

# **Biologie animale**

## L2S4

M. Gauer

basé sur le cours de 2006/2007

Université Louis Pasteur, Strasbourg  
**Publié sous réserve d'erreurs**

# Plan du cours

## INTRODUCTION GENERALE

### **La place de l'organisme animal dans le monde vivant**

- Les Eucaryotes
- Les Eucaryotes : des subdivisions complexes
- Les Métazoaires

### **Plan d'organisation et anatomie fonctionnelle : méthodes d'étude**

- La classification phylogénétique : émergence
- La classification phylogénétique : notions de base
  - Notion de caractères dérivés
  - Groupe paraphylétique
  - Groupe polyphylétique
- La construction des cladogrammes
  - Notion de polarité
  - Le critère extragroupe

### **L'organisme animal : une machine biologique en interaction avec son milieu de vie**

- La fonction de nutrition
- La distribution
- Le métabolisme
- La respiration
- L'excrétion
- Les systèmes de régulation
- Le tégument
- La locomotion
- La reproduction

# LA BIOLOGIE ANIMALE DES INVERTEBRES

## Les Spongiaires ou Porocytes

Les différentes formes d'éponges

Ascon

Sycon

Leucon

La biologie des Spongiaires : la nutrition

La reproduction des Spongiaires

La reproduction clonale ou régénération

La reproduction sexuée

La diversité des Spongiaires

Les Desmosponges

Les Hexatinellides

Les Eponges calcaires

## Les Eumétazoaires : les 3 nœuds initiaux

L'épithélium

Les Cnidaires

Anatomie générale

La fonction digestive

Système nerveux, musculature et mouvements

La reproduction

La diversité des Cnidaires

*Les Anthozoaires*

*Les Médusozoaires*

Les Cténaires

Les Bilatériens

## Les Protostomiens : un groupe monophylétique ?

Des Lophotrochozoaires aux Syndermates

La larve trocophore

Les Syndermates

Les Rotifères

Les Acanthocéphales

Les Lophophorates

Le lophophore

Les Ectoproctes ou Bryozoaires

Les Brachiopodes

Les Spiraliens

Les Entoproctes

Les Parenchymiens

Les Plathelminthes

Les Turbellariés

*Généralités*

*Le tube digestif*

*Système nerveux et locomotion*

*Les organes excréteurs*

*La reproduction*

Les Trématodes et les Cestodes

## Les Némertes

- La nutrition
- La locomotion
- La reproduction
- Respiration et excrétion
- Exemples de diversité

## Les Annélides

### La métamérie

- Organisation du métamère : les sacs coelomiques
- Métamérie et locomotion
- Métamérie et conséquences sur le système anatomique
- Mise en place de la métamérie

### La classe des Polychètes

- La nutrition
- La respiration
- La reproduction

### Les Oligochètes

- Quelques caractéristiques remarquables
- Un exemple : le Lombric
- La respiration du Lombric
- La locomotion

### Les Achètes ou Hirudinés

## Les Mollusques

### Anatomie d'un mollusque type

### Les Aplacophores

### Les Polyplacophores

### Les Gastéropodes

#### Mise en place du plan d'organisation d'un Céphalopode

*Torsion à 180° et flexion endogastrique*

*L'enroulement en spirale*

- La coquille
- La fonction de nutrition
- L'excrétion
- Les système circulatoire
- La respiration
- La locomotion et le système nerveux
- La reproduction
- Diversité

### Les Lamellibranches

- Organisation générale
- Le pied
- La glande byssogène
- La prise alimentaire
- Anatomie interne

### Les Céphalopodes

- Quelques caractères dérivés
- La locomotion
- La nutrition
- Le système de distribution
- La circulation et la respiration
- Le système nerveux

### Les Scaphopodes / Les Monoplacophores

## Les Siponcles

### Les Cuticulates

- Des Ecdysozoaires aux Euarthropodes
- La cuticule des Arthropodes et ses conséquences
  - Structure de la cuticule
  - Mue
  - La mobilité des plaques exosquelettiques
- Les Chélicériformes
  - Quelques caractères dérivés propres
  - Les pycnogonides
  - Des Chélicérates aux Mérostomes
  - Les Arachnides
- Des Mandibulates aux Myriapodes
- Des Pancrustacés aux Crustacés
  - Caractères dérivés des Crustacés
  - Morphologie externe
  - Nutrition
  - Diversité
    - Les Maxillopodes*
    - Les Branchipodes ou Phyllopodes*
    - Les Malacostracés*
- Les Insectes ou Hexapodes
  - Quelques caractères dérivés
  - Morphologie externe
  - Développement
  - Nutrition
  - Distribution et circulation
  - Le vol des Insectes
- Les Introvertés : Les Nématozoaires
  - Présentation générale des Nématodes
  - La locomotion
  - La nutrition
  - La reproduction
  - Les Nématodes parasites
    - Ascaris*
    - Oxyures*
    - Trichinose*
    - Filaires*

### Les Deutérostomiens

- Les Echinodermes : caractères dérivés
- Exemple de l'Etoile de mer
  - Morphologie externe
  - Morphologie interne
  - Système ambulacraire*
- La diversité des Echinodermes

## La place de l'organisme animal dans le monde vivant

### Quelques définitions

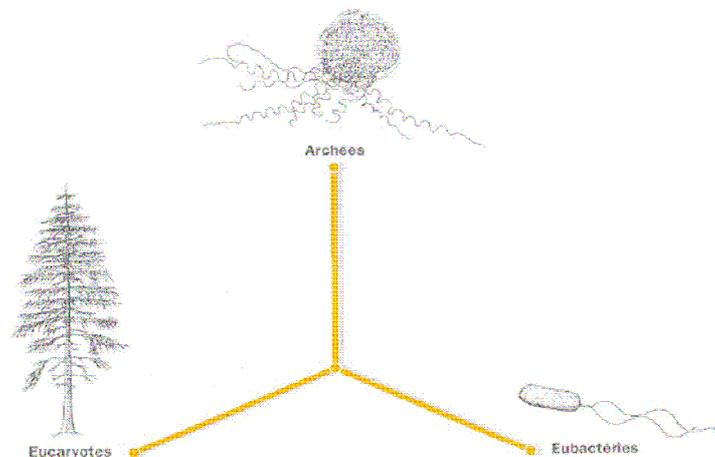
**Biologie** = le discours sur la vie  
Raisonnement sur le vivant  
Etude du vivant

**Le vivant** = un organisme physico-chimique ouvert sur son environnement et qui est capable de se développer et se maintenir selon l'expression d'un plan interne d'organisation (selon une architecture interne codée par l'information génétique) : autonomie du monde vivant.  
Mais il y a une limite due à la dépendance énergétique de l'organisme à son milieu puisque le maintien nécessite continuellement de l'énergie : p.e. l'énergie lumineuse chez les organismes photosynthétiques.  
Il y a donc la notion de couplage énergétique qui est la transformation d'une forme d'énergie en une autre forme d'énergie.

**Animal** = organisme hétérotrophe

## Les Eucaryotes

Origine commune du vivant.



Les eucaryotes possèdent une organisation avec un vrai noyau et dont le matériel génétique est contenu dans ce noyau délimité par une enveloppe nucléaire. La différenciation cellulaire fait intervenir un fuseau mitotique organisé à partir de centrioles. L'ADN est condensé sous forme de chromosomes. Les microtubules sont des polymères de la tubuline constituant majeure du cytosquelette. Ils sont la base de la formation des flagelles constitués par 9 doublets ou triplets de microtubules avec au centre 2 ou 3 microtubules.

### Groupe monophylétique

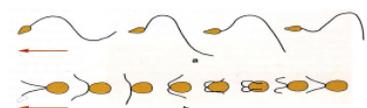
C'est un groupe où tous les descendants sont dans le groupe et possèdent ces caractères.

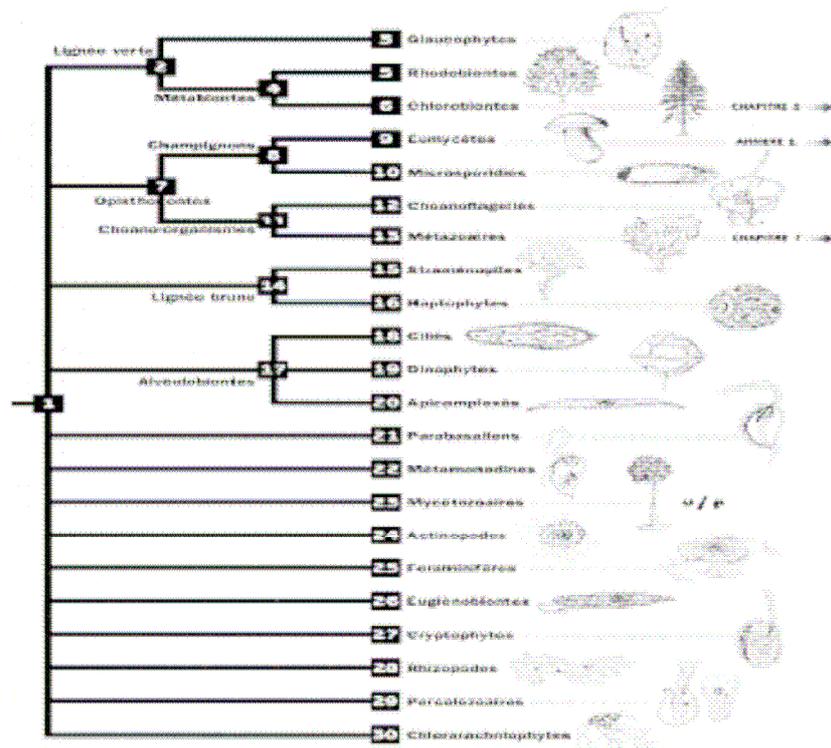
Les eucaryotes sont apparus ils y a environ 1 milliard d'années et comptent 1,75 millions d'espèces.

## Les Eucaryotes : des subdivisions complexes

C'est un groupe complexe qui a longtemps été subdivisé en 2 grands groupes : animal et végétal. Cette dichotomie était totalement arbitraire.

Les Opisthoconthes sont caractérisés par le flagelle propulseur en arrière avec les Champignons d'un côté et les Métazoaires de l'autre. L'ensemble des membres de ce groupe partage ma chitine.



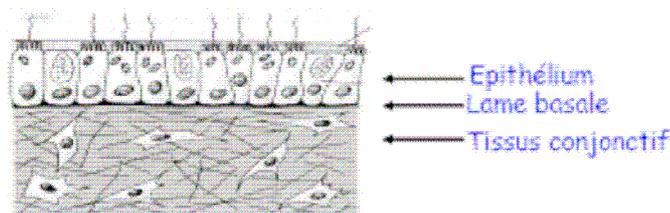


## Les Métazoaires

Ce sont les animaux au sens strict.

Les caractères dérivés qu'ils possèdent sont :

- une organisation cellulaire avec **cellules différenciées** qui peuvent se regrouper en tissu
- un **épithélium** en contact avec l'extérieur délimite l'espace interne qui le sépare du milieu extérieur même si le milieu extérieur est internalisé (p.e. la lumière du tube digestif qui est considérée comme milieu extérieur). Les cellules de l'épithélium sont ciliées et sécrètent une **cuticule** :
- la **matrice extracellulaire** ancrée sur la lame basale. Dans cette matrice il y a des **intégrines** qui assurent la cohérence entre les cellules et la lame basale et des **cadhérines** qui assurent la cohérence cellule/cellule.
- Le **tissu conjonctif** avec des cellules libres non jointives et figées par des polymères de protéines p.e. le collagène qui forme des fibres protéiques qui maintiennent les cellules dans le gel de protéoglycane.
- **Méiose** produit des gamètes, il n'y pas de spores.



## Plan d'organisation et anatomie fonctionnelle : méthodes d'étude

### La classification phylogénétique : émergence

La classification est une notion de rangement. Les premières classifications étaient de type utilitaire :

- Dioscorides (1<sup>er</sup> s.) : 5 groupes :
  - veineuses
  - veinéneuses
  - médicinales
  - aromatiques
  - alimentaires

Le critère est artificiel, il est choisi par l'expérimentateur et cela ne repose pas que sur une unité biologique.

- Cuvier (1769 – 1832) : 4 embranchements :
  - vertebrata
  - arthropoda
  - annelida
  - radiata

Il utilise des critères morphologiques tels que la symétrie radiaire etc... on peut ranger un animal dans une catégorie.

- Darwin (1809 – 1882) : les variations que l'on trouve sont des caractères héréditaires transmis aux générations suivantes. La diversité des espèces provient d'une histoire évolutive. Comprendre cette diversité c'est refaire l'histoire du vivant.

Il y a deux sortes de classifications :

- phylogénétique par rapport aux proches parents ;
- phynétique

qui sont complémentaires.

La classification phylogénétique se base sur les innovations et il n'y a pas de hiérarchie.

## Notions de base

Fondée par Will Hennig (1913 – 1976) : retrouver les parentés évolutives entre les espèces.

### Notion de caractères dérivés : groupe monophylétique

Qui contient un ancêtre et des descendants = **un clade**. L'ancêtre est caractérisé par une nouveauté, ce caractère devient un caractère dérivé. Quand cette nouveauté apparaît pour la première fois c'est une **autopomorphie**. Ensuite il devient une **synapomorphie** d'un clade. Un caractère qui est un caractère dérivé d'un clade plus grand que celui qu'on considère est une **symplesiomorphie** : c'est un héritage de l'extragroupe.

### Groupe paraphylétique

Contient un ancêtre hypothétique mais pas tous les descendants (p.e. les Reptiles)

### Groupe polyphylétique

Contient différents sous groupes mais pas l'ancêtre. C'est un groupe qui n'a aucun sens dans l'histoire naturelle : c'est une **homoplasie** = une convergence évolutive.

## La construction des cladogrammes

Un groupe monophylétique est enraciné sur une nœud.

### Notion de polarité

Il faut définir l'état primitif = état **plésiomorphe** et l'état dérivé = état **apomorphe**. Il faut pouvoir enraciner le groupe à étudier sur quelque chose dont on est sûr qu'il ne viendra pas de brancher à l'intérieur (une référence en quelques sortes) : quelque chose qui est complètement extragroupe.

### Le critère extragroupe

C'est ce qui va permettre le « socle stable ».

	 Homme	 Chauve-souris	 Oiseau	 Truite
1				
Mâchoire	0	0	0	0
2				
Membres	1	1	1	0
3				
Dents	0	0	1	0
4				
Constitution de la mandibule	1	1	0	0
5				
Réserves vitellines de l'œuf	1	1	0	0
6				
Ailes	0	1	1	0

L'extragroupe choisi est une truite.

0 = état plésiomorphe = état tel qu'on le trouve dans l'extragroupe

1 = état dérivé

La truite présente la situation de départ donc elle possède que des états plésiomorphes.

Pour les dents, l'oiseau n'en a pas donc c'est une nouveauté (état dérivé).

Les caractères non informatifs sont les mâchoires puisque même la truite en possède et les membres car tous les autres ont ce caractère dérivé. Ils n'apportent donc pas d'informations sur le classement.

Les dents disparaissent dans le groupe des oiseaux donc la nouveauté ne concerne que les oiseaux et quelque soit la solution de classement il y a toujours une apomorphie chez l'oiseau. Ce caractère ne permet pas de différencier les 6 solutions de classement possible, il n'est présent que chez une espèce donc il n'apporte rien.

Un caractère informatif doit être présent chez au moins deux espèces et ne doit pas apparaître ou disparaître partout.

Il faut trouver l'hypothèse la plus simple pour construire un cladogramme :  
 Les cladogrammes b sont les plus robustes, ils possèdent le moins d'apparition/disparition que chez les autres. Mais le cladogramme ne prouve rien, il n'est là que pour tester la robustesse d'une hypothèse.

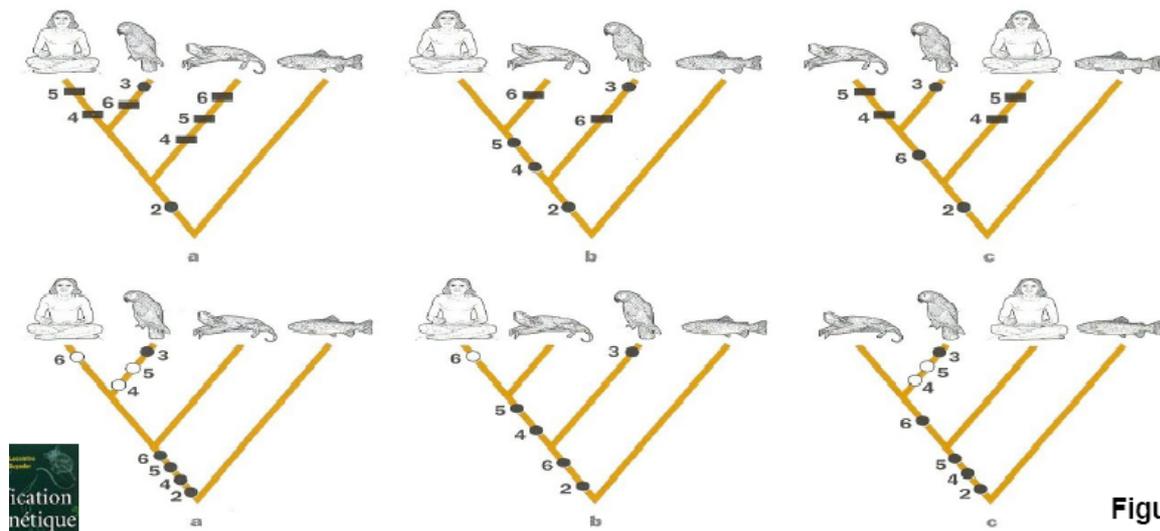


Figure 3

Gardiner et al (1982) ont testé la robustesse du groupe des archosaures et ont trouvé que selon 37 caractères ce n'était pas l'hypothèse la plus probable.  
 Gauthier et al (1988) ont testé ce même groupe avec 109 caractères et ils en ont conclu que le groupe des archosaures existait bien.  
 Ils ont donc proposé des conclusions totalement différentes en fonction des données mais ces deux résultats ne se contredisent pas puisque les chercheurs n'ont pas utilisé le même nombre de caractères.

Une classification est basée sur les nouveautés mais étudier un caractère nouveau a peu d'intérêt.

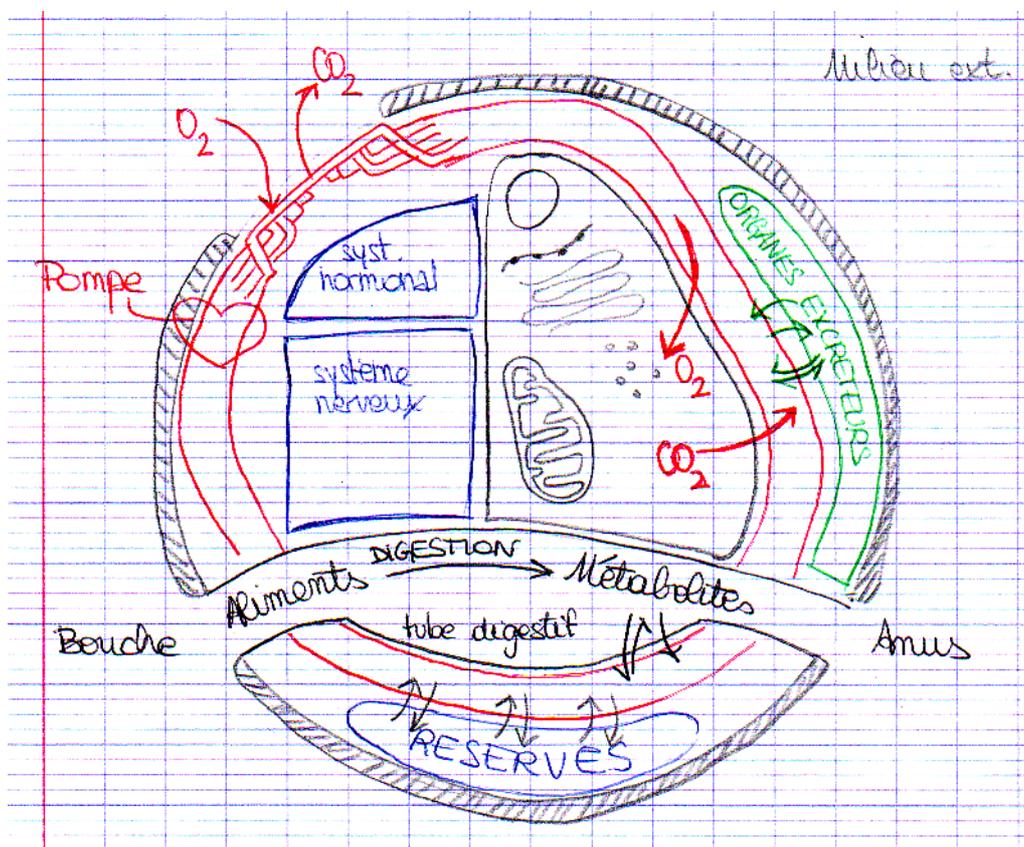
# L'organisme animal :

## une machine biologique en interaction avec son milieu de vie

Quelles sont les grandes fonctions d'un organisme animal ?  
Comment ces fonctions s'articulent pour élaborer un système fonctionnel ?

### La fonction de nutrition

Un animal est un organisme hétérotrophe et sa prise énergétique est réalisée par la prise de matière organique : l'alimentation.



Il faut prendre de la matière organique dans le milieu : modalités ?

- digestion : transformer les aliments pour les rendre assimilables
  - fragmentation mécanique
  - fragmentation acide
  - fragmentation enzymatique

les aliments sont alors transformés en métabolites (glucides en oses ; lipides en acides gras ; protéines et acides aminés)

- assimilation : passage du milieu extérieur au milieu intérieur en traversant l'épithélium du tube digestif.

L'organisme est constitué d'un ensemble de cellules. Toutes les cellules ont besoin de métabolites, et tout le temps. Nous devons avoir un système de distribution spatiale et temporelle.

## La distribution

- spatiale = système circulatoire. C'est la mise en mouvement du milieu intérieur (= ensemble des liquides intracellulaire comme le sang, la lymphe, le liquide interstitiel...)
- temporelle = réserves dans les tissus de réserve comme le foie (à court terme) ou les tissus de réserves lipidiques (à plus long terme). Il faut un apport de métabolites partout et tout le temps.

## Le métabolisme

= usage des métabolites.

- synthèse grâce à l'énergie ;
- dégradés pour en tirer de l'énergie qui permet :
  - soit de faire la synthèse ;
  - soit de faire fonctionner des pompes ;
  - soit de faire des mouvements ;
  - soit de créer de la chaleur et des réactions enzymatiques.

L'énergie est utilisée sous forme d'ATP parce qu'on peut utiliser les molécules d'ATP à plusieurs endroits à différents moments. Il y a donc la possibilité d'avoir une répartition de l'énergie dans le temps et dans l'espace. Alors que si le glucose était utilisé comme tel, sa libération sera trop intense et rapide.

## Libération de l'ATP :

- la glycolyse libère 2 ATP qui ne suffisent même pas à compenser l'énergie utilisée pour les métabolites puissent arriver jusqu'à la formation d'ATP. La voie glycolytique n'est pas viable par elle-même.
- Oxydation du glucose (voie aérobie) :  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \leftrightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$

## La respiration

Permet la prise d'O<sub>2</sub> et le rejet du CO<sub>2</sub>.

## L'excrétion

Rejet des déchets du métabolisme : ions, eau  
Azotés : urée, ammoniac  
par des organes excréteurs.

## Les systèmes de régulation

Hormonal et nerveux : à protéger !

## Le tégument

C'est une barrière de **protection** à la fois **mécanique**, **hydrique**, **thermique** et **immunitaire**. Il limite les échanges minéraux et hydriques.

La première enveloppe est en contact avec l'extérieur, le tégument peut donc être le premier échangeur respiratoire. C'est à priori une structure de protection qui réduit les échanges.

## La locomotion

Sert à la recherche de nourriture mais aussi pour fuir les prédateurs.

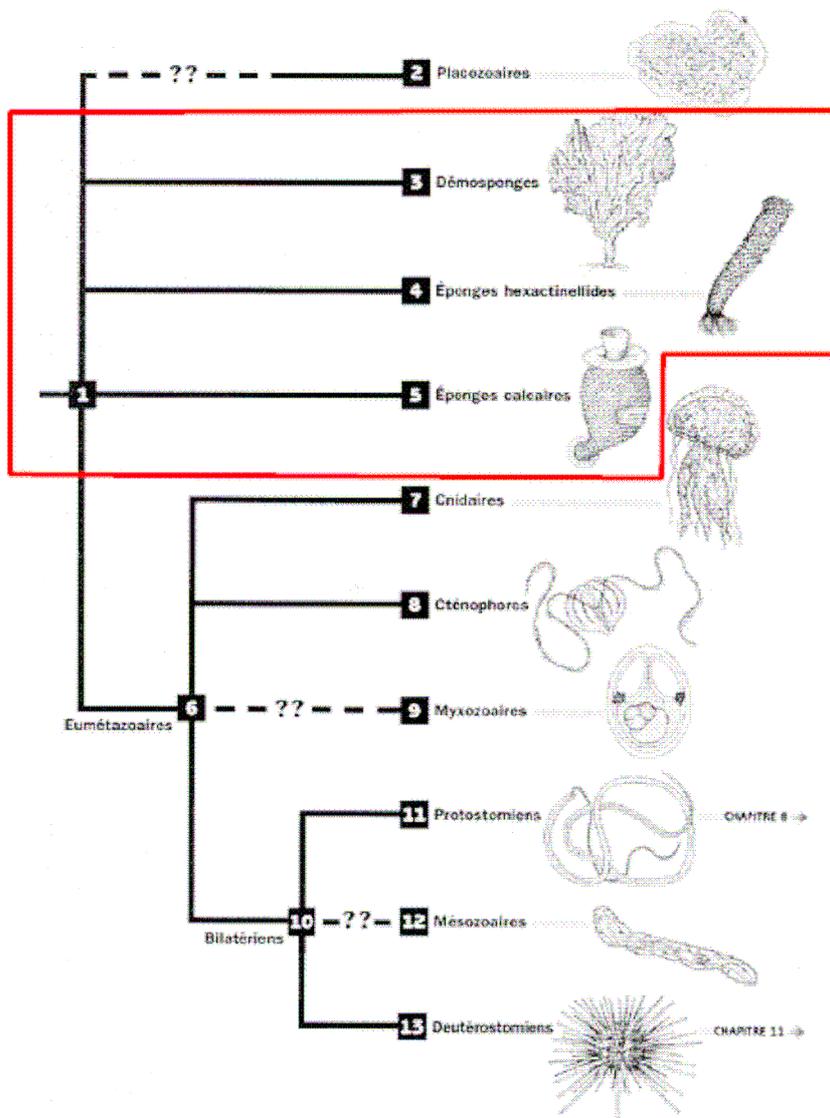
## La reproduction

Fonction non indispensable à la survie de l'individu mais elle est importante vis-à-vis de l'espèce et de la population.

**La distribution et les systèmes de régulation ne dépendent pas du milieu de vie alors que les autres fonctions dépendent du milieu extérieur.**

**Les invertébrés** : groupe paraphylétique hétérogène  
(un ancêtre et certains descendants)

# Métazoaires



## Les Spongiaires ou Porocytes

Ils ne sont pas dans un seul clade.

Les Spongiaires possèdent des **choanocytes** comme chez les Choanoflagellés mais ils possèdent du **collagène** ce qui en fait des organismes animaux même s'ils n'ont pas tout à fait une structure épithéliale sur une lame basale.

Le collagène est une **synapomorphie** des Métazoaires.

