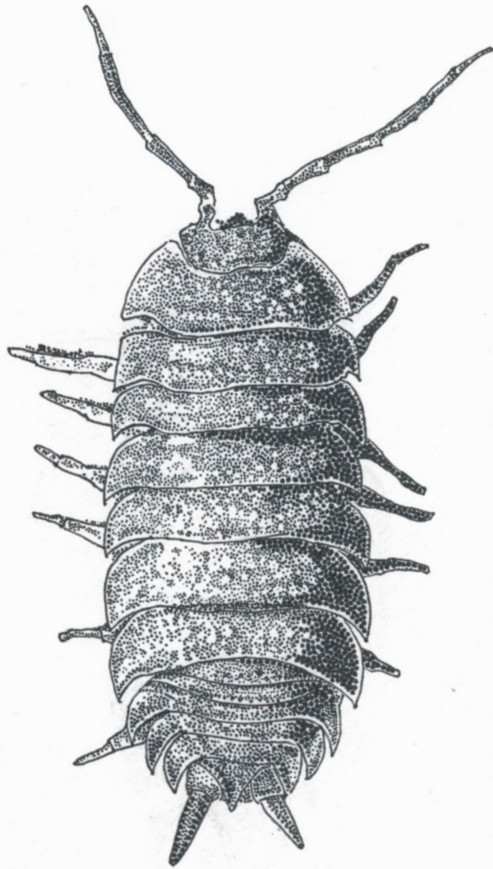
Isopoda

Nombre d'espèces : 13.000

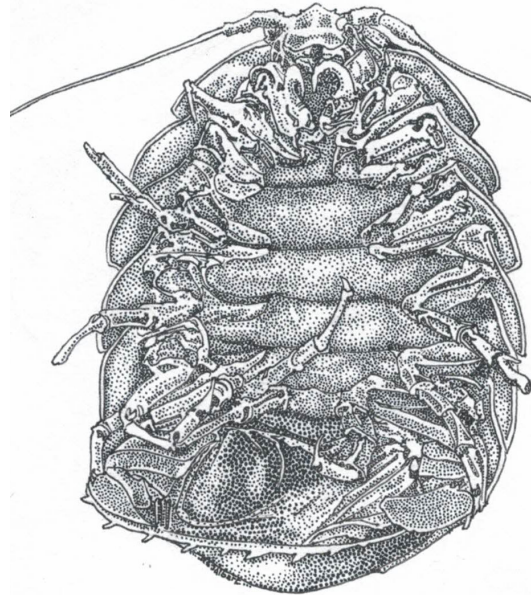
Ecologie : Marins ou terrestres (les cloportes) généralement, quelques espèces d'eau douce (e.g., les aselles) ou parasites

Particularités :

- Ordre de crustacés malacostracés généralement de petite taille avec des espèces abyssales géantes (30 cm pour *Bathynomus giganteus*)
- Corps aplati dorso-ventralement constitué de 19 métamères (plus acron et telson): 5 pour le céphalon, 8 pour le péréon et 6 pour le pléon.



Armadillidium vulgare, le cloporte (Isopoda, Oniscidea).
Longueur : 1 cm.



Bathynomus giganteus, un isopode abyssal géant.
Longueur : 30 cm.

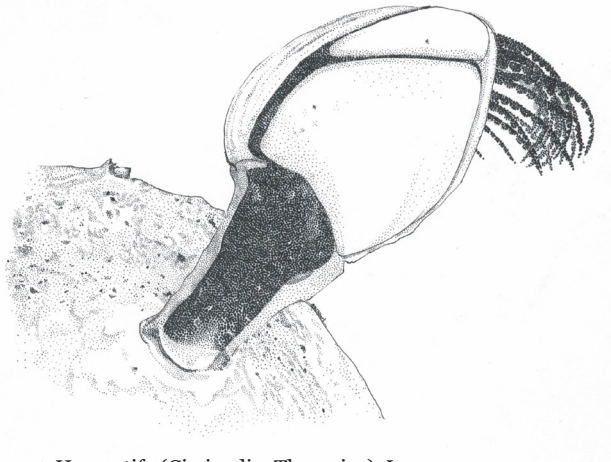
Cirripedia

Nombre d'espèces : 1200

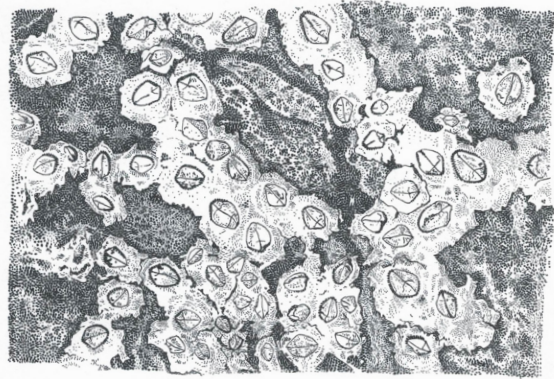
Ecologie : Tous marins, benthiques sessiles ou parasites

Particularités :

- Classe de crustacés comprenant les anatifes, les pousses-pieds et les balanes
- Plan de structure extrêmement modifié avec cuticule formant les plaques d'une carapace
- Organismes libres pédonculés ou pas mais toujours attachés au substrat avec un corps comprenant un céphalon à 5 métamères, un péron à 6 métamères, un pléon réduit et des péréopodes servant à la suspensivorie
- Organismes parasites au plan de structure extrêmement modifié (e.g., les rhizocéphales avec la sacculine, un parasite envahissant le corps des crabes)



Un anatif (Cirripedia, Thoracica). Longueur : 3 cm.



Des balanes (Cirripedia, Thoracica). Longueur : 5 mm.



Une sacculine (Cirripedia, Rhizocephala) montrant l'externa au niveau de l'abdomen et l'interna formant un rhizome dans le crabe parasité. Longueur de l'externa : 2 cm.

Arthropoda

Chelicerata : Arachnida

Caractéristiques générales

Majoritairement terrestre

La plus grande araignée : l'araignée Goliath, *Theraphosa blondi* ; envergure de 30 cm

Age du plus vieux fossile : 420 millions d'années

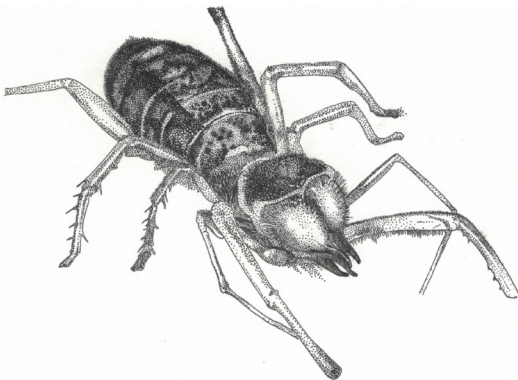
Nombre d'espèces : ca 110.000 espèces

Ecologie et systématique

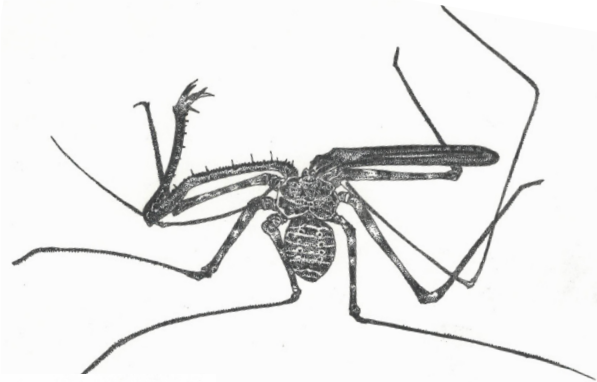
Les arachnides forment une des trois classes du sous-phylum des chélicérates avec les pycnogonides et les merostomates. Ce sont des organismes quasi exclusivement terrestres parmi lesquels on retrouve des taxons variés en ce qui concerne la morphologie externe adaptée tantôt aux conditions particulières des forêts tropicales, tantôt à celles de déserts arides. Les arachnides forment le groupe qui comprend les scorpions, les araignées et les acariens. Ils ont en commun (à l'exception des acariens) d'avoir un corps composé de deux parties le prosoma (ou céphalothorax) et l'opisthosoma (ou abdomen); ils portent des chélicères ainsi que quatre paires de pattes locomotrices. Le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos est celui de l'ordre des Araneae, un des 16 ordres d'arachnides. La grande particularité des araignées est de posséder un système

séricigène qui leur permet de synthétiser de la soie utilisée entre autre dans la fabrication de leur toile.

