

■ Les Rotifères

FICHE RÉCAPITULATIVE

- Métazoaires, triploblastiques, pseudocoelomates
- À symétrie bilatérale
- Protostomiens
- Rotifera (du latin *rota* « roue » et *fera* « porter ») : la partie antérieure porte une couronne de cils
- Formes libres (et parasites si les Acanthocéphales sont inclus dans le Phylum Rotifera)
- Animaux libres en forme de trompette, cylindrique ou sphérique
- Vivent dans tout type d'environnement: milieux marins ou dulçaquicoles, habitats semi-terrestres, Antarctique, etc.
- Système digestif complet avec bouche et anus
- Système d'excrétion différencié, à protonéphridies
- Système nerveux
- Absence d'un système circulatoire et respiratoire
- Reproduction sexuée - dioïque, reproduction asexuée et alternance de cycles sexués et asexués
- Certains résistent à la dessiccation

1. Présentation du groupe



Fig. Rot 1.1. : Rotifères

Les Rotifères sont des animaux de petite taille, mesurant entre 50 μ m et 3mm, en forme de trompette, cylindrique ou sphérique. Comme leur nom le suggère (rota : roue, ferre : porter), le groupe des Rotifères rassemble des animaux portant une couronne ciliée sur leur tête, couronne qui tourbillonne pour faire entrer l'eau au niveau de la bouche. La couronne ciliée est impliquée dans la locomotion et la prise de nourriture. Postérieurement, leur pied possède souvent une glande adhésive qui leur permet de se fixer au substrat.

Les Rotifères, tout comme les Nématodes, font partie des groupes nommés auparavant « pseudo-coelomates » ou « blastocœliens » car leur cavité corporelle se développe à partir du blastocœle plutôt qu'à partir de fentes du mésoderme (voir chapitre développement).

Les Rotifères vivent dans différents milieux. Les formes libres se retrouvent partout: dans le milieu marin, les eaux des lacs ou rivières, dans le sol, en Antarctique et dans des habitats semi-terrestres tel que les mousses, lichens, flaques d'eau, gouttières, etc. Un groupe de Rotifères, les acanthocéphales, ne font que récemment partie de ce phylum et sont des endoparasites qui ne contiennent pas de couronne de cils dans leur partie antérieure.

2. Exemple-type *Adineta vaga*



Fig. Rot 1.2. : *Adineta vaga*

Nous avons élu *Adineta vaga* comme modèle de l'Embranchement des Rotifères car c'est la première espèce de Rotifères dont le génome a été séquencé complètement et ce projet a été coordonné par le laboratoire du Prof. K. Van Doninck (Université de Namur) (article publié dans Nature, 2013 : doi: 10.1038/nature12326). L'espèce *Adineta vaga*, que vous observerez au TP, est un Rotifère bdelloïde d'environ 100µm de long et transparent. On le retrouve abondamment dans des mousses et lichens.