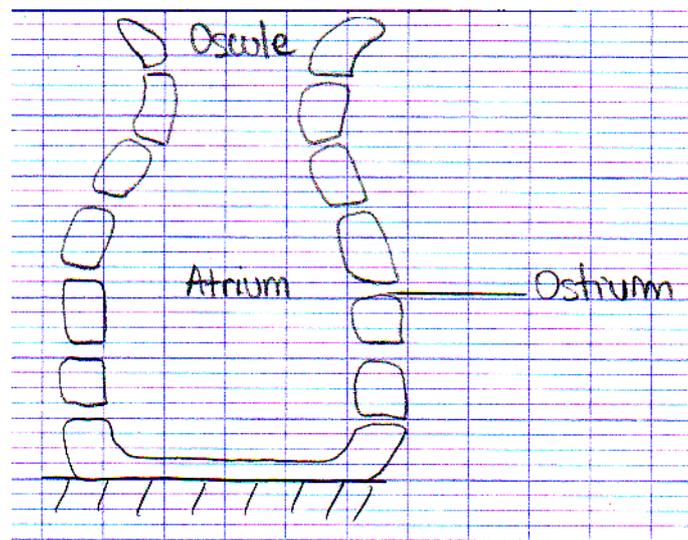
Les **amoebocytes** (ou archéocytes) sont indifférenciés et totipotents, il peut donc y avoir une différenciation et une dédifférenciation.

Les Spongiaires ressemblent à des algues (végétaux aquatiques) et ils ont d'ailleurs une analogie fonctionnelle :

- un végétal capte l'énergie du milieu qui est transformée en molécule chimique ;
- le spongiaire exploite le milieu dans sa richesse en matières organiques, il filtre le milieu.

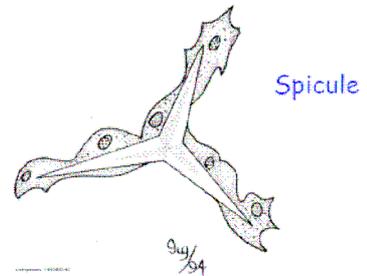
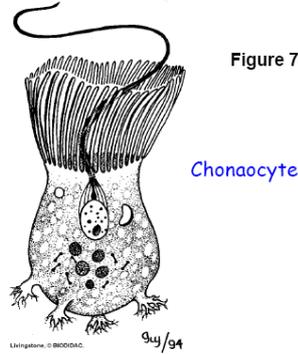
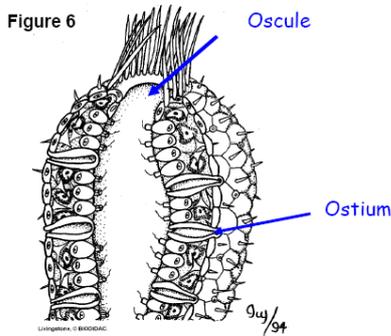
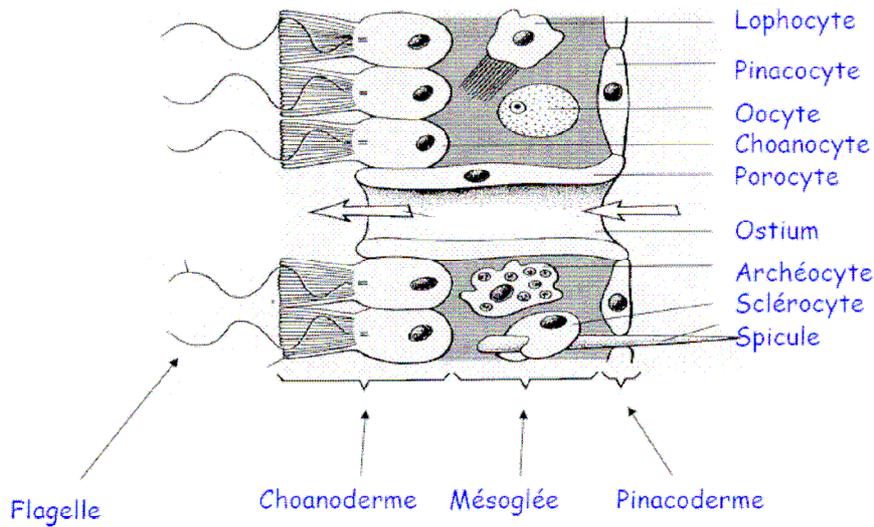
Ils ont une **organisation multicellulaire** dédiée à la filtration alimentaire. Et ce sont des intermédiaires entre des colonies unicellulaires où chaque cellule a un rôle que l'on peut changer par différenciation et dédifférenciation et des animaux.

### Les différentes formes d'éponges



#### Ascon

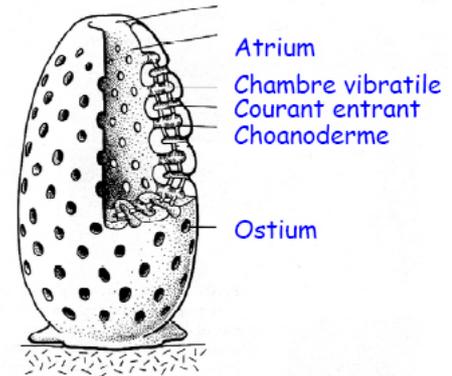
- pinacocytes : cellules de revêtement accolées les unes aux autres et forment le pinacoderme ;
- choanocytes : cellules munies d'un flagelle responsables de la mise en mouvement de l'eau et de l'apparition des courants d'eau ;
- porocytes : cellules qui forment l'orifice de passage (ostium) ;
- mésogée : contient les archéocytes qui peuvent se différencier, les lophocytes qui sécrètent des protéines fibreuses (p.e. collagène) qui assurent la structure de la matrice extracellulaire, les oocytes qui produisent les gamètes pour la reproduction sexuée, les sclérocytes qui sécrètent des spicules (système de soutien de la mésogée) : il y a des spicules calcaires, siliceux et cornés.



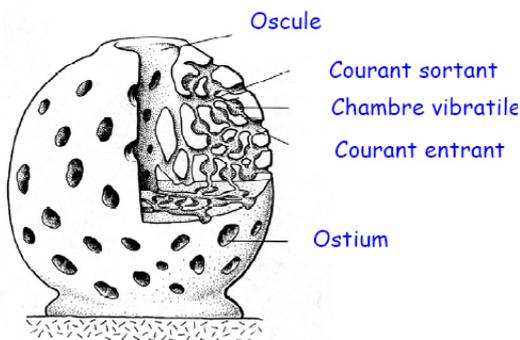
Ce sont des animaux de très petite taille (~mm) et leur surface est une capacité d'apport. Le volume est le consommateur qui a des besoins métaboliques. Mais ces deux paramètres n'évoluent pas proportionnellement : quand l'animal augmente de taille il ne peut plus subvenir à ses besoins au bout d'un moment ce qui justifie sa taille.

Sycon

Pour augmenter la surface d'échange, il faut faire des plis.  
 Le volume reste le même mais la surface est augmentée.  
 Il y a mise en place de chambre (ou corbeille) vibratile contenant les choanocytes.



Leucon



Il y a une augmentation du nombre de chambres vibratiles avec une concentration de choanocytes.

*Microciana prolifera* : on trouve jusqu'à 10 000 chambres/mm<sup>3</sup> de 20 à 40 µm de diamètre contenant jusqu'à 50 choanocytes/ chambre.

## La biologie des Spongiaires : la nutrition

Il y a un système dédié à la filtration : une éponge est capable de pomper l'équivalent de son poids en eau en 5 secondes. Les particules piégées font de 1 à 50  $\mu\text{m}$ , ce sont des organismes planctoniques unicellulaires, des bactéries, des virus, des débris organiques vont être phagocytés par les archéocytes ou par les choanocytes où ils seront resécrétés dans la mésogée pour être rephagocyté par un archéocyte.

Les métabolites pourront atteindre n'importe quel type cellulaire sans qu'il y ait un système particulier de distribution.

Le milieu extérieur n'est jamais loin des cellules donc il n'y a pas d'échanges respiratoire particuliers, tout est échangeur. Il n'y a pas non plus d'organe excréteur puisque ces fonctions sont assurées par la cellule.

Il n'y a pas de système nerveux ou endocrinien, ni de locomotion.

## La reproduction des Spongiaires

### La reproduction clonale ou régénération

A partir de fragments on peut régénérer un clone. Ce fragment (= stolon) doit s'attacher au substrat et va se redévelopper pour donner une éponge identique à l'éponge de départ.

En eau douce l'éponge se fragmente pour donner des gemmules qui se referment sur elles-mêmes et qui permettent une vie ralentie. C'est une forme de résistance pour passer une mauvaise saison. En se fixant sur substrat, ces gemmules pourront se redévelopper.

### La reproduction sexuée

De nombreuses éponges sont hermaphrodites et possèdent donc soit des ovocytes soit des spermatozoïdes qui donnent un œuf émis par l'oscule.

Les spermatozoïdes sont émis par l'oscule et captés par l'ostium d'une autre éponge, il y a phagocytose par les choanocytes et transport vers les oocytes. Après fécondation, les œufs sont émis par l'oscule.

Les modes de reproduction sont diversifiés.

Il y a une adaptation à l'environnement.

## La diversité des Spongiaires

### Les Desmosponges

- tous de types Leucon (avec plusieurs oscules)
- spicules toujours siliceux
- 5 000 espèces
- *Spongia officinalis*

### Les Eponges calcaires

- toujours de spicules calcaires ;
- de tous les types : Ascon, Sycon, Leucon ;
- *Sycon elegans*, *Grantia compressa*

### Les Hexatinellides

- spicules à 6 pointes formées autour de 3 axes ;
- choanocytes fusionnent et forment un choanosyncytium
- 400 espèces
- *Euplectella aspergillum* (éponge à crevette)

# Les Eumétazoaires : les 3 nœuds initiaux

C'est un **groupe monophylétique**.

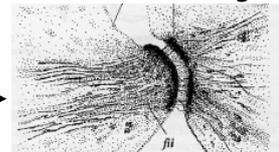
Sous la couche de cellules la plus externe on retrouve la **lame basale** (matrice extracellulaire). La digestion aura lieu dans un **système digestif différencié** : soit dans un sac digestif, soit dans un tube digestif. La différenciation cellulaire est beaucoup plus poussée avec des types cellulaires mieux définis comme des **cellules musculaires et nerveuses**. Il y a mise en place de 2 tissus particuliers : l'**ectoderme** et l'**endoderme** qui est en contact avec le milieu du tube digestif.

## L'épithélium

Il recouvre l'organisme aussi bien vers l'extérieur que vers l'intérieur (au contact des cavités des milieux internes). Il y a une mise en place de compartiments avec une régulation physiologique bien particulière : cavité gastrique et cavité intestinale.

Il est caractérisé par 4 points fondamentaux :

- une **couche continue** sans ruptures ;
- des **cellules** qui présentent une **polarité** avec une face apicale comprenant des microvillosités et une face basale avec des replis ;
- ancrées dans une matrice extracellulaire : la **lame basale** qui limite les échanges diffusifs entre le milieu intérieur et extérieur ;
- les cellules sont reliées par des liaisons intercellulaires très fortes qui va rigidifier l'ensemble : les **desmosomes**.



## Les Cnidaires

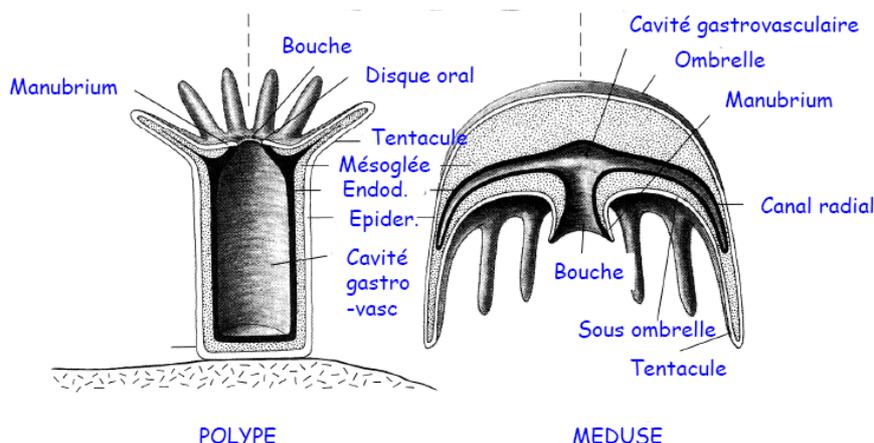
C'est un **groupe monophylétique**.

Marins pour la plupart, on distingue 10 000 espèces et une vingtaine sont d'eau douce. Ils sont batis autour de **2 feuillets** : l'ectoderme et l'endoderme (ce n'est pas une synapomorphie puisqu'ils sont présents chez les Cténaires et les Bilatériens) donc c'est un groupe **diploblastique**.

Ils sont caractérisés par une **symétrie radiaire** et possède un **cnidocyte** (=cnidoblaste) qui sert à la défense et à l'attaque, ce sont donc des prédateurs.

Ils existent sous des formes **polypes** ou **méduses**.

### Anatomie générale



Il y a une **cavité gastrovasculaire** : le sac digestif est un système qui fournit les métabolites et qui les distribue. Dans le cas d'un système ramifié on parle de cavité digestive. Cette cavité gastrovasculaire débute par une **bouche** qui est l'orifice unique porté par le **manubrium** qui est une sorte de « trompe ». Tout autour il y a les **tentacules** avec les **cnidocystes**. **L'ombrelle** qui est la face supérieure joue le rôle de locomotion. Chez certaines méduses il y a un **velum** qui ferme partiellement la **cavité sous ombrellaire**.

La fonction digestive

Les Cnidaires sont fondamentalement des prédateurs .

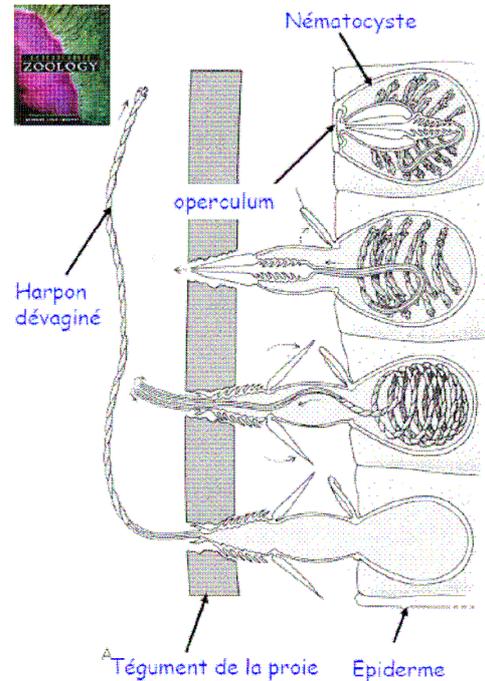
Le **nématocyste** contient le **harpon** qui contient un venin paralysant. Le harpon est dévaginé par un système de commande. Le **cnidocil** joue le rôle de mécano-récepteur.

La pression osmotique fait entrer de l'eau (P jusqu'à 140 atm.) et le harpon se dévagine en 2ms.

Le Cnidaire va pousser la proie vers le manubrium avec ses tentacules et elle sera digérée dans la cavité gastrovasculaire mais il n'y a pas de processus orienté lors de la digestion.

Toutes les cellules en contact avec le milieu extérieur peuvent respirer et rejeter les déchets.

Là où le Spongiaires est un organisme filtreur, le Cnidaire est un chasseur. Cela nécessite la perception de l'environnement et de mouvements pour prélever les proies.

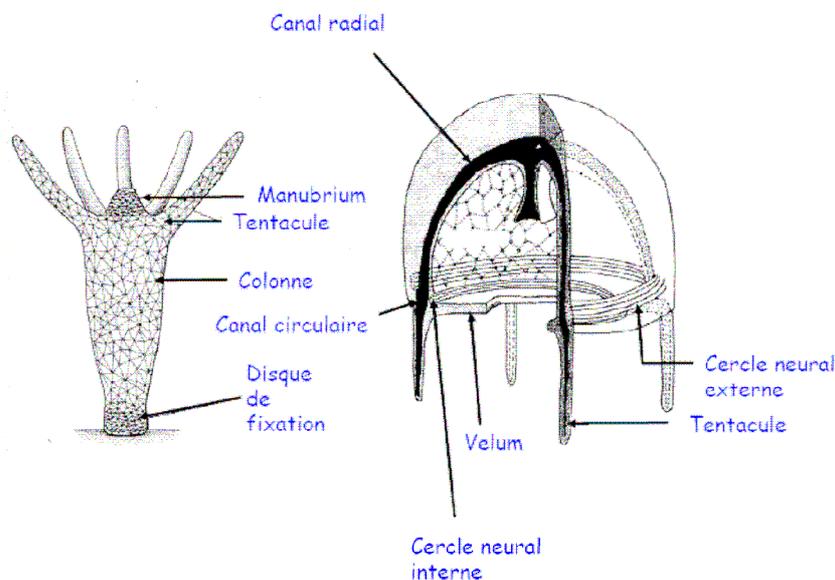


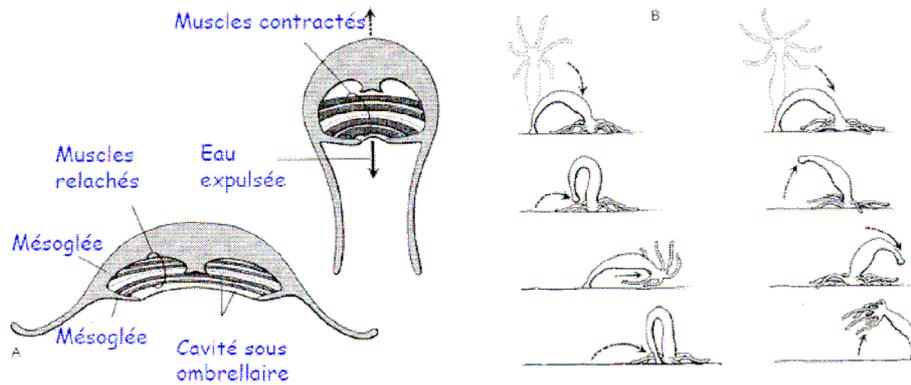
Système nerveux, musculature et mouvements

Le **système nerveux** est **diffus**, on le trouve à tous les niveaux dans l'épithélium. Les cellules nerveuses sont des cellules de l'épithélium différenciées.

Il y a des ramification du sac digestif dans tout l'organisme.

La concentration des cellules nerveuses est associée à des cellules myoépithéliales.

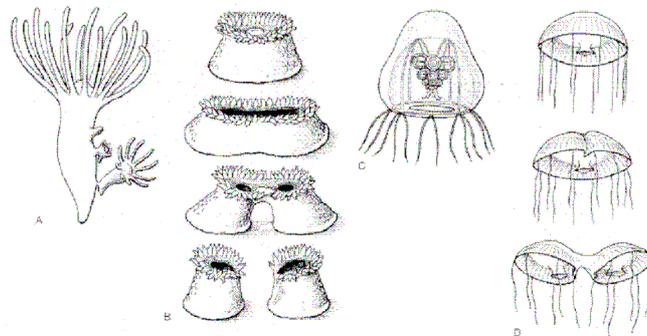




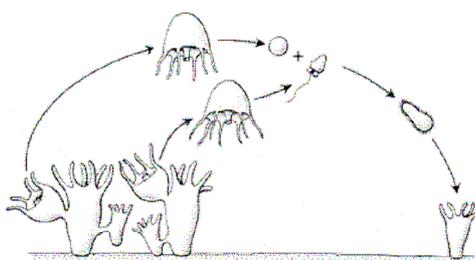
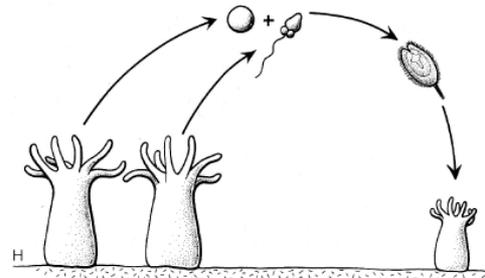
Chez la méduse, la contraction des muscles comprime la cavité sous ombrellaire et expulse l'eau. Même si les polypes sont immobiles, ils peuvent quand même se déplacer.

La reproduction

- asexuée : par bourgeonnement (a) / par scissiparité (b) (d)



- sexuée : les gamètes sont produits dans l'endoderme, les sexes sont séparés en général. Les polypes relarguent leurs gamètes et après la fécondation on obtient une **larve planula** qui se déplace grâce à un épithélium cilié. Cette larve redonnera un polype.  
Ce mode de reproduction est simple, on le retrouve chez les Anthozoaires.  
La larve contient des réserves, peut se nourrir de proie ou peut abriter une algue photosynthétique (Zooxanthelle : symbiose).



Chez les Scyphozoaires et les Hydrozoaires, la reproduction passe par un **stade méduse** qui porte les gamètes. Les polypes bourgeonnent et donne une forme méduse qui donne des gamètes qui donnent une larve planula qui donne un nouveau polype.

Il y a donc dissémination par forme méduse et forme planula.

Les polypes peuvent être plus complexes et fusionner pour former des **colonies** dont les ectodermes ont fusionné et où on ne peut plus différencier les individus. Certains polypes se spécialisent en **polype nourricier** (Gastrozoïdes) et d'autres en **polype reproducteur** (Gonozoïdes) ce qui permet une meilleure survie de l'espèce.

La diversité des Cnidaires

Les Anthozoaires

Ils n'existent que sous la forme polype et possède une cavité gastrovasculaire divisées par des **cloisons** : 6 pour les **Hexacoralliaires** et 8 pour les **Octocoralliaires**. Un squelette ectodermique se forme entre la colonie de polype est le substrat : un **polypier**. Les Octocoralliaires se présentent sous la forme de colonies et forment un coenosarc p.e. *Corallium rubrum* (le corail rouge).

Chez les Hexacoralliaires on retrouve les Anémones de mer.

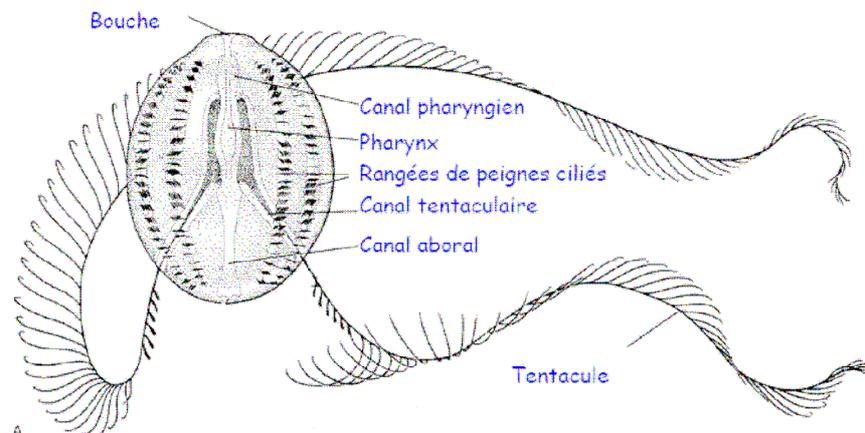
Les Médusozoaires

Il existe les **Scyphozoaires** où la forme méduse prédomine : *Aurelia aurita*, *Rhizostoma pulmo* (2m de diamètre) ; et les **Hydrozoaires** où la forme polype prédomine : *Obelia geniculata*, *Hydra sp.* Les méduses sont caractérisées par un **velum** ce sont des **méduses craspédotes** mais il n'y a pas de forme méduse chez *Hydra*.

## Les Cténaïres

Il y a environ 100 espèces de plusieurs formes dans tous les océans jusqu'à 3 000m de profondeur. Ils ne possèdent pas de cnidocistes mais ils ont une **rangée de peignes ciliés**. Leur symétrie est **biradiaire**.

La bouche est à la fois l'entrée et la sortie car il y a un sac gastrovasculaire, pas de tube digestif orienté et le pore anal n'est pas l'anus. C'est la même situation que chez les Cnidaires.



L'**organe aboral** possède un **balancier** qui permet aux Cténaïres de se positionner. Le caractère dérivé intéressant chez les Cténaïres est le **colloblaste** qui permet d'agglomérer les proies.

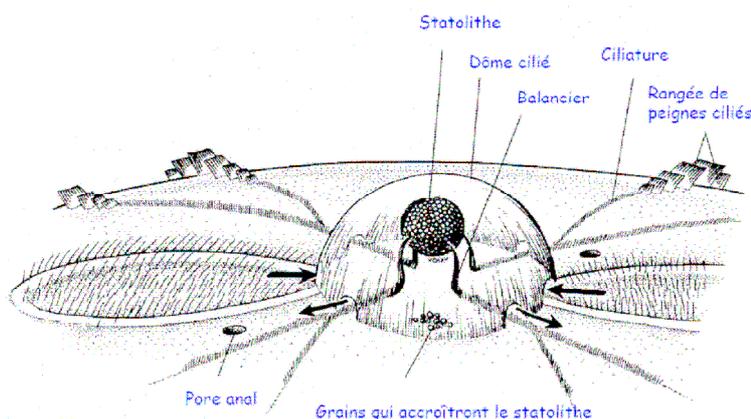


Figure 23

## Les Bilatéraux

Il y a environ 1,2 millions d'espèces.

- symétrie organisée autour d'un corps qui présente 2 axes de polarité :
  - antéro-postérieur : symétrie bilatérale ;
  - dorso-ventrale : pas de symétrie.
- L'axe antéro-postérieur sera globalement parallèle au déplacement des aliments dans le tube digestif.
- Le **blastopore** donne un orifice du tube digestif.
- Un troisième tissu apparaît : le **mésoderme** entre l'endoderme et l'ectoderme.
- Le système nerveux central va se développer autour d'un **ganglion cérébroïde** et d'une **chaîne nerveuse**.
- Il y a un processus de **céphalisation** c'est-à-dire de concentration des organes sensoriels et de préhension autour de la bouche.

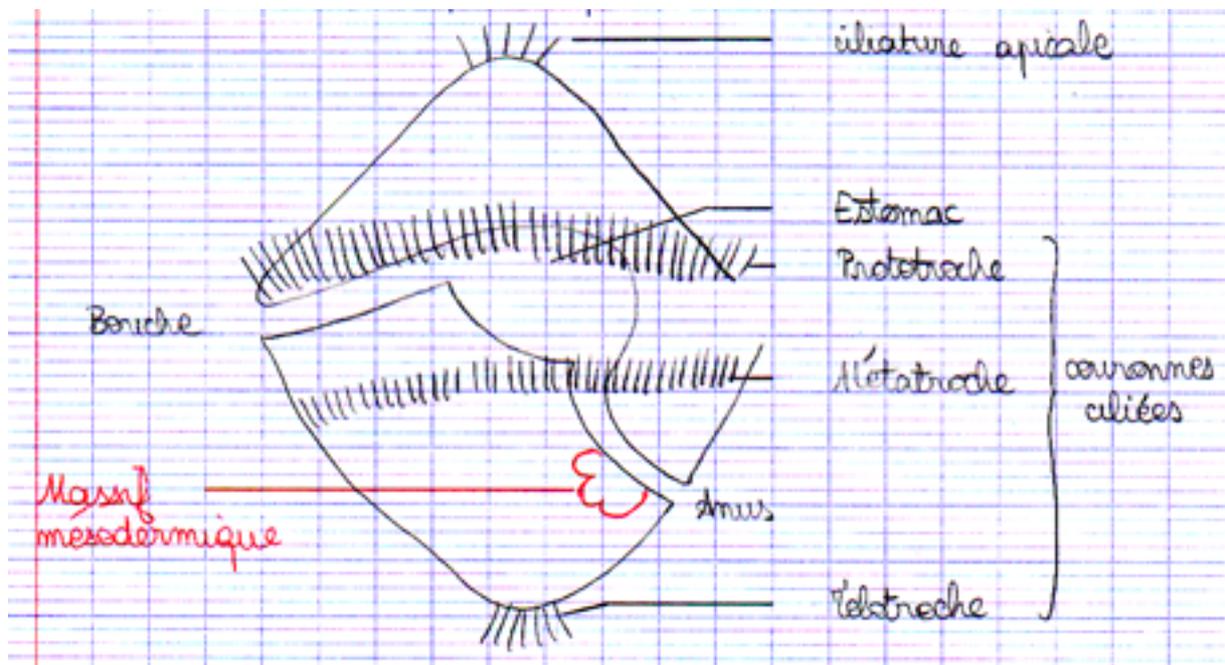
# Les Protostomiens : un groupe monophylétique ?