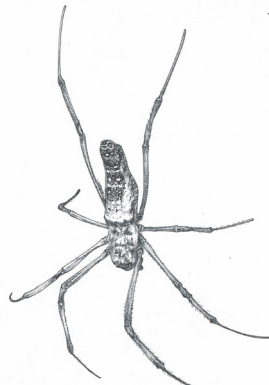
La plus vieille espèce d'arachides date d'il y a 420 millions d'années (Silurien), le plus vieux fossile d'araignée a 300 millions d'années (Carbonifère). On divise les araignées en trois groupes, les Mesothelae (araignées primitives où les métamères sont visibles), les Mygalomorphes (les mygales ou tarentules, toutes caractérisées par des chélicères en position orthognathe c'est-à-dire dont les mouvements s'effectuent parallèlement au corps) et les Araneomorphes (la plupart des araignées communes, caractérisées par des chélicères en position labidognathes c'est-à-dire dont les mouvements s'effectuent perpendiculairement au corps). Le nombre d'espèces d'araignées est de 45.000.



Une solifuge (Arachnida). Envergure : 6 cm



Un amblypyge (Arachnida). Envergure : 30 cm



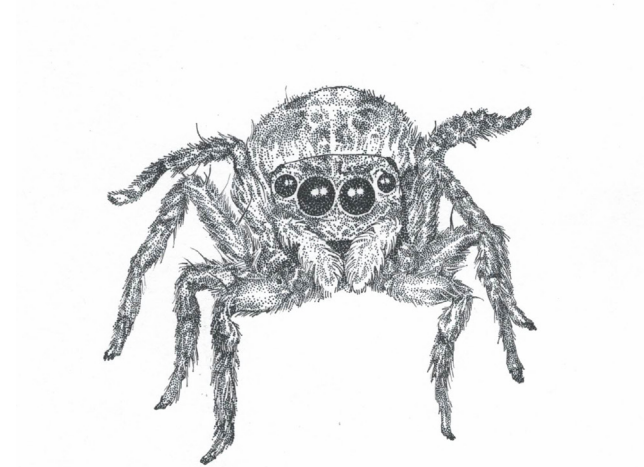
Une nephile. Envergure : 8 cm

Arthropoda

Chelicerata : Arachnida



Un latrodecte ou veuve-noire. Longueur : 2 cm



Un salticide, araignée sauveuse. Longueur : 5 mm

Structure externe

Le corps d'une araignée comprend un **céphalothorax** antérieur relié par un mince **pédicelle** à un **abdomen**. Le céphalothorax porte antérieurement une paire de **chélicères** et des **ocelles**, souvent au nombre de 4 paires. Les chélicères entourent la bouche, ce sont des structures très musclées qui permettent la préhension des proies. Elles se terminent chacune par un **crochet** qui inocule le venin de l'araignée. La bouche est entourée par les **maxilles** gauche et droite et le **labium** qui s'articule sur une plaque squelettique, le **sternum**. Les quatre paires de pattes et la paire de pattes-mâchoires, ou **pédipalpes** sont également articulées sur la partie ventrale du céphalothorax au niveau du sternum. Tous ces appendices sont segmentés: le premier segment est la coxa, puis le trochanter,

le fémur, le tibia, la patelle, le tarse et le prétarse en forme de griffe. Les pédipalpes sont plus courts que les pattes. Ce sont des organes sensoriels qui servent aussi chez le mâle d'organes copulateurs : à maturité, les pédipalpes ont pris les spermatophores déposés par l'orifice génital sur une toile spermatique.

L'abdomen se termine par les **filières**, souvent au nombre de six où se terminent les glandes séricigènes responsables de la synthèse de la soie. Dorsalement, au dessus des filières s'ouvre l'anus alors que ventralement se trouve l'**orifice trachéen ou spiracle**. On retrouve encore sur la partie ventrale de l'abdomen, l'**orifice génital** (situé au centre d'une plaque chitineuse, l'épigyne, dans le cas des femelles) et les deux **fentes pulmonaires**.

Système nerveux

Le système nerveux consiste principalement en un cerveau et une chaîne nerveuse ventrale. Le cerveau provient de la fusion de deux paires de **ganglions cérébroïdes**. Les deux premiers forment le protocérébron antérieur où on retrouve une paire de lobe oculaire d'où partent les nerfs qui desservent les ocelles. Les deux autres paires forment le tritocérébron qui constitue un collier nerveux autour du tube digestif

d'où partent les nerfs chélicéaux et les nerfs des pédipalpes. Un deutocérébron intermédiaire n'est pas présent chez les chélicérates mais bien chez les autres arthropodes. Le cerveau est connecté au **massif nerveux sous-oesophagien** qui et d'où partent 4 paires de nerfs desservant les pattes locomotrices et un nerf desservant l'abdomen.

Arthropoda

Chelicerata : Arachnida

Système digestif

La grande majorité des araignées sont des organismes carnivores qui utilisent leur système venimeux pour paralyser leurs proies et leur système séricigène pour les immobiliser. Lorsqu'elle est paralysée et immobilisée, la proie est partiellement digérée à l'extérieur par les sécrétions du pharynx. Les parties de la proie liquéfiées sont ensuite aspirées par l'estomac ou jabot aspirateur. L'intestin, qui fait suite à l'estomac se répartit pour partie dans le céphalothorax où il forme le thoracentéron, pour partie dans l'abdomen où il forme le chyloentéron qui se termine par l'anus. La plupart des araignées

possèdent quatre paires de caeca digestifs dans le céphalothorax et plusieurs paires branchues dans l'abdomen. Ces caeca sont les sites de la digestion et de l'absorption. Un de ces caeca antérieur forme une extension dorsale dans le céphalothorax. L'intestin se termine par un cloaque qui reçoit les tubules de Malpighi et la poche stercorale. Cette dernière reçoit les excréments qui sont déféqués périodiquement.

Système circulatoire

Le système circulatoire est ouvert et comprend un cœur à ostia situé dans l'abdomen d'où partent une aorte antérieure et une aorte postérieure. L'aorte antérieure s'étend dans le céphalothorax où elle donne naissance à deux aortes latérales qui se prolongent chacune par une crosse aortique. De nombreuses artères abdominales et céphalothoraciques qui desservent les organes ou s'ouvrent dans la cavité hémocoelienne. Le cœur est entouré d'un sinus

péricardique en communication avec les sinus pulmopéricardiques. L'hémolymph arrive au cœur oxygéné en passant par les ostia. Pour cela, des muscles entrent en action : lorsqu'ils sont contractés, le volume du cœur augmente, lorsqu'ils se relâchent en même temps que les ostia se referment, le volume du cœur diminue en poussant le sang dans les aortes.

Système respiratoire

Le système respiratoire est double et constitué de poumons et de trachées. Les poumons forment deux sacs situés dans les côtés gauche et droit de l'abdomen. Ils communiquent indépendamment avec l'extérieur par deux orifices, les fentes pulmonaires, situés de part et d'autre de l'orifice génital. La lumière des poumons, nommée atrium, est très digitée amenant l'air en contact avec le sinus pulmonaire qui l'entoure. La présence d'un épithélium fin au niveau des replis

des atria assurent les échanges gazeux. Les trachées s'ouvrent à l'extérieur via un ou deux spiracles situés en avant des filières. Ce sont des tubules qui se dichotomisent et deviennent de plus en plus fins en envahissant le corps de l'araignée, principalement l'abdomen. Contrairement aux insectes chez qui la trachée fournit directement l'oxygène de l'air aux organes, chez les araignées, l'oxygène diffuse d'abord dans le sang avant d'être distribué.

