

Biologie Animale

Chapitre 3 :

Les Métazoaires Triploblastiques

Acœlomates et Pseudo-cœlomates.

Chez les métazoaires triploblastiques, il y a **apparition du mésoderme** (troisième feuillet embryonnaire) qui dérive de l'endoderme pendant le développement embryonnaire. L'ectoderme et l'endoderme ont des fonctions bien définies ; le mésoderme permet la **différenciation d'organes internes** (appareil excréteur, organes génitaux) dont la musculature qui permettra des mouvements orientés (locomotion). Il apparaît le déplacement dans une direction donnée : les animaux ont maintenant un avant et un arrière.

- Apparition de la symétrie bilatérale.

La *symétrie bilatérale* remplace la *symétrie radiaire* des cnidaires ; l'animal a donc une région antérieure, une postérieure et une orientation dorso-ventrale. Cette symétrie existe à l'état embryonnaire mais **peut disparaître chez l'adulte** comme chez les *oursins* (**pentaradiés**) ou chez les *gastéropodes*.

Cette symétrie bilatérale est un des principaux facteurs qui vont infléchir le cours de l'évolution animale.

Le déplacement se fait tête vers l'avant.

- La céphalisation.

La céphalisation est un développement des appareils sensoriels et du système nerveux → elle favorise la coordination des mouvements. Les **organes sensoriels se regroupent dans la région antérieure**, au voisinage d'un système nerveux principal (encéphale) → C'est le développement de la tête s'il y a un « cerveau », des organes sensoriels et d'une bouche.

Chez les triploblastiques, il existe deux groupes : les **acœlomates** et les **cœlomates**. Ces groupes sont différenciés par la structure du mésoderme :

- Si le **mésoderme donne un tissu épais**, on se trouve chez les **acœlomates**.
- Si le **mésoderme donne un tissu creux** favorisant l'apparition de vésicules cœlomiques, on se trouve chez les **cœlomates**.

I\ Les Acœlomates.

Le mésoderme vient remplir les espaces entre les organes : c'est un **parenchyme**.

A\ Les Plathelminthes.

Les plathelminthes sont les **triploblastiques les plus primitifs**. Ils présentent un **aplatissement dorso-ventral** avec, évidemment, l'existence des faces dorsale et ventrale. Le corps est organisé en **deux territoires** différents :

- La **région céphalique**, antérieure (fonctions sensorielles).
- La **région postérieure**, caudale.

Il n'y a *pas d'appareil circulatoire* vrai : donc, **pas de sang**. Il existe toutefois un liquide présent dans l'espace du parenchyme (**l'hémolymphe**).

L'appareil respiratoire est absent : les échanges gazeux s'effectuent à travers le tégument de l'animal, ou bien, comme chez les parasites, il n'y aura pas d'échange gazeux.

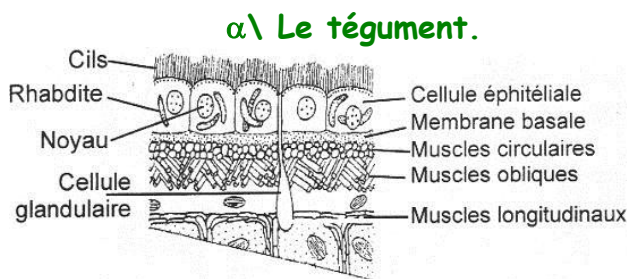
L'appareil digestif est soit incomplet, soit absent. S'il est incomplet, c'est qu'il lui manque l'anus → « *appareil en cul de sac* ». S'il est absent, les échanges seront possibles par osmose (pour les parasites).

Les plathelminthes comprennent environ 50 000 espèces et peuvent être libres ou parasites. Il existe six classes mais nous n'en verrons que 4 ici : **Turbellariés** (*planaires*), **Trématodes** (*douves*), **Cestodes** (*ténia*) et **Monogènes** (*polystomiens*).

1\ Les Turbellariés.

Les turbellariés sont **essentiellement aquatiques** (eau douce / marin) avec quelques formes terrestres (dans les forêts tropicales humides). Leur taille est souvent inférieure à 2 centimètres et peuvent exceptionnellement atteindre 60 millimètres.

Ils sont **libres et non segmentés**. Ils présentent une *région antérieure* avec deux **yeux** (ou plus) et des **auricules**. Ils ont une *région spécialisée au moment de la reproduction*.



L'épithélium des turbellariés est **cilié, épidermique**. Le battement des cils sur l'épithélium permet la locomotion. Sous cet épithélium, on trouve une membrane basale puis différentes couches musculaires (circulaire, oblique, longitudinale).

C. Tégument Turbellarié

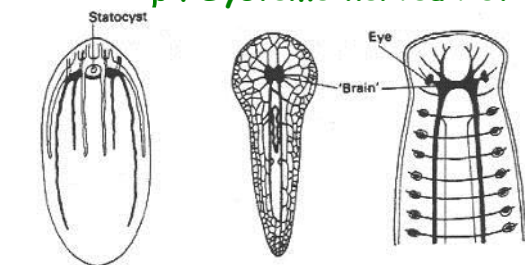
Entre les couches musculaires, on distingue des cellules glandulaires qui peuvent émettre des digitations vers l'épithélium. Au niveau de la membrane basale, on a localement des cellules sensorielles.

Les cellules épithéliales ont un petit corpuscule (rhabdite) à rôle encore inconnu. Elles produisent un mucus à l'extérieur de l'animal pour enrober les corps étrangers.

Sous les couches musculaires, on a deux types cellulaires :

- Des **cellules amiboïdes** qui permettent les *échanges respiratoires et nutritionnels*.
- Des **cellules étoilées** qui baignent dans l'hémolymphe.

β\ Système nerveux et organes sensoriels.



S.N. Turbellariés
(O. Acèles - O. Polyclades - O. Tricladés)

Les turbellariés sont les premiers animaux à posséder un **système nerveux central bien défini**. Ce système nerveux central comprend **deux ganglions cérébroïdes** réunis par une **commissure** du même nom. De ces ganglions partent les **cordons nerveux latéraux** (longitudinaux) et de **nombreuses commissures transversales**.

Des **nerfs sensitifs** partent aussi en direction des yeux et des auricules.

Au niveau des **yeux** est présent un **tégument transparent** qui permet l'entrée de la lumière. L'œil est composé d'une **cupule tapissée de cellules pigmentées**. Cette cupule concentre la lumière vers les cellules rétinienne. → L'œil a une **disposition inversée**.

Les auricules ont un rôle tactile et parfois de préhension.

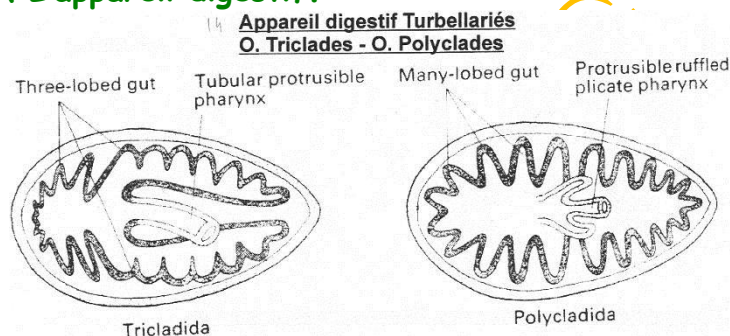
Il existe cinq récepteurs :

- **Les tangorécepteurs** : ils ont un *rôle tactile* lors des contacts avec des surfaces solides.
- **Les rhéorécepteurs** : ce sont des cellules sensorielles *appréciant les courants*.
- **Les chémorécepteurs** : ils *détectent les composés chimiques*.
- **Les statorécepteurs** : ils ont un rôle dans *l'équilibration*.
- **Les photorécepteurs** : ils sont *sensibles à la lumière*.

→ On ne trouve jamais les cinq types d'organes sensoriels à la fois dans le même animal.

Exemple de **statorécepteurs** : les **statocystes**. Ils ont la forme d'une vésicule avec un **statolithe** et autour, une cellule spécialisée : un **lithocyste**.

δ\ L'appareil digestif.



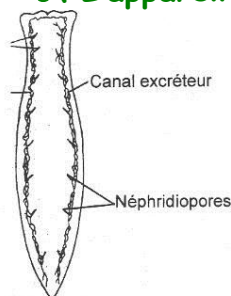
Un **orifice** (bouche) s'ouvre dans le 1/3 postérieur de l'animal. Cette bouche est suivie d'un **pharynx d'origine ectodermique** ; il est *muscleux et peut être dévaginable*. Après le pharynx, on a l'**intestin**, très volumineux, *pouvant être ramifié*.

Il existe trois types de pharynx :

- **Le pharynx simple** : il est formé par une **invagination de l'ectoderme** (à épithélium cilié) avec une *fine paroi musculaire*.
- **Le pharynx bulbeux** : il est toujours avec un **épithélium cilié** mais la *musculature est plus développée* que précédemment (pour la mastication).
- **Le pharynx plissé** : il est en forme de **trompe dévaginable et rétractable**, ce qui permet la capture de proies ou la succion de grosses proies.

Le rejet des excréments est précédé d'une entrée d'eau qui va être fortement expulsée alors qu'elle est chargée en excréments.

ε\ L'appareil excréteur



Appareil excréteur Turbellariés

Les turbellariés sont les premiers animaux à posséder un **appareil excréteur** quoi que **rudimentaire**. Il est composé de **deux canaux collecteurs latéraux longitudinaux**. Ils collectent un *réseau canaliculaire dense* dans tout l'animal.

A l'extrémité de toutes les canalicules, on trouve une **cellule excrétrice rudimentaire : protonéphridie**, d'origine ectodermique. Ce type de cellule est aussi appelé « **cellules à flamme** ». Elles sont ciliées et c'est le battement de leurs cils qui pousse les déchets venant de l'hémolymph dans des canaux collecteurs en direction des **néphridiopores**.

Cet appareil excréteur sert aussi à sortir l'eau du corps pour **maintenir l'équilibre osmotique**. Tout cela est vrai pour les formes d'eau douce qui ont un grand besoin de régulation osmotique. Ce n'est pas vrai pour les formes marines.

Le nombre de néphridiopores est différent selon le groupe de turbellariés (1, 2 ou plus).

φ\ L'appareil reproducteur et le développement.

Les turbellariés sont **hermaphrodites**.

L'appareil sexuel mâle est composé de **testicules fragmentés en follicules testiculaires** drainés par **deux spermiductes** (ou canaux déférents) qui s'élargissent pour former les **vésicules séminales à fonction de stockage des produits génitaux**.

Ces deux vésicules confluent pour former un **pénis tubulaire et musculéux**. Ce dernier débouche dans l'**atrium génital**, commun aux deux sexes.

L'appareil sexuel femelle est constitué par **deux ovaires en position antérieure**, drainés par des **oviductes** (ou vitellogènes) où l'on trouve de nombreuses *glandes vitellogènes* qui produisent les cellules vitellines, cellules nourricières pour l'œuf.