Leur classification repose sur des analyses de séquences d'ARNr (18s).

## Des Lophotrochozoaires aux Syndermates

### La larve trocophore

Les Eutrochozoaires sont caractérisés par une **larve trocophore**.



### Les Syndermates

Ils présentent la larve trocophore pendant leur développement.

Leur particularité intragroupe est qu'ils possèdent un **épiderme syncytial** dans lequel se développe une cuticule de kératine.

### Les Rotifères

Ils sont de très petite taille (mm) et leur nombre de cellules est réduit (+/- 1 000 cellules). Ce sont des animaux d'eau douce.

Ils sont caractérisés par un **organe rotateur** (=couronne ciliée) qui est un caractère dérivé. Il permet de créer un mouvement, il a un rôle important dans la prise alimentaire et il permet la nage mais ce n'est pas le seul mode de déplacement. Ils ont une musculature bien développée.

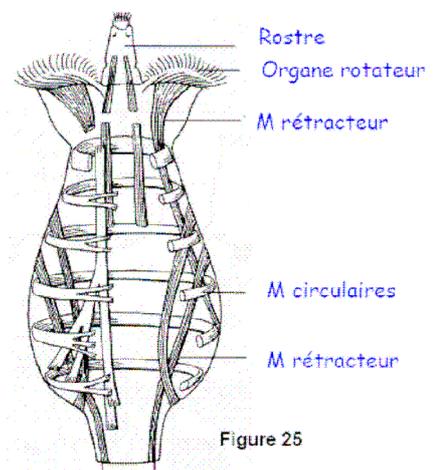
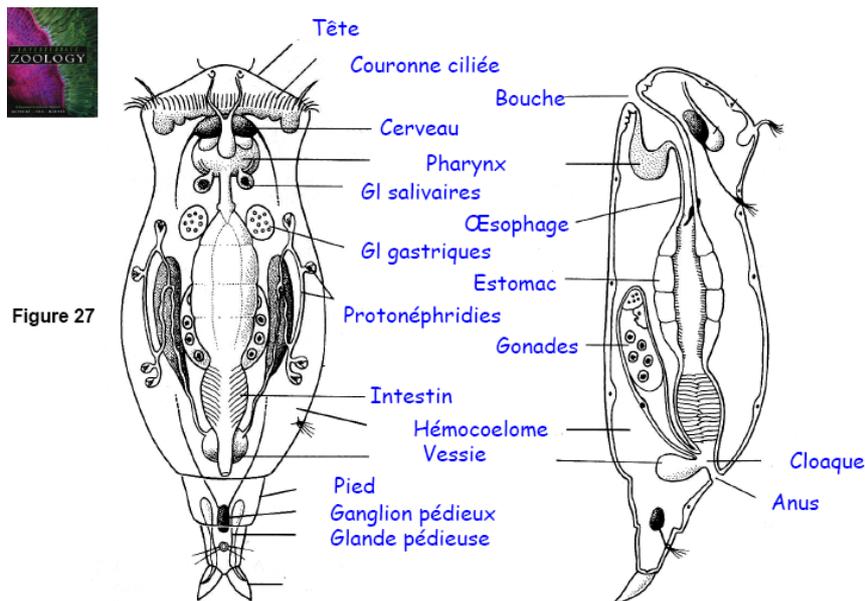


Figure 25



Anatomie générale :

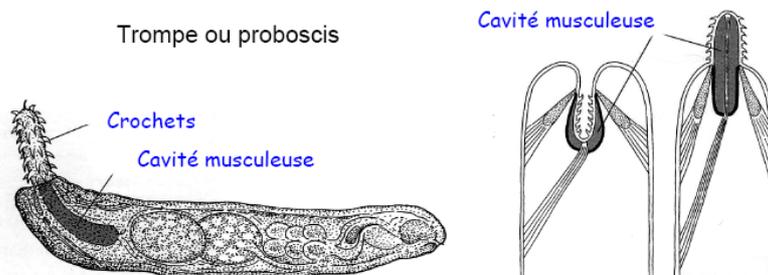
- **couronne ciliée** : organe rotateur associé à la prise alimentaire donc on le trouve près de la bouche ;
- **cloaque** : structure carrefour entre les voies urinaires, génitales et digestives ;
- spécialité spatiale des différentes portions du tube digestif ;
- **hémocoelome** : cavité qui se creuse dans le mésoderme. Ici elle se creuse entre l'endoderme et l'épithélium = **pseudocoelome** ;
- **système de distribution** qui peut aussi accumuler les déchets ;
- système excréteur : **protonéphridies** (prototype du système excréteur) ;
- **gonades** émettent des gamètes avec fécondation externe ;
- **respiration par le tégument** puisque la surface d'échange avec l'extérieur est suffisante.



### Les Acanthocéphales

Ce sont des parasites obligatoires du tube digestif des vertébrés et ils font de quelques mm à plusieurs cm.

Il y a une spécialisation surprenante : c'est un organisme sans système circulatoire, ni respiratoire, ni digestif, ni excréteur. Il ne reste que les **gonades** et un organe de fixation pour se fixer à l'hôte grâce à des **crochets**.



Les sexes sont séparés et il y a une **reproduction sexuée** avec **fécondation interne** et les œufs sont émis par la matière fécale et se développent seulement s'ils sont ingérés par un arthropode. Ils donnent une **larve acanthor** qui est ingérée par un vertébré.

# Les Lophophorates

## Le lophophore

Le caractère dérivé des Lophophorates est leur structure.

Ils possèdent une couronne ciliée avec un **enroulement en spirale**. Au départ la couronne est parfaitement circulaire puis quand l'organisme augmente de taille il augmente le nombre de tentacules dans un enroulement en spirale : il y a une **rangée interne et externe de tentacules**.

Avec le battement des tentacules il y a des **gouttières** dans lesquelles les aliments sont acheminés. C'est l'association entre les cellules à mucus qui collent les particules alimentaires et les cellules ciliées qui assurent le transport de ces particules vers la bouche.

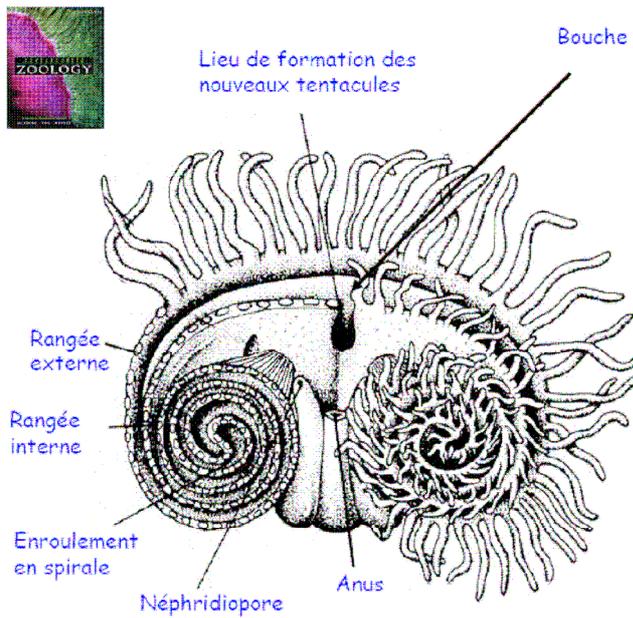


Figure 29

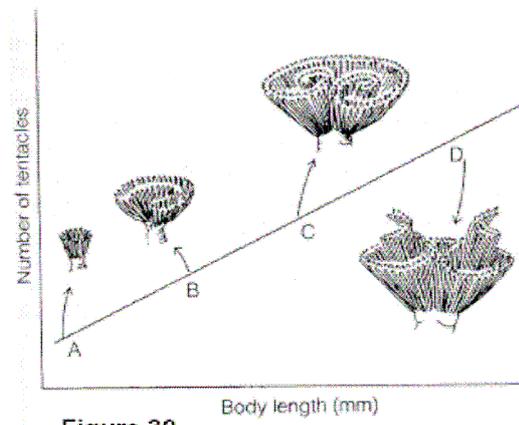


Figure 30

L'anus revient sur l'avant de l'animal, il est considéré en position dorsale. Il est en dehors de l'aire lophophorienne : **l'ectoprocte** (anus à l'extérieur).

## Les Ectoproctes ou Bryozoaires

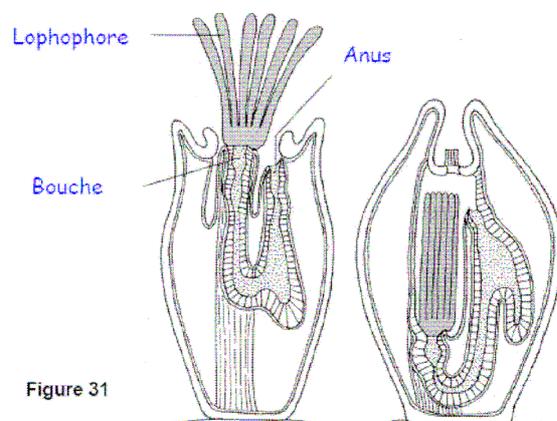


Figure 31

Ils sont de petite taille : 500 µm. Ils forment des colonies grâce à des individus en continuité physique les uns avec les autres mais qui se développent à partir d'un individu unique : des **Zoïdes**.

Ils n'ont pas de système circulatoire, ni excréteur, ni d'échangeur respiratoire particulier. Tout ce fait par le tégument car leur petite taille de nécessite **pas d'organes particuliers** pour faire leur fonction.

Leur **système nerveux est simple**, il contrôle la rétraction du lophophore (ci-contre).

Il y a une pression de sélection en fonction de l'importance de l'organe : si la pression est forte il y a une grande diversité car sa fonction est indispensable.

Ils se reproduisent par **reproduction asexuée** et **sexuée** en passant par le **stade de zoïde** qui se spécialise dans la reproduction et émet des gamètes. Les œufs donnent des **larves nageuses** chez les espèces marines qui à leur tour donnent des zoïdes qui débute une colonie.

Il y a émission de **statoblastes** qui sont des paquets de cellules protégées par une paroi. C'est une forme de résistance qui permet de passer la mauvaise saison. Ils redonnent ensuite des zoïdes.

Ex : *Membranipora membranacea*

### Les Brachiopodes

C'est un petit groupe de 335 espèces. Il existe plus de 12 000 espèces fossiles, il y a donc un intérêt paléontologique.

Ils possèdent une **valve dorsale** et une **ventrale** qui sont les parties dures. Mais ils peuvent être confondu avec un bivalve qui a une valve droite et gauche.

Le lophophore est extrêmement développé.

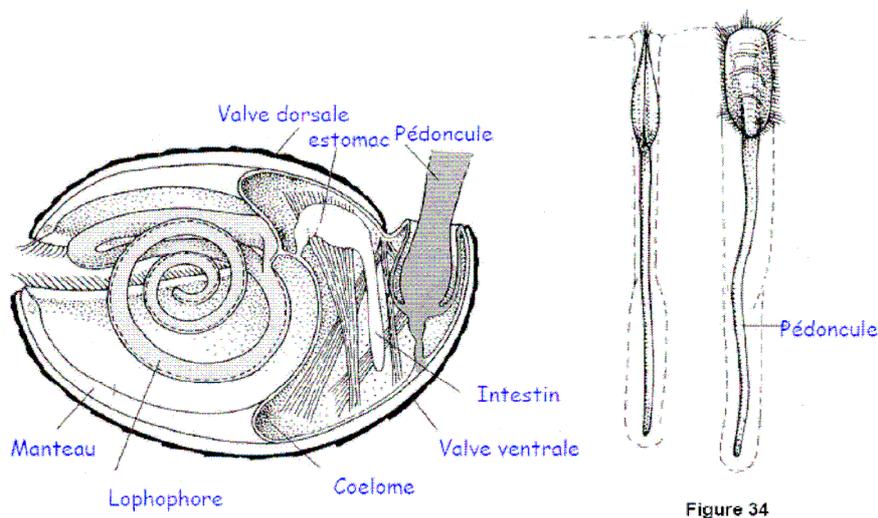


Figure 33

Figure 34

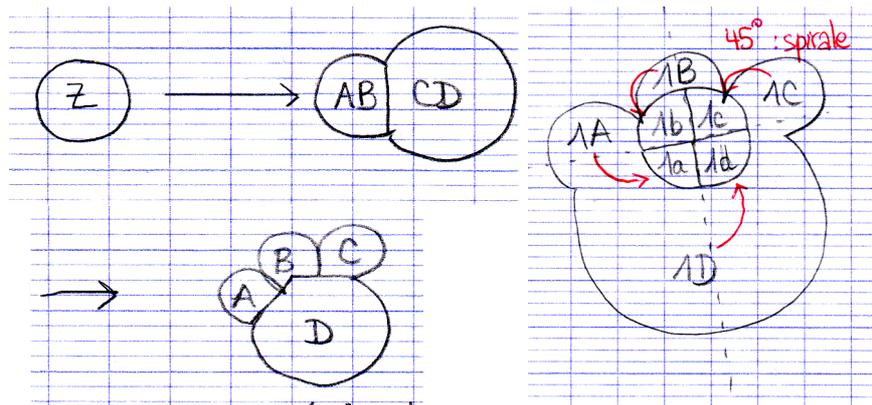
Ils possèdent un **pédoncule** très développé qui permet leur ancrage dans le substrat. Ce sont des **organismes filtreurs**. Ils ont un **manteau** formé par l'ectoderme qui sécrète la **coquille** sur la face externe. Le tube digestif est une quasi impasse.

Ex : *Lingula anatina*, *Gryphys vitreus*

## Les Spiraliens

Ils ont un développement embryonnaire singulier : larve trocophore et développement de l'œuf inégal.

Une cellule initiale Z se sépare en deux cellules inégales : mise en place d'un axe avec un pôle végétatif (cellules les plus grosses) et un pôle animal (cellules les plus petites). A partir de la 4<sup>ème</sup> division il y a une cellule 4d qui est la mise en place du mésoderme.



Les Entroproctes

Ils possèdent une **couronne ciliée** dans laquelle débouche l'anus.

Ils n'ont pas de lophophore, c'est une convergence évolutive (=homoplasie).

Ils possèdent un **pseudocoelome**.

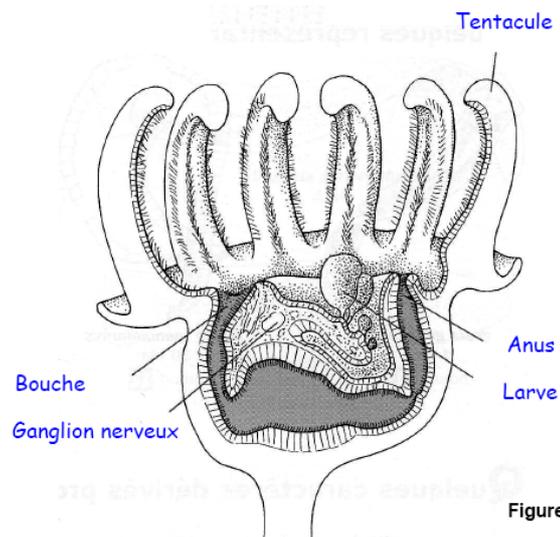
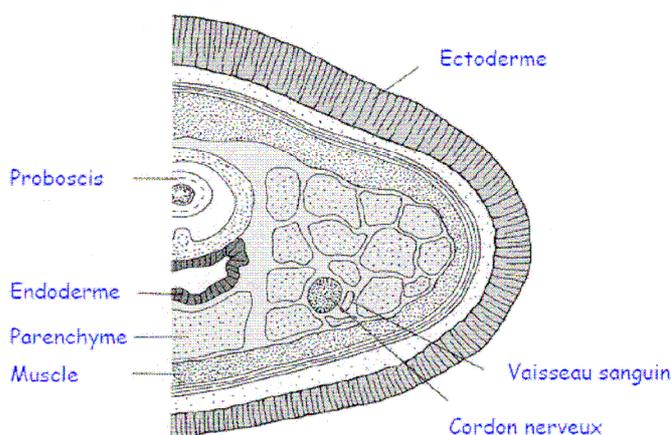


Figure 35

Les Parenchymiens



Ils possèdent une **matrice extracellulaire fibreuse** plus ou moins liquide voire totalement liquide. Ce n'est pas un coelome parce qu'il se creuse dans le mésoderme : c'est du **parenchyme**.

C'est un caractère dérivé qui subit secondairement des variations (liquide/solide).

Ce schéma représente un Némerte.

## Les Plathelminthes

Ce sont des vers plats dont le tube digestif ne présente qu'un **seul orifice**. Leur plan d'organisation est efficace puisqu'il existe encore aujourd'hui. Ce groupe possède un **sac digestif** qui a un axe antéro-postérieur. Ils ont un **épithélium cilié**.

### Les Turbellariés

#### Généralités

C'est un planaire, c'est-à-dire un prototype d'un Turbellarié. Et ce sont des Plathelminthes par défaut.

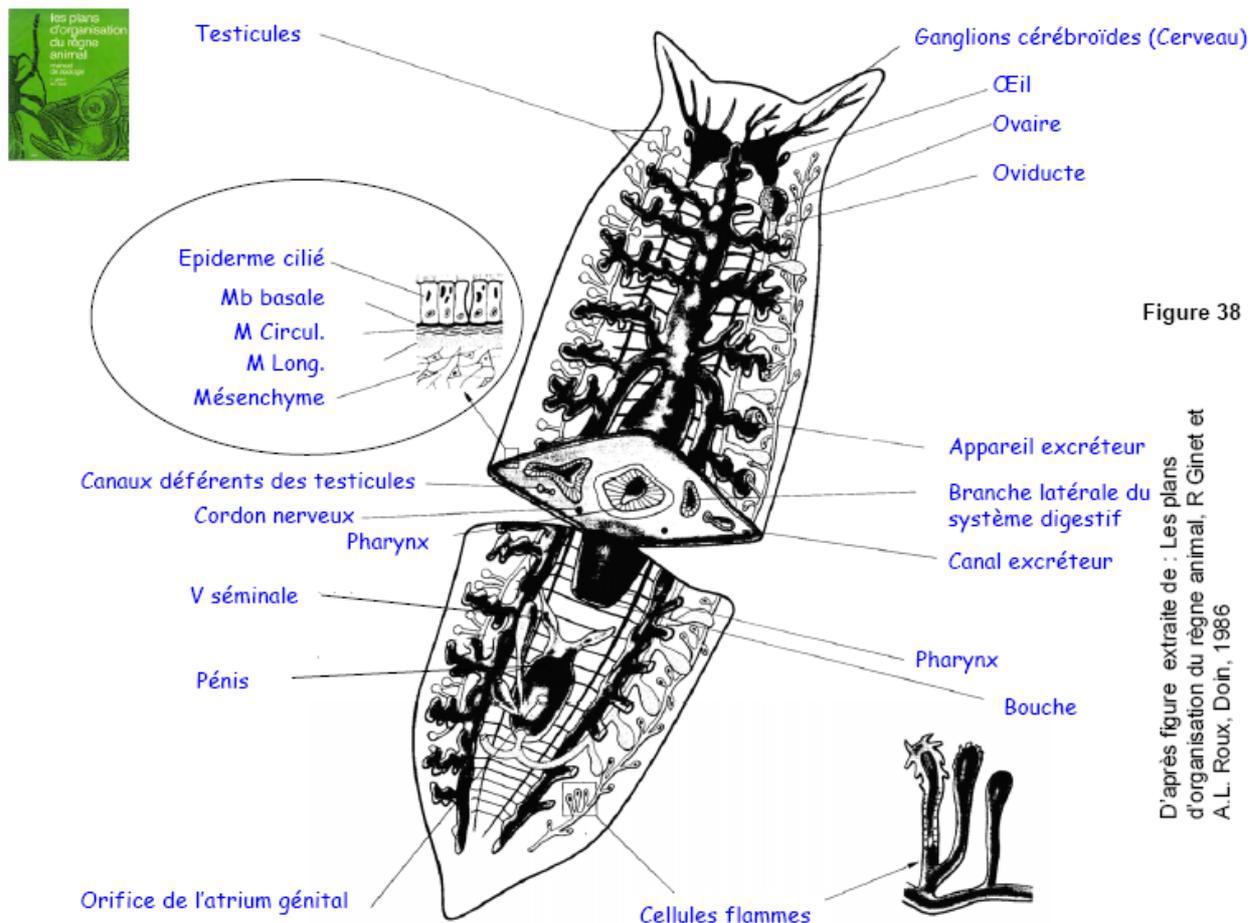


Figure 38

D'après figure extraite de : Les plans d'organisation du règne animal, R. Ginnet et A.L. Roux, Doïn, 1986

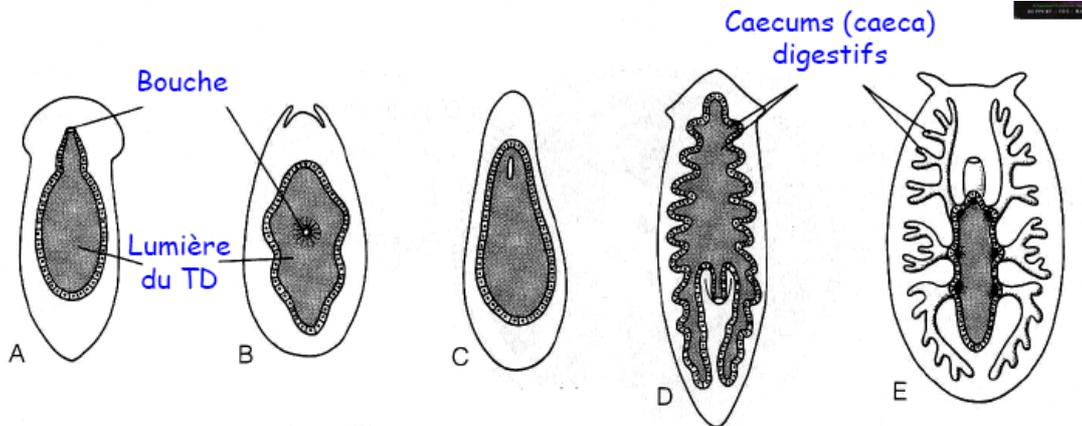
Ils possèdent un **épiderme à 3 types de cellules** :

- **glandulaires** qui sécrètent du mucus qui a soit un rôle de lubrifiant pour faciliter la reptation, soit d'adhésif pour la capture des proies ;
- **sensorielles** sensibles au contact qui apportent des informations sur l'environnement ;
- **à rhabdites** : ce sont des baguettes formées à partir de protéines sulfurées et/ou phosphorylées et de sels enrichis en  $\text{Ca}^{2+}$ . Elles servent à la défense et à l'attaque.
- **Syncitial** chez les Turbellariés acoele.

Le tube digestif

Il y a un **sac digestif** mais **pas d'anus**, la **bouche** est l'orifice unique. La digestion se fait dans le sac digestif extracellulaire et il y a une phagocytose (digestion intracellulaire) parallèlement à cette digestion.

Il peut être très ramifié et il augmente avec la taille des animaux grâce à des plis, sinon le volume du tube digestif serait insuffisant.

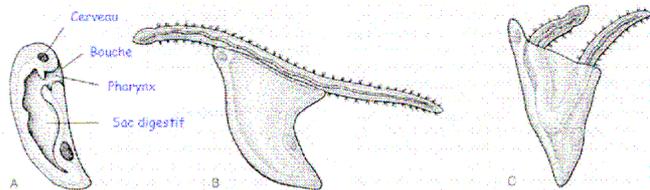


Ce **système digestif** assure directement la **transmission des métabolites**, il n'y a **pas de système de distribution** particulier **ni de coelome**. Les métabolites diffusent directement du mésenchyme.

La **musculature** est reliées à la **locomotion** et aussi au **brassage des cavités** qui accélère la diffusion des métabolites : c'est la convection.

On peut supposer que ce sont les fonctions de ces muscles mais on ne peut pas être sûr qu'ils soient apparus spécialement pour ça. On propose uniquement des idées qu'on justifie par des constatations.

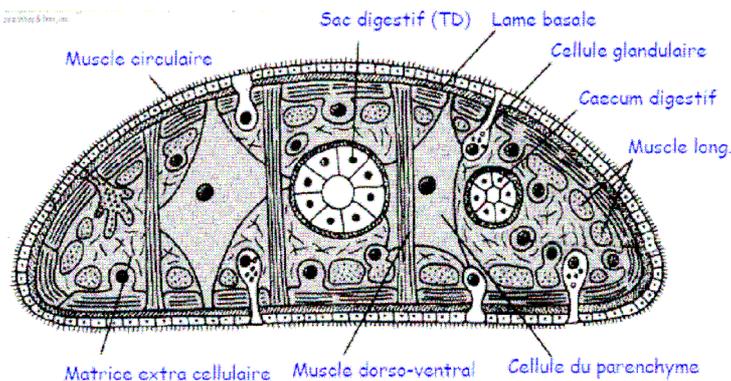
Ce sont des **animaux carnivores** qui mangent des Protozoaires, des Rotifères ou des larves d'Annélides. Leur proie est ingérée dans le sac digestif.



Système nerveux et locomotion

Grâce à leur musculature, tous les mouvements vont être possibles :

- propagation le long du corps de l'animal d'une onde de contraction = **péristaltisme** ;
- **ondulations** ;
- **déplacement** grâce à une ciliature épithéliale.



Pour un déplacement orienté, il faut un système de coordination = système nerveux diffus qui se met en place à partir de l'épithélium. On trouve également une concentration de certaines structures nerveuses qui mettent en place des **ganglions cérébroïdes** : c'est la **mise en place d'un cerveau rudimentaire** avec un cordon nerveux. Ce système nerveux est capable de 3 actions :

- perception grâce à des cellules tactiles ;
- commande grâce au contrôle de la perception ;
- intégration par la collecte d'informations et la coordination d'une réponse à une somme d'informations grâce à des interneurons.

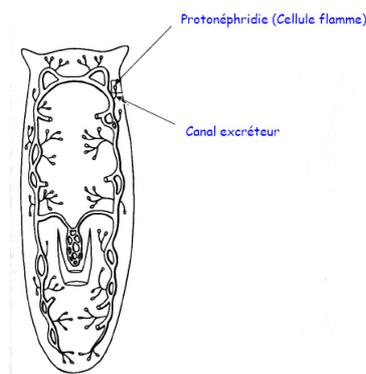
La communication se fait par des synapses.

Ces animaux possèdent donc une sensibilité multiple :

- tactile ;
- chimique ;
- visuelle grâce à des photorécepteurs qui permettent une perception de l'environnement lumineux.

La perception sensorielle est associée à une commande motrice qui permet une fonction de nutrition améliorée. Il y a une augmentation de l'efficacité de la prise alimentaire grâce à la diminution de la perte d'énergie pour chercher de la nourriture. C'est un avantage évolutif qui a été conservé.

### Les organes excréteurs



Il n'y a pas de système de distribution, ni de système de concentration des déchets mais il y a un système excréteur très ramifié dans tout l'organisme :

c'est un système de **protonéphridies** avec des cellules flammes.

Chaque cellule flamme possède des flagelles qui permettent une aspiration et une filtration des liquides.