2.1. EXAMEN EXTERNE

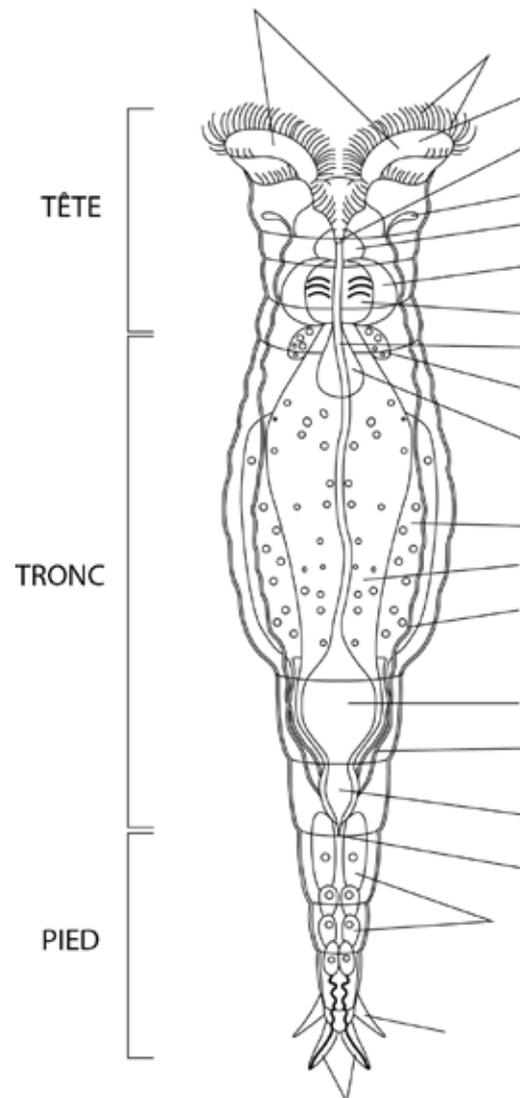


Fig. Rot 1.3. Illustration de l'anatomie générale d'un Rotifère bdelloïde

Le corps du Rotifère contient trois parties : la tête avec l'appareil rotateur (représenté ici par la couronne de cils), le tronc et le pied. Entre les deux couronnes de cils (ou trochus), dans la partie antérieure du corps, se trouve la bouche. La partie postérieure du corps contient un pied qui se termine typiquement en deux orteils dans lesquels passent les canaux des glandes adhésives ou pédieuses. La sécrétion de ces glandes permet au Rotifère d'adhérer temporairement au substrat.

Tout comme les Nématodes, les Rotifères sont transparents et eutéliques, c.a.d. leur nombre de cellules est fixe.

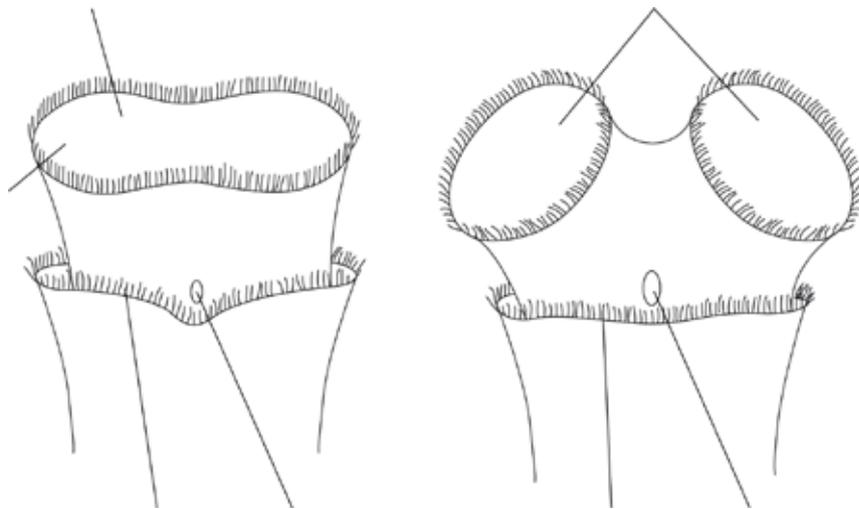


Fig Rot 1.4. Couronne de cils de Rotifère (légende à ne pas retenir: 1 = lignes de cils, 2 = le trochus ou troque, 3 = cingulum, 4 = lèvre, 5 = entonnoir buccal, 6 = sulcus (sillon entre le troque et le cingulum).

Un des caractères dérivés propres des Rotifères est leur couronne ciliée sur la tête comme vous voyez sur cette image.