Lors de la reproduction, les gamètes mâles et femelles confluent vers l'atrium génital où il existe un **réceptacle séminal** (ou « *bourse copulatrice* ») qui favorise le mélange des gamètes. Toutefois, il n'y a **pas d'autofécondation** car ce sont des hermaphrodites **protandres** (la maturité sexuelle mâle arrive avant la maturité sexuelle femelle).

Les œufs se retrouvent dans des **cocons**, par groupe de 4 à 6 où l'on trouve de nombreuses cellules vitellines.

La **segmentation de l'embryon est de type "spirale"**. Le **développement est direct**, sans stade intermédiaire larvaire.

γ\ La multiplication asexuée.

La multiplication asexuée peut se faire selon deux modalités :

- Par **architomie** : il y a **division** d'un individu en deux puis **régénération** des parties manquantes.
- Par **paratomie** : il y a d'abord **régénération** puis **division**.

C'est l'architomie qui est la plus souvent rencontrée. Les capacités à régénérer les parties manquantes s'observent chez certains groupes comme dans le cas d'un découpage transversal. Un découpage longitudinal donnera un individu avec deux régions antérieures.

ι\ Systématique.

La **systématique** est basée sur la **forme** et sur la **structure de l'appareil digestif**. On distingue :

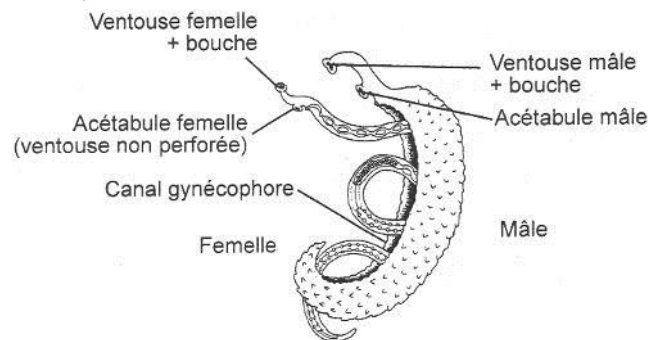
- L'ordre des **Acèles** (ou **Acœles**) : *l'appareil digestif est réduit*. On y trouve la **bouche** ainsi qu'une **petite cavité buccale** (il n'y a ni pharynx, ni intestin). Les formes de cet ordre sont *essentiellement marines*.

- L'ordre des **Rhabdocèles** : ils ont une *bouche*, un *pharynx* et un *intestin rectiligne* simple.
- L'ordre des **Polyclades** : L'intestin est très développé et ramifié. Les ramifications sont rayonnantes par rapport au centre de l'animal.
- L'ordre des **Triclades** : L'intestin est formé de trois branches (une antérieure et deux postérieures). De plus, chacune des branches est diverticulée.

Chez les triclades, on trouve les planaires au sens strict. On pourra distinguer trois sous-ordres en fonction de l'écologie des espèces :

- Les **Terricoles** sont terrestres.
- Les **Maricoles** sont marins.
- Les **Paludicoles** sont d'eau douce.

2\ Les Trématodes.



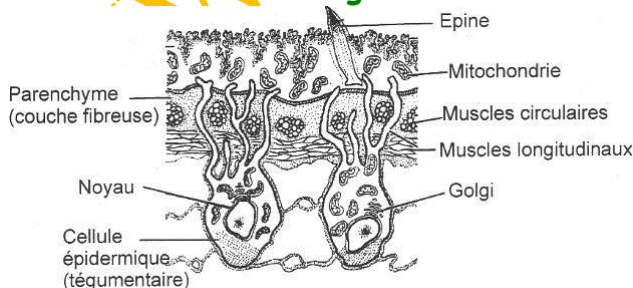
Les **trématodes** sont des **parasites internes de vertébrés**. Leur cycle fait intervenir deux ou plusieurs hôtes : **ce sont des hétéroxènes**. Ils ressemblent aux turbellariés. Les grandes différences sont dues au parasitisme :

- Il y a **perte de la ciliature de l'épithélium** (pas de déplacement).
- Il y a **régression des organes des sens** (en relation avec la perte de la locomotion) → On va parler d'une « **évolution régressive** » observée chez les trématodes.
- Il y a **développement d'organes de fixation** qui sont souvent une *ventouse buccale antérieure* et une *ventouse ventrale* ou « **acétabulum** ».

Les animaux à deux ventouses sont appelés « **distomiens** ».

Le **développement est indirect** avec de *nombreuses formes larvaires asexuées* → il y a un **développement emboîté** chez les trématodes.

a\ Le tégument.



Coupe du tégument d'un Trématode

Le tégument des trématodes ressemble à celui des turbellariés. Ce tégument est recouvert par une cuticule avec des écailles ou des épines.

La présence d'une cuticule a deux principales conséquences : le développement ciliaire est impossible sur l'épithélium ; la **croissance est alors discontinue** et est réalisée par **mues successives**.

La cuticule a une lame basale. En dessous, on trouve un parenchyme et différents faisceaux musculaires (circulaires et longitudinaux). Sous cet ensemble, on trouve des cellules épidermiques qui peuvent émettre des diverticules jusqu'à la cuticule. Les cellules épidermiques n'ont pas de membrane cellulaire : c'est un **tégument syncytial**.

β\ Système nerveux.

Le **système nerveux** est concentré en arrière de la ventouse buccale. Sa structure est proche de celle des turbellariés, avec des **ganglions cérébroïdes reliés par une commissure**. Des terminaisons nerveuses partent vers l'avant et des cordons nerveux partent vers l'arrière.

Différence : il y a **absence d'organe des sens** car les trématodes sont des parasites. Il leur reste quelques cellules sensorielles spécialisées.

δ\ L'appareil digestif.

La **bouche** est **antérieure**, terminale ou sub-terminal et *s'ouvre au centre de la ventouse buccale*.

L'**intestin** est formé par **deux branches (cæcum digestif)**, très ramifiées où vient s'accumuler le sang ingéré.

Il n'y a **pas d'anus**.

ε\ L'appareil excréteur.

La **structure de l'appareil excréteur** est identique à celle des turbellariés (→ **protonéphridien**) avec un réseau caniculaire dense. Les canicules se réunissent en deux troncs principaux qui débouchent dans un *réservoir terminal* (« **vessie** ») qui s'ouvre à l'extérieur, par l'orifice excréteur (en position caudale).

φ\ L'appareil reproducteur.

Les trématodes sont **hermaphrodites**.

- L'appareil mâle :

Cet appareil est formé de **deux testicules** (ou follicules testiculaires) drainés par **deux spermiductes** qui convergent en une **vésicule séminale** de stockage. De cette vésicule se différencie un **pénis copulateur** qui fait saillie au niveau du **gonophore** (orifice mâle et femelle).

- L'appareil femelle :

L'appareil femelle est relativement complexe. Les **fonctions vitellogènes et gamétogènes** sont **dissociées dans l'espace**. Il gravite autour d'une chambre (l'**ootype**) où arrive l'oviducte, venant d'un ovaire ramifié. L'ootype reçoit un canal issu de la **fusion des deux vitellogènes** qui amènent les cellules vitellines venant des glandes vitellogènes (très ramifiées).

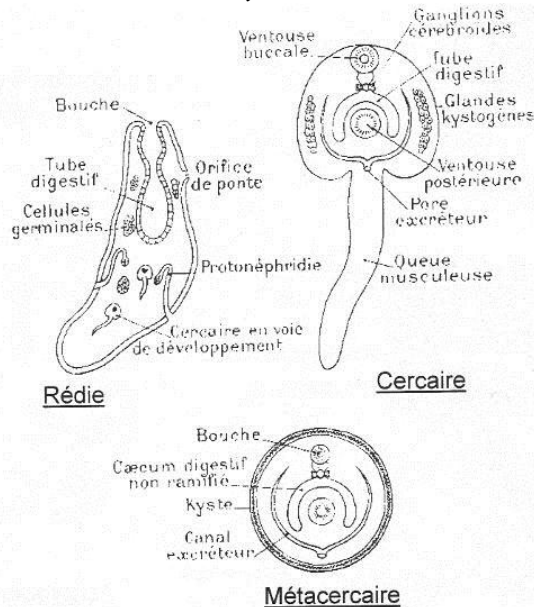
L'ootype reçoit aussi un **utérus large et sinueux** où les œufs commencent leur développement. Il y arrive en dernier un canal vertical (**canal de Laurer**) à fonction non définie.

La **fécondation** se fait par **accolement réciproque**.

L'**œuf fécondé** est entouré d'une **coque** et accompagné de nombreuses **cellules vitellines**. La *reproduction s'effectue au niveau de l'hôte intermédiaire* (pendant le cycle). Un œuf donnera alors de nombreux individus.

γ\ Le cycle parasitaire.

Ce cycle comporte de nombreux stades : on parle alors de « développement emboîté ». Les diverses formes larvaires viennent du cycle théorique des trématodes (plusieurs stades larvaires avant le stade adulte).



Les différents stades du cycle biologique des Trématodes

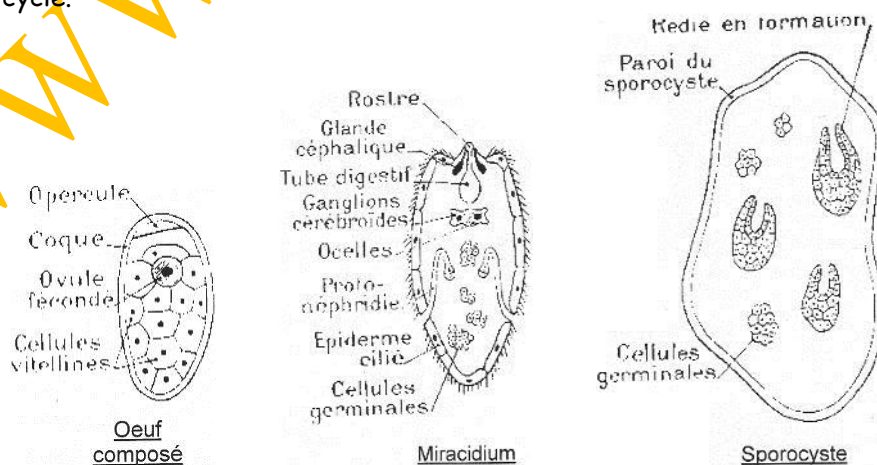
L'œuf a une coque qui possède un opercule apical (et des cellules vitellines). L'éclosion donne une *petite larve ciliée* (larve miracidium) avec un *cerveau rudimentaire* (glandes céphaliques), deux *protonéphridies* et un grand nombre d'*amas de cellules germinales*. C'est un *stade libre* qui peut infecter un animal (*mollusque*). Il y a alors *enkystement dans la glande digestive* du mollusque : on passe au **stade sporocyste**. Cette dernière forme a la forme d'un sac à paroi souple avec des amas de cellules germinales qui vont se multiplier et donner naissance à un *troisième stade larvaire* (la rédie). Un sporocyste contient de nombreuses *rédiés*. Ces rrédiés ont deux *devenirs possibles* :

- donner des **cercaires**, ce qui est le 4^{ème} stade larvaire,
- ou donner des **rédiés filles**, ce qui permet une multiplication du nombre de rrédiés.