### La reproduction

- asexuée : caractérisée par la capacité de régénération. A partir d'1/3 de l'animal on arrive à obtenir un animal entier : **scissiparité** et **bourgeonnement**.
- sexuée : ils sont **hermaphrodites** mais il y a **protérandrie** c'est-à-dire qu'il y a d'abord maturation des gonades mâles avant les femelles. La fécondation croisée est donc obligatoire.

### Les Trématodes et les Cestodes

C'est un groupe qui a été entièrement modifié pour le parasitisme.

#### Les Trématodes

Ils possèdent quelques similarités avec les Turbellariés. Ex : *Fasciola hepatica*. Ils possèdent une **ventouse buccale** qui permet leur fixation sur les canaux hépatiques du mouton.

#### Cestodes

Leur modification est beaucoup plus poussée que pour les Trématodes.

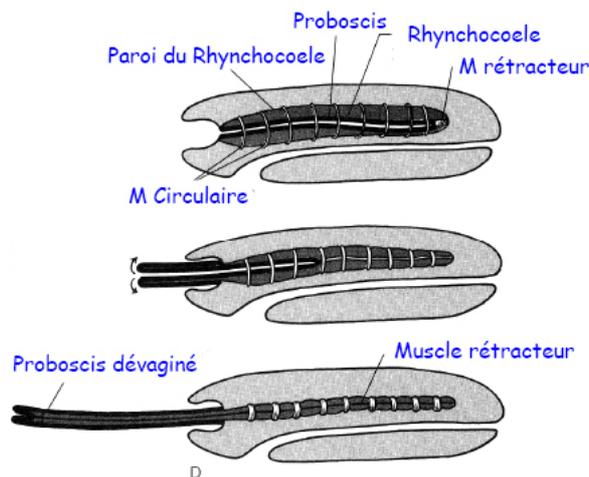
Ils possèdent un **corps rubané** avec des segments successifs dus au bourgeonnement de la partie antérieure appelée le **scolex**. Ils n'ont **pas de bouche ni de sac digestif** puisqu'ils sont parasites et utilisent les métabolites déjà assimilés par l'hôte. Ils n'ont **pas non plus de système de distribution, excréteur ou respiratoire**, tout ce fait

directement par les cellules ou la surface d'échange avec l'extérieur. Ils vivent en **anaérobie**. L'organisme se comporte dans son hôte comme une simple cellule. Leur reproduction est spectaculaire : les segments se spécialisent dans le temps tout d'abord en mâle puis en femelle et il y a une **autofécondation** entre les segments : **proglottis**. Les œufs fécondés sont émis à l'extérieur par scission des proglottis (segments).

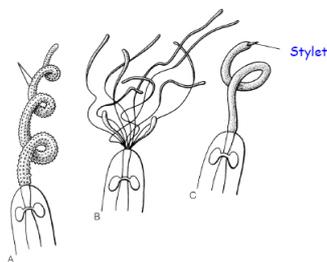
## Les Némertes

Ce sont des vers parenchymiens aplatis dorso-ventralement. Ils ne possèdent **ni segmentation ni coelome**.

Ils possèdent un **proboscis** qui est une trompe dévaginable entourée par une cavité appelée le **rhynchocoele**. Le rhynchocoele est une sorte de coelome qui normalement est un compartiment initial de distribution alors qu'ici il entoure un organe de transmission. Le liquide qu'il contient est incompressible donc s'il y a compression de cette cavité, il y a allongement de celle-ci avec la dévagination du proboscis. Le fluide est déformable mais incompressible.



### La nutrition



Ce sont des organismes **carnivores**. Le proboscis peut être associé à un stylet, s'enrouler autour d'une proie ou entourer la proie pour l'amener vers la bouche.

Ils possèdent une **bouche** et un **anus** avec un **tube digestif orienté**. Il y a donc une répartition spatiale des différentes étapes de la digestion.

Il n'y a **ni coelome ni pseudocoelome** mais un **système vasculaire circulatoire** contenant du liquide coelomique (attention ce n'est pas du coelome !). Ce système de distribution est indépendant du déplacement : c'est une nouveauté.

Le **système** est globalement **fermé** sur lui-même et il permet une augmentation de taille de l'animal.

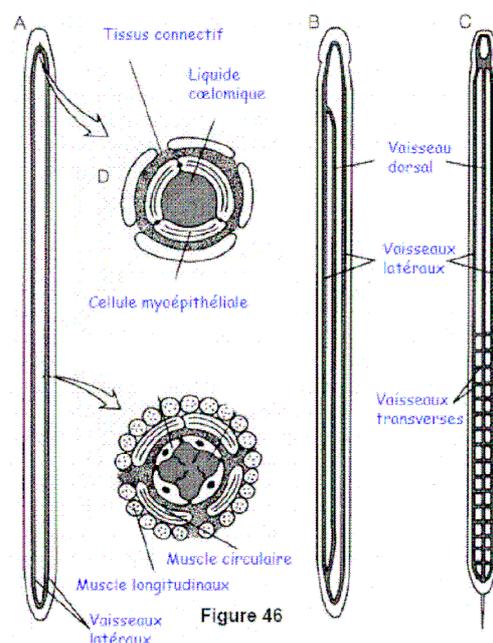
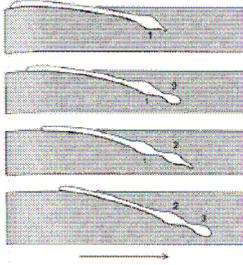


Figure 46

## La locomotion



- grâce à l'épiderme cilié
- grâce à leur musculature
- par association du muscle et du rhynchocoele : il y a une action musculaire sur le squelette hydrostatique.

## La reproduction

- asexuée : très développée : fragmentation, régénération, ..
- sexuée : basique par fécondation externe.

## Respiration et excrétion

Il y a des protonéphridies partout dans l'animal : système ramifié.

La distribution par le système circulatoire n'est pas associée à un système excréteur.

La respiration existe à travers le tégument.

## Exemples de diversité

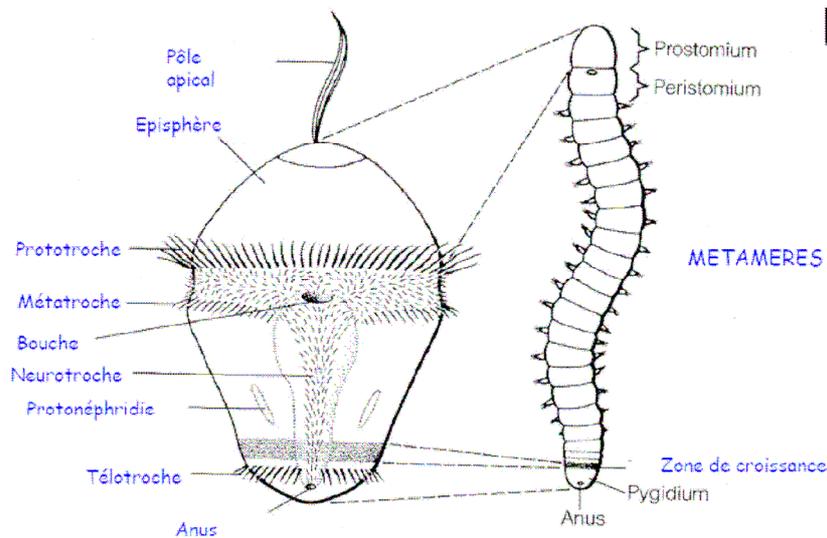
*Lineus bimaculatus*

*Tubulanus annulatus*

*Lineus longissimus* (jusqu'à 30 m)

# Les Annélides

Ce sont des organismes **métamérisés**. Les segments se suivent et se mettent en place à partir de la **larve trocophore**. Ils possèdent des **protonéphridies** chez la larve. Des **métamères** se rajoutent à partir de la **zone de croissance**. Ils sont organisés autour d'une paire de sacs coelomiques. Le **prostomium** et le **pygidium** ne sont pas des métamères mais des **segments**.



## La métamérie

### Organisation du métamère : les sacs coelomiques

La segmentation affecte l'ectoderme qui devient annelé par apparition d'un renflement entre chaque segment. Entre deux segments successifs, la cloison qui affecte le mésoderme est le **dissépiment**.

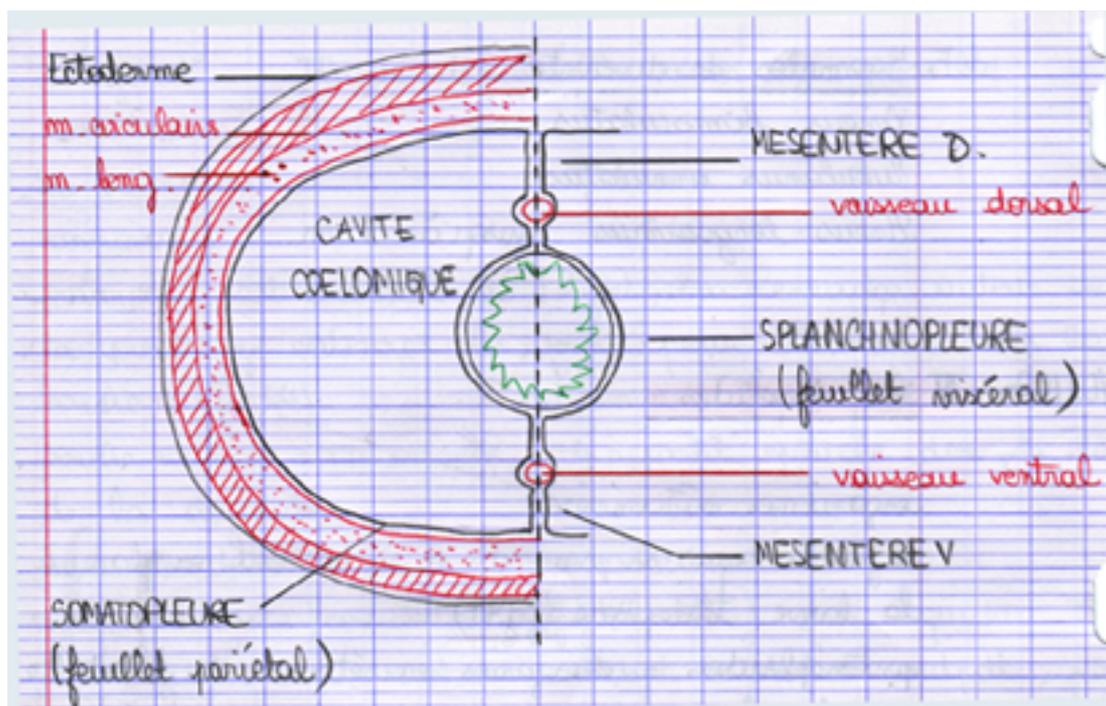
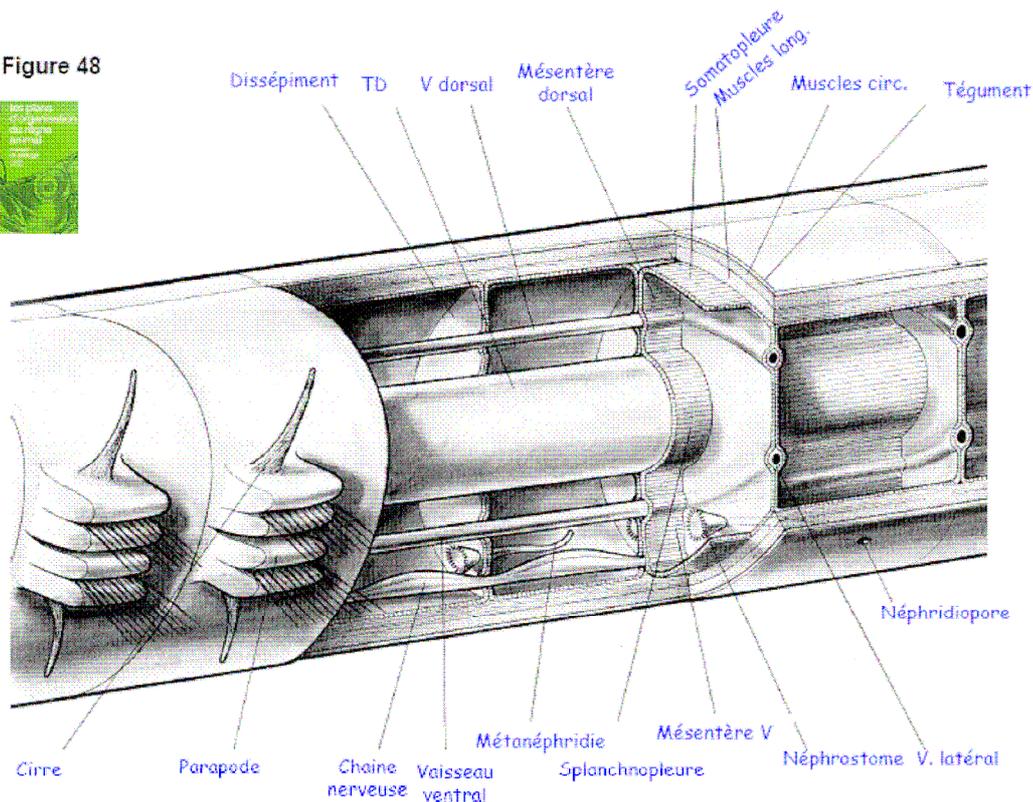


Figure 48



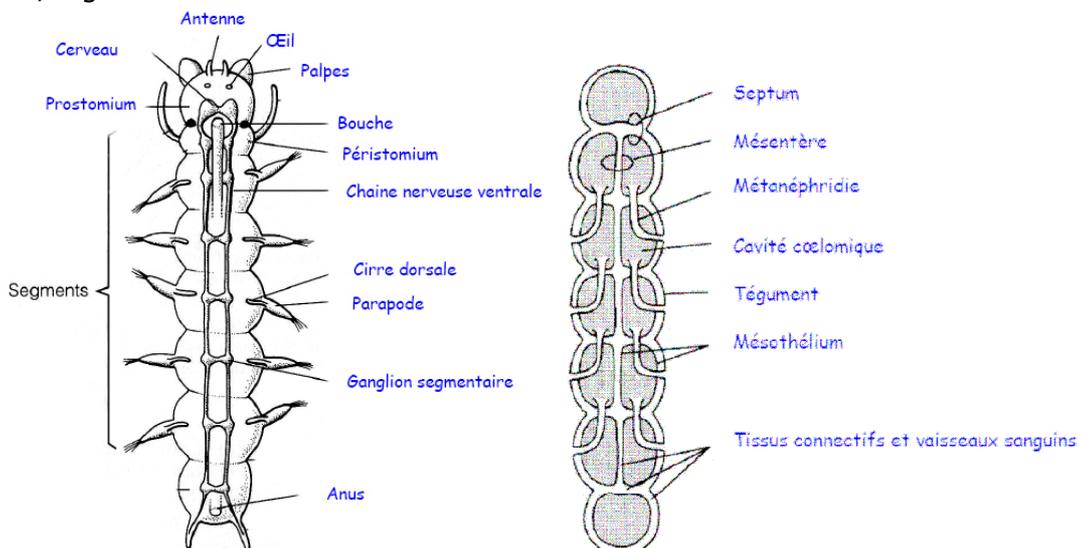
Métamérie et locomotion

Lorsque la métamérie se met en place, elle aide à la locomotion. Elle permet la reptation par invagination du squelette hydrostatique. Le sac coelomique améliore la locomotion.

Métamérie et conséquences sur le système anatomique

Le prostomium porte les structures sensorielles (antennes, palpes...). Il y a apparition d'un **cerveau**, c'est un ganglion plus développé. La commande nerveuse est segmentaire avec une paire de ganglions par segment.

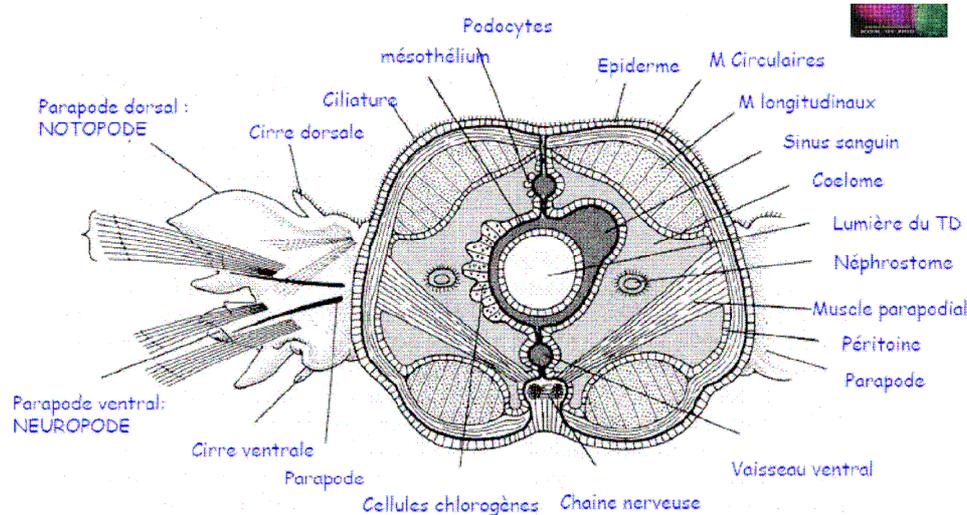
Il faut un système de distribution pour remplacer le coelome. Chaque caisson doit posséder son propre système excréteur. Les **métanéphridies** sont intersegmentaires, il y en a 2/segments.



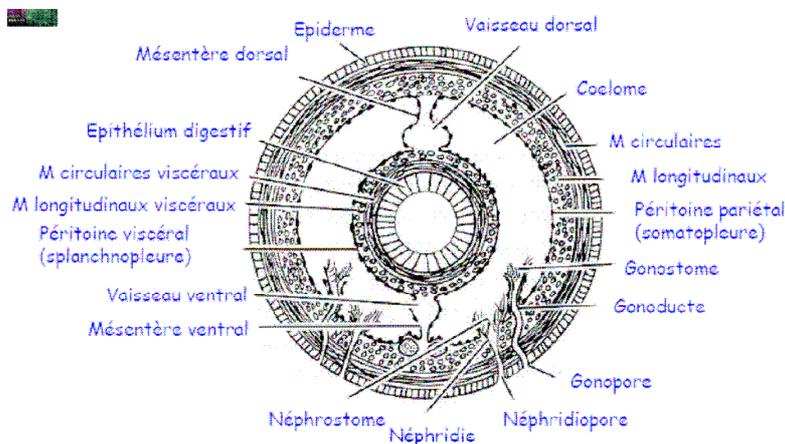
Les **gonades** sont les **parois de la cavité coelomique** qui fabrique les gamètes libérées dans la cavité coelomique par les métanéphridies.

Il y a une possibilité de distribution intersegmentaire mais elle est insuffisante ; il y a donc apparition d'un **système circulatoire clos** avec un **vaisseau dorsal**, un **ventral** et des **vaisseaux latéraux** dans les cloisons (dissépiments). Dans le vaisseau dorsal le liquide coelomique va de arrière vers l'avant et dans le vaisseau ventral il va de l'avant vers l'arrière. Dans les vaisseaux latéraux, les cellules myoépithéliales contractiles assurent la propagation du sang.

Il y a des échanges possibles entre le système respiratoire et la cavité coelomique.



Mise en place de la métamérie



Selon la théorie gonocoelienne : le mésoderme aurait mis en place une cavité autour des gonades pour la distribution des métabolites pour les gonades. Ce serait une relation purement métabolique.

Selon la théorie néphrocoelienne : il y a eu la mise en place d'un compartiment liquide autour du système excréteur.

Mais dans les deux cas, les compartiments liquides sont mis en place pour la distribution par creusement (=schizocoelie).

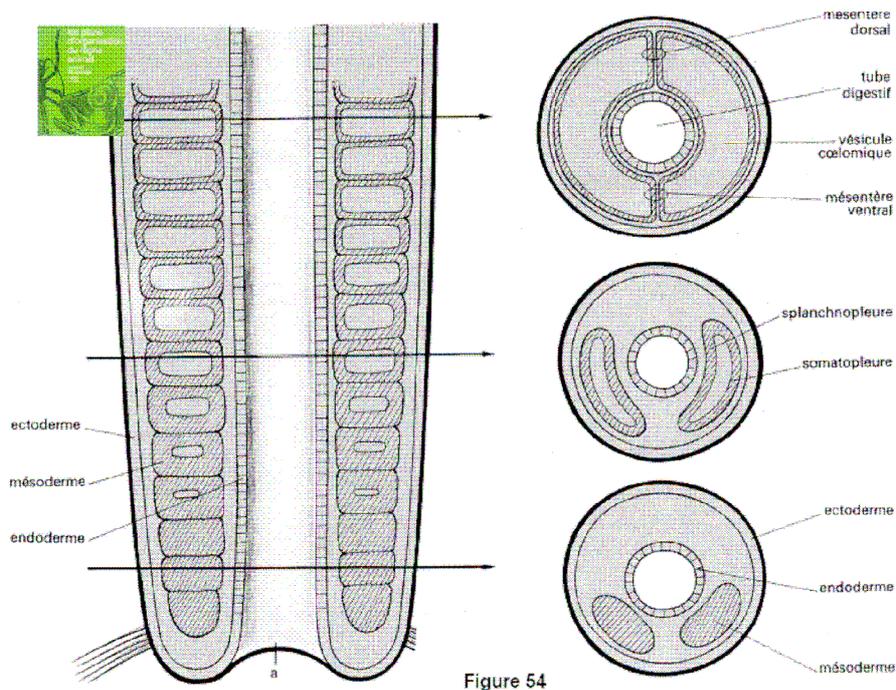


Figure 54

## La classe des Polychètes

Il y a environ 8 000 espèces. Elles possèdent de **nombreuses soies**.

Les **parapodes** sont les points d'appuis du métamère. Ce sont des appendices locomoteurs de structure rigide qui se déplacent grâce aux mouvements du segments. Ils sont constitués du **notopode** et du **neuropode** qui est proche du système nerveux ventral.

### La nutrition

La diversité des modes de nutrition reflète la diversité des modes de vie.

- les Polychètes errantes : ils se déplacent énormément à la recherche de nourriture et ils peuvent être carnivores (zoophages), herbivores (phytophages), ou détritivores (nécrophages).

Ex : *Nereis* et *Glycera alba*

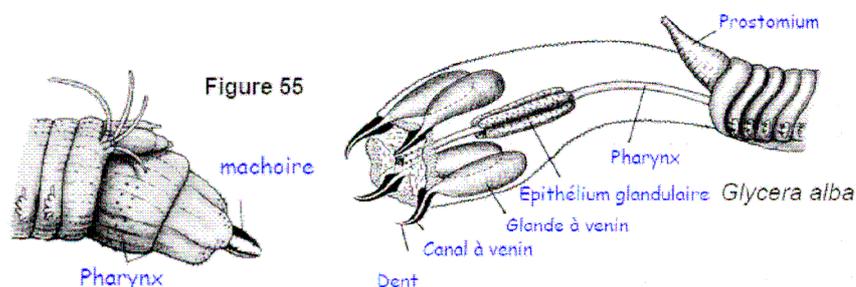
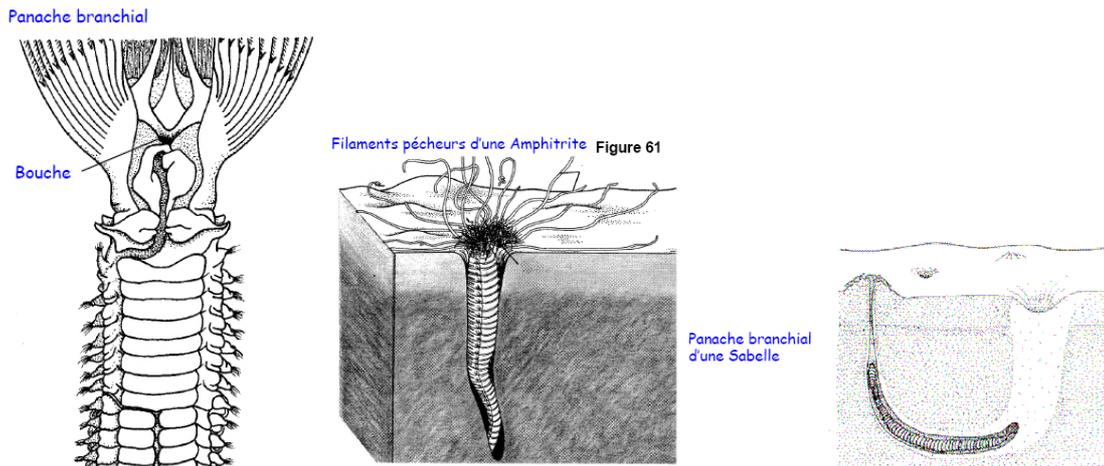


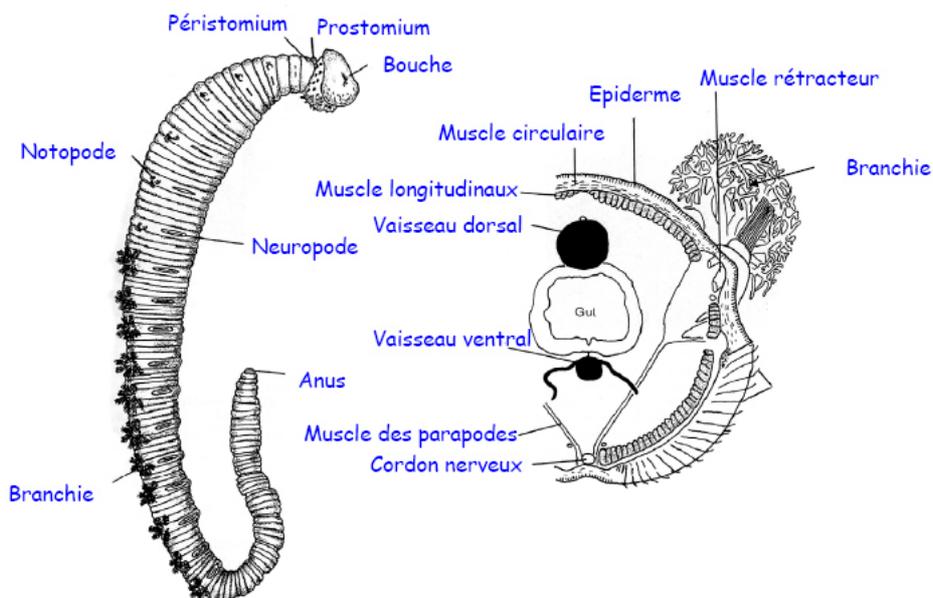
Figure 55

- les Polychètes sédentaires : ex : *Sabella pavonina* qui possède des parapodes plus réduits ; *Arenicola marina* qui exerce des flux d'eau d'arrière en avant pour filtrer la matière organique.



La respiration

Le rapport surface/volume est défavorable. Il y a donc apparition d'un échangeur respiratoire spécialisé : les **branchies tégumentaires**. C'est un organe spécialisé dans la respiration dans les milieux aquatiques. Attention, le parapode n'est pas une branchie !



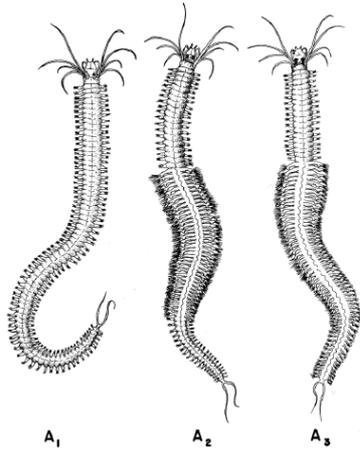
La reproduction

- asexuée : par **régénération** à partir d'un seul métamère, c'est l'avantage de la métamérie ;
- sexuée : les Annélides polychètes sont **gonochoriques**, les cellules germinales sont dans le coelome. Il y a fécondation externe avec le développement de la **larve trocophore** pour devenir un adulte. Lorsque l'embryon ne ressemble pas à l'adulte lors de son éclosion, il y aura métamorphose.