Système reproducteur

Les araignées sont des organismes gonochoriques présentant un dimorphisme sexuel à l'état adulte où les mâles présentent des pédipalpes gonflés contenant des spermatophores. Le système reproducteur mâle, situé dans l'abdomen, consiste en une paire de testicules tubulaires et une paire de spermiductes qui convergent et fusionnent pour s'ouvrir à l'extérieur au niveau du sillon épigastrique. Lors de la reproduction, le sperme est déposé sur une petite toile que

synthétise le mâle. Les pédipalpes modifiés prennent alors en charge le sperme qu'ils stockent dans leur tarse nommé à cet effet le cymbium. Une partie des pédipalpes sera introduite dans les canaux génitaux femelles pour y déposer le sperme.

Le système reproducteur femelle est également situé dans l'abdomen. Plus complexe, il est constitué d'une paire d'ovaires d'où partent deux oviductes qui fusionnent pour s'ouvrir au milieu du sillon

Arthropoda

Chelicerata : Arachnida

épigastrique par le gonopore femelle (la partie impaire de l'oviducte porte aussi le nom de vagin ou d'uterus). De part et d'autre de l'oviducte arrivent deux canaux fertilisateurs. Ceux-ci sont connectés à deux réceptacles séminaux d'où partent deux canaux collecteurs. Lors de l'accouplement, le sperme est déposé au niveau des canaux collecteurs et s'accumule dans les réceptacles séminaux. Lorsque les ovocytes sont émis de l'ovaire et se retrouvent dans l'oviducte, ils sont fécondés par les spermatozoïdes. Les œufs fécondés s'accumulent d'abord dans l'oviducte pour

être finalement émis vers l'extérieur par le gonopore unique et se retrouver au sein d'un cocon synthétisé par les filières.

Le développement est direct et une araignée immature sort de l'œuf pour commencer sa croissance dans le cocon. L'éclosion donne naissance à un stade « prélarvaire » puis « larvaire » (sic) et enfin nymphal dans le cocon. La sortie du cocon se fait au stade nymphal qui voit encore plusieurs mues avant d'arriver à la maturité sexuelle.

Système venimeux

Le système venimeux est composé d'une paire de glandes venimeuses situées dans les chélicères ou dans le céphalothorax et de canaux permettant l'évacuation du venin à l'apex des crochets. Toutes les araignées possèdent des glandes venimeuses à l'exception de celles de la famille des Uloboridae. Le venin est

composé de protéines neurotoxiques ou nécrotiques, les premières s'attaquant au système nerveux, les secondes provoquant des lésions cutanées. Parmi les araignées dangereuses pour l'Homme se retrouvent les veuves noires du genre *Latrodectus* et les mygales du genre *Atrax*.

Système séricigène

Le système séricigène est composé de six types de glandes et de leurs canaux qui aboutissent aux filières postérieures ainsi que, chez les cribellates, à un organe, le cribellum, situé en avant des filières. La soie est utilisée pour la synthèse des toiles qui servent à la capture des proies, au dépôt des spermatophores chez le mâle (toile spermatique), à la synthèse des fils de sécurité chez les espèces chasseresses et des fils d'Ariane chez les juvéniles (qui leur permettent la dispersion), et encore à la synthèse des cocons où sont déposés les œufs et où sont préservés les proies paralysées.

Les glandes piriformes sont nombreuses et aboutissent aux filières antérieures. Elles produisent un adhésif permettant l'ancrage des fils au substrat. Les glandes ampullacées sont au nombre de quelques

paires et aboutissent aux filières antérieures et médianes. Elles servent principalement à l'élaboration du cadre et des rayons de la toile orbiculaire ainsi qu'à celle des fils de sécurité des araignées chasseresses. Les glandes flagelliformes (au nombre variable aboutissant aux filières postérieures) et les glandes agrégées (présentes chez quelques familles au nombre de deux paires au maximum) sont responsables de la spirale adhésive des toiles orbiculaires. Les glandes tubuliformes aboutissent aux filières médianes et postérieures et permettent la confection des cocons protégeant les œufs. Les glandes aciniformes, nombreuses, débouchent sur les filières médianes et postérieures et synthétisent le cocon qui est dressé autour des proies

Les autres chélicérates

Merostomata

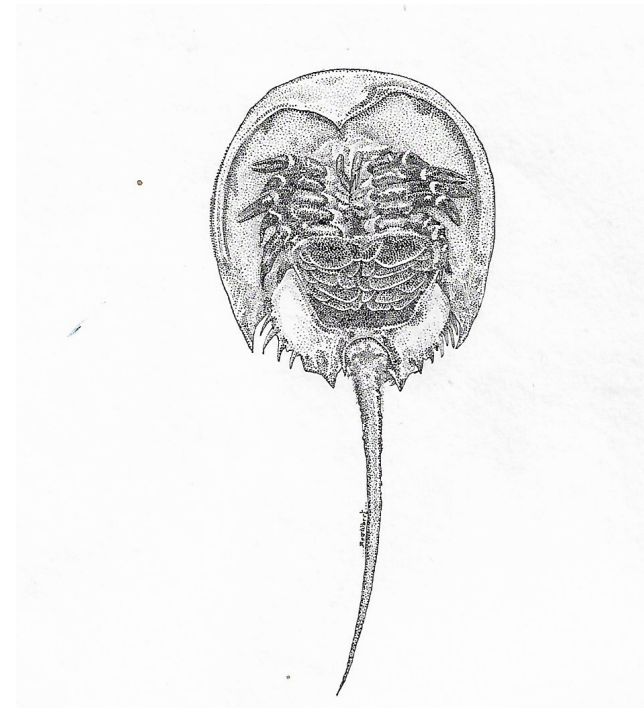
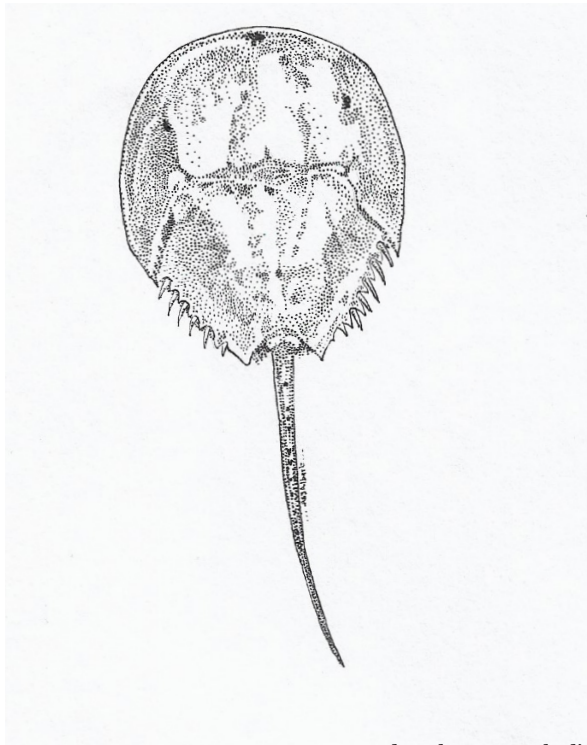
Nombre d'espèces : 4

Deux ordres, ceux des Xiphosura (espèces actuelles) et des Eurypterida (espèces fossiles)

Ecologie : espèces marines des milieux intertidaux, épibenthiques

Particularités:

- Espèces carnivores ou charognards
- Corps formé d'un prosoma et d'un opisthosoma avec un telson en forme de queue
- Quatre paires de pattes locomotrices, une paire de pédipalpes et de chélicères
- Carapace en chitine avec précipitation de carbonate de calcium assurant la dureté
- Hémolymphe utilisée par l'Homme pour détecter des infections bactériennes dans les produits de dialyse
- Gonochoriques
- Fécondation externe avec larve triops



Vue dorsale et ventrale d'une limule (ordre des Xiphosura)