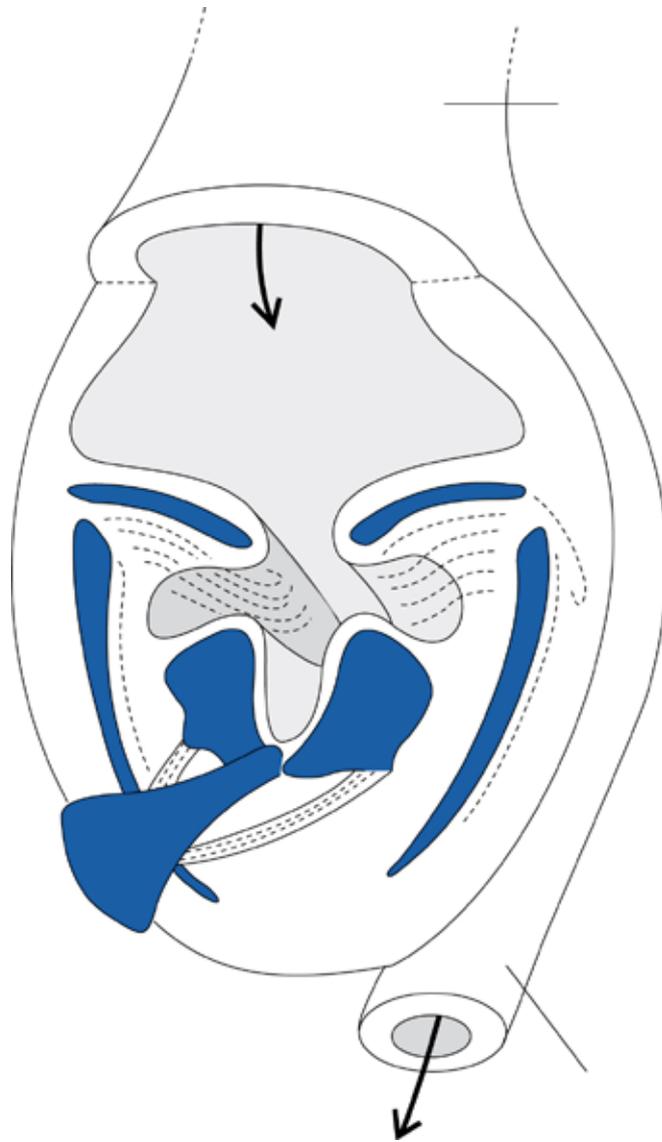


Fig Rot 1.5. Mastax de Rotifère, en bleu les 7 pièces dures formant le "trophus".

Le mastax du Rotifère est un appareil masticateur complexe constitué de 7 pièces dures et mobiles servant à broyer la nourriture. L'ensemble de toutes ces pièces (en bleu sur le schéma) est le « trophus ». Le mastax se trouve au niveau du pharynx et est également un caractère dérivé propre des Rotifères.

2.2. EXAMEN INTERNE

2.2.1. Tégument

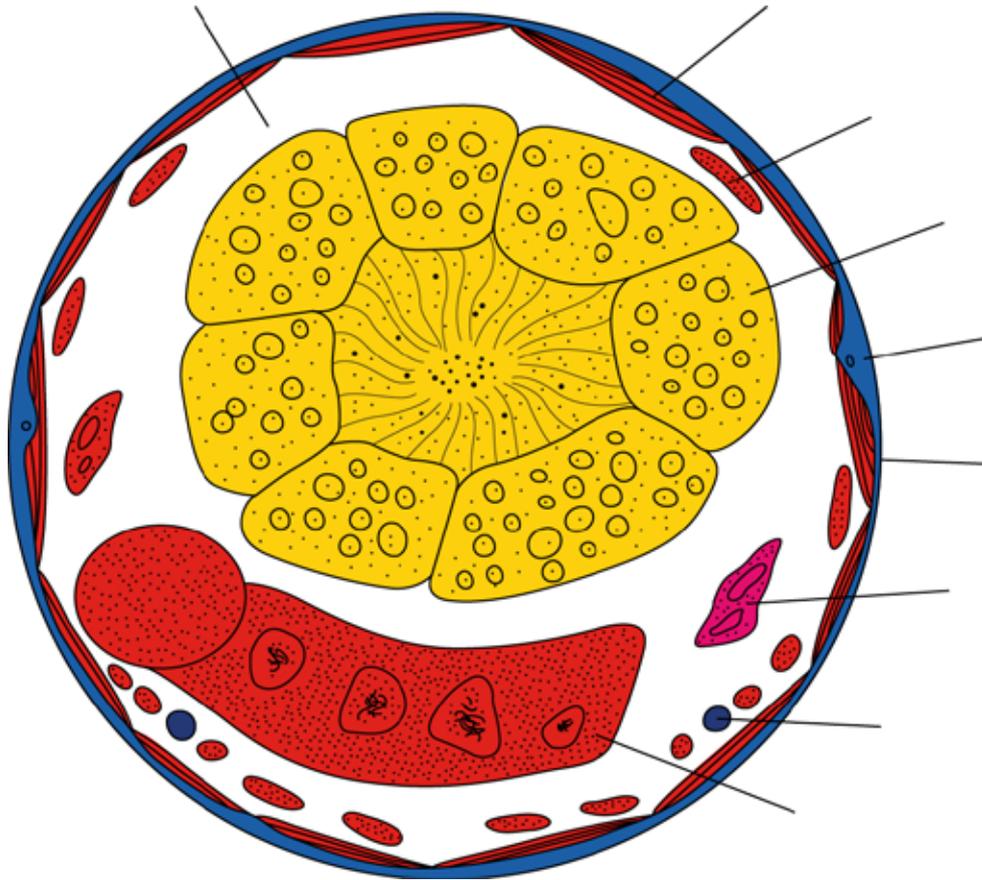


Fig. Rot 2.1. Coupe transversale au niveau du tronc d'un Rotifère

Voici une coupe transversale à travers un Rotifère femelle. Une cuticule entoure l'épiderme syncytial, cuticule nommé lorica (cuirasse). Ce n'est pas une cuticule épaisse comme on en trouve chez les nématodes. Les Rotifères ne doivent d'ailleurs pas muer pour grandir.