Il existe différents types de métamérie :

- homonome = tous les segments sont identiques ;
- hétéronome = hétérogénéité et altération dans la métamérie.

Chez les Polychètes (prototypes des Annélides), dès que la métamérie apparaît elle est altérée.



Chez les Néréidés il existe des particularités : A1 est la **forme atoque** sexuellement immature, A2 est la modification morphologique extérieurement accompagné par une modification interne et l'organisme est sexuellement mature donc il y a formation des gamètes : c'est une **forme épitoque partielle** car elle ne concerne que la partie médiane.

Cette épitoque partielle peut avoir différentes formes.

La partie sexuellement mature peut produire des gamètes, des bourgeonnements sont aussi possibles (comme stolonisation).

## Les Oligochètes

Il y a environ 3 500 espèces comme par exemple le Lombric et le Ver de terre. Ils ont colonisés tous les milieux de vie : marin, eau douce et terrestre.

### Quelques caractéristiques remarquables

Les **parapodes sont absents** mais il y a toujours des **soies** peu nombreuses. La **tête** (prostomium) est **réduite** : c'est une évolution régressive.

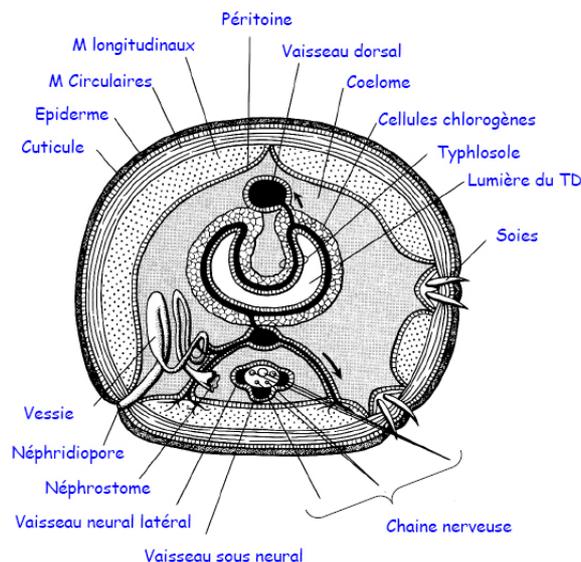
Le **clitellum** est un caractère dérivé, c'est une modification d'une série de segments antérieurs qui forment un anneau renflé qui sécrète un cordon muqueux qui permet de maintenir le partenaire lors de la reproduction et aussi pour former un cocon dans lequel les œufs vont se développer.

Il y a aussi une altération (spécialisation) de la métamérie mais ce n'est pas une nouveauté.

### Un exemple : le Lombric

Il a la même organisation globale que les Annélides avec quelques différences :

- il n'y a **pas de mésentère ventral et dorsal** ;
- une **cuticule** (pas forcément rigide) est sécrétée par l'épiderme en guise de protection ;
- **vessie** : terminaison des métanéphridies.

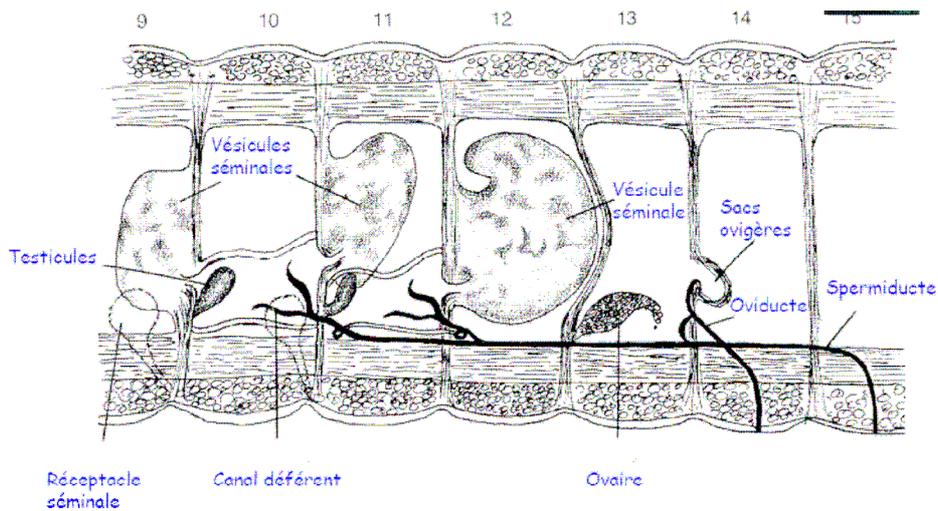


La reproduction du Lombric

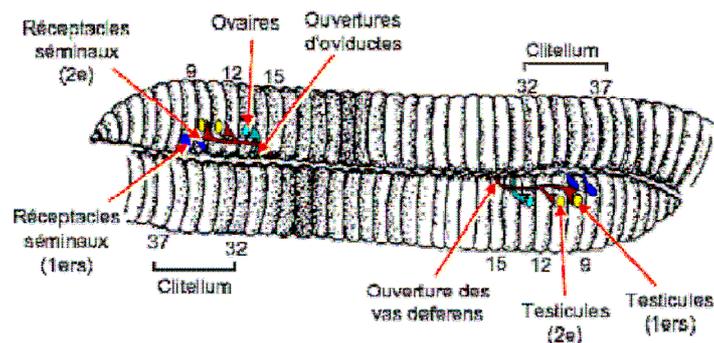
- asexuée par régénération ;
- sexuée

Il y a une altération de la métamérie, l'animal est **hermaphrodite** et c'est une espèce **protérandrique** donc il y a fécondation croisée.

Les organes reproducteurs mâle sont sur les segments 9, 10, 11, 12 et 15 qui porte l'orifice ; les organes reproducteurs femelle sont sur les segments 13 et 14 qui porte l'orifice.



Les segments 32 à 37 forment la **gangue muqueuse** ; les gonopores des 2 lombrics ne sont pas face à quelque chose de marquant. Les spermatozoïdes migrent le long de l'animal pour arriver dans les réceptacles séminaux (**spermathèque**). Quand ils sont accouplés, les 2 lombrics sont au stade sexuel mâle.



Dans certains cas, il y a accolement du gonopore mâle sur les réceptacles séminaux. Ensuite on passe à la phase de maturation des organes génitaux femelles. Il y a fabrication de la gangue muqueuse au niveau du clitellum puis l'animal recule pour atteindre le segment 9 (spermathèque) où il y aura **fécondation externe** : les spermatozoïdes d'un lombric sont déposés sur les organes génitaux femelles de l'autre lombric puis il y a formation d'un cocon. L'œuf donne alors un juvénile qui ressemble directement à l'adulte.

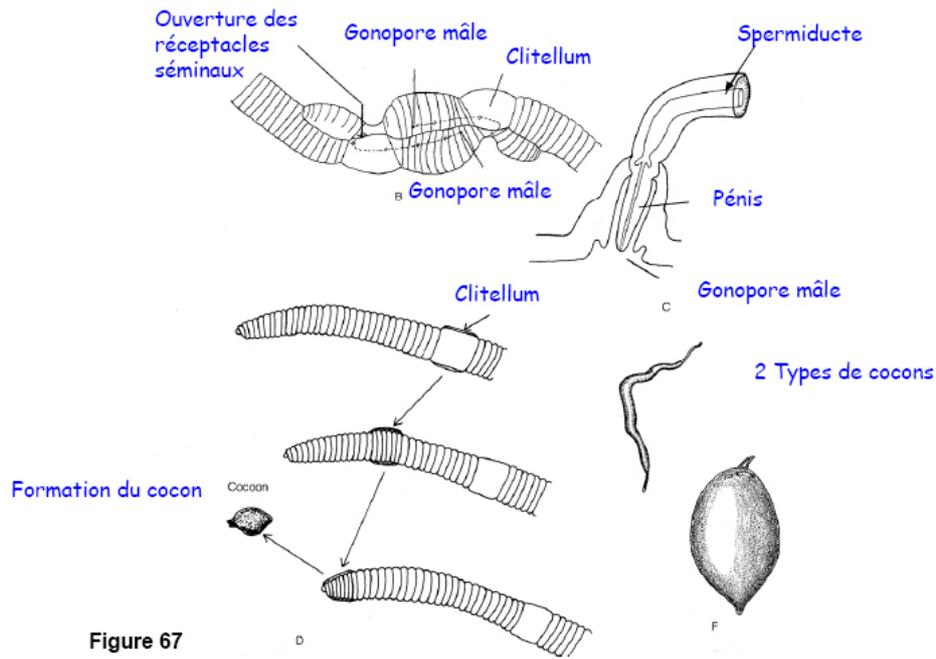
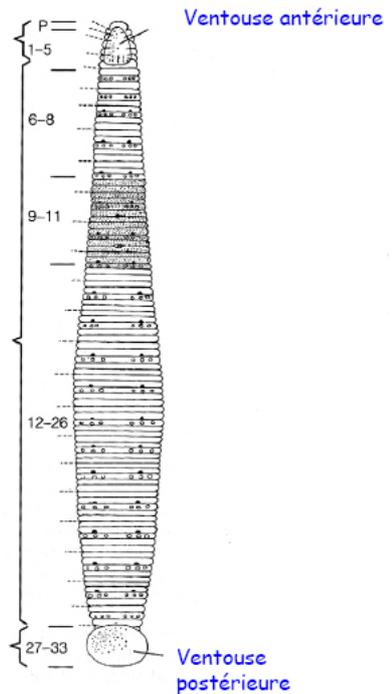
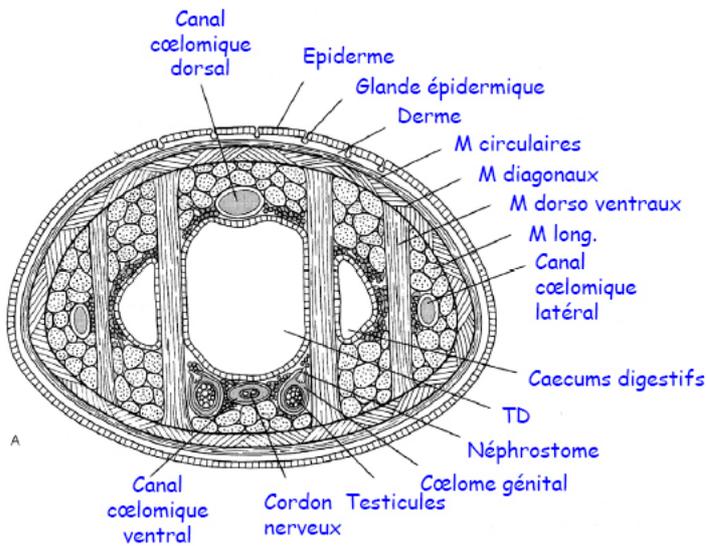


Figure 67

La locomotion

Elle est très simple, elle se fait à l'aide des soies qui sont des points d'ancrage qui permettent le déplacement par **péristaltisme**.

**Les Achètes ou Hirudinés**



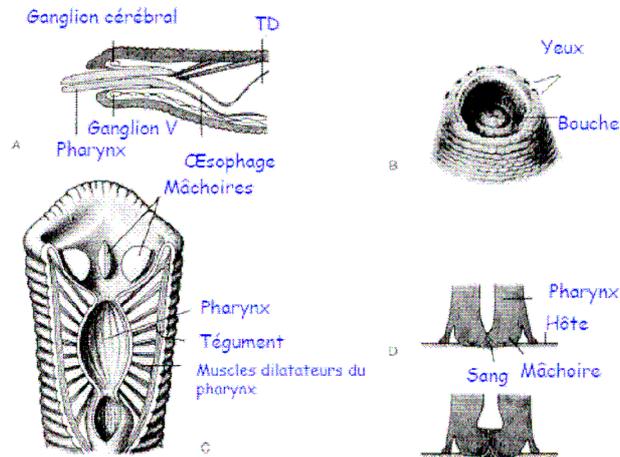
Ils n'ont **pas de soies ni de parapodes**. Ils se sont spécialisés pour un mode de vie fixé (ventouses) et hématoophage.

Les **sacs coelomiques** sont remplis de **colenchyme**.

Leur corps est formé de **beaucoup de muscles** qui permettent le mouvement.

Il y a du **coelome génital** autour des gonades : c'est l'association coelome/gonades.  
 Il y a plusieurs **canaux coelomiques** : un vaisseau **dorsal**, un **ventral** et des **latéraux** ; d'un point de vue fonctionnel c'est un système de distribution mais il **sert de système circulatoire**.

Les **mâchoires** sont adaptées au mode de nutrition avec les ventouses.



Les ventouses sont aussi adaptées pour la locomotion grâce aux **muscles hydrostatiques** (toujours même volume) très développés.

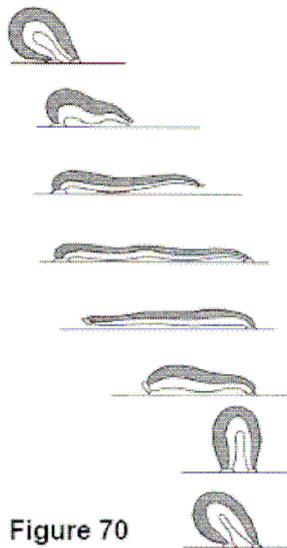
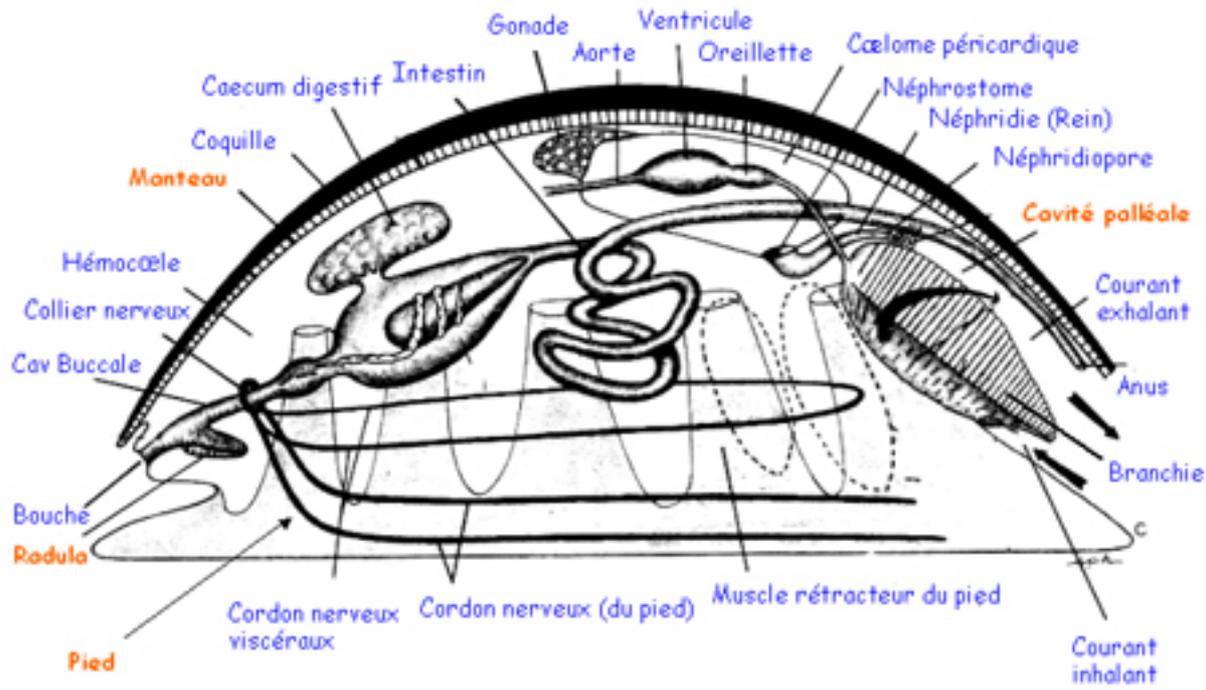


Figure 70

# Les Mollusques

Ils représentent un énorme taxon, de 40 à 100 000 espèces. C'est un groupe très varié mais en même temps très homogène.

## Anatomie d'un mollusque type



La partie céphalique est globalement réduite.

- pied  : large, ventral, sole pédieuse (= surface sur laquelle l'animal se repose et se déplace). C'est une structure dont les muscles sont très développés ;
- masse viscérale dorsale  : c'est l'ensemble qui se situe au-dessus du pied ;
- manteau  : tégument très développé qui délimite une cavité palléale dans laquelle débouche toutes les fonctions biologiques. Il sécrète des glycoprotéines dans lesquelles il y a des précipités de sels de calcium qui conduit à la formation de spicules soit à la formation d'une coquille souvent fabriquée en aragonite.

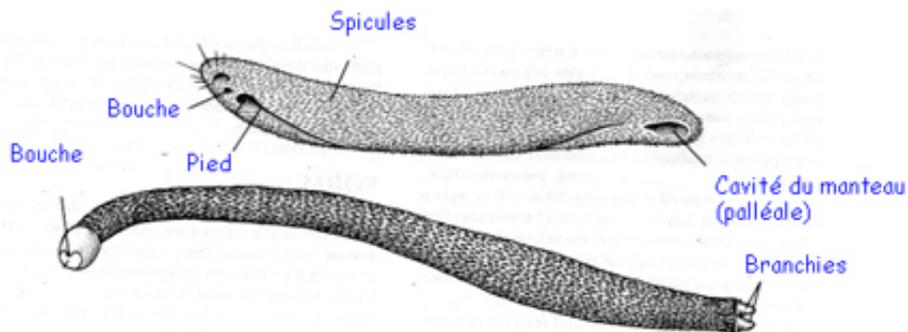
Dans la cavité palléale débouche :

- le  tube digestif  : anus – intestin – caecum digestif – œsophage – bouche et radula ;
- la  néphridie  est un rein qui communique avec la cavité coelomique dans laquelle il y a un système circulatoire ;
- la  cavité coelomique  est un lieu d'échanges indirectes entre le système distributeur et excréteur. Cette cavité liquide a fonctionnellement un intérêt mécanique car il n'y a pas de frottements avec les mouvements du cœur ;
- une  branchie ciliée  qui met en place un mouvement de cyclose de l'eau qui permet le renouvellement de l'eau dans la cavité palléale pour renouveler l'O<sub>2</sub> et pour emmener les produits génitaux et urinaires vers le système d'évacuation des déchets. La branchie est articulée autour d'un axe avec des lamelles ;
- la  radula  est une sorte de râpe qui sert à la prise alimentaire.

Les **branchies** et la **radula** sont des **caractères dérivés des Mollusques**.

## Les Aplacophores

Ce sont les Mollusques sans coquille. Ils font en général environ 5 cm.

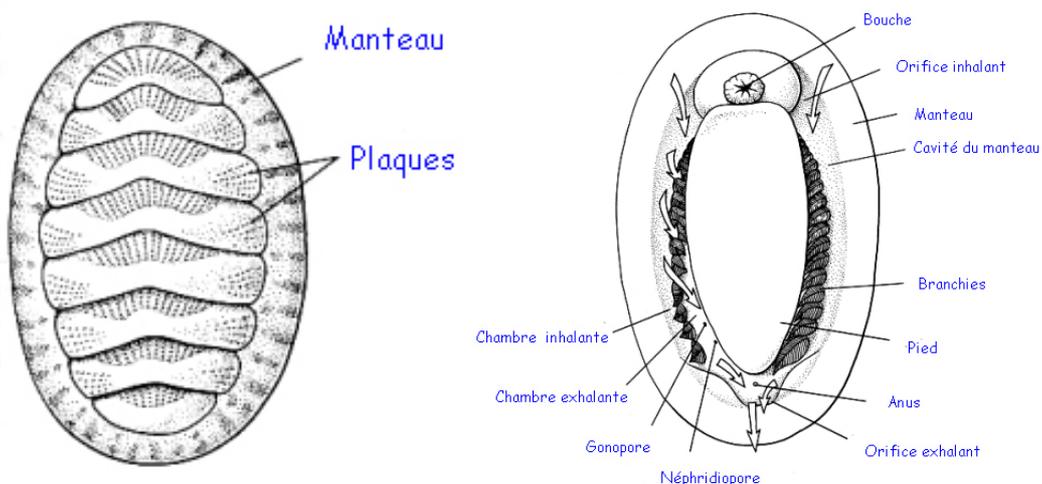


Les **spicules** soutiennent le manteau, le **pied** est très réduit voire absent et recouvert par la cavité palléale. Sous l'épiderme on retrouve une organisation classique : une **musculature** qui entoure une vaste cavité générale liquide = l'**hémocoèle**. Dans la cavité palléale à l'arrière de l'animal débouche les différents systèmes urinaires et génitaux. Ils possèdent une paire de **cténiidies** qui sont des branchies associées au système circulatoire.

## Les Polyplacophores

C'est un groupe de petite taille qui contient 800 espèces marines. Ex : Chiton.

Ils possèdent une **coquille articulée** qui permet aux espèces d'avoir une forme qui s'adapte au substrat. Dans les bords du manteau il y a des **spicules** qui le renforce. La coquille est sécrétée par le manteau.

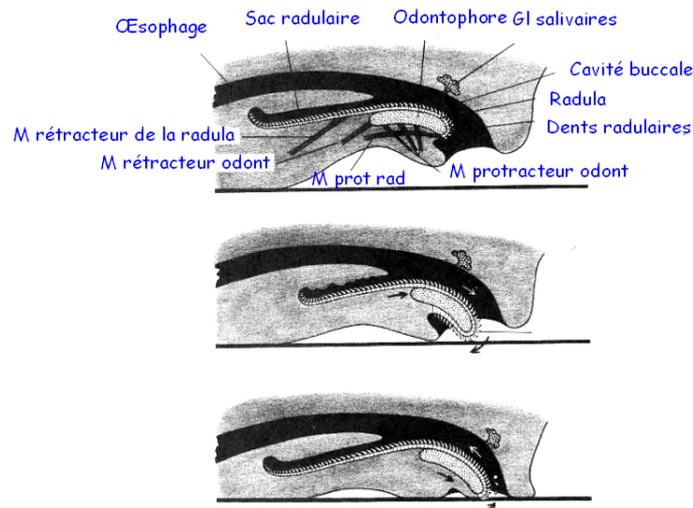


Le **pied est extrêmement développé** et occupe la plus grande partie de la surface ventrale. Il permet d'établir une solide fixation sur le substrat. Ces animaux vivent dans les zones intertidales extrêmement agitées donc il faut qu'ils se fixent bien.

L'animal se fixe sur le substrat en chassant ce qu'il y a dans la cavité palléale et il fait ventouse donc l'eau n'est pas renouvelée pour la respiration et il y a des risques de déshydratation. Il vit donc en **anaérobiose pendant le temps de la fixation**.

Le renouvellement de l'eau grâce aux **branchies ciliées** se fait d'avant en arrière : la chambre inhalante se trouve entre le bord du manteau et les branchies et la chambre exhalante se trouve entre les branchies et le pied. L'eau passe une seule fois par les branchies, c'est un mouvement unidirectionnel.

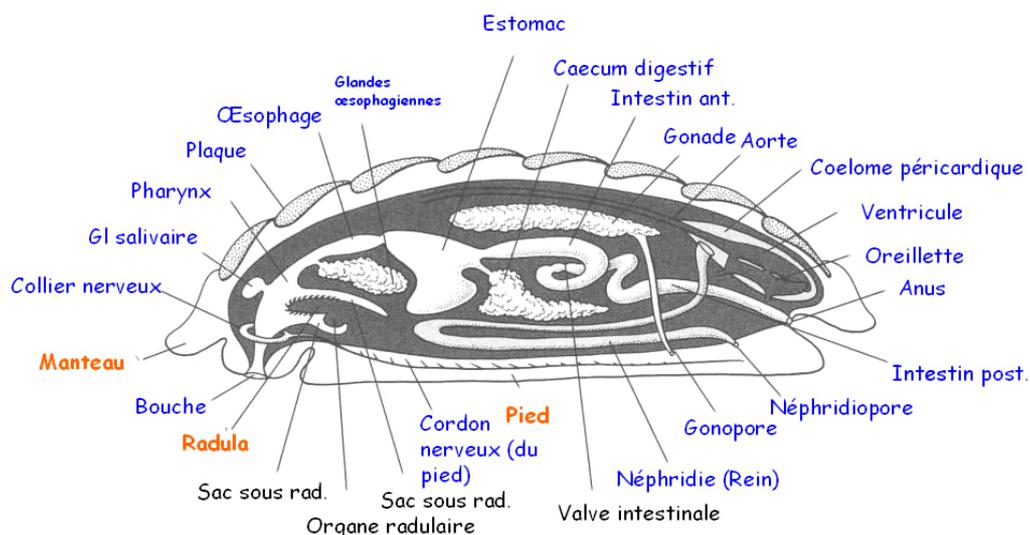
Les trois orifices (gonopore, néphridiopore et anus) se trouvent dans la chambre exhalante.



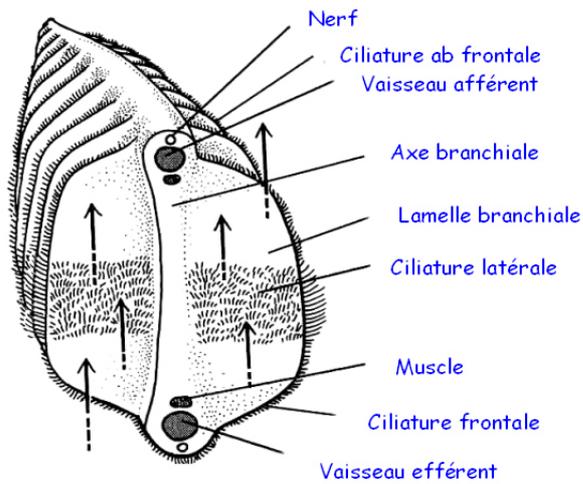
La **radula** est une râpe avec des **dents chitineuses** en nombre variable (16 à plusieurs milliers). Il y a 4 types de muscles :

- **muscles rétracteurs de la radula ;**
- **muscles rétracteurs de l'odontophore ;**
- **muscles protracteurs de la radula ;**
- **muscles protracteurs de l'odontophore.**

Ces animaux font de la **microphagie**, c'est-à-dire qu'ils ne font pas de trie : ils râpent le rocher. Le mucus agglomère les particules râpées et forme un **cordons alimentaire** par un **processus muco-ciliaire**. Les aliments sont ensuite assimilés au niveau du tube digestif.



Le **rein** débouche dans le **coelome péricardique**. Le système cardiaque est bien développé avec un cœur entouré d'une cavité coelomique qui est un compartiment liquide de distribution composant le squelette hydrostatique. Ici ce caisson liquide sert pour qu'il n'y ait pas de frottements afin d'éviter l'usure mécanique du muscle cardiaque.



Les **branchies** sont formées de **lamelles** avec une **abondante ciliature** : frontale, latérale, ab frontale. La convection de l'eau est due à cette ciliature des branchies.

## Les Gastéropodes

C'est le groupe le plus diversifié : de 40 000 à 100 000 espèces.

On les retrouve dans le milieu marin (Bigorneau), d'eau douce (Planorbe) et aérien (Escargot).