Arthropoda

Chelicerata : Arachnida

Pycnogonida

Nombre d'espèces : 500

Ecologie : espèces marines

Particularités:

- Espèces carnivores, beaucoup se nourrissant d'hydrozoaires, d'éponges ou de bryozoaires
- Corps formé d'un céphalon, d'un tronc et d'un abdomen très court
- Céphalon avec proboscis portant les chélicères, les pédipalpes et, uniquement chez les mâles, des pattes ovigères portant les oeufs
- Tronc avec quatre paires de pattes locomotrices
- Majoritairement gonochoriques
- Fécondation externe avec larve protonymphon



Vue dorsale d'un mâle de *Nymphon gracile*

Echinodermata

Holothuroidea

Caractéristiques générales

*Triploblastique, eucoelomien
Deuterostomien, enterocoelien
Marins, benthiques*

Symétrie radiaire pentamère chez les adultes, symétrie bilatérale chez les larves

Les plus grands : espèces de la famille des Synaptidae; jusqu'à 2 m de long

Age du plus vieux fossile : 420 millions d'années

Nombre d'espèces : 1400

Ecologie et systématique

Les holothuries (Holothuroidea) forment une des cinq classes du phylum des échinodermes. Ce sont des organismes exclusivement marins qui se répartissent dans tous les océans, du milieu intertidal aux fosses hadales. A quelques exceptions près (les espèces holopélagiques), les holothuries sont toutes benthiques, certaines vivent sur des substrats durs tels que des rochers ou des coraux, les autres se retrouvent sur ou dans des substrats meubles. Les holothuries benthiques sont des organismes sédentaires ou faiblement vagiles, se déplaçant dans ce dernier cas très lentement sur les fonds marins. Elles mesurent de l'ordre d'une dizaine de centimètres, leur taille variant du millimètre (chez les espèces méiofaunales) à plus de deux mètres (pour certaines holothuries synaptides aussi appelées holothuries serpents). Si les populations de la plupart des holothuries sont clairsemées, il n'est pas rare de retrouver des densités élevées qui atteignent plus de dix individus par mètre carré. Les holothuries sont particulièrement abondantes dans le fond des océans où elles forment plus de 80% de la biomasse des macro-invertébrés benthiques.

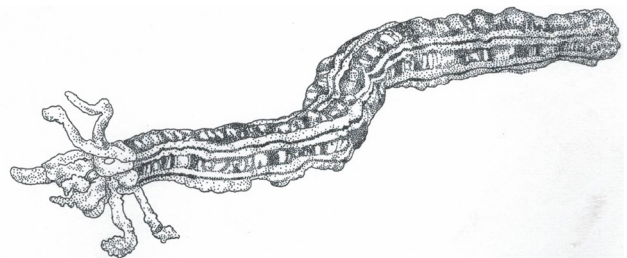
La plus vieille espèce d'holothurie date d'il y a 420 millions d'années (Dévonien). Actuellement, six ordres sont reconnus, les Apodida, Elasipodida, Molpadiida, Dactylochirotida, Aspirochirotida et Dendrochirotida. Les deux derniers ordres sont les plus importants en terme de nombre d'espèces, le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos étant caractéristique d'un Aspirochirotida. L'appartenance à un ordre est basée sur la forme de l'anneau calcaire entourant la cavité buccale, sur celle des tentacules et sur la présence/absence de certains organes. La systématique au niveau infra-ordre est surtout basée sur la forme des ossicules (leur squelette interne).



Bohadschia atra (Aspirochirotida) expulsant ses tubes de Cuvier. Longueur : 30 cm.



Cucumaria sp. (Dendrochirotida). Longueur : 5 cm.



Partie antérieure de *Synapta naculata* (Apodida) montrant les tentacules buccaux. Longueur : 40 cm.

Echinodermata

Holothuroidea

Structure externe

Contrairement aux autres échinodermes, la symétrie radiaire pentamère qui caractérise le phylum n'est pas directement visible chez les holothuries. En effet, alors que l'axe oral-aboral (reliant la bouche à l'anus) est perpendiculaire au substrat chez les autres échinodermes, il est parallèle au substrat chez les holothuries qui voient ainsi une symétrie bilatérale se superposer à leur symétrie radiaire pentamère. Cette symétrie pentamère n'est visible de l'extérieur que chez certaines espèces où on peut observer cinq bandes d'appendices ambulacraires (podia et papilles) qui courent de la bouche jusqu'au pore cloacal au niveau de cinq radius. Ces cinq radius s'accompagnent intérieurement de cinq bandes musculaires longitudinales, de cinq nerfs radiaires et des cinq canaux radiaires du système ambulacraire.

Une holothurie a la forme d'un cylindre aplati

dorso-ventralement. La partie ventrale, le trivium, comprend trois bandes podiales accompagnées intérieurement de trois canaux radiaires, chaque bande comprenant plusieurs rangées de podia. Chez certaines espèces, ces bandes sont jointives, le trivium, alors appelé la sole, étant recouvert de podia. La partie dorsale, le bivium comprend des papilles clairsemées. Le bivium est parcouru intérieurement par deux canaux radiaires d'où naissent les papilles. Papilles et podia sont anatomiquement très similaires mais leur fonction sont cependant différentes, les podia étant des organes locomoteur (ou fixateur) et les papilles étant des organes sensoriels (mécano- et /ou photorécepteurs). La bouche s'ouvre antéro-ventralement et est entourée par les tentacules (généralement un multiple de 5). Le pore cloacal s'ouvre à l'opposé.

Tégument, squelette et cavité générale

Le tégument des holothuries est composé d'un épiderme, d'un derme, d'une couche musculaire et d'un mésothélium (épithélium coelomique). L'épiderme est cuticulé et non cilié. On y retrouve des cellules de recouvrement, des cellules glandulaires et diverses cellules sensorielles. Le derme est fait principalement de cellules conjonctives. Il comprend également les éléments de l'endosquelette de l'holothurie comme l'anneau calcaire et les ossicules. L'anneau calcaire entoure la cavité buccale. Les ossicules se retrouvent à différents endroits (paroi générale, papille, podia, tentacules) et sont de formes très variées (en forme

de roue, d'ancre uniaxiale ou multiaxiale). La couche musculaire est faite de muscles circulaires formant un cylindre non interrompu excepté au niveau des cinq bandes musculaires longitudinales. Le derme se termine intérieurement par un mésothélium cilié provenant du mésothélium somatocoelien embryonnaire. Il borde la cavité générale qui correspond au coelome somatocoelien. Un plexus nerveux est présent dans le derme (plexus hyponeural) et s'accompagne, chez certaines espèces du moins, d'un plexus subépidermique (plexus hyponeural).

Système nerveux

Le système nerveux consiste en un collier nerveux, des nerfs radiaires et leurs extensions, les principales étant les nerfs tentaculaires. Le collier nerveux se situe à la base des tentacules, devant l'anneau calcaire. Le collier nerveux donnera naissance à cinq nerfs radiaires qui longent les cinq radius. Les nerfs radiaires sont des cordons aplatis, parfois pourvus de ganglions, qui se divisent sur toute leur longueur

en une partie épineurale, proche de l'épiderme, épaisse et sensorielle et une partie hyponeurale, proche du mésothélium, fine et locomotrice. Les deux parties envoient dans tous le corps des ramifications nerveuses très fines qui forment les plexus nerveux épi- et hyponeuraux. Le premier plexus desservira principalement les cellules sensorielles, le second les cellules musculaires.