Le *stade cercaire* possède, comme l'adulte, *deux ventouses* (dont une antérieure buccale), un *cerveau rudimentaire* et un *appareil digestif à deux branches*.

A ce stade, il y a *sortie de l'hôte intermédiaire* puis *enkystement qui donne la forme métacercaire* : c'est le *stade infectant de l'hôte définitif*, qui donnera l'adulte.

Un œuf donnera de nombreux individus grâce aux diverses multiplications larvaires asexuées du cycle.



Exemple : la petite douve du foie, *Dicrocoelium dendriticum*.

Cette douve vit dans les **canaux biliaires du mouton**. L'adulte mesure environ 10 millimètres de long et 2 à 3 millimètres de large. Il existe **deux hôtes intermédiaires** :

- un **gastéropode terrestre** (*Hélix*)
- et une **fourmi** (*Formica*).

Les œufs sont rejetés avec les excréments du mouton, mangés par un gastéropode (avec une coquille blanche à bandes brunes). A l'automne, il y a **éclosion des œufs** (→ **larve miracidium** mobile). Ces larves se dirigent vers la glande digestive où elles **s'enkystent en sporocystes**. Ces derniers **donnent des cercaires** (il n'y a pas de stade rédieu). Les cercaires sortent du gastéropode pour être avalées par une fourmi. Il va y avoir enkystement dans la cavité générale des fourmis : c'est le **stade métacercaire**. Les fourmis vont alors avoir un **comportement parasité** et grimper sur des brins d'herbe pour être avalées par un mouton.

La petite douve peut infecter l'Homme par ingestion de foie de mouton mal cuit, mais c'est une infestation accidentelle.

Exemple : La grande Douve du foie, *Fasciola hepatica*.

L'adulte se trouve dans le foie de mouton. L'hôte intermédiaire est un gastéropode aquatique (Limnée) infesté par le stade miracidium (qui est libre et nageur dans le milieu aquatique).

La larve miracidium, par enkystement en sporocyste, donne des **rédiés**. Selon les conditions de température, lesrédiés ont **deux devenir possibles** : si l'eau a une température supérieure à 25°C, elles redonnent desrédiés (rédiés filles) ; si la température est inférieure à 25°C, on passe au stade cercaire.

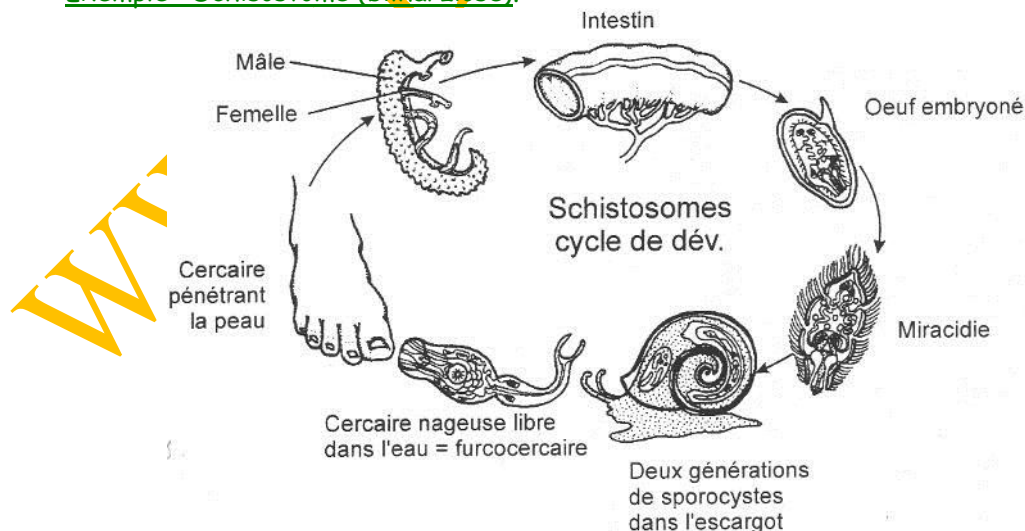
Le **stade cercaire se fixe et s'enkyste en métacercaire** sur les plantes aquatiques comme le cresson. Si l'Homme consomme des végétaux souillés, il peut être contaminé et être atteint de **distomatose**. Toutefois, l'Homme n'est pas indispensable au cycle de *Fasciola*.

Exemple : la douve pulmonaire.

Cette douve provoque des **bronchites sanglantes** ressemblant à la tuberculose ou à la pneumonie. Son cycle fait intervenir : l'Homme, un mollusque (*Melania*) et un crabe (*Potamon*).

Le mollusque est le lieu de développement de **stades larvaires**, jusqu'au **stade cercaire**. Le crabe permet le **passage du stade cercaire au stade métacercaire**.

Exemple : Schistosome (bilharziose).



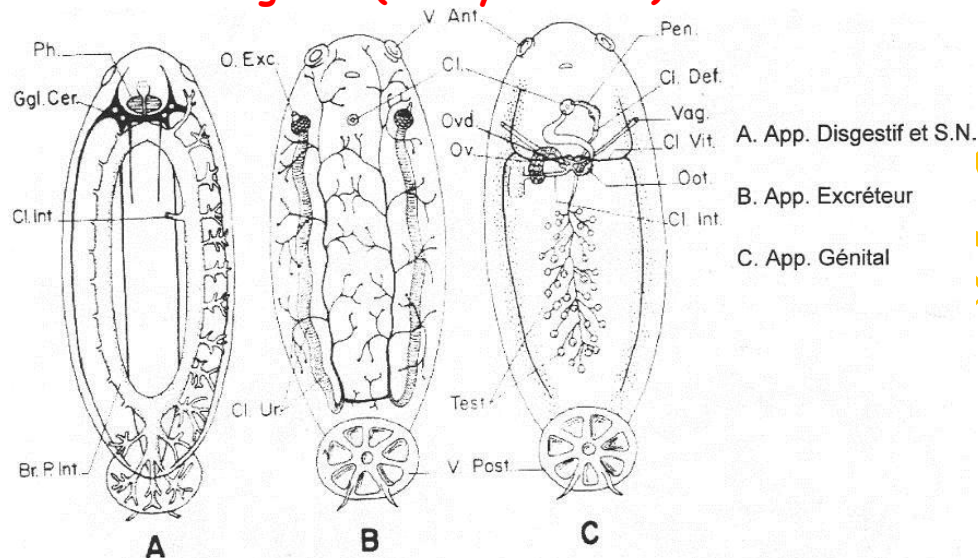
Ici, les **sexes sont séparés**. Les adultes vont dans le **système veineux des mammifères**. Il y a **dimorphisme sexuel important** : le mâle possède un **canal gynécophore**, une **gouttière** dans laquelle la femelle s'installe pendant l'accouplement.

L'hôte intermédiaire est un mollusque où la larve miracidium donne un sporocyste puis le **stade cercaire** (nageur) qui sera libéré. Les **furcocercaires** vont contaminer l'Homme en

pénétrant par la peau lors d'une baignade (15 minutes sont nécessaires pour qu'un furocercaire rentre complètement).

Dans ce cycle, il y a **absence des stades rédies et métacercaires** : c'est une *diminution des formes larvaires*. Le cycle devient plus rapide avec moins d'évènements hasardeux.

3\ Les Monogènes (= Polystomiens).



Organisation schématique des Trématodes Monogénies

Les monogènes sont des **parasites monoxènes** et monogénies (**une seule forme larvaire**). Selon les espèces, on peut avoir des **parasites externes de poissons, de crustacés, de céphalopodes ou de batraciens**. Généralement, ce sont des parasites provoquant *peu de dommages*. Ils sont surtout *dangereux pour les élevages intensifs*.

α\ Morphologie.

La **bouche est antérieure ou ventrale**. Il y a **plusieurs ventouses** : la ventouse antérieure est appelée « **cotylophore** » ; les autres ventouses sont *postérieures, accompagnées de crochets*.

On note la présence d'un **canal génito-intestinal** servant à évacuer le trop plein de cellules vitellines.

β\ Exemple : *Polystoma integerrinum*.

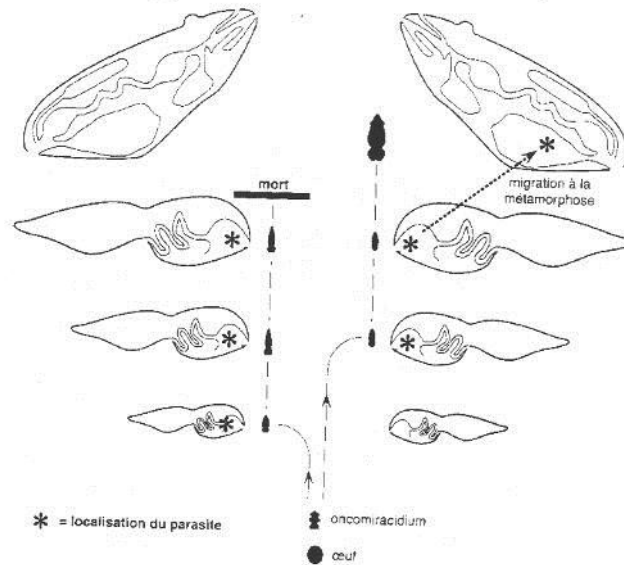
C'est un **parasite de la grenouille rousse (*Rana temporaria*)**. Il y a un *synchronisme entre les cycles biologiques de ces deux espèces* (certaines phases du cycle sont conjointes). Au moment de la reproduction (ponte) de la grenouille, les *Polystoma* adultes pondent des œufs dans les urines (et sont évacués en milieu aquatique).

Ces œufs donnent une **larve ciliée nageuse ; un oncomiracidium** qui peut se fixer sur les têtards de grenouille rousse.

Si le **têtard a plus de 10 jours**, la larve gagne l'appareil digestif du têtard et va **atteindre la vessie pour donner un adulte**. L'adulte est apte à se reproduire au bout de trois ans, comme les batraciens.

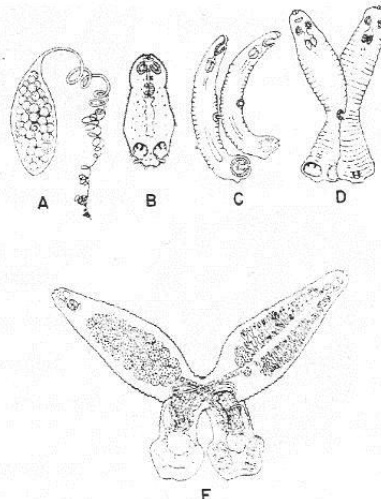
Si la **larve rencontre un têtard de moins de 7 à 10 jours**, la suite du cycle parasitaire ne peut avoir lieu : **pas d'infestation**.