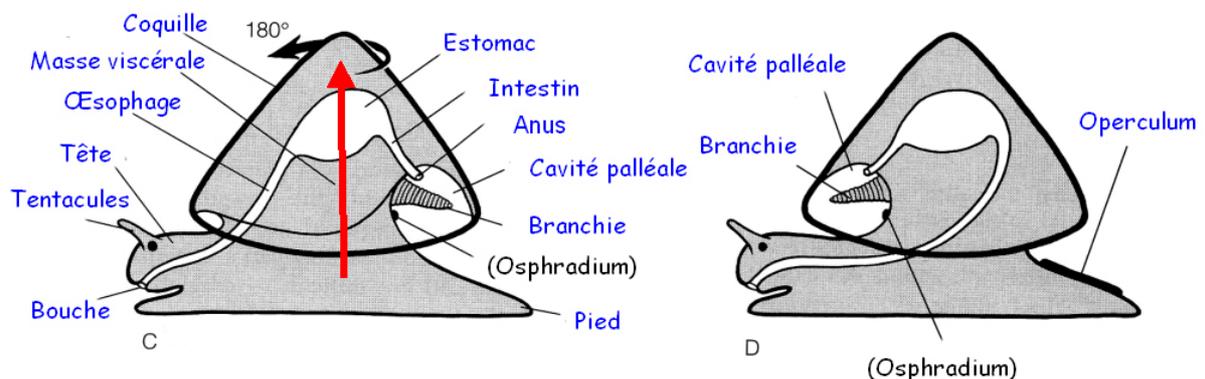
Ils possèdent une **coquille unique** parfois absente. Leur **masse viscérale** subit une torsion de 180° qui fait que la cavité palléale se retrouve à l'avant de l'animal. Il y a très souvent un enroulement spiralé de la coquille.

### Mise en place du plan d'organisation d'un Céphalopode

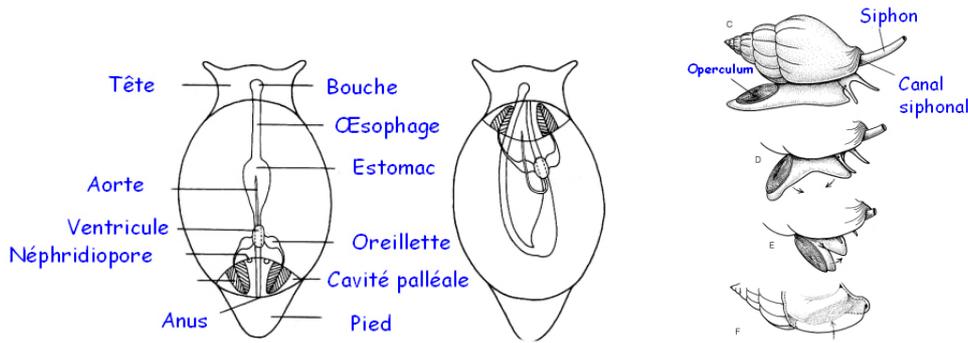
Torsion à 180° et flexion endogastrique

C'est la **synapomorphie** du groupe.

Le tube digestif est plat mais si l'animal augmente de taille il faut aussi augmenter le volume de la coquille pour protéger le tube digestif d'où le développement de la masse viscérale vers le haut.



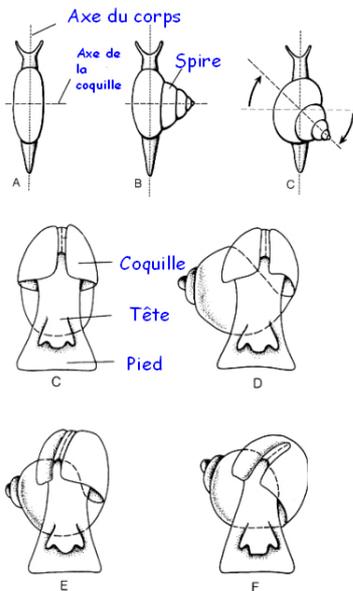
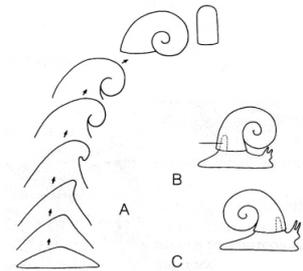
La torsion se fait dans le **plan horizontal** vers l'avant : l'anus et la cavité palléale se retrouvent devant et l'estomac derrière.



Vue du dessus de la torsion par croissance différentielle du côté droit.  
 L'**operculum** ferme la coquille pour protéger l'animal (comme un couvercle).

L'enroulement en spirale

Le développement de l'animal se fait vers le haut puis il y a un enroulement pour déplacer le centre de gravité et ne pas créer de déséquilibre (A). La cavité palléale peut se retrouver à l'arrière ou à l'avant (B) ou (C).



Pour limiter la croissance, la spire ajoutée doit avoir un diamètre interne plus petit que le diamètre supérieur. Il y a un **développement latéral** de la coquille mais l'animal serait alors bancal, c'est pourquoi il y a une **rotation** vers la gauche et vers le bas (B) pour les parties à l'avant de l'animal, et une rotation vers la gauche et vers le haut pour l'apex (C) et (F).

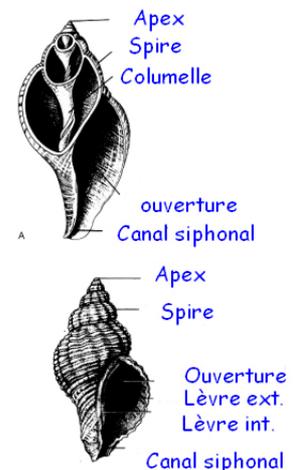
Il peut y avoir un **enroulement dextre** (vers la droite) ou **senestre** (vers la gauche). Mais l'enroulement dextre est le plus classique.

La coquille

La coquille s'entoure autour d'un axe : la **columelle**. La pointe de la coquille est appelée **apex**. Le diamètre interne n'est pas égal au diamètre de la spire précédente. L'ouverture de la coquille se fait avec les **lèvres interne** et **externe** et on retrouve un **canal siphonal** dans le prolongement.

La coquille est formée de 3 couches successives :

- le **péριοstracum** qui contient de la conchioline (protéine), cette couche est durcit par du tannage ;
- l'**ostracum** qui est une couche minérale et protéique, et il y a formation d'une couche prismatique avec du calcite et de l'aragonite qui sont 2 types de cristaux ;
- l'**hypostracum** est une couche lamellaire qui a un développement horizontal en feuilletage.



Ces couches permettent d'avoir une coquille la moins lourde et la plus solide possible. Sa croissance est possible au niveau des lèvres.

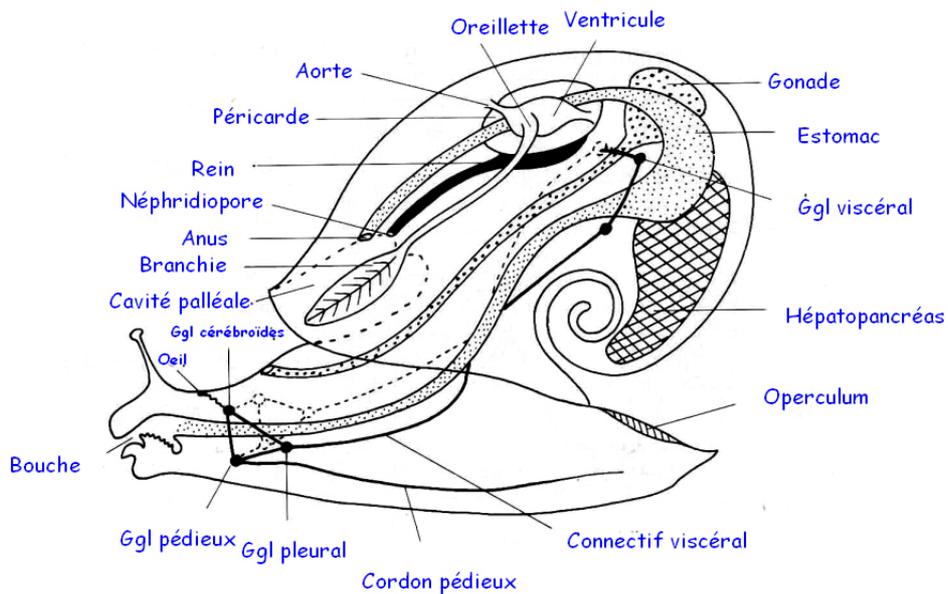
## La fonction de nutrition

Le tube digestif est classique. Les animaux peuvent être :

- **microphage** sans choix de nourriture ;
- **macrophage** avec choix de nourriture possible ;
- **carnivore** grâce au proboscis dévaginable ;
- **nécrophage** ;
- **parasite**.

Dans tous ces modes de nutrition la radula a un rôle clé.

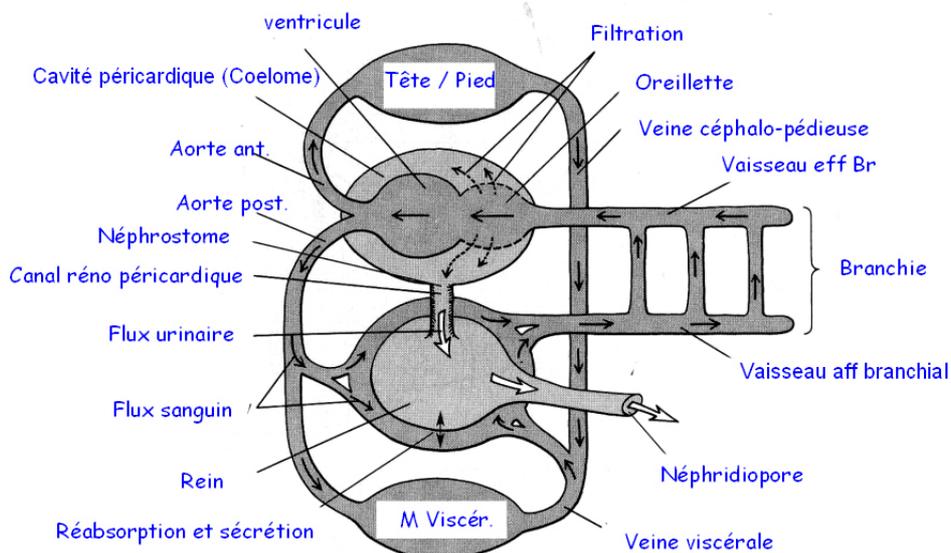
## L'excrétion



Il n'y a **pas de rein droit**, comme certains organes paires qui sont devenus impaires avec l'enroulement et la torsion.

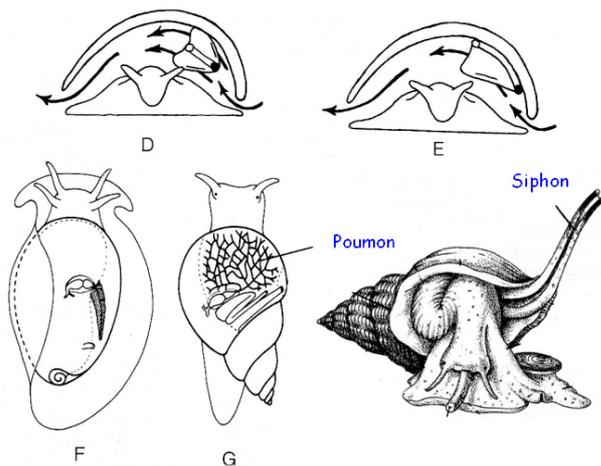
Le rein gauche est en contact avec le coelome péricardique et c'est l'**oreillette gauche** unique qui reçoit le sang des **branchies gauches**.

## Les système circulatoire



Le circuit n'est pas fermé, les vaisseaux sanguins perdent leur paroi dans les tissus. Les **branchies sont vascularisées** par des vaisseaux afférents et efférents. Le système excréteur est chargé de récupérer les déchets à libérer à l'extérieur : il y a un passage du liquide sanguin dans le coelome avec des trous pour la filtration. Le **coelome péricardique** communique avec le **coelome rénal** dont la cavité coelomique devient un organe avec un épaissement de la paroi. Le flux créé entre ces deux cavités coelomiques est un **flux urinaire** car le fluide (**urine primaire**) est excrété à l'extérieur. Au cours de l'excrétion il y a un traitement de l'urine avec une **réabsorption** de ce qu'il faut garder. On obtient alors une **urine élaborée**. Tout le moteur du fonctionnement du système excréteur réside dans la pompe cardiaque.

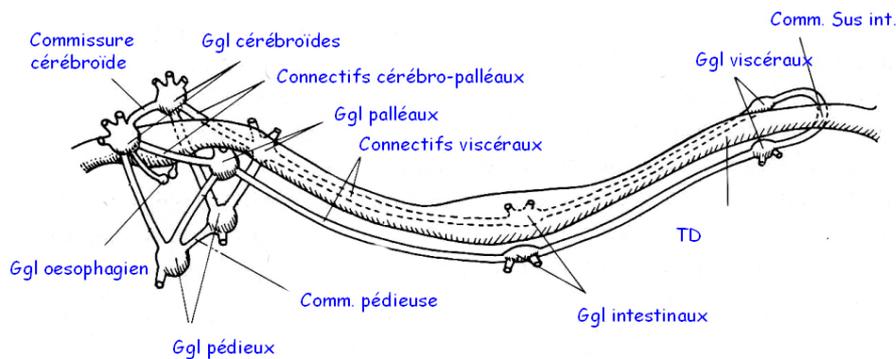
La respiration



Il y a une **branchie gauche unique** qui assure la convection de l'eau comme les Polyplacophores. Le siphon est un prolongement du compartiment inhalant.

Chez les Pulmonés la cavité branchiale devient une cavité pulmonaire : la paroi de la cavité devient une surface d'échange avec des plissements et une vascularisation plus importante.

La locomotion et le système nerveux

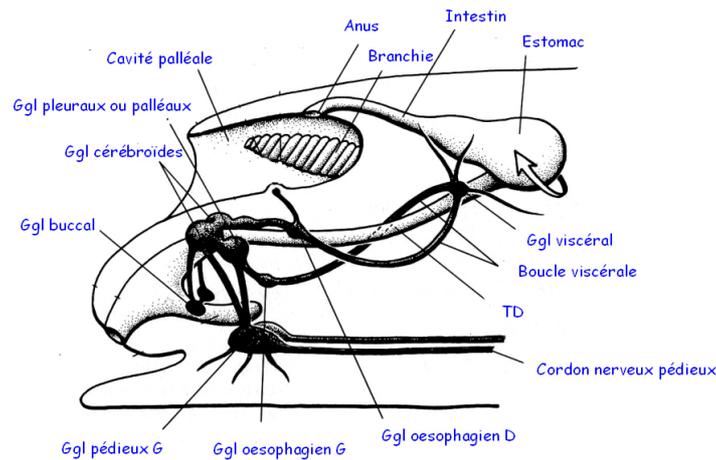


Le **triangle de Lacaze-Duthier** est caractéristique des Mollusques : ganglions pédieux, palléaux et cérébroïdes.

Les **commissures** sont des connections droite/gauche entre 2 structures similaires.

Les **connectifs** sont des connections longitudinales antéro-postérieures.

Chez les Gastéropodes les connectifs viscéraux sont affectés par la structure du développement des Gastéropodes.



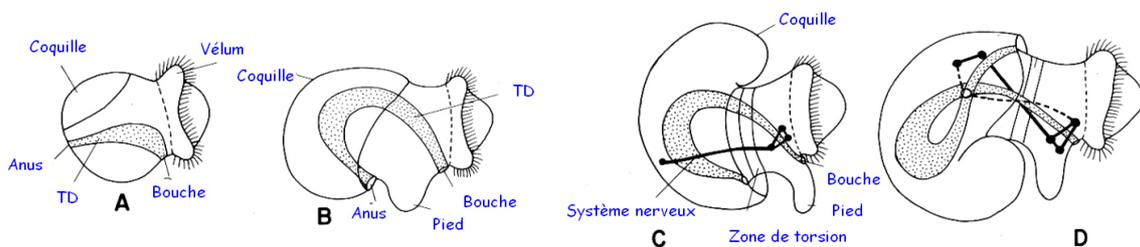
La reproduction

La plupart des **Prosobranches** sont **gonochoriques** avec fécondation et développement externe. La gonade gauche disparaît et la droite subsiste.

Les **Pulmonés** et les **Opisthobranches** sont **hermaphrodites** avec fécondation interne et des organes génitaux plus compliqués.

Les 3 cavités coelomiques sont en contact : le conduit rénal provient de l'association du système génital droit et du système pseudo-rénal droit qui ne se développe pas. Il y a donc des liens anatomiques, embryologiques et fonctionnels entre les organes qui sont l'illustration du fait que les 3 cavités coelomiques ont une origine commune.

La **fécondation croisée** avec ovotestis (ovaire et testicule). Il y a activation des spermatozoïdes de l'autre individu (de l'allosperme) et inactivation des spermatozoïdes de l'individu pour éviter l'autofécondation.



On arrive dans tous les cas à une **larve trocophore** mais elle devient **larve véligère** (A) avec un vélum et une ébauche de coquille. C'est à ce stade que vont se mettre en place les grandes modifications des Mollusques tels que la torsion. La torsion à 180° a lieu au cours de l'embryogenèse.

Diversité

Les Prosobranches, les Opisthobranches et les Pulmonés sont les groupes qui illustrent bien la diversité mais ce ne sont pas des groupes monophylétiques car ils sont basés sur des caractères morphologiques.

Chez les **Opisthobranches** la branchie repasse à l'arrière, il y a **détorsion du système** avec la cavité palléale en arrière et la coquille est absente (Ex : *Aplysie*)

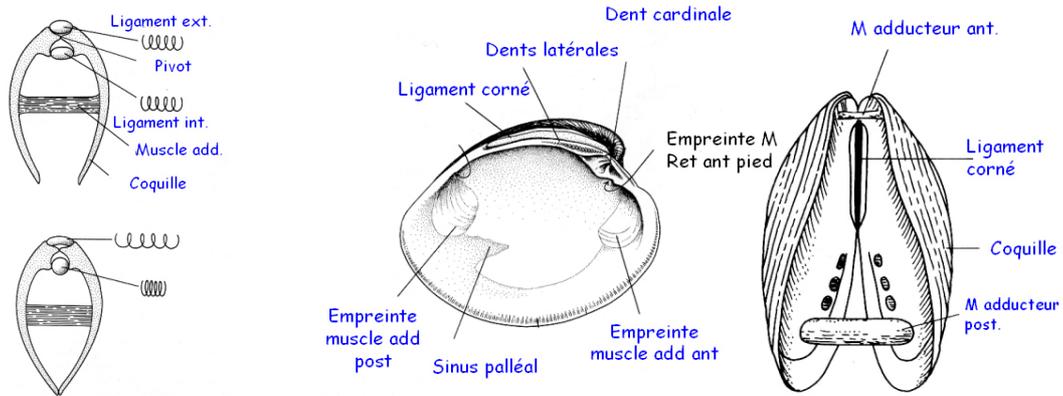
Chez les **Pulmonés** il y a une **détorsion partielle** et une tendance à la réduction de la coquille (Ex : *Limace*)

Les Gastéropodes ont conquis tous les milieux de vie d'où les nombreuses modifications morphologiques.

# Les Lamellibranches

## Organisation générale

Il y a plus ou moins 8 000 espèces, bivalves avec une articulation dorsale.

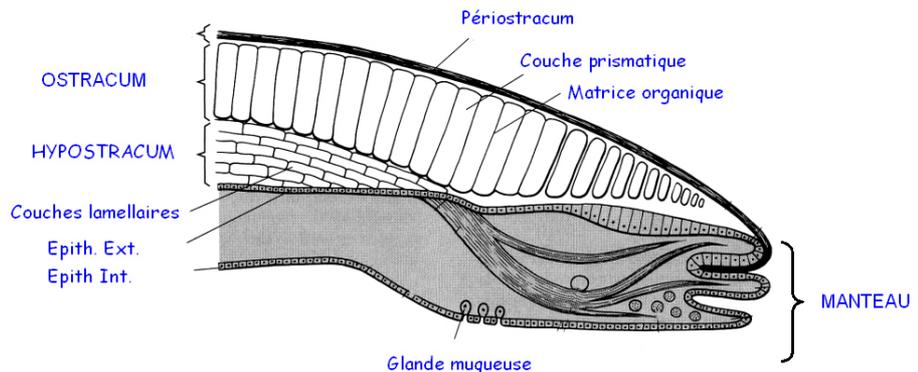


Ils possèdent un **ligament corné** qui est une structure élastique. Le dispositif actif d'ouverture et de fermeture de la coquille est assuré par les **muscles adducteurs** antéro-postérieurs.

Du côté postérieur la coquille est plus développée avec apparition d'un **sinus palléal**.

Les **dents** sont simplement des articulations qui renforcent la cohésion des 2 valves lorsqu'elles sont fermées.

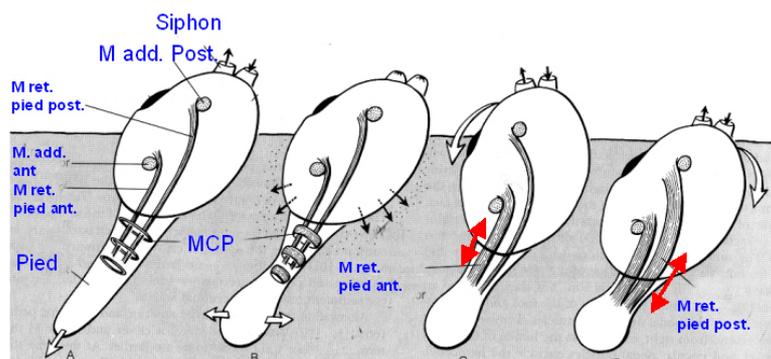
La coquille est composée de 3 parties.



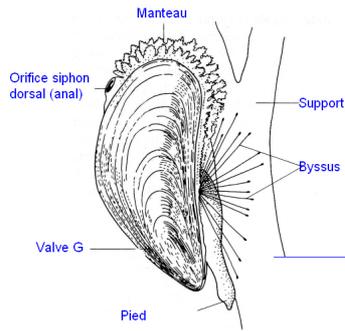
## Le pied

Il est beaucoup plus réduit et il permet un enfouissement de l'animal dans le sédiment. Il possède 5 muscles :

- MCP = **muscles circulaires** du pied qui agit comme structure hydrostatique ;
- **Muscles adducteurs** antérieur et postérieur ;
- **Muscles rétracteurs** antérieur et postérieur.



La glande byssogène

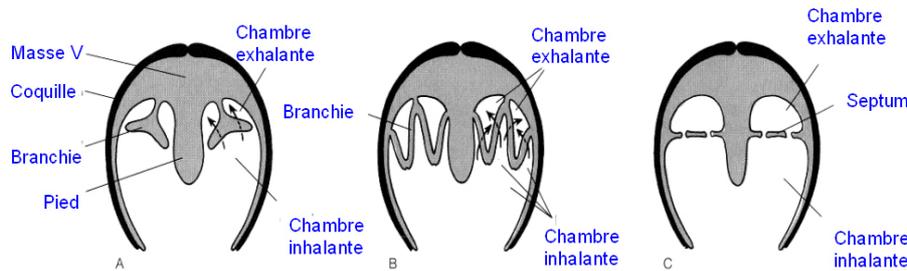
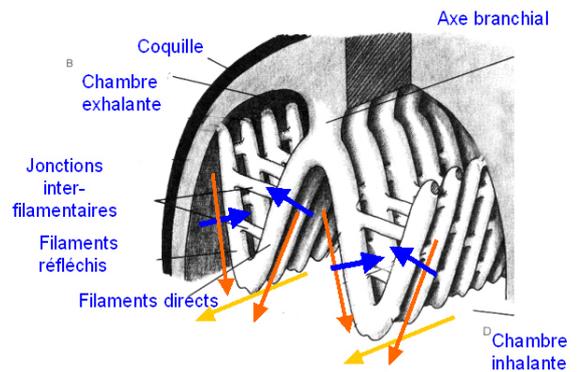


Elle fabrique des fibres de nature protéique et collantes qui permettent la fixation de l'animal sur le substrat.

La prise alimentaire

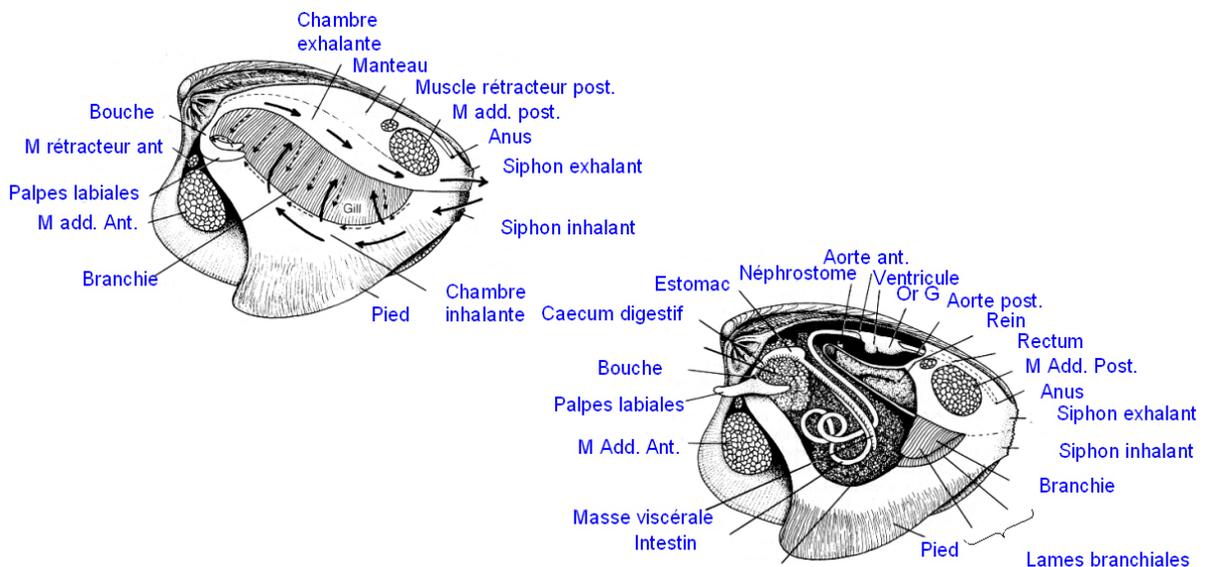
La **microphagie** est extrêmement développée.

Il y a les **Protobranches** (A) les **Eulamellibranches** (B) qui développent les **filibranches** composés de filaments directs, structure primitive, qui proviennent de l'axe et des filaments réfléchis et les **Septibranches** qui possèdent un **septum**.



Anatomie interne

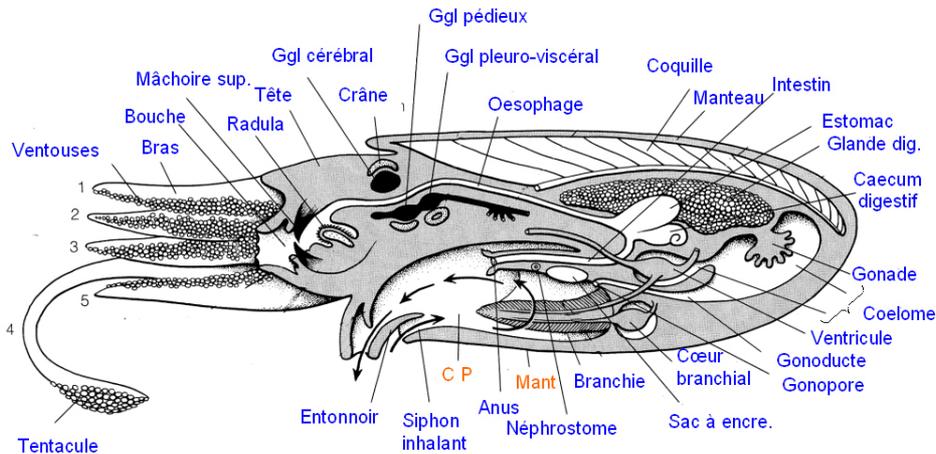
Ils possèdent un système digestif normal, il n'y a pas de nouveautés. Mais ils n'ont **pas de radula**.



## Les Céphalopodes

Il y a encore 700 espèces vivantes, de 1cm à 22m.