Echinodermata

Holothuroidea

Système ambulacraire

Le système ambulacraire est un système organique à part entière uniquement présent chez les échinodermes. Chez les holothuries, il participe principalement à la locomotion et à l'alimentation des individus. Le système ambulacraire est composé d'un canal circulaire, de cinq canaux radiaires, de canaux latéraux, de canaux tentaculaires, de vésicules de Poli, d'un canal madréporique et de la plaque madréporique. Le système ambulacraire des holothuries a pour particularité d'avoir une plaque madréporique (encore appelé madréporite) qui se situe dans la cavité générale pour la très grande majorité des espèces (chez quelques espèces de grandes profondeurs cette plaque s'ouvre sur la partie dorsale). Cette plaque madréporique chez d'autres échinodermes (comme les étoiles de mer ou les oursins) met la lumière des canaux du système ambulacraire en relation avec le milieu extérieur. Ceci permet à l'organisme de posséder un système hydraulique très efficace permettant à certains de ses appendices de s'allonger en y injectant un liquide de composition très similaire à celle de l'eau de mer. Dans le cas des holothuries, le liquide passe de la cavité générale vers la lumière du système ambulacraire par la multitude de pores dont est percée la plaque madréporique. Celle-ci chapeaute le canal madréporique très court qui débouche dans

le canal circulaire. Ce canal est protégé par l'anneau calcaire. De ce canal partent vers l'avant cinq canaux radiaires qui se recourbent à proximité de la bouche pour ensuite parcourir la longueur du corps, deux au niveau du bivism, les trois autres au niveau du trivium. Lorsque les canaux radiaires se recourbent, ils donnent naissance chacun à un canal tentaculaire qui se dichotomisent en canaux secondaires pénétrant les tentacules. Dans le bivism et le trivium, les canaux radiaires donnent également naissance à une multitude de canaux latéraux qui pénètrent les papilles et les podia. De deux à cinq vésicules de Poli sont annexées au canal circulaire. En se contractant, les vésicules injectent le liquide qu'ils contiennent dans la lumière du système ambulacraire.

La lumière des canaux du système ambulacraire est bordée par un mésothélium qui provient de l'épithélium hydrocoelien embryonnaire, d'une couche musculaire (circulaire ou longitudinale en fonction de son emplacement), d'un tissu connectif et du mésothélium externe qui provient de l'épithélium somatocoelien embryonnaire. Au niveau des podia, des papilles et des tentacules, les canaux ambulacraires latéraux soulèvent l'épiderme pour former avec lui ces appendices

Système digestif

Les holothuries sont des organismes suspensivores (Dendrochirotida) ou détritivores (Aspirochirotida). La capture des particules se fait à l'aide des tentacules qui, dans le cas des détritivores, s'appliquent à la surface des substrats marins. Les particules organiques et inorganiques adhèrent aux tentacules qui se courbent et les déposent dans la cavité buccale. Faisant suite à la cavité buccale, se retrouvent l'œsophage (aussi nommé pharynx), l'intestin et le cloaque qui s'ouvrent à l'extérieur par le pore cloacal. Trois sphincters sont présents, deux de part et d'autre de l'œsophage et le dernier à l'avant du cloaque. L'œsophage est un tube court de transit entre la cavité buccale et les parties profondes du tube digestif. L'intestin est fait de trois parties : la branche descendante de l'intestin antérieur qui se dirige vers l'arrière, la branche ascendante de l'intestin antérieur qui se dirige vers l'avant et l'intestin postérieur qui s'ouvre dans le cloaque. L'intestin antérieur est fortement vascularisé. C'est le siège principal de la digestion et de l'absorption. L'intestin postérieur, non vascularisé est un tube concentrant les parties non digérées du bol alimentaire.

La paroi du tube digestif est formée d'un épithélium bordant la lumière digestive, de deux couches musculaires (muscle longitudinaux internes et circulaires externe), d'un tissu connectif et du mésothélium somatocoelien. Des neurites parcourent le tube digestif entre les deux couches musculaires et sont particulièrement abondants au niveau de l'œsophage. L'épithélium digestif comprend des cellules sécrétant des enzymes digestives, des cellules absorbant les nutriments nés de l'activité enzymatique et des cellules sécrétant un mucus protégeant l'épithélium contre l'abrasion du bol alimentaire. Les cellules sécrétrices d'enzymes digestives sont abondantes au niveau de la branche descendante de l'intestin antérieur, les cellules absorbantes sont plus abondantes dans la branche ascendante de l'intestin antérieur et les cellules muqueuses se retrouvent dans les intestins antérieur et postérieur. Les muscles assurent un péristaltisme permettant l'avancée du bol alimentaire. Le mésothélium joue un rôle dans la transition des nutriments du tube digestif vers la cavité générale et dans la transition des cellules de défenses, les coelomocytes, vers le tube digestif.

Echinodermata

Holothuroidea

Système hémal

Le système hémal est un des trois systèmes assurant la circulation de métabolites au sein de l'holothurie, les deux autres étant la cavité générale et le système ambulacraire. La plupart des coelomocytes sont formés dans le système hémal dont un des rôles principaux est donc en cela d'assurer la synthèse et une circulation efficace des cellules de défense. Le système hémal comprend un anneau hémal, un sinus ventral, un sinus dorsal, un sinus sous-pulmonaire et deux plexus, un pulmonaire et l'autre intestinal. De l'anneau hémal, situé autour de l'œsophage, partent les sinus ventral et dorsal. Ils longent la branche descendante de l'intestin antérieur et puisent les nutriments provenant de la digestion grâce au plexus intestinal. Le plexus intestinal est particulièrement développé à l'intersection avec la branche ascendante où il forme le *rete mirabilis* encore appelé le réseau admirable. Les sinus ventral et dorsal suivent également la branche ascendante de l'intestin

antérieur mais à son niveau, dorsalement, vient se placer l'arbre respiratoire gauche qui est séparé du tube digestif par le sinus sous-pulmonaire. Le plexus pulmonaire facilite les échanges gazeux avec l'eau contenue dans la lumière de l'arbre respiratoire. Une ou plusieurs connections transversales joignent différentes parties du sinus ventral.

Le système hémal ne comprend pas une lumière limitée par un épithélium et en cela ne comprend donc pas de véritables vaisseaux. Le liquide hémal parcourt des sinus qui correspondent aux espaces extracellulaires entourés par un tissu connectif. Autour du tissu connectif se retrouvent le plexus nerveux et une couche neuro-musculaire comprenant des muscles circulaires et longitudinaux assurant la circulation. Cette circulation n'est pas unidirectionnelle mais en va-et-vient, le liquide hémal circulant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. L'extérieur des sinus est limité par le mésothélium somatocoelien.

Système respiratoire

Le système respiratoire est composé de deux arbres, les arbres respiratoires gauche et droit, qui partent du cloaque et remontent vers la partie antérieure de l'animal. L'arbre respiratoire gauche est connecté au tube digestif par le sinus pulmonaire tandis que l'arbre respiratoire droit est libre dans la cavité générale. Les arbres sont faits d'un tronc primaire d'où partent des branches plus fines qui en se dichotomisant terminent par des vésicules. Histologiquement, la paroi des arbres est identique à celle du tube digestif

à l'exception du fait que l'épithélium luminal est particulièrement fin permettant ainsi les échanges gazeux. Le mésothélium somatocoelien est en partie constitué de cellules myoépithéliales et le tissu connectif comprend de nombreuses fibres d'élastine. Ces deux caractéristiques expliquent la propriété qu'à le système respiratoire à se gonfler d'eau. La respiration s'effectue par des mouvements d'eau en va-et-vient qui rentrent et sortent de l'holothurie par le pore cloacal.

Système reproducteur

La majorité des holothuries sont dioïques et n'arborent aucun dimorphisme sexuel. Le système reproducteur consiste en une gonade et un gonoducte qui s'ouvre à l'extérieur antéro-dorsalement à proximité de la bouche. La gonade est formée de tubules dichotomisés comprenant les cellules germinales en maturation. Le gonoducte est rattaché à l'œsophage par un mésentère dorsal. La lumière des gonades est bordée par l'épithélium germinatif, un tissu connectif, une double couche musculaire (circulaire et longitudinale) et le mésothélium somatocoelien. L'épithélium germinatif comprend des cellules germinales allant du stade oogonies au stade ovocytes primaires pour les femelles et du stade spermatogonies aux spermatozoïdes chez les mâles. Les gamètes sont relâchés dans la lumière au moment

de la période de reproduction qui peut être ponctuelle ou étendue dans l'année. La musculature permet aux gamètes d'être expulsés vers l'extérieur où s'effectue la fécondation. Le gonoducte a une structure identique à la gonade si ce n'est que l'épithélium luminal est fait de cellules ciliées facilitant l'expulsion des gamètes.