Chez la plupart des Rotifères Monogonontes cette lorica est rigide et indéformable, par contre elle est presque toujours mince et pliable chez les Rotifères Bdelloïdes. Elle est d'ailleurs marquée par des sillons transversaux qui donnent au Rotifère bdelloïde la capacité de se contracter de manière « téléscopique ».

Sous l'épiderme se trouvent des muscles avec une orientation circulaire et longitudinale. La cavité interne est le blastocœle. Dans cette cavité on retrouve surtout le système digestif (en jaune) et le système reproducteur (en rouge). Nous en reparlerons.

2.2.2. Système locomoteur

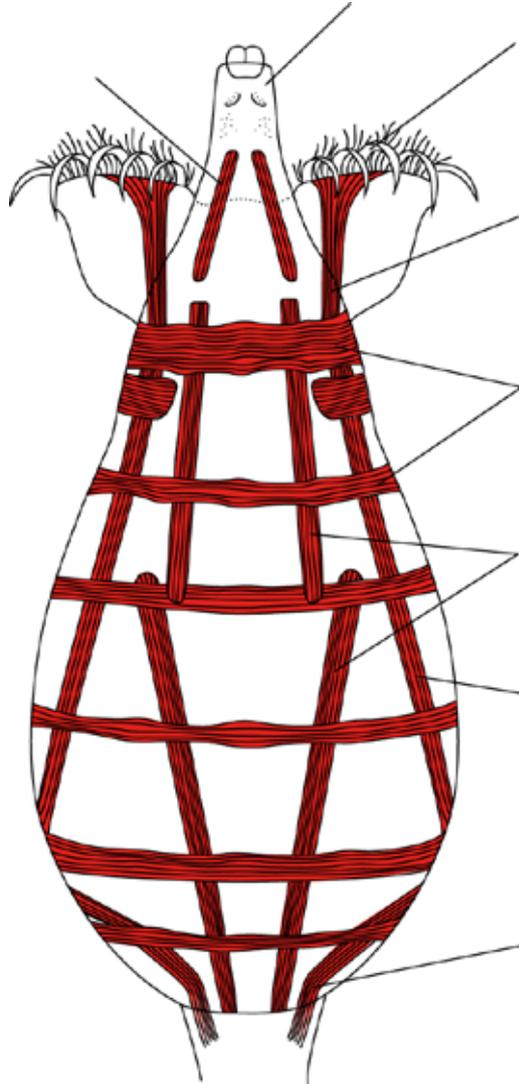


Fig. Rot 2.2. La disposition des muscles d'un Rotifère

Les deux couronnes de cils sur leur tête tourbillonnent en sens contraires et leur servent à la locomotion, leur permettant de nager. Entre les couronnes on peut trouver dorsalement chez les bdelloïdes un rostre (rostrum), une structure généralement robuste et pourvue à son extrémité de cils, ainsi que de cellules adhésives et des lamelles sensibles. Ce rostre est rétractile dans la majorité des espèces et sert à la locomotion. Quand un Rotifère rampe il ressemble à une sangsue en mouvement : le Rotifère fixe son pied au substrat grâce aux sécrétions des glandes pédieuses, étend son corps, fixe l'extrémité antérieure (le rostre) et rétracte le pied. Certaines espèces glissent en extension sur les surfaces, comme les espèces du genre *Adineta* que vous verrez au TP. Dans le corps du Rotifère on retrouve des muscles circulaires et longitudinaux mais également des muscles rétracteurs.



Fig. Rot 2.3. Rotifère bdelloïde en forme compacte (nommé en anglais « tun ») lors de la dessiccation (photo prise par B. Hespeels)

Quand le Rotifère est stressé il se met rapidement en boule en rétractant en premier pied, rostre et trochus. Il fait de même lors de la dessiccation, quand le Rotifère bdelloïde se replie lentement de façon « télescopique » en acquérant une forme compacte et arrondie. Cette configuration (que les Anglais appellent « tun ») est celle qu'ils adoptent comme stratégie de défense en toute occasion mais surtout comme une étape préalable au dessèchement. Le Rotifère bdelloïde peut survivre des mois, même des années, en forme de « tun » dans des environnements secs, et reprendre sa forme active et continuer son cycle de vie quand l'eau réapparaît.