### Quelques caractères dérivés



Le pied est profondément modifié, il y a apparition de **bras** et de **tentacules**. La partie postérieure forme l'**entonnoir** associé à la locomotion : hydrojet avec propulsion vers l'arrière. Ils possèdent aussi un **sac à encre**.

Ils se développent de la même façon que les Céphalopodes sauf que l'**animal bascule sur l'arrière** et ce qui est embryologiquement ventral va se retrouver en avant. Les organes des sens basculent dans la position antérieure.

La coquille subit elle aussi des modifications profondes. Il y a une tendance à la **réduction de la coquille** comme chez la Sèche où elle est totalement recouverte par le manteau ou chez l'Octopus où elle disparaît entièrement.

### La locomotion

- **entonnoir** est le siphon exhalant de la cavité branchiale qui permet le déplacement vers l'arrière par un jet plus ou moins fort ;
- **replis natatoires** qui permettent la nage par ondulation du manteau ;
- **toile** chez les Octopodes.

### La nutrition

Ce sont des **prédateurs**, les proies sont saisies par les tentacules et amenées vers la bouche où elles sont broyées par la radula.

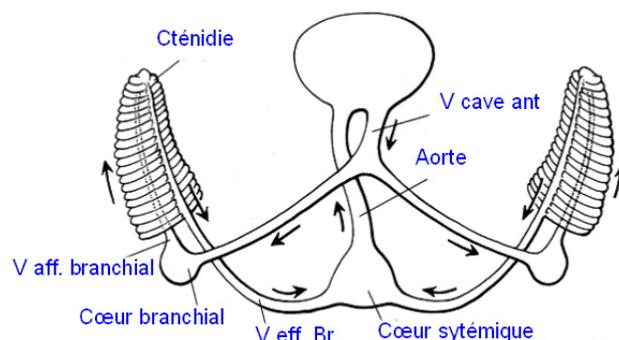
### Le système de distribution

Il y a un cœur avec une **séparation oreillette/ventricule**. L'oreillette est aussi appelée le **cœur branchial**. Le cœur est associé au système excréteur.

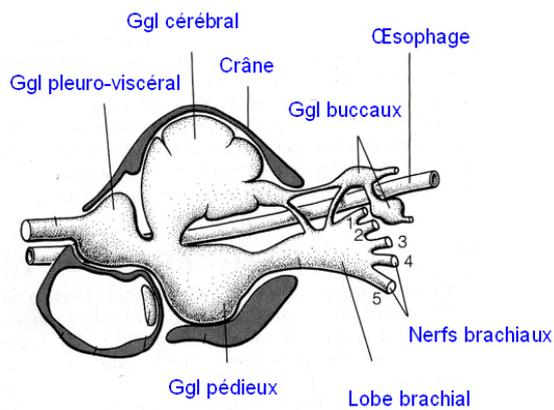
La gonade est une expansion de la paroi coelomique péricardique.

### La circulation et la respiration

Il y a un **cœur systémique** qui envoie le sang vers les tissus par une **aorte** et qui revient par une **veine cave antérieure**. Il va s'oxygéner dans les branchies.



Le système nerveux



Il y a une tendance à la **condensation** pour rassembler les structures nerveuses qui favorise les échanges d'informations. Cette structure augmente de taille avec les circonvolutions pour augmenter la surface d'échange.

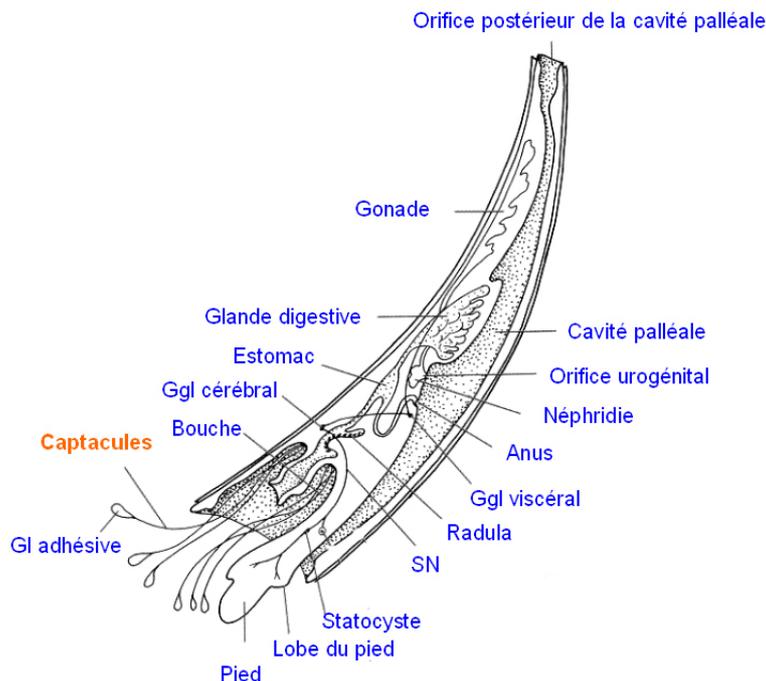
**L'œil se développe beaucoup** chez les Céphalopodes et permet une **vision excellente** avec une mise au point de 3cm à l'infini.

Le **traitement de l'information est élaboré** : il y a des distinctions entre les formes et les couleurs avec la possibilité d'un

apprentissage rapide simplement par la vision du comportement d'un autre Céphalopode. Ils sont doués de **mimétisme** (changement de couleur des cellules de l'épiderme et bioluminescence).

## Les Scaphopodes

Il y a environ 400 espèces. Ce sont des Mollusques classiques qui possèdent des **captacules** qui sont des tentacules avec des glandes adhésives qui entourent la bouche pour la prise alimentaire.



## Les Monoplacophores

Exemple de *Néopilina* qui a des **branchies segmentées**, des muscles segmentés, un **système néphridien segmenté** et un **système nerveux segmenté**.

On peut se poser la question à propos de l'évolution des espèces : ils possèdent des segmentations comme chez les Annélides, est-ce qu'on peut considérer que leur coelome est de même nature ?

## Les Siphoncles

Ils sont caractérisés par un organe à l'avant : l'**introvert** qui se termine par une bouche entourée de tentacules ciliées pour capturer les particules en suspension. C'est une **structure rétractable** contrairement au proboscis qui lui est dévaginable. Ce système fonctionne sur les bases d'un squelette hydrostatique.

## Les Cuticulates

Ils sont caractérisés par une **cuticule** et ils se séparent en 2 groupes : Les **Introvertés** et les **Panarthropodes**.

Chez les **Gastrotriches** la cuticule ne présente **jamais de chitine**, ce sont des animaux de moins de 6 mm qui n'ont **pas de système respiratoire, circulatoire spécialisé**, ils possèdent un **système excréteur simple**, sont **hermaphrodites** et font de la **fécondation croisée**. Ils ne se nourrissent que de débris organiques.

## Des Ecdysozoaires aux Euarthropodes

Chez les **Ecdysozoaires**, la cuticule contient de la **chitine** et se décompose en plusieurs couches : l'**épicuticule** à l'extérieur et la **procuticule** qui contient l'exocuticule et l'endocuticule. Leur croissance se fait par mues.

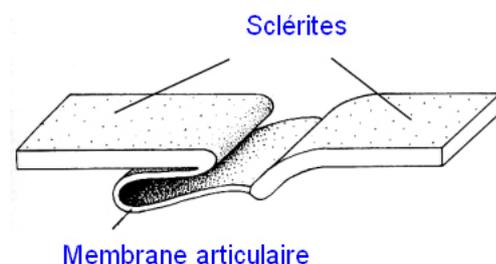
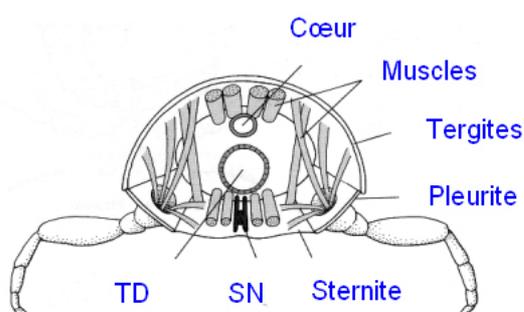
Chez les **Panarthropodes** (« sous-classe » des Ecdysozoaires), le squelette externe est rigide, l'animal porte des **appendices pairs** : à l'avant ils vont former les pièces buccales et à l'arrière ce sont les appendices locomoteurs. La cavité générale est un **hémocoèle** et il y a un **système circulatoire** avec un **cœur dorsal**.

Les **Tardigrades** (« sous-classe » des Panarthropodes) possèdent des plaques dorsales complexes.

Chez les **Arthropodes** (« sous-classe » des Panarthropodes), les **appendices** sont **articulés** et chaque segment est formé par des **pièces rigides (sclérites)** de 3 types : **tergite, pleurite, sternite**.

La cuticule n'est pas rigide de nature.

*Arthropodisation* = segmentation – articulation – membrane souple.

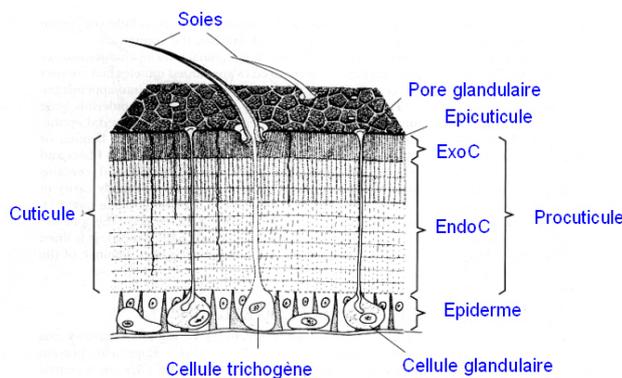


# La cuticule des Arthropodes et ses conséquences

## Structure de la cuticule

Les plaques rigides forment un **exosquelette**.

La cuticule est une structure composée de protéines et de chitine (polymère). **La chitine est incolore, molle et perméable**. La **sclérotinisation** va la rendre rigide chez tous les Arthropodes, c'est la réaction entre les protéines qui font des liaisons covalentes par tanage et la **minéralisation** chez les Crustacés.



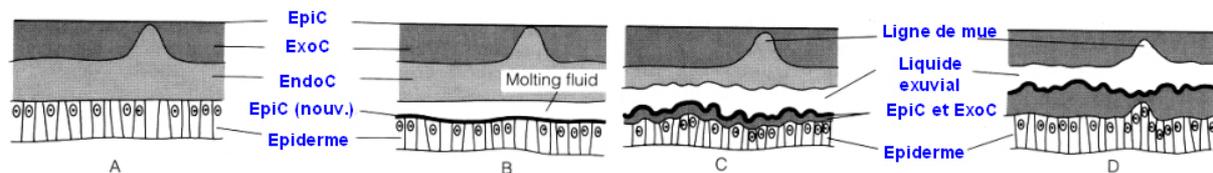
L'épiderme produit aussi des **cirres** qui rendent la cuticule imperméable. Les **soies** sont des organes sensoriels.

La **procuticule** (exo- et endo-) est glycoprotéique : l'**exocuticule** est sclérotinisée et l'**endocuticule** est minéralisée, **l'épicuticule** n'a pas de chitine.

La cuticule devient rigide et donc elle empêche la croissance de l'animal.

## Mue

La croissance de l'animal est donc discontinue, il se débarrasse successivement de son ancienne cuticule jusqu'au stade adulte par des mues et des inter-mues.



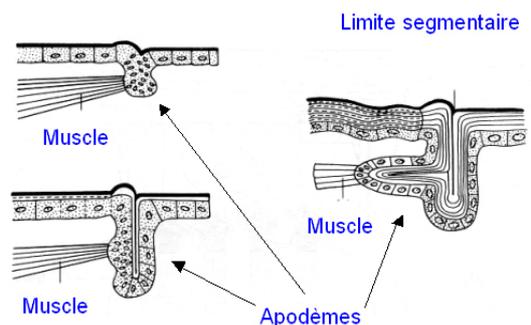
On distingue 5 phases :

- la **post-mue** qui est la création d'un espace entre l'endocuticule et la nouvelle épicuticule par un liquide exuvial ;
- **inter-mues** avec création de l'exocuticule ;
- **pré-mue** avec développement de l'exocuticule et digestion de l'ancienne cuticule, phase durant laquelle l'animal s'immobilise et ne se nourrit plus ;
- **mue** avec déchirement de la mue par lignes de résistance, elle est contrôlée par une hormone stéroïde (ecdysone) qui agit sur l'épiderme et qui enclenche la production des cellules lytiques.

Lorsque l'animal sort il assure sa **croissance linéaire** en pompant de l'eau ou de l'air, et ensuite pour sa **croissance pondérale** il faut qu'il rigidifie sa cuticule. La taille de l'animal augmente de manière brutale, sa croissance pondérale est très rapide mais progressive avec une période d'interruption à la pré-mue.

## La mobilité des plaques exosquelettiques

Les **apodèmes** sont des excroissances de la cuticule vers l'intérieur. C'est une invagination qui sert de **point d'insertion des muscles** et il devient un bras de levier.



## Les Chélicériformes

De 70 000 à 80 000 espèces vivantes.

### Quelques caractères dérivé propres

Il y a **2 tagmes** issus de 4 segments spécialisés et fusionnés. La tagmatisation est la différenciation et la fusion de plusieurs segments.

- **céphalothorax** ou prosome constitué de l'acron et de 6 à 7 segments ;
- **abdomen** ou opisthosome constitué du telson et de 12 segments maximum.

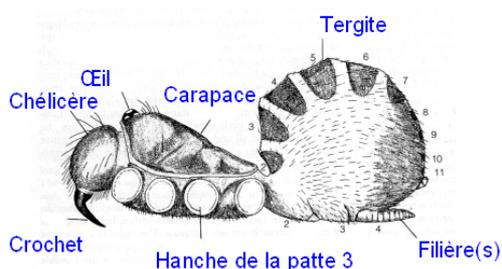
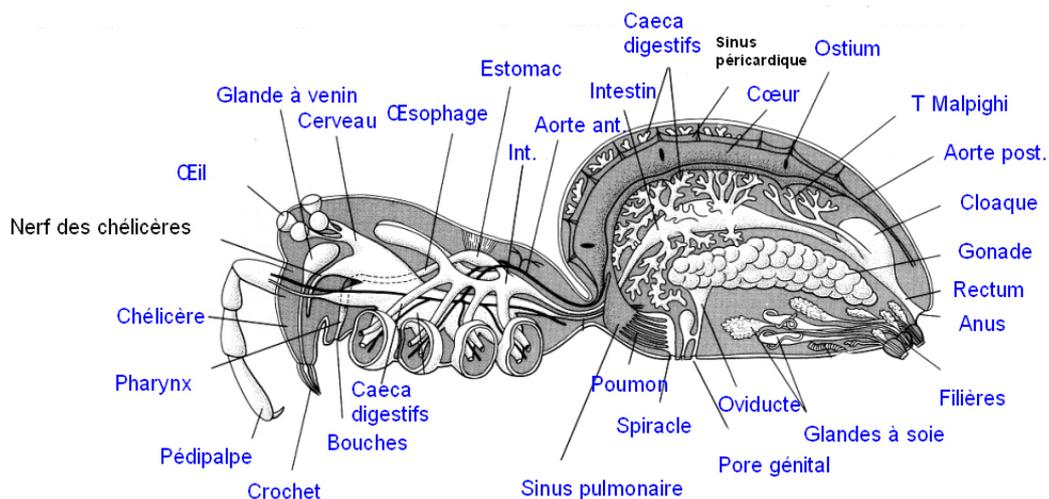
### Les pycnogonides

Ils possèdent un corps très étroit, de longues pattes et se déplacent sur le sol au fond de l'eau.

### Des Chélicérates aux Mérostomes

Le prosome présente une **carapace**. Ex : *Limule*.

### Les Arachnides



Le prosome présente aussi une **carapace**, l'**opisthosome perd tous ses appendices**, il y a **11 segments** et les Araignées possèdent des **filières**.

### Araignées

Environ 35 000 espèces. Elles possèdent des **chélicères associés à des glandes à venin** pour mordre la proie, c'est un système qui lui permet de paralyser et tuer sa proie.

Leur système de prise alimentaire est rudimentaire puisque les chélicères sont issus de la modifications des appendices préhensibles en appendices mobilisateurs. Il y a une **digestion extracorporelle** avec sécrétion d'une enzyme digestive dans la proie puis succion et récupération du lysa.

Il y a une **association du système digestif et excréteur** avec les **tubes de Malpighi** qui se jettent dans le cloaque.

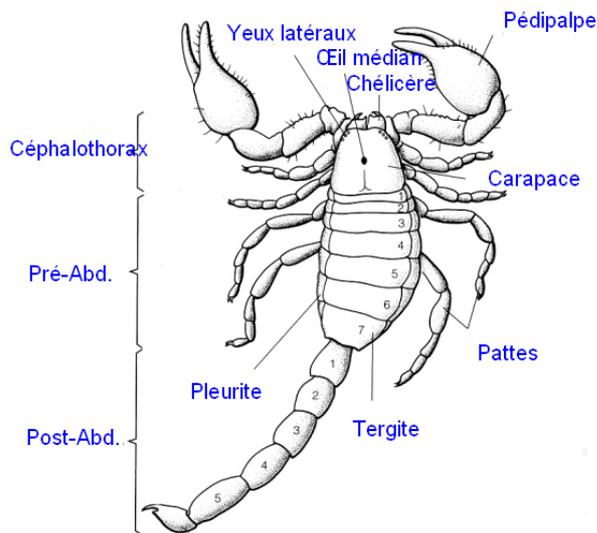
De façon dorsale, le **système circulatoire** expulse le sang avec un **vaisseau contractile** (cœur). Les **ostiums** sont des orifices d'entrée du liquide circulant (**hémolymphe**) dans le système circulatoire. Ce liquide met en mouvement le sang de toute la cavité générale puisqu'il n'y a **pas de système clos**.

Le **système reproducteur** est constitué des **gonades**, des **gonoductes** et du **gonopore** (pore génital).

Le **système respiratoire** est constitué de **poumons** qui sont des structures invaginées pour que la surface d'échange soit augmentée. Le **sinus pulmonaire** se prolonge par une voie de diffusion privilégiée par une voie tracée dans le cœur. Le système est rudimentaire mais parfaitement adapté à la vie de l'araignée.

A l'arrière, les **filières** permettent de filer des sécrétion provenant des glandes à soie : c'est un **appareil séricigène** qui à 3 devenirs : tisser les toiles, réaliser des coques d'habitation et former un cocon pour les œufs.

Scorpions



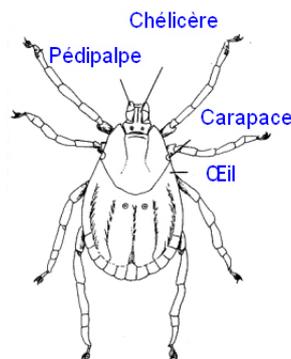
Le système est différent de celui des Araignées car les chélicères n'ont pas de venin.

Pour les petites proies ils utilisent les pédipalpes, sinon ils utilisent la **glande à venin associée au telson**.

La **cuticule tapisse la cavité péri-orale** et ils ont une **alimentation de type liquide** comme pour les Araignées.

Acariens

Ils n'ont **pas d'abdomen ni de glande à venin**. Ils sont de très **petite taille** et essentiellement **parasites**.



**COELOME** : au départ il a une fonction de squelette hydrostatique. Si il ne remplit plus le système de distribution, il devient squelette hydrostatique. Mais lorsqu'il y a présence d'un exosquelette il ne l'est plus. Le coelome est remplacé par le système sanguin.

Il y a une profonde régression du coelome mais ce qui est phylogénétiquement mis en place, reste. La structure disparaît mais la fonction persiste.

## Des Mandibulates aux Myriapodes

### Mandibulates

Ce sont le taxon sœur des Chélicériformes.

Ils possèdent des **mandibules** qui coupent, broient et saisissent.

Les **Myriapodes** et les **Insectes** ont la trachées et les tubes de Malpighi en commun, ils font alors parti des **Trachéates** : groupe polyphylétique.

Ils possèdent des appendices uniramées.

### Myriapodes

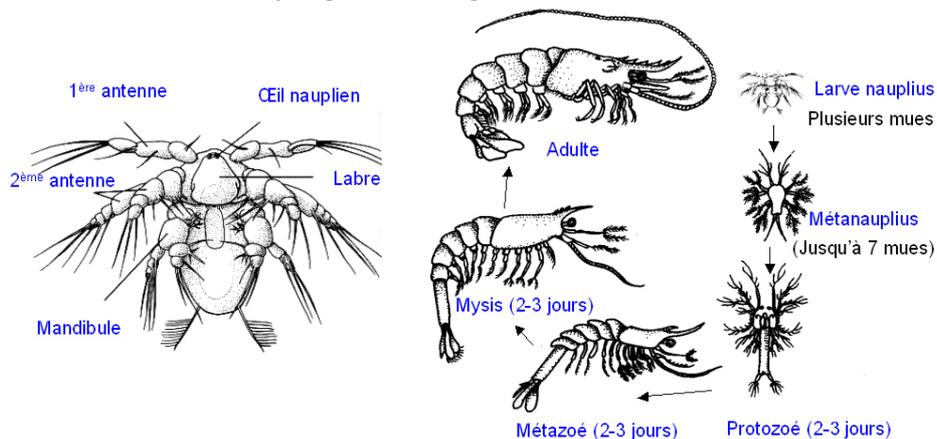
Ils possèdent environ 200 paires de pattes.

## Des Pancrustacés aux Crustacés

Ils sont très proches des Insectes.

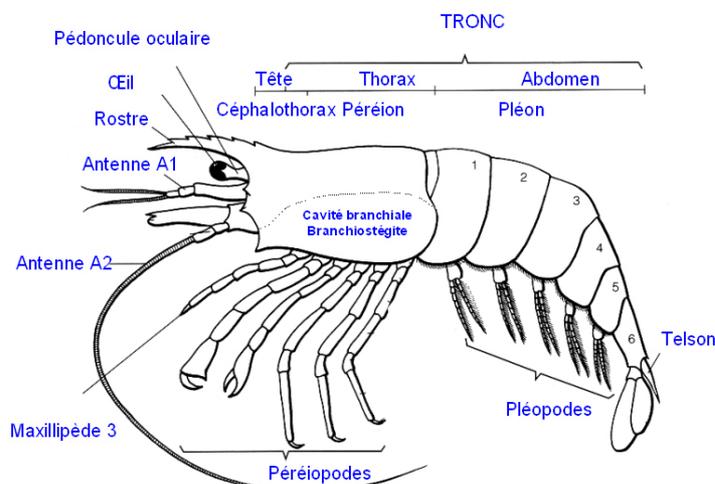
### Caractères dérivés des Crustacés

La **larve nauplius** possède 2 soies caudales, 3 paires d'appendices, 2 paires d'antennes et 1 paire de mandibules. Il n'y a **pas de segmentation**.



Il y a plusieurs **mues** pour le **passage de la larve nauplius à métanauplius** car la larve grandit avant de se métamorphoser.

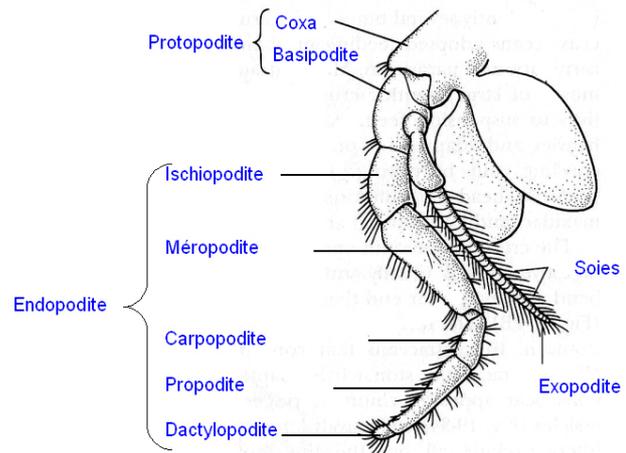
### Morphologie externe



Ils sont subdivisés en 2 parties : la **tête** et le **tronc**. Mais en fonction des patrons anatomiques on peut trouver un **thorax** et un **abdomen** qui se différencient par leur taille. Dans certains cas une partie du thorax fusionne avec la tête et on obtient le **céphalothorax** avec un **péréion** (reste du thorax) et un **pléon** (abdomen). Les appendices auront alors des noms particuliers : pléopodes, péréiopodes, maxillipèdes... le dernier segment est le **telson** et ce n'est pas un métamère.

Sur chaque segment il y a une **paire d'appendice biramé** avec une rame externe et une rame interne : **exopodite** et **endopodite**.

L'exopodite est vers l'extérieur de l'animal, c'est un long fouet muni de soies. Il diverge de l'endopodite à partir du **basipodite** qui repose sur la hanche. Il y a une séparation des appendices au niveau du thorax pour la nutrition ou la locomotion : les appareils céphaliques forment le céphalothorax alors que les autres forment le péréion.



Nutrition

Ils possèdent une **bouche**, un **estomac**, un **caecum digestif**, un **intestin** et un **anus**. Le système circulatoire est composé du **cœur** et des **ostiums** avec différentes **artères** et différentes **aortes** selon la position avec une séparation plus ou moins précise. Le système est semi-ouvert puisqu'on trouve des vaisseaux dans tous les tissus et ils débouchent dans une cavité car leur paroi disparaît progressivement. Le système respiratoire est composé de **branchies** à la base des pattes. La **cavité branchiale** est un replis qui se déploie au niveau où le tergite et le pleurite se séparent. Les branchies sont des évaginations protégées par le branchiostégite.

Diversité

Les Maxillopodes

C'est un **groupe polyphylétique** qui ne possèdent **pas d'appendices abdominaux**. Ils sont constitués de 6 segments thoraciques et 4 segments abdominaux. On y retrouve les Copépodes (Ex : *Cyclops*), les Branchiours (parasites des poissons) et les Cirripèdes.

Les Branchipodes ou Phyllopodes

Leurs péréiopodes sont aplatis en forme de feuille, c'est une surface d'échanges privilégiée.  
Ex : *Daphnie*, *Artemia*

Les Malacostracés

Ce sont les Crustacés communs.  
On y retrouve les Isopodes et les Amphipodes.

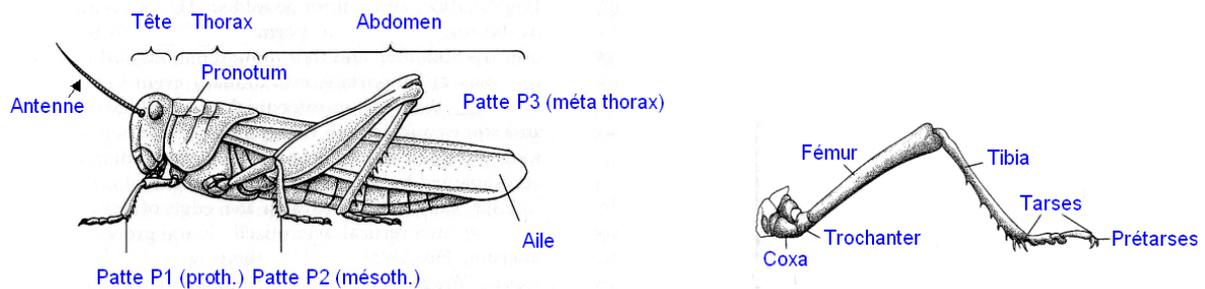
# Les Insectes ou Hexapodes

## Quelques caractères dérivés

Ils possèdent **une paire d'antennes**, le **thorax** est individualisé avec **3 segments** portant chacun une paire de pattes. Il y a au maximum **11 segments abdominaux** qui ne portent pas d'appendices. Les deux paires de mâchoires fusionnent pour former le **labium** = lèvre inférieure.