Cycle de *Polystoma integerrinum*



δ\ Exemple : *Diplozoon paradoxum*.

Différents stades de *Diplozoon paradoxum*



L'adulte se fixe sur les branchies d'un poisson d'eau douce (Cyprinidés). Le parasite présente une espèce constituée de la fusion de deux individus où chacun est incapable de survivre isolément.

Les larves sont aspirées par les poissons et se fixent sur les branchies. Elles y subissent une métamorphose qui différencie une **ventouse circulaire** dans la partie médiane ventrale (de la larve) et un **petit bouton** sur la face dorsale, formé par un soulèvement de la cuticule. Ce sont des **larves diporpas** qui se nourrissent du sang du poisson pendant plusieurs semaines. La suite du développement se fait si deux larves entrent en contact l'une avec l'autre. L'accolement se fait par la ventouse qui attrape le bouton, chez l'un comme chez l'autre.

Si l'accolement se fait, il y a **fusion de ces larves** au niveau de leurs points d'attache → c'est une **anastomose entre les deux intestins** : la nourriture ingérée par l'une est alors utilisable par l'autre. Il y a aussi **fusion des conduits sexuels mâles et femelles**.

→ Les deux individus sont **définitivement accouplés**. La fusion met en connexion les canaux déférents de l'un avec le vagin de l'autre : c'est une **fécondation réciproque croisée**.

4\ Les Cestodes (classe).

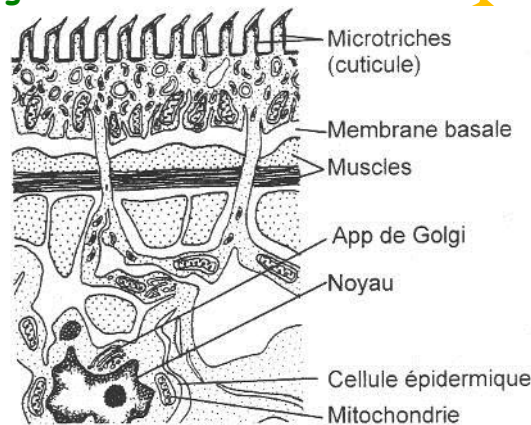
Les cestodes sont des parasites du tube digestif de vertébrés supérieurs. Leur corps est aplati, segmenté, plus ou moins rubané. Ce sont des animaux généralement longs : 12 à 20 centimètres pour les plus grands. Ils n'ont ni tube digestif ni appareil respiratoire.

α\ Morphologie.

Le corps est divisé en trois parties :

- Région antérieure. C'est le **scolex** ; il porte le dispositif de fixation : ventouse et/ou crochets en couronne.
- Zone de prolifération ou **cou**. C'est à ce niveau que se forment les segments composant le corps de l'animal.
- Le strobile. Il occupe 9/10^{ème} du corps. Il est formé d'une succession de segments (les proglottis).

β\ Le tégument.



Aspect ultrastructural de l'épiderme des cestodes

Le tégument est composé d'une **cuticule épaisse** permettant une **protection** face aux enzymes digestives de l'hôte. Cette cuticule est recouverte par des **microtriches** (épines). Elle repose sur la membrane basale. En dessous, on observe **deux couches musculaires** : une couche *musculaire circulaire externe* et une couche *musculaire longitudinale interne*. Sous les muscles, on trouve des cellules épidermiques profondes gardant des relations avec les couches superficielles du tégument.

δ\ Le système nerveux.

Le **système nerveux** est situé dans le **scolex** et est constitué de **deux ganglions cérébroïdes** présentant des *prolongements antérieurs et postérieurs*.

Les **prolongements antérieurs** s'unissent par une **commissure circulaire** où se situent **deux ganglions dorsaux et deux ventraux**.

De chaque ganglion part un cordon nerveux, à l'intérieur du strobile.

Vers l'arrière, on trouve une commissure avec deux ganglions latéraux d'où partent deux cordons latéraux dans le strobile.

A l'extrémité postérieure des proglottis, on a une liaison (commissure) qui relie les six cordons nerveux avec les deux ganglions.

Il n'y a **pas d'organe sensoriel différencié** mais de nombreuses terminaisons nerveuses aboutissent à la cuticule.

ε\ L'appareil excréteur.

Cet appareil excréteur est composé de **4 canaux excréteurs** tout le long du strobile : **deux ventraux et deux latéraux**.

Dans la région postérieure de chaque proglottis, on a une *anastomose qui réunit les canaux ventraux*. Ils débouchent à l'extérieur, au niveau du dernier proglottis du strobile alors que les canaux dorsaux s'atrophient avant d'atteindre l'extrémité du strobile.

φ\ L'appareil reproducteur.

L'appareil reproducteur rappelle celui des trématodes ; il y a **hermaphrodisme**. Un **pore génital est commun aux deux sexes** : c'est l'**atrium génital**. L'hermaphrodisme est **protandre**. On trouve les appareils mâle et femelle dans le même proglottis.

Les *proglottis antérieurs* porteront l'appareil mâle.

Les *proglottis moyens* auront un appareil mâle et un appareil femelle bien développé.

Les *proglottis âgés* auront un appareil mâle dégénéré et un développement important de l'*utérus qui se ramifie* et va contenir de nombreux œufs en développement (~5000 œufs par utérus).

γ\ Classification.

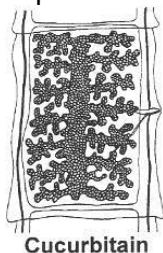
La **classification** des cestodes est réalisée à partir de la **structure du scolex**, de l'**appareil génital** et sur les **particularités du cycle parasitaire**. On distingue deux sous-classes :

- **Les Cestodaires** : ils n'ont pas de scolex.
- **Les Eucestodes** : ils possèdent un scolex. Cette sous-classe regroupe deux ordres :
 - **L'ordre des Cyclophyllidiens**. Le scolex possède quatre ventouses avec des fibres musculaires radiaires.
 - **L'ordre des Pseudophyllidiens**. Le scolex présente deux dépressions (**pseudobothridies**), une dorsale et une ventrale. La musculature est peu différenciée.

ι\ Développement.

Les cestodes sont dans le tube digestif de leur hôte définitif et s'y **nourrissent par osmose** et n'ont donc pas de tube digestif : ce sont des « **osmotrophes** ». Ils n'ont pas d'appareil respiratoire car ils ont une **vie en anaérobiose**.

Pour pouvoir réaliser tout leur cycle de développement, ils se sont glissés dans la chaîne alimentaire. Ils ont un **grand pouvoir reproducteur** ; ils sont composés d'un grand nombre de segments (proglottis) formés par strobilation, ce qui est *assimilable à une reproduction asexuée* (fournie par des entités reproductrices complètes).



Cucurbitain

Les proglottis présentent un **hermaphrodisme protandre**

La fécondation est réalisée quand un repli de l'animal met en relation des proglottis de sexe différent. A la suite de la fécondation, les cucurbitains donnent des millions d'œufs. Toutefois, tous les cestodes ne sont pas aussi féconds : de petites espèces compensent leur faible nombre d'œufs par une multiplication asexuée à l'état larvaire.

Un **œuf fécondé** donnera par divisions, un **embryon entouré de 3 ou 4 blastomères**. Le tout est **entouré d'une coque**. L'embryon développe **trois paires de crochets** → c'est la **larve hexacanthé** enveloppée par une coque (→ **embryonophore**). Embryonophore + embryon hexacanthé = **oncosphère**. Cette dernière peut être aquatique et libre et elle sera appelée larve **coracidium**.

Le cycle de développement ne se poursuit que si le stade oncosphère est ingéré. Les sucs digestifs détruisent la coque, cassent l'embryonophore et libèrent l'embryon. Ce dernier se fixe par les crochets, perfore l'épithélium et se dirige vers la musculature par la voie sanguine. Une fois dans les muscles, il y a perte des crochets. Il se forme alors une invagination qui donnera le futur scolex → c'est un **cysticerque**.

Le stade **cysticerque** est infestant. S'il rencontre un deuxième hôte, il se transforme en **procercoïde** puis en **plérocercioïde**.

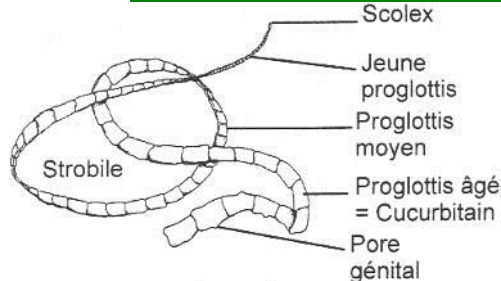
Le **cysticerque** est une **vésicule sphérique, creuse**, avec un **scolex invaginé**. Pendant sa phase d'attente, le cysticerque **s'enkyste dans les muscles**.

La **larve procercoïde** est une **larve allongée, dépourvue de cavité interne**. Son corps présente une constriction délimitant deux parties : à l'avant, on a la future larve et la partie postérieure dégénère.

La **larve plérocercioïde** possède le **scolex du vers adulte** et un **début de segmentation**. Le corps est allongé (plusieurs millimètres de long), d'une couleur blanchâtre qui est due à la présence de particules calcaires dans le parenchyme.

κ\ Cycles.

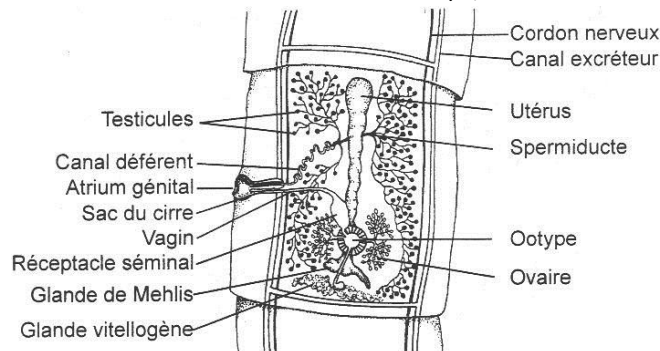
- **Tænia saginata (Cyclophyllidiens).**



Morphologie externe de Ténia

Ce vers mesure de 4 à 12 mètres de long et sa durée de vie atteint 30 ans et même plus. Son **scolex est dépourvu de crochets** mais il possède **quatre ventouses**.

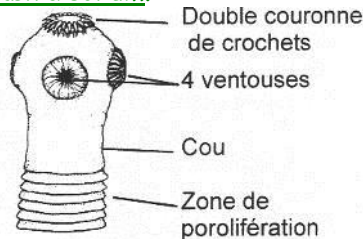
Les pores génitaux sont disposés irrégulièrement à droite ou à gauche le long du strobile. Les cucurbitains **sont libérés au rythme d'une quinzaine par jour, de manière passive ou active** (ils peuvent forcer le sphincter anal du sujet parasité). Les cucurbitains ont un utérus très ramifié (20 à 35 digitations chez le saginata). Dans chaque cucurbitain, on peut trouver jusqu'à 80 000 œufs.