2.2.3. Système digestif

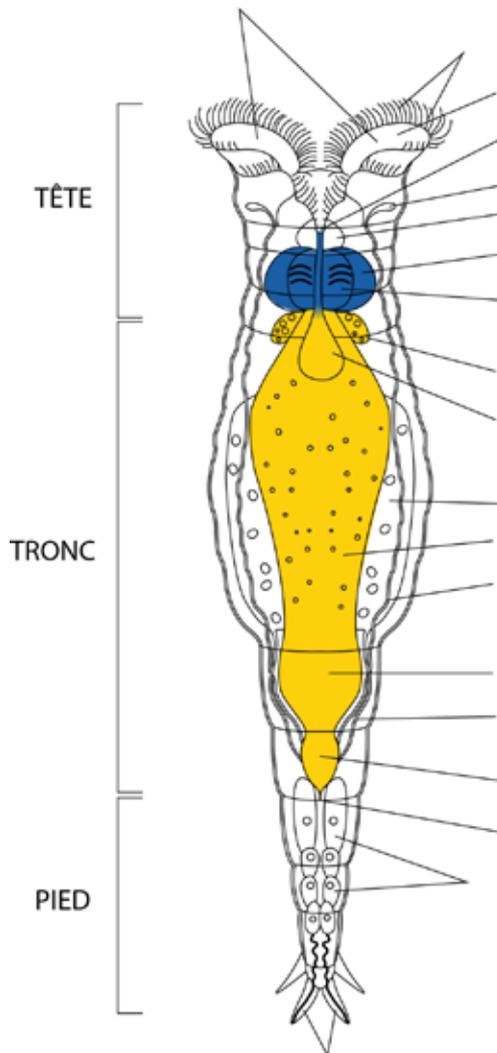


Fig. Rot 2.4. Le système digestif d'un Rotifère Bdelloïde

Sur la coupe transversale (voir figure Rot 2.1.), on voit la section du système digestif, d'origine endodermique.

Le système digestif est un long tube qui s'étend à l'intérieur du corps de la bouche à l'anus. Donnez des algues à manger aux Rotifères et vous verrez les particules qui descendent le long du tube digestif.

Le système digestif se compose d'une bouche, suivie d'un pharynx communiquant avec un organe masticateur appelé le mastax. Le mastax est tapissé de cuticule et a donc une origine ectodermique. Des glandes salivaires se trouvent juste après le mastax et secrètent probablement des enzymes digestives. Suit ensuite un court œsophage généralement peu visible, qui s'ouvre dans l'estomac sacciforme, allongé. Des glandes gastriques s'ouvrent dans la partie postérieure de l'œsophage ; ces glandes secrètent également des enzymes digestives. La paroi

de l'estomac, épaisse, est syncytiale ou formée d'une couche de cellules cylindriques (Fig Rot 2.1.) et parcourue par un lumen cilié qui continue dans un court intestin. La digestion démarre dans le lumen du mastax et se termine de façon extracellulaire dans l'estomac. Les aliments non-digérés passent dans l'intestin et ensuite dans le cloaque pour ressortir par l'anus qui s'ouvre dorsalement à l'extérieur, dans la base du tronc. Dans le cloaque aboutissent également le système reproducteur et excréteur