Ils ont conquis toutes les niches écologiques. Ils peuvent vivre dans l'eau, c'est un retour secondaire car les Insectes sont fondamentalement aériens.

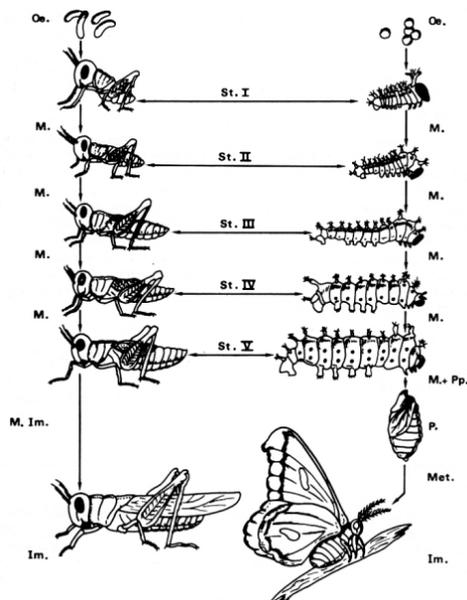
## Morphologie externe



Le corps est divisé en 3 parties :

- la **tête** qui porte les organes des sens ;
- le **thorax** qui est composé de **3 segments** avec une **paire de pattes** (appendice uniramié P1, P2 et P3) par segment, les **ailes** sont portées par les 2 derniers segments thoraciques mais certains Insectes sont Aptérygotes (pas d'ailes) ;
- **l'abdomen**.

## Développement



Ils se développent par mues successives avec des modifications entre chaque mue soit dans la physiologie soit dans l'anatomie de l'animal, p.e. le passage du stade sexuellement immature (larve) au stade mature (imago) est une mue imaginaire.

Il existe différents types de développement :

- **développement amétabole** sans métamorphose et sans modifications spectaculaires entre les stades ;
- **développement holométabole** avec une métamorphose complète entre la larve et l'adulte (Ex : Papillon) et le stade nymphale est très souvent immobile avec une métamorphose complète ;
- **développement hétérométabole** avec des modifications morphologiques : il y a la mise en place d'ébauches d'ailes au stade de nymphe (mue nymphale) suivie d'une mue

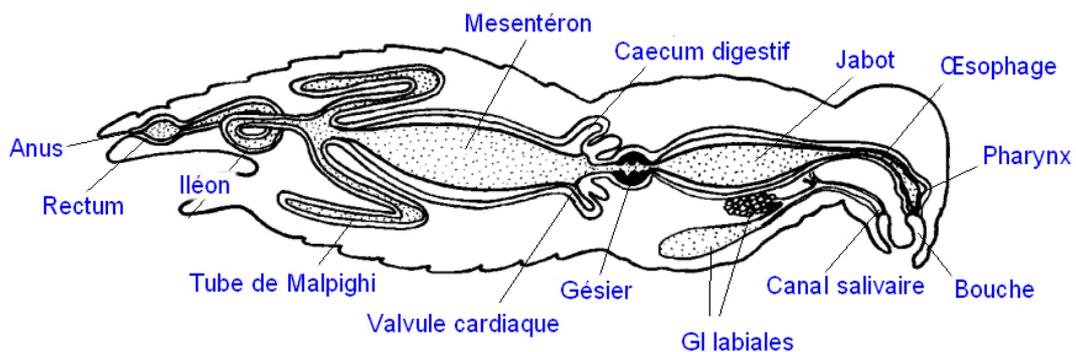
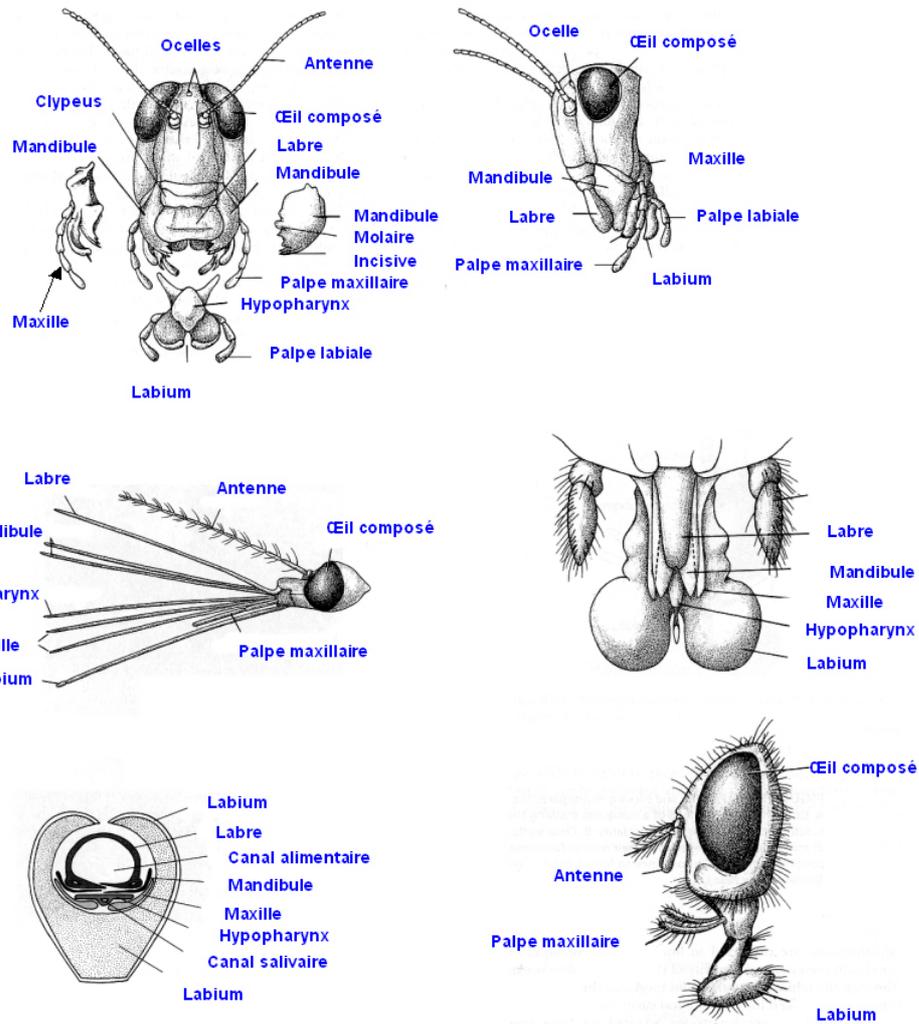
imaginaire. Il y a un **développement paurométabole** lorsque les individus de tous les stades vivent dans un même milieu ou un **développement hémimétabole** lorsque tous les individus des différents stades du développement ne sont pas dans le même milieu et qu'il n'y a pas de compétition en ce qui concerne la nutrition (Ex : Libellules).

Les modes de reproduction sont très diversifiés mais les individus sont généralement **gonochoriques** avec une **fécondation interne** et un développement de type **ovipare** (œuf).

## Nutrition

Tous les modes existent :

- broyeur ;
- suceur – piqueur : Moustique ;
- broyeur – suceur ;
- suceur : Mouche, Papillon.



Distribution et circulation

Le **système circulatoire** est rudimentaire et est ouvert sur une vaste cavité coelomique remplie d'**hémolymphe**.

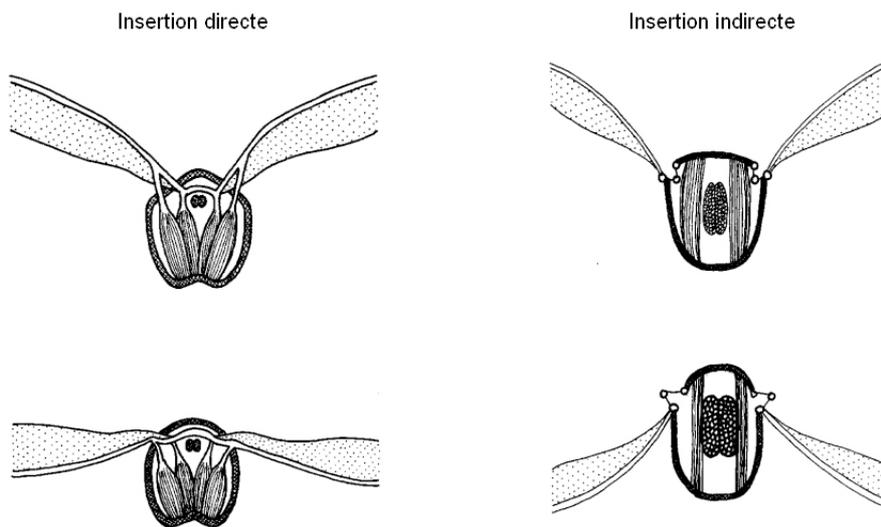
Le **système respiratoire** est constitué de **trachées** qui possèdent des ramifications au plus proche des tissus. Le **tronc trachéen** sert à amener l'air aux segments qui n'ont pas de stigmates (tête, 1<sup>er</sup> et dernier segments).



Le vol des Insectes

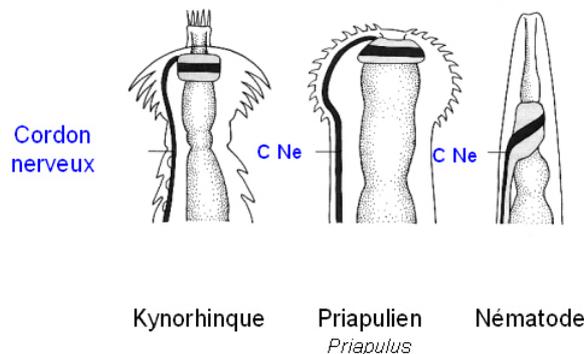
Ils peuvent se déplacer sur de longues distances.

Soit les muscles agissent directement sur les ailes par **insertion directe**, mais ce n'est pas le mode le plus efficace (Ex : Criquet 30 à 40 battements/sec.), soit ils retiennent de manière **indirecte** le tergite avec le pleurite ou le tergite avec le sternite (Ex : Moustique 1 000 battements/sec.)



## Les Introvertés : Les Nématozoaires

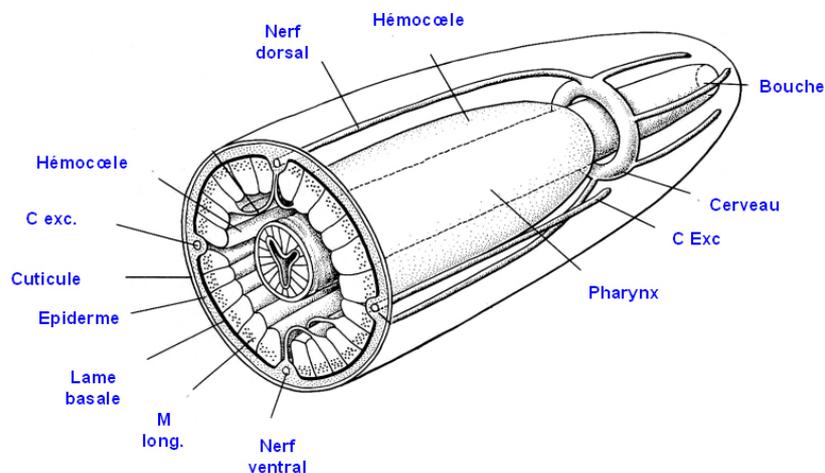
Ils possèdent un introvert dévaginé au repos et leur système nerveux présente un cordon nerveux et un anneau péripharyngial = cycloneuralia.



Les **Nématozoaires** perdent la chitine cuticulaire presque totalement qui est remplacée par du **collagène** et ils n'ont que des **muscles longitudinaux** et non circulaires.

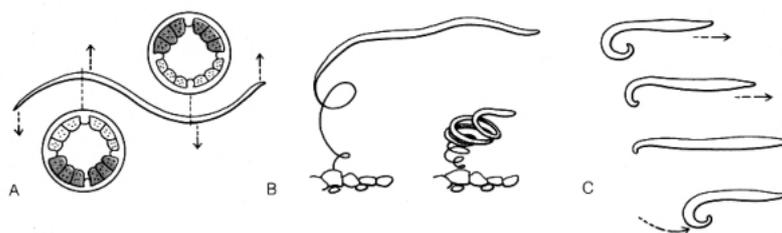
### Présentation générale des Nématodes

Ce sont des **vers ronds** qui possèdent un **épiderme syncitial** sous la cuticule. Les **muscles longitudinaux** sont disposés en **4 massifs distincts** sous la **lame basale**. Le système nerveux est constitué de **2 cordons nerveux**. Comme les Ecdysozoaires, il y a des **mues** et des **inter-mues** pour la croissance, régulées par une hormone comme les Insectes. Ils ont de l'**hémocoèle** entre le tube digestif et les muscles.



### La locomotion

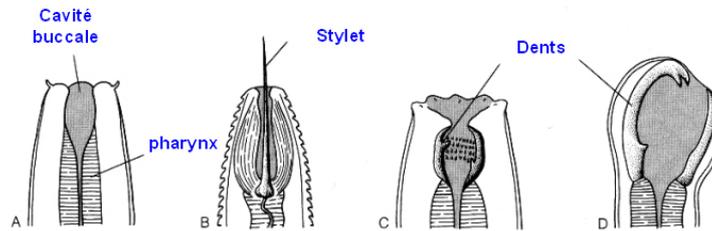
Ils se déplacent par **ondulations** dans le plan dorso-ventral grâce aux muscles longitudinaux. Le retour à la position de repos est dû à la cuticule élastique.



La nutrition

Ils peuvent être **carnivores, herbivores, détritivores, bactériovores, parasites.**

Il y a donc un dispositif très diversifié au niveau de la bouche pour tous les modes de nutrition. Mais l'unité de base est conservée.

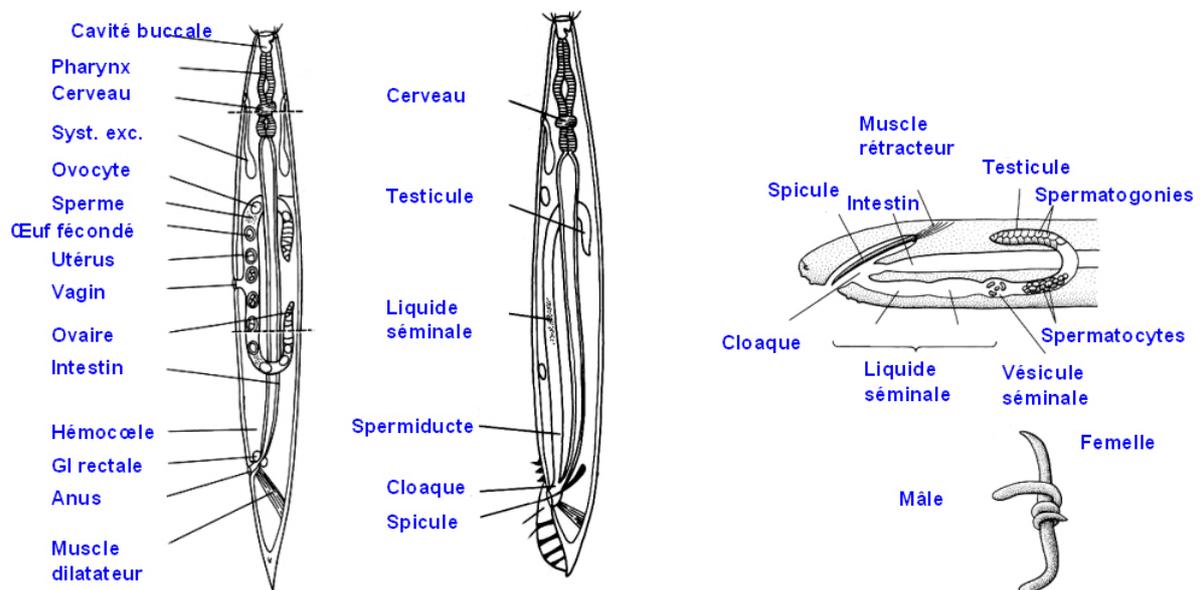


Il y a environ 20 000 espèces donc ce n'est pas à priori un très grand groupe mais il a un impact écologique énorme : dans 1m<sup>2</sup> de sédiment on trouve 4,4 millions de Nématodes et dans une pomme en décomposition on en trouve environ 90 000. Ce taxon possède le plus grand nombre d'espèces parasites.

La reproduction

Ce sont des espèces **gonochoriques** sauf *Caenorhabditis elegans* qui est hermaphrodite. La fécondation est interne, il y a donc des organes copulateurs. Le mâle s'entoure autour de la femelle qui est en général plus longue. Le **spicule** permet de garder le gonopore de la femelle ouvert et permettent de maintenir le mâle accroché.

Le nombre d'œuf est très variable : 50 chez les espèces libres, 200 000/jours chez les parasites.



Les Nématodes parasites

Ascaris

On le trouve dans la lumière du tube digestif de l'homme et du porc, il mesure environ 50cm. Ses œufs peuvent rester en vie ralenti pendant 20 ans sous leur forme de résistance.

Oxyures

Ils sont de très petite taille : 5 à 7 mm.

## Trichinose

On trouve l'adulte dans les muqueuses intestinales et les larves dans les muscles.

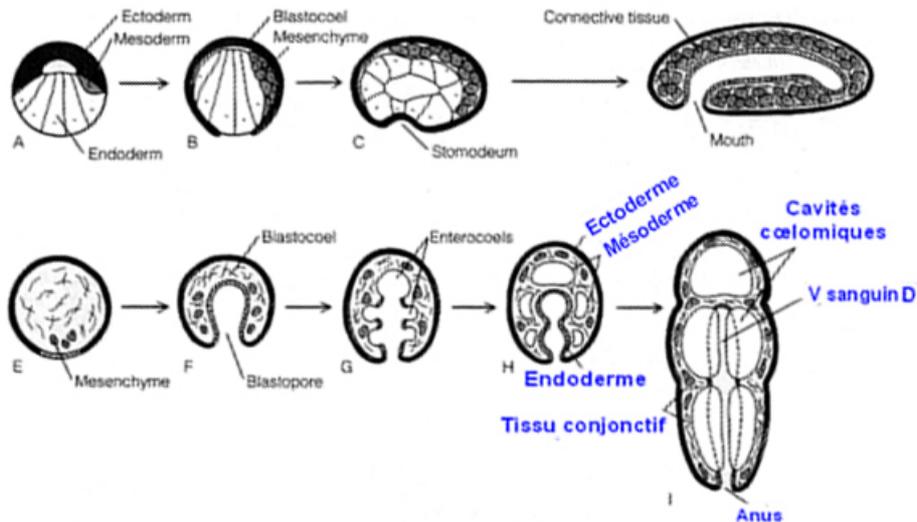
## Filaires

Ils sont responsables d'un grand nombre de pathologies parasitaires.

- les loases : le Nématode migre dans l'œil sous la cornée ;
- la filaire de bancroft bouche les vaisseaux lymphatiques ce qui entraîne un œdème local avec la production de tissus conjonctifs ;
- *Dioctophyme immitis* : la femelle vit dans les muscles et libère les œufs par un orifice de l'épiderme. Elle peut faire jusqu'à 1m20 de long.

# Les Deutérostomiens

Leur **bouche est formée dans un deuxième temps** car le **blastopore donne l'anus**. **Le coelome va se former par entérocoelie**, c'est-à-dire par formation de petites poches qui bourgeonnent à partir de la paroi du tube digestif. Ce coelome n'a rien à voir avec le coelome des Protostomiens : c'est une convergence évolutive.

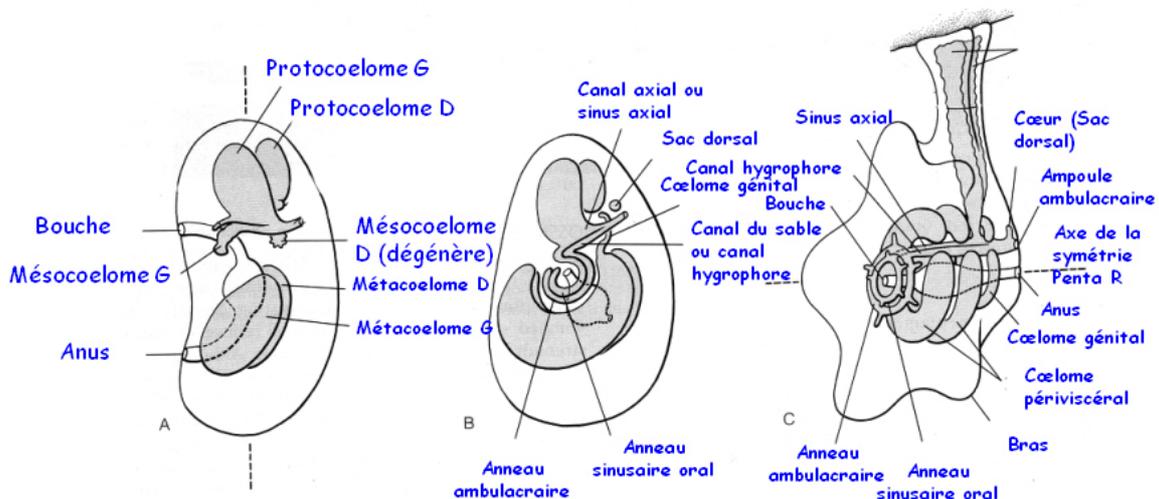


## Les Echinodermes : caractères dérivés

Leur **symétrie radiaire** est une **synapomorphie**. Elle existe déjà chez les Cnidaires mais ici nous sommes chez les Bilatéraux > Deutérostomiens donc c'est un caractère dérivé. C'est la **symétrie pentaradiaire** qui est LA spécificité. Elle se met en place d'une façon singulière à partir du coelome gauche.

Le mésocoelome gauche donne aussi le **système aquifère**. Tout se met ensuite en place autour de ce système.

Le réseau aquifère se met en place d'un seul côté, il y a donc une **disymétrie** par rapport à la symétrie bilatérale.

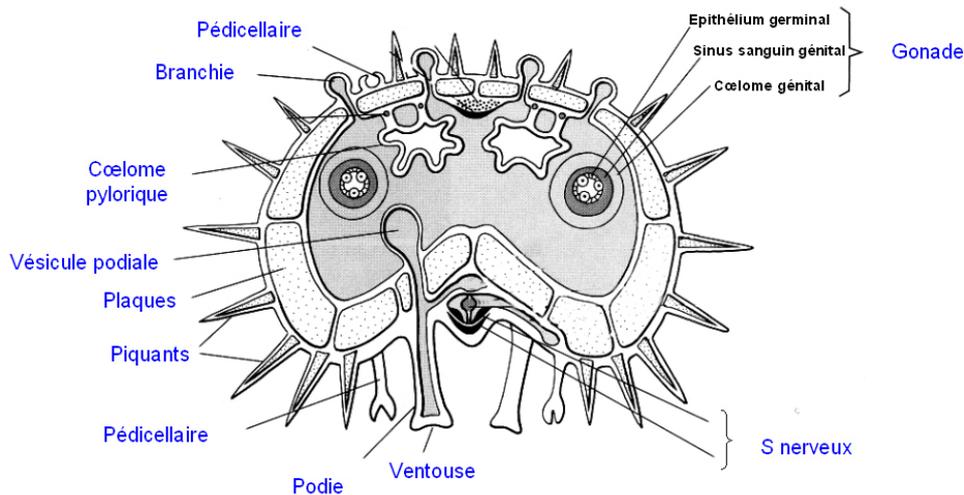


## Exemple de l'Etoile de mer

### Morphologie externe

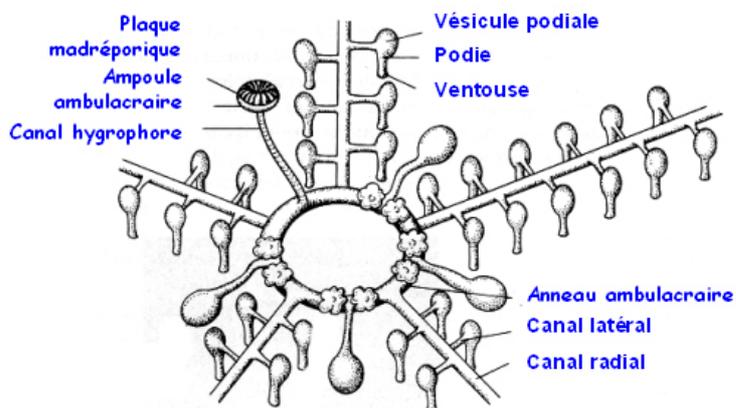
L'**anus** se trouve en **position dorsale** et la **bouche** en **position ventrale**.

Sur chacun des 5 bras on trouve des **gouttières ambulacraires** avec des **pieds ambulacraires** ou **podies** prolongés par des **ventouses**. Les podies sont remplies de liquide. Sur le reste il y a des **piquants** qui sont issus de formation tégumentaires. Les **pédicellaires** servent à nettoyer la surface tégumentaire de l'animal.



### Morphologie interne

#### Système ambulacraire



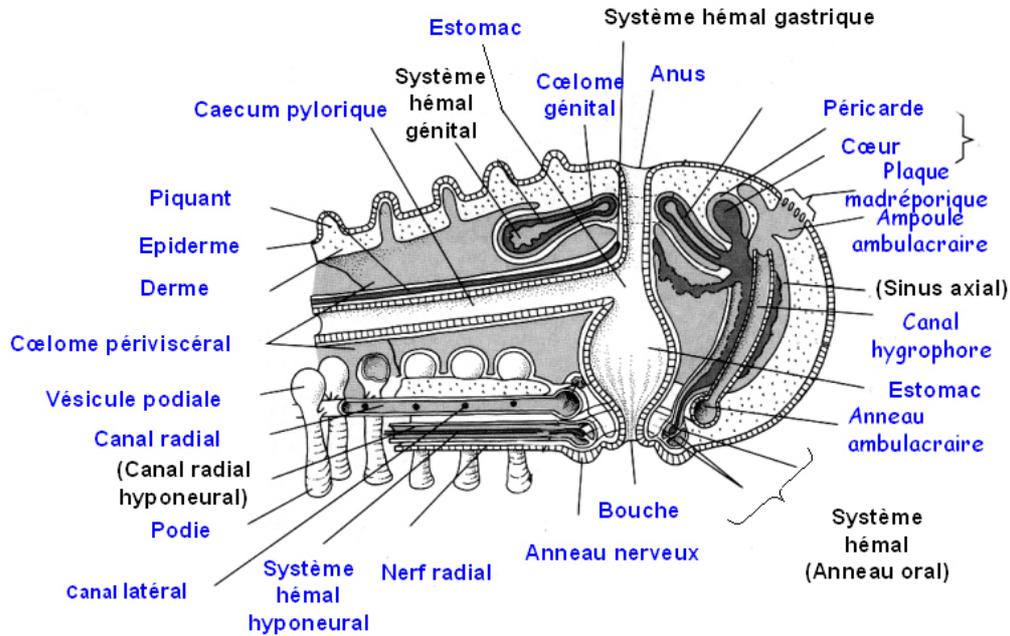
Il est composé d'un **anneau ambulacraire** avec 5 petits prolongements (**canaux radiaux**) qui possèdent des **canaux latéraux** qui les relie aux **podies**.

C'est la musculature au niveau des vésicules podiales qui contrôle la forme de la podie (hydrosquelette).

L'anneau ambulacraire est en contact avec l'extérieur par le **canal hydropore**.

Dans une coupe transversale dans le disque central on peut voir que le **système digestif possède des prolongements** dans chacun des bras et il y a une expansion du coelome dans toutes les structures.

Ils se déplacent grâce à la **coordination nerveuse**.



## La diversité des Echinodermes

- les Astérides ;
- les Ophiurides ;
- les Echinides ;
- les Holothurides ;
- les Crinoïdes.