Proglottis moyen de Ténia

Les stades cysticerques se rencontrent dans la musculature des bovidés (c'est alors le *Cysticercus bovis*). L'infestation est possible par ingestion de viande de bœuf crue ou pas assez cuite.

- Taenia solium.



Ce vers peut mesurer jusqu'à trois mètres de long (soit ≈ 1000 proglottis). Le scolex possède une double couronne de crochets. Les pores génitaux alternent régulièrement le long du strobile. La fécondation se fait par un repli du strobile sur lui-même.

Scolex de Taenia solium

Les cucurbitains se détachent par groupe de 5 ou 10 de façon passive. L'utérus comprend entre 10 et 12 digitations.

Les formes larvaires sont dans la musculature du porc (cœur et langue). Les cysticerques sont appelés « *Cysticercus cellulosae* ».

L'infestation est réalisée en mangeant de la viande de porc crue ou pas assez cuite. Le vers devient adulte en trois mois. **L'Homme peut s'infester lui-même** en ingérant des oncosphères par l'intermédiaire de mains souillées ou de remontée de cucurbitains dans l'estomac. → C'est la **cysticercose** : cette maladie peut atteindre le cerveau ainsi que les organes sensoriels tels que les yeux.

- Bothriocéphale : Diphyllbothrium latum.

Ce vers peut atteindre 2 à 8 mètres et même parfois, 20 mètres. Le scolex est ovoïde et porte deux pseudobothridies (c'est un pseudophyllidé). On y trouve entre 3000 et 4000 anneaux avec un pore génital en position médiane. Les adultes se trouvent dans l'intestin de l'Homme, du chat, du chien, du renard. Les oncosphères sont éliminées avec les selles.

La larve est ciliée, nageuse → larve coracidium. Ce stade larvaire va être avalé par un crustacé du genre copépode dans l'intestin duquel il perd sa ciliature et puis, pénètre dans la cavité générale. C'est alors une larve procercœide.

Le développement s'arrête et la larve vit aussi longtemps que le crustacé. Si ce dernier est capturé par des poissons carnassiers, le cycle continue. Si le copépode est ingéré par un poisson non carnassier, le cycle est bloqué et ne pourra reprendre que si la larve se retrouve finalement dans un poisson carnassier.

Dans l'estomac du poisson carnassier, les larves entrent dans la paroi et vont se loger dans la musculature (surtout dans les flancs). Du stade procercœide, on passe au stade plérocercœide qui est infestant pour l'Homme. Si cette dernière larve est mangée par un hôte définitif, elle donnera le stade adulte assez rapidement.

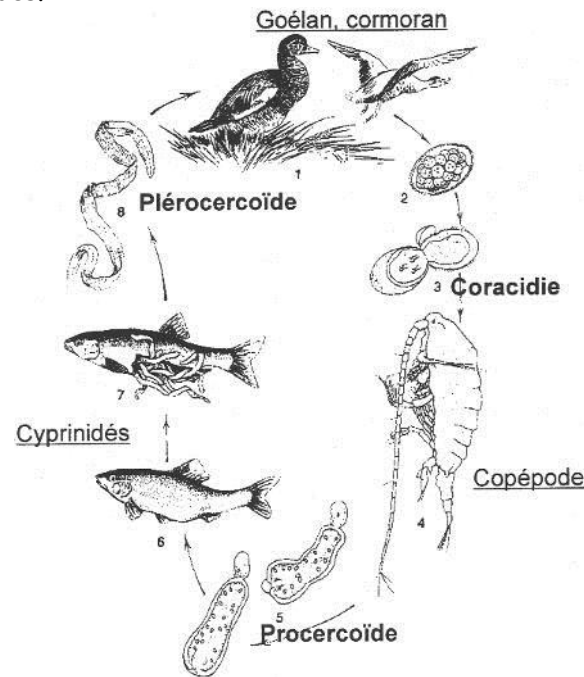
Dans certains cas, le poisson carnassier peut être mangé par un autre poisson : les larves pleurocercœides ne restent alors pas dans l'estomac mais partent dans les viscères du dernier poisson. Là, elles pourront survivre pendant plusieurs années, sans grandir ni se différencier. Le cycle continue si ce poisson est mangé par un poisson carnassier...

- La Ligule intestinale : Ligula intestinalis.

La ligule adulte se trouve dans l'intestin d'oiseaux aquatiques piscivores (comme les cormorans ou les canards). Le premier hôte intermédiaire est un crustacé copépode. Le deuxième hôte intermédiaire est un poisson cyprinidé. C'est dans la cavité abdominale de ces poissons que les larves se rencontrent. Elles peuvent atteindre plus de 25 centimètres de long et il peut y

avoir *plusieurs larves dans un même poisson*. Il va se produire une **déformation importante** de la partie ventrale : le *corps s'alourdit* et la *capacité de nage s'en trouve diminuée*. Ces poissons deviennent plus faciles à attraper par les oiseaux.

Ce parasitisme entraîne une **stérilisation des poissons** car il n'y a plus d'espace libre pour le développement des gonades.



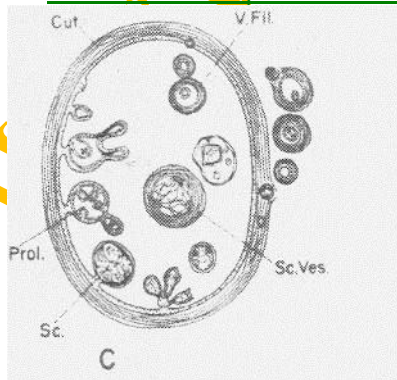
Cycle de vie de Ligula

- *Tænia multiceps*.

Ce *tænia* vit dans l'intestin grêle. Sa forme larvaire est localisée dans le **cerveau de mouton** (c'est la forme **cénure**) dont la taille est celle d'un œuf de poule (6 à 8 centimètres). La présence de cette larve provoque des **troubles de la mobilité** : c'est la **maladie du tournis**.

C'est sur la forme larvaire que vont **bourgeonner de nombreux scolex**, au niveau de la **membrane prolifère**. La **formation de nombreux scolex s'apparente à une multiplication asexuée**.

- *Tænia échinocoque : Echinococcus granulos*.



Echinococcus granulos
(schéma de l'Hydatide)

On trouve ce vers chez les **canidés**. Il peut mesurer **3 à 4 centimètres** de long ; il possède une **double couronne de crochets** et 3 à 5 proglottis pour le strobile. Les deux premiers proglottis sont en cours de maturation ; le troisième possède des organes génitaux formés ; les deux derniers contiennent des œufs fécondés.

Les cucurbitains renferment chacun 300 à 800 **œufs**. Ces derniers sont **libérés avec les excréments**, puis **ingérés par des herbivores**. L'Homme peut être contaminé accidentellement

par l'intermédiaire de crudités souillées ou bien, s'il touche un chien ayant portant le parasite (**prurit anal**).

Le vers traverse la paroi intestinale et **rejoint le foie de l'herbivore** et là, se différencie en une **boule de 20 centimètres de diamètre** : le **stade hydatide**. Ce stade se développe lentement : 16 mois chez les ovins et les bovins ; 18 mois à 30 ans chez l'Homme. *Dans l'hydatide*, il y a un **bourgeonnement de scolex** à partir de la *membrane interne (proligère)* : on peut arriver à **400 000 scolex par centimètre cube**. Chez l'Homme, il y a besoin d'une intervention chirurgicale. Les plus grands foyers de développement sont les *lieux d'élevage intensif de mouton*.

- *Echinococcus multilocularis (Echinococcus alveolaris)*.

Ce vers est un **parasite du renard** (hôte définitif). *L'hôte intermédiaire est le campagnol*. L'Homme peut être hôte intermédiaire s'il consomme des baies sauvages souillées. Il existe une **forme hydatide** (dans le foie) qui provoque des *nécroses hépatiques* très graves.

Chez l'Homme, cette maladie est *l'échinococcose alvéolaire* ; 200 cas étaient recensés en France, vers 1980.

- *Diphylidium caninum (cyclophyllidés)*.

C'est un vers dont la taille varie entre 50 et 80 centimètres. **L'adulte** est dans l'intestin de **chien**. **L'œuf se développe** quand il est avalé par des **larves de puces**.

La puce subit des mues ou des métamorphoses et le chien se *contamine en ingérant des puces adultes*.

II\ Les Pseudocœlomates.

Les **pseudocœlomates** ont leurs **organes situés dans une cavité corporelle** qui a des avantages réels. Celle-ci est appelée **cavité viscérale** ou primaire. Toutefois, le *mésoderme ne participe que partiellement à la délimitation de cette cavité* (du **côté externe** uniquement).

La cavité renferme quelques cellules amiboïdes. *Le tube digestif et les gonades sont suspendus dans cette cavité*.

On définit **sept embranchements** dont trois qui seront étudiés en cours : les **Nématodes**, les **Nématomorphes** et les **Rotifères**. Anciennement, les nématodes et les nématomorphes composaient le groupe unique des *némathelminthes*.

Les pseudocœlomates ont tous un plan d'organisation et des caractères semblables :

- Ils sont tous **plus ou moins vermiformes**.
- Leur corps est **recouvert d'une cuticule**.
- La paroi du corps ne possède **pas de couches musculaires circulaires et transversales**.
- La *paroi du tube digestif est généralement simple* (cellules épithéliales sur une couche) avec parfois une couche musculaire autour de la paroi.
- Il n'y a **ni système respiratoire ni système circulatoire**.
- Le **système excréteur** est le plus souvent **protonéphridien**.
- Les pseudocœlomates présentent un *cloaque où débouchent les systèmes digestif, urinaire et génital*.

Toutefois, les **nématodes femelles ont un gonopore séparé**.

La plupart des pseudocœlomates présente un **nombre défini de cellules dans chaque organe**. → C'est l'**eutélie**. La **croissance se fait grâce à l'augmentation du volume cellulaire** et non du nombre de cellules. On pourra fréquemment observer des *cellules géantes*.

Toutefois, cette tendance **limite les possibilités de régénération**. En fait, cette tendance a été étudiée chez *Cœnorhobditis elegans* (génétiquement très connu, comme la drosophile) et il a été montré un même complexe de **gènes homéotiques** que chez la drosophile, la souris et l'Homme (HOM/HOX).

A\ Les Nématodes (semblables à un fil).

Chez les nématodes, on observe l'**absence totale de cellule flagellée ou ciliée** (même chez les spermatozoïdes). Les *spermatozoïdes sont ronds ou coniques* et se déplacent grâce à des *mouvements amiboïdes*.

Il existe plusieurs dizaines de milliers d'espèces (80 000) mais elles sont difficiles à identifier. Les nématodes **sont souvent parasites de végétaux ou d'animaux** (dont l'Homme) et provoquent des **nématodoses** (dangereuses).

D'un point de vue écologique, *on les trouve sous toutes les latitudes* (des glaciers jusqu'aux sources thermales) et ils présentent une **grande uniformité structurale**.