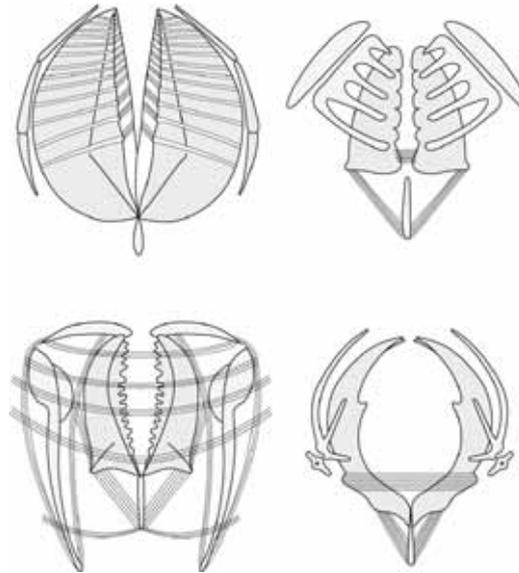


Fig. Rot 2.5. Différentes formes de mastax chez les Rotifères

Les Rotifères suspensivores (qui se nourrissent de particules en suspension dans l'eau) ont des couronnes de cils ou trochi bien développées qui tourbillonnent en sens contraire pour faire entrer l'eau et les particules au niveau de la bouche. Leur mastax sert au broyage des particules ingérées et sont de type « ramate » chez les Rotifères Bdelloïdes et de type « malleate » chez les Monogonontes. Ils se nourrissent typiquement de la matière organique en suspension, de bactéries, de plancton et autres organismes minuscules. Certains Rotifères monogonontes sont des prédateurs qui utilisent leurs couronnes de cils uniquement pour la locomotion. Ils attrapent leur proie grâce à un mastax extensible en forme de pince ; de type « forcipate » ou « incudate ». Ces prédateurs se nourrissent typiquement d'organismes microscopiques et de matériel végétal. La forme du mastax change en fonction du mode alimentaire et est un caractère morphologique utilisé dans la classification des espèces de Rotifères.

Quelques Rotifères ont adopté une vie en symbiose avec un hôte, les Seisonides, qui s'attachent aux branchies de Crustacés marins du genre *Nebalia*. Leur couronne de cils est réduite et ne participe pas à la nutrition, ni à la locomotion et leur mastax est unique. Ils rampent à la surface de leur hôte et se nourrissent des déchets qu'ils y trouvent.

Les Rotifères Acantocéphales, des parasites, ne possèdent pas de systèmes respiratoire, circulatoire et digestif. Les nutriments sont donc directement absorbés au travers de la paroi corporelle.

2.2.4. Système respiratoire et circulatoire

Concernant les systèmes circulatoire et respiratoire, ils sont absents chez les Rotifères et la respiration se fait par simple diffusion à travers la paroi du corps. Le liquide qui circule dans la cavité centrale (le pseudocœlome ou blastocœle) apporte des nutriments à toutes les cellules du corps, la circulation étant aidée par le mouvement de l'animal et les contractions musculaires.

2.2.5. Système excréteur

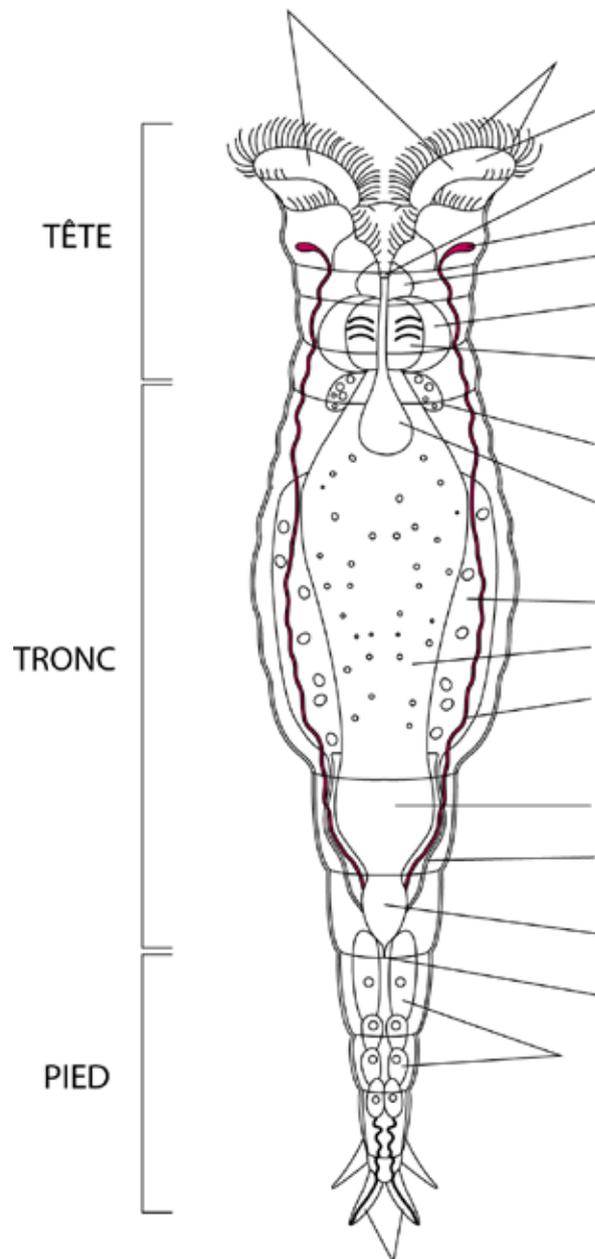


Fig. Rot 2.6. Une paire de protonéphridies comme système excréteur chez le Rotifère