La fécondation donne naissance à une première larve, l'auricularia, en forme de petite oreille. Après une quinzaine de jour, l'auricularia entre en métamorphose et se transforme en doliolaria, larve métamorphique en forme de tonnelet. Cette larve vit quelques jours trouve un substrat adéquat et se métamorphose en un troisième stade larvaire, benthique cette fois, la larve pentactula. Celle-ci se transforme graduellement en un juvénile.

Echinodermata

Holothuroidea

Autres systèmes organiques

Aucun système excréteur n'est apparent chez les holothuries, le système hémal couplé aux systèmes respiratoire et digestif participant très certainement à l'excrétion des déchets du métabolisme. Certaines holothuries du genre *Holothuria* possèdent des tubes de Cuvier qui sont des tubes collants et toxiques situés dans la cavité générale. Ce sont des extensions du cloaque qui s'expulsent lors d'un stress tel que

l'attaque d'un prédateur. A ce moment la paroi du cloaque se rompt permettant aux tubes de Cuvier de s'étendre à l'extérieur en passant par le pore cloacal. Les substances toxiques des holothuries sont des saponines, molécules également sécrétées en permanence, mais à des concentrations moins fortes, par le tégument et certains autres organes comme les gonades.

Les autres échinodermes

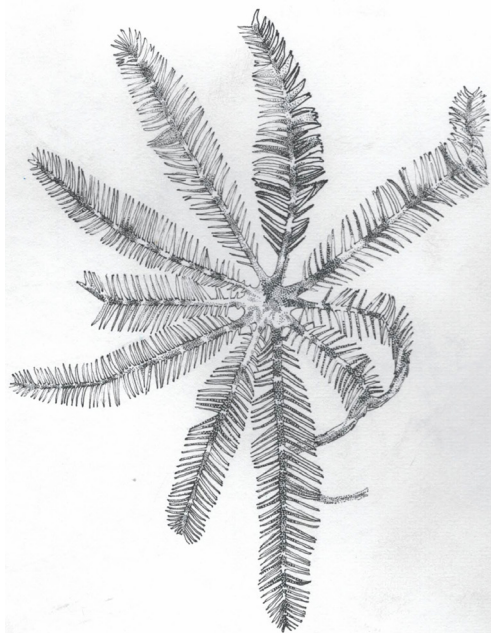
Crinoidea

Nombre d'espèces : 540 (plus de 5000 espèces fossiles)

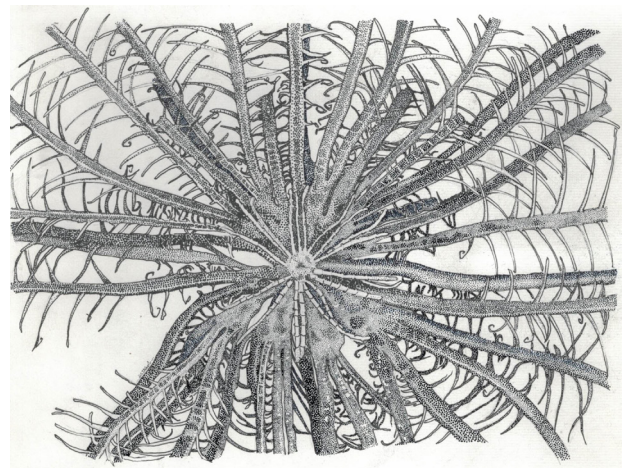
Ecologie : espèces marines, épibenthiques

Particularités:

- Majorité des espèces non pédonculées (les comatules), les autres pédonculées (lys de mer)
- Suspensivores
- Corps formé d'un calice central d'où partent des bras dichotomisés ou pas et porteur de pinnules
- Endosquelette formé d'ossicules
- Gonochoriques
- Fécondation externe avec larve dipleurula



Vue orale d'*Antedon* sp. Diamètre : 7 cm.



Vue arborale d'un comasteridé illustrant les cirres qui s'accrochent au substrat et la dichotomie des bras. Diamètre : 20 cm.

Echinodermata

Holothuroidea

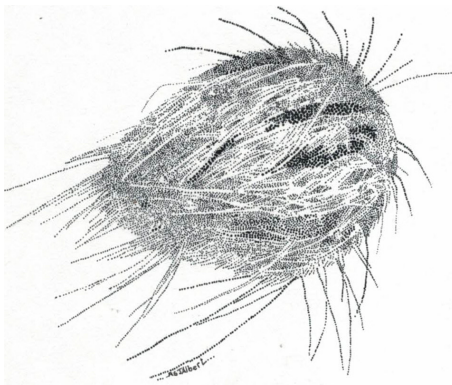
Echinoidea

Nombre d'espèces : 900, représentant le groupe des oursins

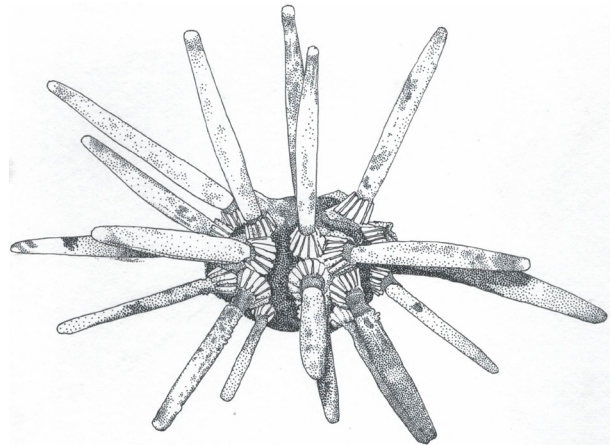
Ecologie : espèces marines, épi- ou endobenthiques

Particularités:

- Endosquelette formés d'ossicules soudés formant un test
- Test avec symétrie radiaire parfaite (les oursins réguliers, épibenthiques) ou déformé par une symétrie bilatérale surimposée à la symétrie radiaire (les oursins irréguliers, endobenthiques)
- Test entouré de piquants et de pédicellaires défensifs
- Majoritairement brouteurs, possédant un système de mâchoire avec Lanterne d'Aristote et dents puissantes
- Majoritairement gonochoriques
- Fécondation externe avec larve échinopluteus



L'oursin irrégulier, *Marieta planulata*. Longueur : 6 cm.



L'oursin irrégulier, *Phyllacanthus imperialis*. Diamètre avec les piquants : 15 cm.

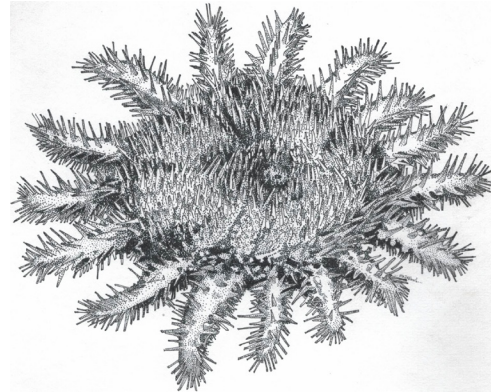
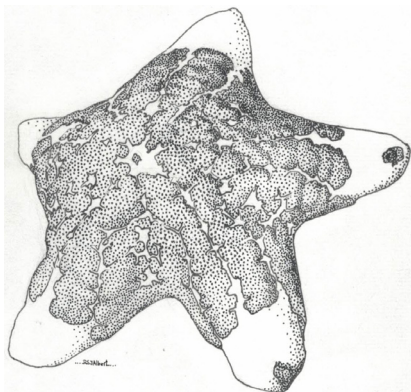
Asteroidea

Nombre d'espèces : 1600, représentant le groupe des étoiles de mer

Ecologie : espèces marines, épi- ou endobenthiques

Particularités:

- Endosquelette formés d'ossicules
- Corps fait d'une partie centrale d'où partent des bras qui peuvent se dichotomiser
- Possèdent des pédicellaires défensifs et de nombreuses papules
- Sécrètent des molécules cytotoxiques, les saponines
- Modes alimentaires diversifiés, certaines espèces prédatrices se nourrissant de bivalves
- Majoritairement gonochoriques
- Fécondation externe avec larve bipinnaria puis brachiolaria



Acanthaster planci et *Choriaster granulatus*, étoiles de mer habitants les récifs coralliens indo-pacifiques. Diamètre : 40 cm.