α\ Morphologie

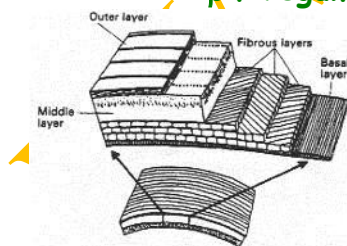
Les nématodes sont des **vers blancs à section circulaire**, effilés aux deux extrémités. Les mâles ont une taille comprise entre 12 et 15 centimètres alors que les femelles sont bien plus grandes. La **bouche s'ouvre à l'extrémité antérieure** et est **entourée de trois lèvres** (une dorsale et deux ventrales) portant des **soies céphaliques à rôle sensoriel**.

La **femelle a une extrémité postérieure qui porte l'anus**. Le mâle a une *extrémité postérieure enroulée ventralement, en crosse*, et qui porte, en position sub-terminale, un orifice sub-cloacal où l'on trouve des **spicules sexuels copulateurs**.

La **femelle présente une constriction annulaire dans le tiers antérieur du corps** et c'est à ce niveau que *s'ouvre l'orifice génital ventral*.

Lors de l'accouplement, le **mâle enroule sa crosse autour de la femelle**, dans le tiers antérieur.

β\ Tégument.

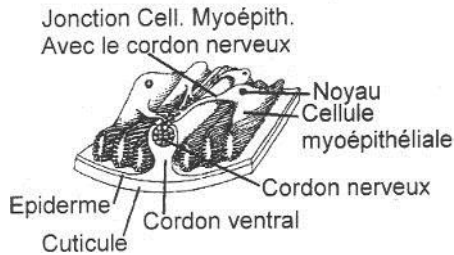


L'épiderme est recouvert par une **cuticule épaisse, imperméable**, pouvant avoir *jusqu'à neuf couches cellulaires* (dont trois couches de fibres obliques croisées). Ces fibres permettent de **résister à la très forte pression interne** car ils n'ont pas de **musculature interne**. Cette cuticule *limite aussi les pertes par évaporation*.

Cuticule de Nématodes

Sous la cuticule se trouve l'**épiderme avec deux épaississements longitudinaux** (un dorsal et un ventral) où sont localisés les **cordons nerveux** (un dorsal et un ventral). *Latéralement* (à gauche et à droite) on trouve *deux gouttières* au niveau desquelles on a les **canaux excréteurs**.

Structure neuromusculaire d'un nématode



Le **mésoderme** est représenté par des **cellules myo-épithéliales**. Elles sont implantées dans le **feuillet ectodermique externe** ; elles vont définir la paroi externe de la cavité primaire (ou cavité viscérale) → la **somatopleure**.

Ces cellules sont sur une assise et forment **quatre champs musculaires** (deux dorsaux et deux ventraux). Ces champs sont délimités par **quatre cordons** (un dorsal, un ventral, un à droite et un à gauche). Ces cellules différencient des *myofibrilles* du côté de l'épiderme : c'est un dispositif original car d'habitude, ce sont les nerfs qui envoient des fibrilles vers les organes. La contraction de ces cellules donnera **uniquement des enroulements**.

δ\ Les organes des sens.

Il existe des organes classiques mais aussi :

- **Des Amphides** : invaginations cuticulaires dans la partie antérieure à rôle chimiorécepteur.
 - **Les Phasmides** : ce sont des **organes sensoriels pairs**, situés latéralement en *position post-annulaire*.
- Les organes sensoriels permettent de distinguer **deux sous-groupes**.

ε\ Le système nerveux.

Le **système nerveux** des nématodes est **rudimentaire, acculé ou inclus dans l'épiderme**. Il est composé de *centres nerveux localisés au niveau du collier péri-œsophagien*. Ce collier émet des *nerfs en direction des lèvres buccales* et va émettre des *troncs nerveux moteurs ou sensitifs*. On distingue **six nerfs dans la région antérieure** et **huit troncs nerveux** (6 moteurs et 2 sensitifs) qui *partent vers la partie postérieure*.

φ\ L'appareil excréteur.

L'appareil excréteur ne porte pas de protonéphridie. On a deux types distincts :

- **Chez les nématodes primitifs**, on a **une ou deux cellules géantes** (les **cellules Renette**) situées *ventralement à la jonction œsophage/intestin*. Chaque cellule possède un *pore excréteur en position antérieure*.
- **Chez les formes plus évoluées**, les **cellules géantes s'atrophient** et il y a formation de **deux canaux excréteurs** qui courent *le long du corps* ; un *seul pore excréteur* est présent en *position antérieure*.

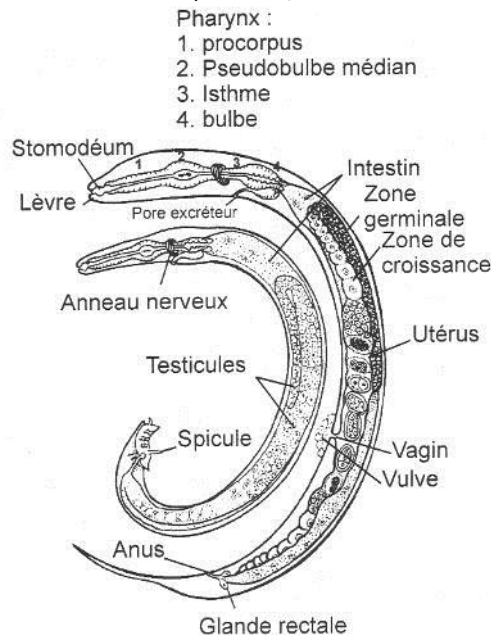
γ\ L'appareil digestif.

L'appareil digestif est pratiquement rectiligne et comporte **cinq éléments principaux** :

- **La bouche** (en position terminale avant) est entourée par **trois lèvres hémisphériques** (**une dorsale** et deux ventrales).
- **La cavité** (ou capsule) **buccale** est tapissée par une mince couche cuticulaire ; l'organisation est fonction du comportement alimentaire des différentes formes. Cette

capsule buccale peut être **armée de dents, denticules** ou **râpes**. Chez les nématodes marins les plus primitifs, quatre formes existent :

- *Forme simple sans armature* : elle permet l'absorption de **nourriture liquide**.
 - *Forme conique sans armature* : on la trouve chez les nématodes **microphages**.
 - *Forme à armature réduite* (denticules ou râpes) : elle est présente chez les **mangeurs d'algues** ou chez certaines formes **mégalophages** (qui mangent de tout).
 - *Forme à armature développée* : existe chez les nématodes **prédateurs**.
- Le **pharynx** est **muscleux à parois épaisses**, tapissé d'une *couche cuticulaire*. C'est à ce niveau que l'on trouve des *glandes à fonction anti-coagulantes* (pour les formes parasites de vertébrés).
 - L'**intestin** est *droit et mince* (une seule couche cellulaire endodermique).
 - Le **rectum** est d'origine ectodermique car il est tapissé d'une *couche cuticulaire*. Les femelles ont un rectum *terminé par un anus* qui s'ouvre en *position sub-terminale*. Chez le mâle, le rectum débouche dans un *cloaque* où l'on trouve les *spicules copulateurs*. C'est ici que s'ouvrent les canaux déférents.

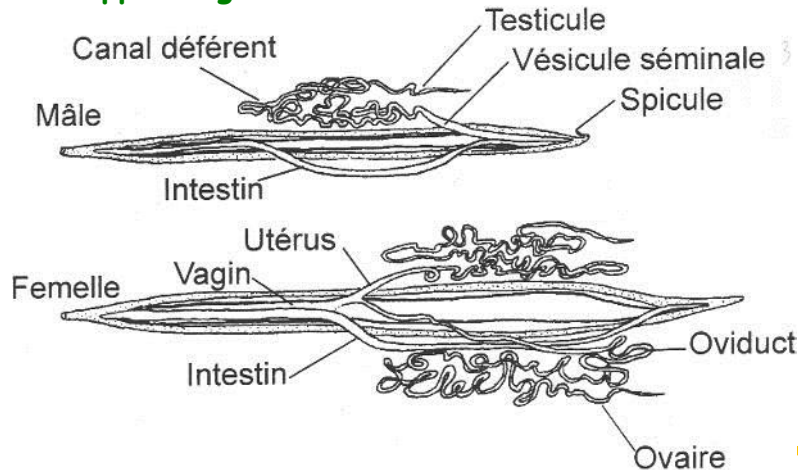


App. Génital et TD d'un Nématode (suite)

Les nématodes ingèrent souvent de la nourriture liquide, et, pour se faire, il existe chez eux, un *dispositif pouvant contrebalancer leur pression interne* importante. Ce dispositif est présent au niveau du pharynx et terminé par une valve. Au milieu du pharynx, on a une sorte de **pompe** pharyngienne :

- D'abord, la *partie antérieure se dilate* : il y a *aspiration de liquide* ; la *valve terminale est fermée*.
- Ensuite, le *pharynx se contracte* : la *partie antérieure* va avoir un *diamètre plus petit* ; la *valve postérieure s'ouvre* et le *liquide passe par cette valve*.

ι\ L'appareil génital.



App. Génital et TD d'un Nématode

Les nématodes sont des animaux **gonochoriques**.

L'appareil mâle :

Cet appareil est constitué d'un **testicule tubulaire, filiforme**, très long (1 mètre ou plus). Il est entouré sur lui-même et autour de l'intestin. Ce testicule se renfle dans la portion terminale et forme la **vésicule séminale** qui stocke les spermatozoïdes. Cette vésicule débouche dans le cloaque.

L'appareil femelle :

L'appareil femelle est composé de **deux ovaires tubulaires filiformes** (un à deux mètres). Ces ovaires se transforment ensuite en **oviductes** puis en **utérus bien développés**. Ils vont se rejoindre pour donner le **vagin** qui est *beaucoup plus grêle*. Il aboutit à l'**orifice génital femelle** (dans le tiers de la partie antérieure, ventral).

Les femelles fécondées pondent de 70 000 à 240 000 œufs par jour pendant 12 à 18 mois.

La **fécondation** est toujours **croisée et interne** grâce aux *stylets copulateurs du mâle*.

Les œufs sont pondus à différents stades selon l'espèce. La ponte peut donner :

- Des œufs **non segmentés**.
- Des œufs à **segmentation débutée**.
- Des œufs à **embryon complètement formé**.

Il existe une **exception au gonochorisme** des nématodes chez le **genre Rhabdite** : l'**hermaphrodisme** est **protandre**, avec **autofécondation**.

La cuticule externe oblige l'**accroissement** à se faire **par mues successives** (en général, il y a *quatre mues* dans la vie d'un animal).

κ\ Les grands groupes de nématodes.

On distingue deux principaux groupes :

- Les **Aphasmidiens** : ils n'ont **pas de phasme** et sont **parasites**.
- Les **Phasmidiens** : ils possèdent **deux phasmides** et sont **libres**, vivant dans la terre ou dans la matière putréfiée ; sinon, ils peuvent être *parasites de végétaux ou d'animaux*.