Les Rotifères ont comme organe excréteur une paire de protonéphridies. Les cellules à flammes vibratiles sont reliées au cloaque par un canal excréteur qui longe le corps. La fonction principale de ces protonéphridies est l'osmorégulation, surtout chez les espèces vivant en eau douce comme les Rotifères bdelloïdes et certains monogonontes.

2.2.6. Système nerveux

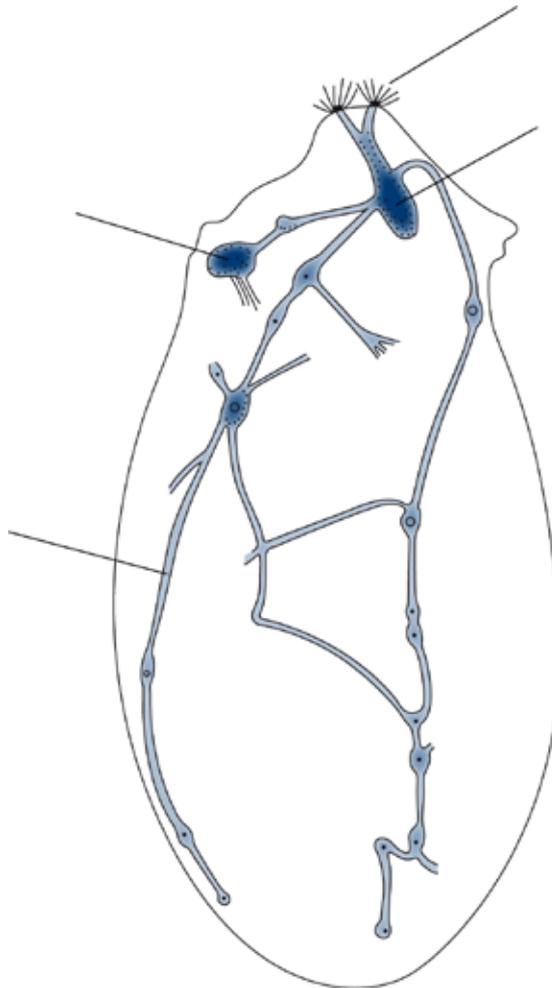


Fig. Rot 2.7. Système nerveux du Rotifère

Le système nerveux présente antérieurement un ganglion cérébral dorsal et un nombre variable de cordons nerveux. Dans la partie antérieure se trouvent quelques organes des sens composés d'organes photorécepteurs rudimentaires et de cils.

Quelques espèces ont des ocelles, qui se logent parfois dans l'extrémité antérieure du rostre et d'autres ont deux yeux visibles surtout dorsalement, inclus dans la face dorsale ou ventrale du cerveau.