Echinodermata

Holothuroidea

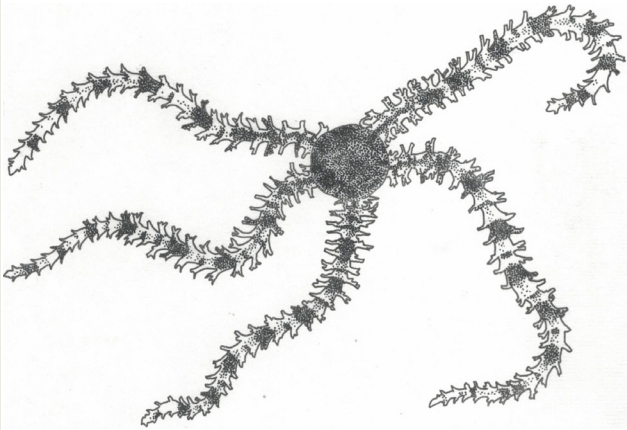
Ophiuroidea

Nombre d'espèces : 2000

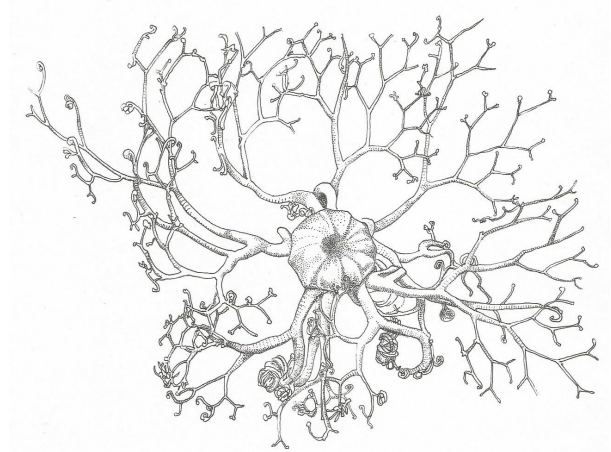
Ecologie : espèces marines, épi- ou endobenthiques

Particularités:

- Endosquelette formés d'ossicules
- Corps fait d'un disque central d'où partent des bras très fins qui peuvent se dichotomiser
- Modes alimentaires diversifiés, majoritairement suspensivores ou détritivores
- Majoritairement gonochoriques
- Fécondation externe avec larve ophiopluteus



Ophiocoma scolopendrina, une ophiure des régions coralliennes indo-pacifiques.
Diamètre : 13cm.



Feuryale sp., une ophiure caractérisée par la dichotomie de ses bras.
Diamètre : 15cm.

Caractéristiques générales

Triploblastique, acoelomien

Symétrie bilatérale

Marins, majoritairement épibenthiques

Solitaires ou coloniaux

Le plus grand : Pyura pachydermatina ; 1 m de long

Age du plus vieux fossile : 555 millions d'années

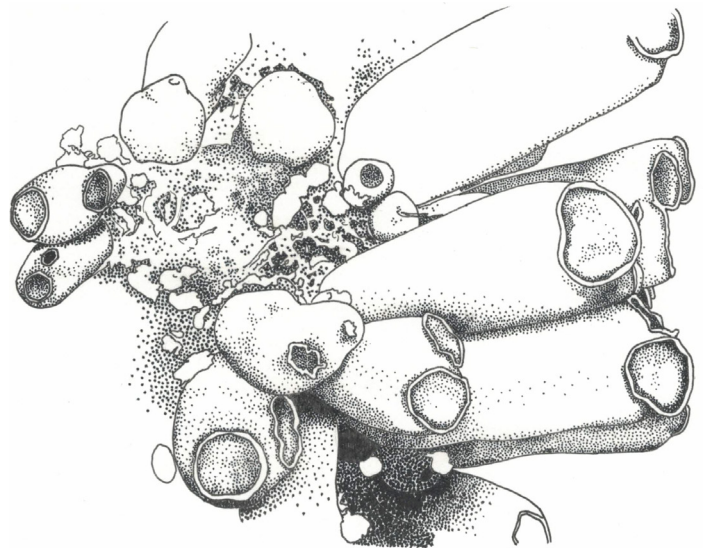
Nombre d'espèces : 2300

Ecologie et systématique

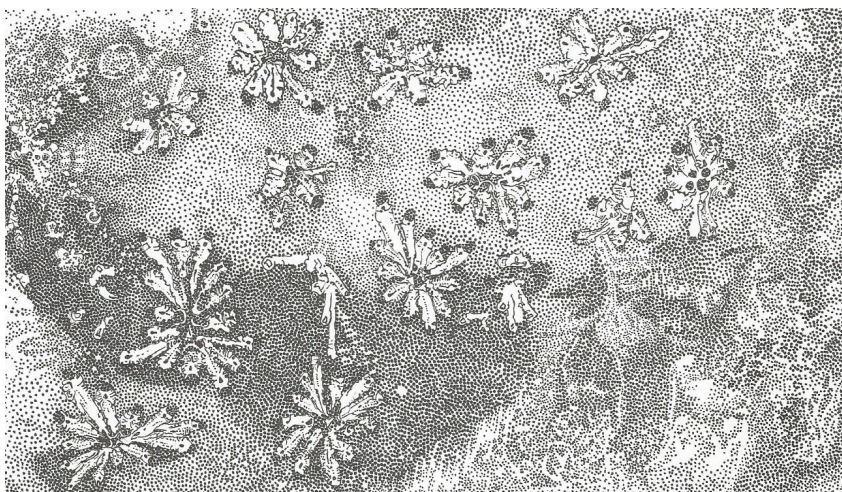
Les ascidies (Ascidiacea) forment une des trois classes du sous-phylum des urochordés (encore appelés tuniciers) avec les thaliacés et les appendiculaires (une quatrième classe d'organismes profonds, celle des sorbéracés, est parfois reconnues). Les ascidies forment le groupe des « outres de mer ». Elles se retrouvent dans tous les océans, majoritairement dans la zone subtidale sur le plateau continental, avec quelques espèces plus profondes vivant dans les plaines abyssales. Elles sont toutes marines, majoritairement épibenthiques, sédentaires, attachées à des substrats rocheux (quelques espèces de petite taille sont endobenthiques et vivent dans des substrats mous). Elles mesurent de l'ordre du centimètre, les plus petits, inférieur au millimètre font partie de la faune méiotique, les plus grands sont pédonculés et mesurent un mètre de long. Les ascidies sont solitaires ou coloniales, la morphologie des colonies variant d'un type où les individus sont attachés l'un avec l'autre à leur base à un type où les individus partagent leurs systèmes organiques.

La plus vieille ascidie date de l'ère précambrienne. On reconnaît généralement trois ordres en fonction de la

structure du pharynx des espèces : les Aplousobranchia, les Phlebobranchia et les Stolidobranchia. Le plan de structure exposé dans le programme MetaMorphos est celui d'un phlebobranche.



Rhopalea sp. Longueur : 5 cm



Rhopalea sp. Longueur : 5 cm

Structure externe

Le corps des ascidies solitaires est fait d'un tronc en forme d'outre qui s'attache au substrat par un pied ou par un pédoncule. A l'opposé du pied s'ouvre deux orifices, ou siphons, l'un inhalant (le siphon oral ou siphon inhalent) l'autre exhalent (le siphon atrial ou exhalent), par où rentre et sort un flux d'eau généré par la ciliature du pharynx. Le tronc est occupé au quatre cinquième de son volume par le pharynx et la cavité péripharyngienne qui l'entoure, le dernier cinquième

comprenant le reste des viscères. Les ascidies ont une symétrie bilatérale : le plan passant par les siphons et le pied divisent le corps en deux parties équivalentes. Chez les ascidies coloniales, le siphon exhalent est commun à tous les individus qui gardent leur siphon inhalent indépendant. Les colonies sont toujours de petite taille, de l'ordre du millimètre et ressemblent à de petites structures en forme d'étoile marquant les substrats rocheux.