λ\ Ecologie et éthologie des formes libres.

Les formes libres représentent la moitié des nématodes. On les rencontre dans la plupart des habitats (eau douce, eau de mer, sol humide, mousse, matière organique en décomposition).

Souvent, les nématodes pullulent :

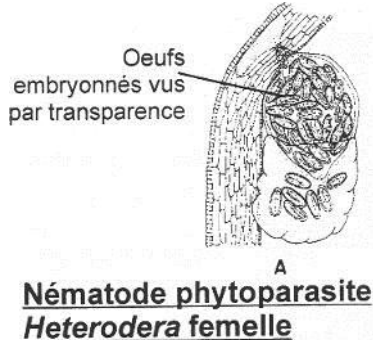
- Dans les fruits pourris des vergers : on trouve plusieurs milliers d'individus d'espèces différentes.
- Dans les milieux hostiles au développement de la vie. Exemple : l'anguille du vinaigre (*Anguillula*) se développe dans le vinaigre, avec 6 à 7% d'acide acétique pur. Elle se nourrit du cadavre des bactéries acétiques, responsables de la fermentation. Elle supporte des pH allant de 2,5 à 11,5.

μ\ Ecologie et éthologie des formes parasites.

Généralement, en cas de parasitisme, il y a des modifications structurales importantes et présence d'une reproduction asexuée possible à l'état larvaire.

Ces modifications ne se voient pas chez tous les nématodes. Le développement des formes libres ou parasites est identique. Les parasites vont s'attaquer aux végétaux ou aux animaux.

a\ Les parasites de végétaux.



Ces nématodes sont des **destructeurs redoutables des végétaux cultivés**. Ils provoquent l'interruption de la croissance de la plante, une **castration** (par suppression des fruits et des graines), entraînent l'apparition de **galles spécifiques**. Les galles sont des *kystes* sur les tiges ou sur les racines où vivent les femelles qui se nourrissent de **cellules géantes**, produites par la plante parasitée.

b\ Les parasites d'animaux.

Exemple 1 : *Enterobius vermicularis*.

Ce parasite est responsable de l'oxyurose.

Les adultes vivent et s'accouplent dans le *cæcum* digestif de l'Homme, pouvant provoquer l'appendicite. Après accouplement, les femelles vont dans le rectum, s'y fixent et pondent. Il y a alors démangeaisons ou prurit anal. Les œufs (de 50 à 60 μm) restent collés dans l'anus. Ils donnent les embryons qui sont directement infestant.

L'enfant se contamine en portant les mains (souillées) à la bouche (c'est une auto-infestation ou **parasitose des mains sales**), ou en inspirant des poussières contenant des œufs.

Les œufs, une fois dans le tube digestif vont subir l'action des sucs digestifs qui vont casser la coque et ainsi, libérer les larves qui passent au stade adulte en une trentaine de jours. Les adultes se nourrissent des bactéries du tube digestif et ne sont pathogènes que lorsque leur population augmente trop fortement et provoque des occlusions du tube digestif.

Exemple 2 : *Trichurus trichuria* (monoxène).

Ces vers sont des parasites des *cæcums* digestifs. Ils ont une partie antérieure effilée, implantée dans la muqueuse digestive des mammifères (la partie postérieure est libre). Ce sont des **hématophages**. Une centaine d'individus consomment 50 millilitres de sang par jour.

Les œufs pondus ne donnent pas directement des larves (en restant à l'intérieur). Pour la suite de leur développement, un séjour de trois semaines à l'extérieur est obligatoire.

La durée de vie de l'adulte est de cinq ans. Les femelles donnent 10 000 œufs par jour et l'infestation se fait par l'intermédiaire de boissons et de légumes mal lavés.

Les œufs donnent des adultes en un mois.

Exemple 3 : Ascaris.

Les larves d'ascaris font d'importants déplacements dans l'organisme parasité : **migration dans l'hôte** (→ cycle avec migration).

Les lombricoïdes provoquent l'**ascaridiose humaine**.

Les adultes s'accouplent et pondent dès l'intestin grêle. La femelle donne 240 000 œufs par jour. Ces derniers seront évacués avec les excréments et donnent des **larves infestantes au bout de 30 à 40 jours** si la température externe est voisine de 30 degrés, avec des sols humides et ombragés.

L'infestation est réalisée par ingestion d'aliments souillés. Après la digestion de la coque, la larve va migrer dans l'organisme. Les **larves** traversent d'abord l'**épithélium digestif** avant d'atteindre le **foie** par **voie sanguine**. Elles y restent pendant *trois à quatre jours* puis, gagnent le **cœur droit** par la **circulation veineuse** puis rejoignent les **poumons** par les **artères pulmonaires** et y restent environ *une semaine*. Elles vont y subir **deux mues**. Elles remontent ensuite les **voies respiratoires** (bronchioles, bronches, trachée) et arrivent au niveau du **carrefour bucco-pharyngé** et prennent alors la **voie digestive** et rejoignent le **grêle où elles deviendront adultes**. La **migration dure environ 15 jours**. Après le grêle, les larves passent au gros intestin, puis au rectum où elles sont matures sexuellement.

L'homme est le seul réservoir de ce parasite et cette maladie touche environ $\frac{1}{4}$ de la population mondiale, surtout dans les pays pauvres.

Les symptômes observés sont : des **occlusions intestinales**, des **invaginations intestinales** (et des étranglements de ce tube digestif → **hernies**), des **péritonites aiguës** et des dégâts dans le foie (**pancréatites**). De plus, ces ascaris rejettent des substances toxiques pour le système nerveux de l'Homme. D'autres vertébrés or l'Homme peuvent être parasités par pratiquement la même espèce (cheval, porc, chien, chat).

Exemple 4 : Trichinella spiralis (hétéroxène).

On trouve ce parasite dans l'intestin grêle de nombreux animaux (chien, chat, rat, porc, sanglier, phacochère, Homme). Les femelles pénètrent dans la muqueuse intestinale et y pondent deux larves par heure pendant les vingt-huit jours de leur vie.

Les femelles sont **vivipares** et donnent des larves qui gagnent le **cœur droit** par le **liquide lymphatique** puis, les **poumons**, passent dans le **cœur gauche** et seront distribuées dans tout l'organisme par la **circulation aortique**. Ces larves vont se fixer dans les **muscles striés** et s'enkyster pendant **12 à 18 mois**. Les **kystes** se calcifient et **sont infestant**. Les Hommes se contaminent en consommant de la viande mal cuite.

Chez les rats, l'infestation est propagée par le cannibalisme caractérisant cette espèce : l'hôte intermédiaire et l'hôte définitif peuvent être de la même espèce. Dans ce cas, on parle alors de **cycle auto-hétéroxène**.

Exemple 5 : Wuchereria bancrofti (Filaire de Bancroft).

Les adultes de ce parasite vivent dans les **vaisseaux lymphatiques**. Le mâle fait environ **4 centimètres** et la femelle mesure aux alentours de **8 centimètres**. Les **larves** circulent dans le **liquide lymphatique** et migrent périodiquement dans les **vaisseaux sanguins périphériques** selon un **rythme nycthémeral** (jour/nuit) correspondant à la **sortie de l'insecte vecteur (Anophèle : moustique)**. Grâce aux piqûres, les moustiques pompent le sang de vertébrés alors que les **larves se concentrent sur les pièces buccales du moustique**, Elles seront transmises à la victime suivante par une nouvelle piqûre. Les **larves deviennent adultes en trois mois**. Les parasites sont surtout dans les zones tropicales (Afrique, Amérique du sud, Asie).

Ce parasite provoque l'**éléphantiasis** : les membres inférieurs deviennent énormes à cause de la présence du parasite dans le **système lymphatique** de ces membres. Le scrotum peut aussi être atteint.

B\ Les nématomorphes.

Les **nématomorphes** sont des **vers longs** (environ 1,5 mètre) qui ressemblent aux nématodes. Leur **intestin est réduit**, les **larves sont parasites** alors que les **adultes sont aquatiques libres**.

La **vie adulte est brève** et ces adultes **ne se nourrissent pas** : *l'anus et la bouche sont non-fonctionnels*. La *larve va donc se nourrir par osmose*, au travers du tégument.

Le **système nerveux est intra-épidermique** ; **canaux excréteurs et protonéphridies sont absents** ; on note la présence de **cellules myo-épithéliales** sur un seul champ ventral. Les **sexes sont séparés** ; il y a un **dimorphisme sexuel** ; la **fécondation est interne**.

On trouve environ 250 espèces de nématomorphes, regroupées en **deux ordres** : les **Gordiens** (larves parasites d'insectes en eau douce) et les **Nectonéматоïdes** (parasites de crustacés, marins).

1\ Les Gordiens.

Chez les gordiens, le *pseudo-cœlome est pratiquement rempli par du mésenchyme*.

Exemple : *Paragordius tolosanus*.

Ce parasite possède **deux hôtes intermédiaires**.

Les œufs donnent des **larves** qui vont au fond de l'eau. Elles seront **ingérées par une larve d'insecte névroptère** (*Sialis*) qui doit être **mangée par un carabe** (coléoptère). Une fois dans ce carabe, la *larve se métamorphose en un vers adulte, libre*. Ce dernier pourra réaliser la fécondation.

2\ Les Nectonématoïdes.

Les **nectonématoïdes** sont **parasites de crustacés**. Les *adultes sont libres et pélagiques* ; mesurent environ 20 centimètres de long. On note la présence d'une **double rangée de soies sur le corps**. Ces soies favorisent la **nage par ondulation**. Le *pseudo-cœlome n'est pas comblé par du mésenchyme*.

Exemple : *Nectonema*.

C\ Les Rotifères.

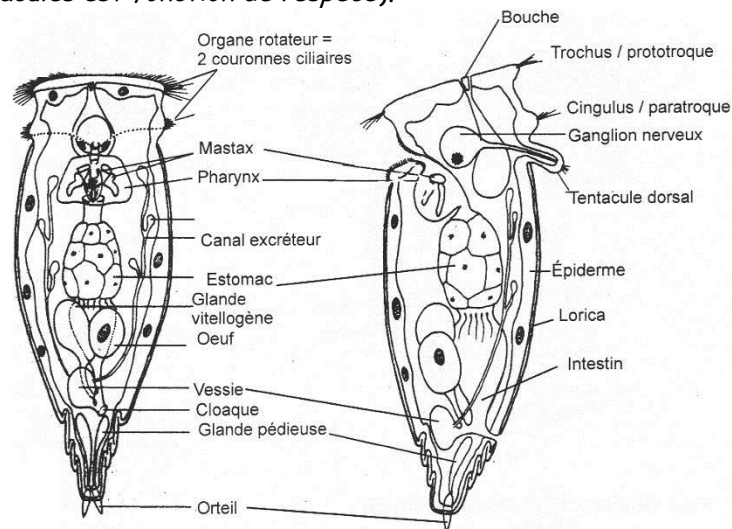
Les **rotifères** ont une *taille généralement inférieure à celle des ciliés* (ils dépassent rarement deux millimètres). Leur **corps est non-segmenté** et la **partie antérieure** du corps est **pourvue d'un appareil rotateur cilié** (caractéristique de cet embranchement).

α\ L'appareil rotateur.

Cet appareil est constitué par **un ou deux anneaux de cils entourant** une zone centrale déprimée en entonnoir (l'**aire buccale**). Au fond de cette aire s'ouvre la **bouche**. Cet **appareil sert à la locomotion et à la nutrition**. Il est très développé, ou réduit, ou absent, pour des formes de rotifères semi-terrestres.

La **couronne extérieure postérieure** est appelée **paratroque** (ou **cingulum**). La **couronne interne antérieure** est appelée **prototroque** ou **trochus**.

Sur la **face dorsale**, on peut trouver des **tentacules garnis de soies sensorielles** tactiles (le nombre de tentacules est fonction de l'espèce).



Rotifère femelle - vues de face et de profil

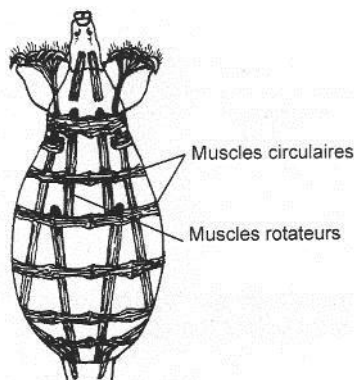
β\ Le pied.

La **région postérieure** est appelée « le pied ». Celle-ci est terminée par **deux orteils** plus ou moins longs entre lesquels débouchent les **glandes pédieuses** qui sécrètent un liquide visqueux.

Chez certaines espèces, les *orteils* forment des *ventouses* ou des *disques adhésifs* qui servent aux *déplacements* ou à la *fixation* de l'animal un substrat dur.

Chez les *espèces pélagiques*, le *pied* peut être *réduit* ou *absent*. Il est très *développé* chez les *formes primitives* qui sont *rampantes*.

δ\ Paroi et musculature.



**Musculature d'un rotifère
(Rotaria vue dorsale)**

La **paroi** des rotifères est **constituée** par une **cuticule** (épiderme simple avec quelques faisceaux musculaires). La couche cuticulaire peut être très **épaisse** et **divisée en plaques** : on parle alors de « **cuirasse** » ou de **lorica**.

L'épiderme du pied (*glandes pédieuses*) sécrète une substance pour la *synthèse de tubes* chez les rotifères fixés. Cet épiderme donne chez les formes pélagiques, une substance **gélatineuse**.

La **musculature** est essentiellement constituée de *faisceaux circulaires*, *longitudinaux* et *discontinus*. Il existe des **muscles rétracteurs du pied** et de l'**appareil rotateur**.

Il existe un **organe rétro-cérébral** dans la région antérieure (au niveau du système nerveux central) qui a la forme d'un sac ouvert à l'extérieur. La fonction de cet organe est inconnue.

ε\ L'appareil digestif.

La **bouche** s'ouvre au fond de l'**aire buccale** (antérieure). Celle-ci communique avec un **pharynx** de deux manières :

- **Directement** chez les espèces prédatrices.
- Par l'**intermédiaire d'un tube buccale** à *paroi interne ciliée*.

Le **pharynx** est une **chambre musculaire** possédant un **appareil masticateur** (le **mastax**) qui est caractéristique de l'embranchement. Le mastax est formé de pièces mobiles d'origine cuticulaire. Les **mâchoires** sont appelées « **tropi** ».

On peut distinguer **sept pièces cuticulaires principales** : le **fulcrum**, les **ramus** (×2), les **uncus** (×2), les **manubriums** (×2).

Les **ramus** et le **fulcrum** constituent la **mâchoire inférieure** alors que les **uncus** et les **manubriums** constituent la **mâchoire supérieure**. Chez les espèces prédatrices, cet appareil peut faire saillie par l'orifice buccal pour permettre la capture et la dilacération des proies. Les pièces de cet appareil ont une morphologie différente, comme la formation des pinces ou des pièces perforantes.

Au niveau du **pharynx**, on trouve des **glandes salivaires** (entre deux et sept en fonction des espèces). L'**œsophage** est *court et cilié*. L'**estomac** est *glandulaire* ; on y trouve **deux glandes gastriques**. L'**intestin** est *court*, suivi d'un **rectum** qui débouche dans un **cloaque**. L'orifice **cloacal** est *dorsal*, au niveau de la descente du pied.

φ\ L'appareil excréteur.

L'appareil excréteur est formé par **deux protonéphridies**. Les **canaux** en partant débouchent dans une **vessie contractile** (ou **urocyste**). Elle débouche *ventralement* dans le **cloaque**. Chez certaines espèces, la vessie est absente : ce sont alors les canaux qui débouchent dans le cloaque. Cet appareil **contrôle la pression interne** et joue donc un **rôle osmo-régulateur**.

γ\ Système nerveux et organes des sens.

Le système nerveux est composé par un **volumineux ganglion cérébral**. De ce ganglion partent **deux nerfs ventraux** et **deux terminaisons nerveuses secondaires** vont innervent l'**appareil rotateur**, les **yeux**, la **musculature** et partent vers le corps.

Les organes sensoriels se situent au niveau de la **double couronne ciliaire** de l'**appareil rotateur**. On distingue *trois types d'organes* : les **chémorécepteurs**, les **tangorécepteurs** (rôle tactile), les **photorécepteurs**.

Les organes sensoriels sont : des *soies*, des *papilles*, des *fossettes ciliées*. On trouve aussi **deux yeux** qui vont fusionner en un **œil unique rouge vif**.

ι\ L'appareil reproducteur.

Les sexes sont séparés (**gonochorisme**) et le **dimorphisme sexuel** est très marqué (les mâles sont plus petits que les femelles). *Pour de nombreuses espèces, la forme mâle n'a jamais été découverte.*

L'appareil mâle :

Cet appareil est constitué d'un **testicule** (donc impair) poursuivi par un **canal déférent** qui s'ouvre au niveau du **pied**. Il peut y avoir formation d'une **papille** à l'**ouverture**, représentant un **pénis**.

L'appareil femelle :

Cet appareil est formé d'un **ovaire** en position ventrale, suivie d'un **oviducte** qui débouche dans le **cloaque**. L'ovaire est composé de deux parties : la **partie antérieure** comprend les **ovules** alors que la **partie postérieure** a un rôle **vitellogène**. On observe donc une **séparation des fonctions gamétogènes et vitellogènes**.

κ\ **Systématique.**

Les Rotifères sont divisés en **trois ordres** :

- L'ordre des **Seisonidés**.

Dans ce groupe, on trouve quelques **espèces marines** dont certaines qui sont **épizoïques** (vivant fixées sur d'autres organismes). Leur **reproduction est bisexuée, sans parthénogenèse**.

- L'ordre des **Bdelloïdés**.

Les bdelloïdés colonisent les mousses, les lichens d'eau douce. Ils sont **nageurs ou rampants**. On ne connaît pas les formes mâles et il y a **parthénogenèse thélytoque** (femelle → femelle), **indéfinie et obligatoire**.

- L'ordre des **Monogonontes**.

Les monogonontes vivent dans les eaux douces, saumâtres, dans les mousses, les lichens. Ils **peuvent être nageurs ou fixés**.

λ\ **Mode de vie.**

Actuellement, on connaît environ **2000 espèces**. On les trouve dans les différents milieux de vie mais particulièrement en eau douce et dans les mousses et lichens. On note quand même la présence de **quelques formes parasites de végétaux et d'animaux**.

Les **formes aquatiques** sont surtout **benthiques** et se déplacent à la recherche de nourriture. Les **autres formes** sont **fixées** (généralement sur des algues). Les formes planctoniques ont une morphologie externe modifiée par les conditions du milieu.

Pour une même espèce, on va avoir une morphologie différente selon le milieu de vie, ce qui entraîne des difficultés de détermination.

Les rotifères mangent des animaux, des végétaux (souvent de petite taille) qui seront attirés par la (les) couronne(s) ciliaire(s). Le mastax, chez les formes prédatrices est la première manifestation de la fragmentation des aliments dans le tube digestif.

μ\ **Reproduction.**

Les **œufs** ont une **segmentation totale et égale**.

Chez les **Seisonidés**, la **reproduction est simple, normale**. Il n'y a **jamais de parthénogenèse**. Chez les **Bdelloïdés**, toutes les **femelles donnent des œufs** qui se développent seulement par **parthénogenèse**. En revanche, les **Monogonontes** ont une **reproduction sexuée compliquée** (avec **trois sortes d'œufs**). Il y a **alternance de générations parthénogénétiques et d'une génération sexuée**.

Les **femelles parthénogénétiques** sont appelées « **femelles amictiques** ». Elles sont **diploïdes** et **ne peuvent s'accoupler**. Elles **donnent des embryons à développement immédiat** ne subissant pas la **réduction chromatique**. Ces **embryons** donnent des **femelles diploïdes**. Sous l'influence de **certaines conditions du milieu** (photopériode, température, pH, densité de

population) apparaissent des femelles fécondables (« femelles mictiques »). Ces dernières vont donner des ovules qui émettent deux globules polaires. Si les ovules sont non fécondés, on aura des mâles haploïdes. Ces mâles pourront s'accoupler avec les femelles mictiques. La fécondation aboutit à des œufs à coquille épaisse → « œufs de durée ». Ces œufs peuvent supporter l'hiver. Quand ils se trouvent dans de bonnes conditions, ils se développent et produisent des femelles amictiques.

Les rotifères peuvent être dits **monocycliques** quand ils présentent plusieurs générations parthénogénétiques pendant la même saison et **une génération sexuée à l'automne**. Les rotifères **polycycliques** ont **au moins deux périodes de reproduction sexuée** (automne et printemps).

Pour tous, à la belle saison, il y a succession de femelles amictiques (diploïdes).

Il existe des **affinités nématodiennes** : **symétrie bilatérale, pseudo-cœlome, cuticule, absence d'appareil respiratoire et circulaire.**

Il existe aussi des **différences fondamentales** avec les mêmes nématodes : *les nématodes ont une croissance discontinue par mues, ils n'ont pas de formations ciliaires ni d'appareil excréteur de type protonéphrien.*

→ Nématodes et rotifères n'ont donc pas d'ancêtre commun.

Par contre, on trouve des **ressemblances remarquables avec les plathelminthes**. Le **système excréteur est proche**, il y a **séparation des fonctions gamétogènes et vitellogènes**. On trouve les **mêmes modalités de développement des rotifères et des turbellariés**. Il y a la présence d'une **ciliature assurant la locomotion**. On peut aussi comparer les pièces du mastax et les pièces du pharynx de certains turbellariés.

→ Une parenté entre turbellariés et rotifères est donc probable.