Tégument, squelette et cavité générale

Le tégument des ascidies est composé d'un épiderme surmonté d'une épaisse cuticule, la tunique, et d'un tissu conjonctif. La tunique des ascidies est composée de tunicine, un hydrate de carbone proche de la cellulose. Elle peut être molle chez certaines espèces ou très rigides chez d'autres et est en cela un exosquelette protégeant l'intégralité de l'individu. La tunique est plus qu'une simple sécrétion épidermique : elle comprend de nombreuses bactéries symbiotiques, des algues unicellulaires symbiotiques, des amœbocytes et des cellules sanguines. L'épiderme et le tissu

conjonctif sont peu épais. Le tissu conjonctif est traversé par des bandes musculaires qui permettent aux ascidies d'effectuer des mouvements limités tels qu'une contraction de leur corps ou la fermeture-ouverture des siphons. Au niveau de la cavité péripharyngienne, le tissu conjonctif sera limité intérieurement par l'épiderme. Les ascidies sont des organismes acoelomiens. Une cavité péricardique est présente autour du cœur et est parfois considérée comme une cavité coelomique.

Système nerveux

Le système nerveux est simple et consiste en un ganglion cérébroïde d'où partent quelques nerfs. Le ganglion cérébroïde se situe à proximité du siphon exhalent. Les nerfs s'enfoncent dans le tissu conjonctif pour desservir principalement les muscles. Les nerfs sont composés d'un cordon nerveux péripharyngial,

d'un cordon nerveux longeant l'endostyle et d'un cordon nerveux rétropharyngial. Une glande neurale est présente sous le ganglion et s'ouvre dans le pharynx. Sa fonction est méconnue.

Système digestif

Le système digestif comprend le pharynx, l'œsophage, l'estomac et l'intestin. Une glande pylorique associée à l'estomac et une glande digestive accessoire peuvent être présents chez certaines espèces. Les ascidies sont des organismes suspensivores. Ils génèrent un courant d'eau grâce à la ciliature située sur l'épithélium pharyngien. L'eau entre par le siphon inhalent, arrive dans la lumière du pharynx et se retrouve dans la cavité péripharyngienne en passant à travers les fentes du pharynx. Un organe situé dans le plan sagittal, l'endostyle, parcourt la longueur du pharynx

et sécrète un mucus qui grâce aux mouvements de certains cils de l'épithélium pharyngien vient tapisser le pharynx. Le mucus laisse passer l'eau mais attrape les particules et les dirige vers une gouttière, la lamina dorsale. Cette gouttière, également ciliée, entraîne les particules dans les parties profondes du tube digestif. Les aliments se font digérer dans l'estomac où arrivent les sécrétions des glandes pyloriques et des glandes accessoires. Les particules non absorbées par l'intestin sont éliminées par l'anus qui débouche dans la chambre cloacale et ensuite par le siphon exhalent.

Urochordata

Ascidiacea

Système circulatoire

Le système circulatoire est ouvert et très peu développé. Il se compose d'un cœur d'où partent deux vaisseaux, un antérieur et un postérieur qui s'ouvrent dans les lacunes du tissu connectif. La circulation du sang est bidirectionnelle, le cœur propulsant celui-ci dans un sens puis dans l'autre. Le sang comprend des

amoebocytes qui pourraient charrier des déchets du métabolisme vers la tunique. Autour du cœur et de la cavité péricardique se trouve un sac épicaudique. Ce sac est en connexion avec le pharynx. Son rôle est inconnu.

Système reproducteur

Les ascidies sont hermaphrodites et la fécondation est externe. Le système reproducteur est simple : un ovaire et un testicule se retrouvent dans le tissu connectif proche de l'estomac et communique avec la chambre cloacale via un oviducte et un spermiducte.

La fécondation donne naissance à une larve têtard qui en plus d'un pharynx déjà bien développé porte au niveau de sa partie terminale en forme de queue un tube neural et une corde. Lors de la métamorphose, l'individu perd ces parties et se fixe sur le substrat.

Autres systèmes

Les ascidies ne possèdent pas de systèmes excréteur ni de système respiratoire, ces deux façons s'effectuant de façon transtégumentaire.

Les autres urochordata

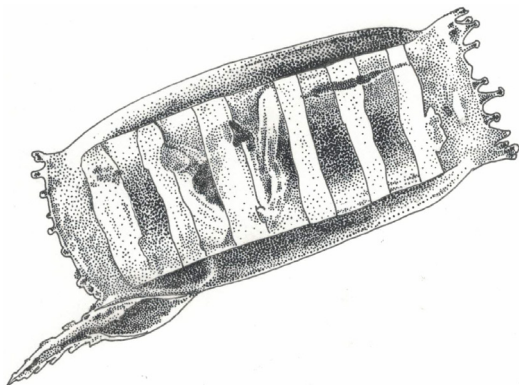
Thaliacea

Nombre d'espèces : 70

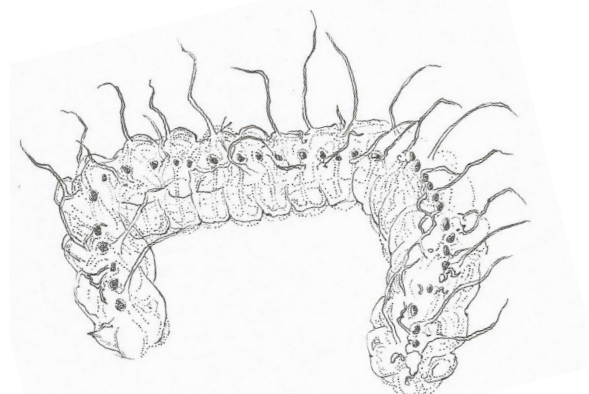
Ecologie : espèces marines, pélagiques

Particularités:

- Acoelomiens
- Solitaires ou coloniaux
- Siphons inhalent et exhalent opposés, situés aux extrémités du corps
- Hermaphrodites ; fécondation externe



Dolioletta thaliacea. Longueur : 3 cm.



Une colonie de salpe. *Dolioletta* sp. Un thaliacé solitaire.
Longueur : 5 cm.

Urochordata |

Ascidiacea |

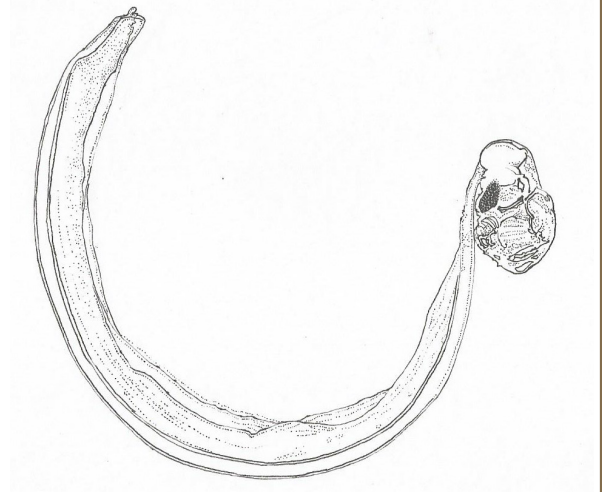
Appendicularia (Larvacea)

Nombre d'espèces : 70

Ecologie : espèces marines, pélagiques

Particularités:

- Acoelomiens
- Solitaires
- Probablement néoténiques : corps avec « queue larvaire », tube neural et chorde
- Sécrète une logette muqueuse dans laquelle vit l'organisme
- Hermaphrodites ; fécondation externe



Oikopleura sp. (larvacea). Longueur : 1 cm.