2.1.2.8. Système reproducteur

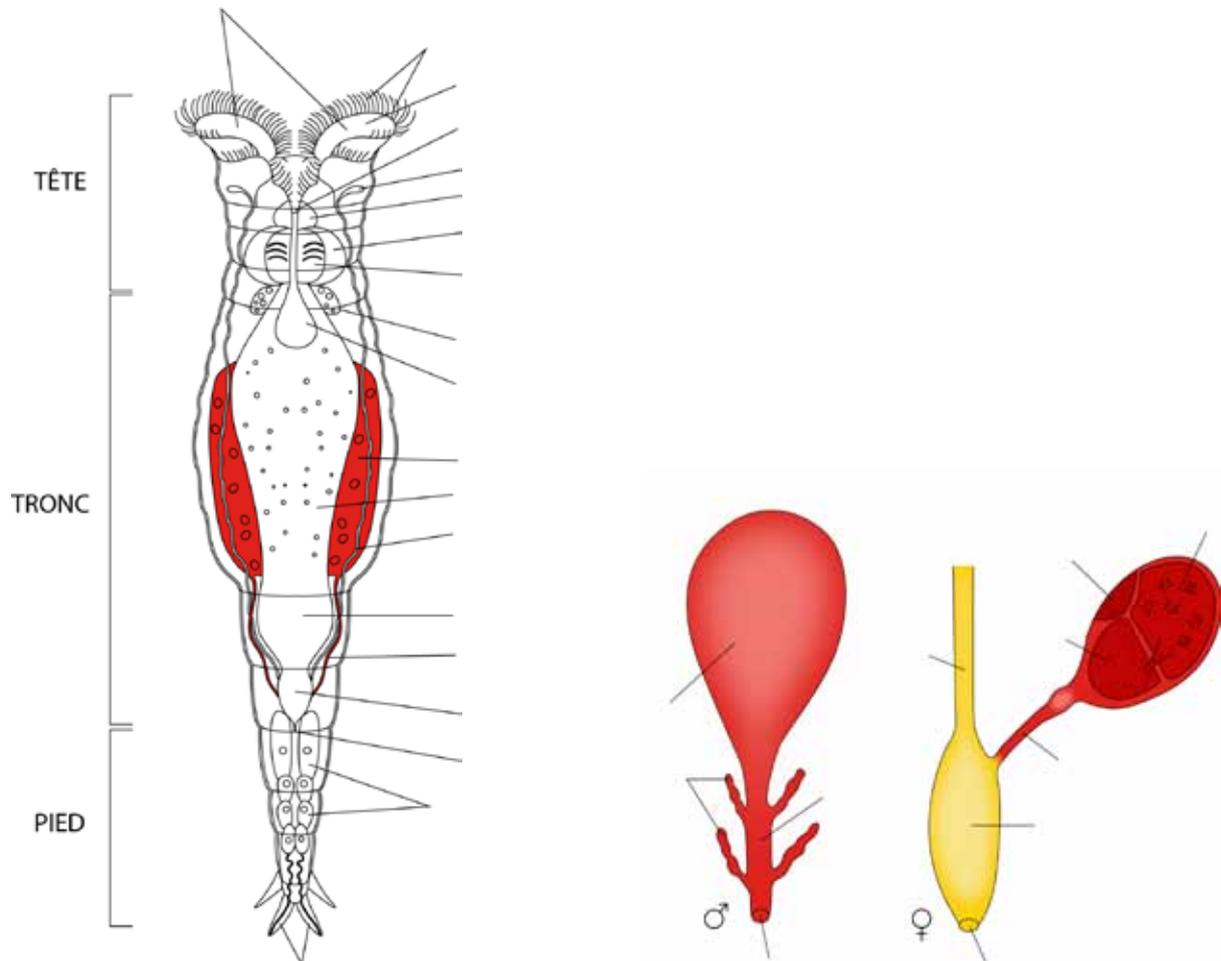


Fig. Rot 2.8. Représentation d'une femelle Rotifère Bdelloïde (à gauche), ainsi que les systèmes reproducteurs mâle et femelle d'un Rotifère monogononte (à droite)

Le système reproducteur de la femelle contient une paire d'ovaires (chez les Rotifères bdelloïdes) ou un seul ovaire (chez les Rotifères Monogonontes). L'ovaire est un germovitellarium syncytial qui produit les ovules, et fournit en même temps le vitellus (réserves nutritives) nécessaire à leur développement. Au TP vous verrez, dans le corps du Rotifère bdelloïde, surtout le système digestif et reproducteur et avec un peu de chance un ovule dans un des ovaires.

Il n'y a pas de mâles chez les Rotifères Bdelloïdes, uniquement des femelles qui se reproduisent de façon clonale. La plupart des Bdelloïdes sont ovipares. Dans quelques cas il existe une viviparité : des embryons déjà formés, et même mobiles, peuvent être vus à l'intérieur de la mère.

Chez les monogonontes on retrouve des mâles, plus petits que les femelles, avec un seul testicule, un spermiducte et un gonopore situé postérieurement. Le mâle insère le gonopore dans le cloaque de la femelle et transmet les spermatozoïdes. Chez certaines espèces monogonontes le mâle transmet ces spermatozoïdes par injection hypodermique à travers leur lorica dans le blastocœle. Ensuite les spermatozoïdes rejoignent les organes génitaux de la femelle où il y a fertilisation.

3. Origine, diversité et évolution du groupe

Quelle est l'origine des Rotifères?

Il existe peu de données sur l'origine des Rotifères. Les plus anciens fossiles semblent dater de l'Eocène moyen d'Australie du Sud (il y a environ 45 Ma); il s'agit d'une espèce de Rotifère bdelloïde.

La diversité existante au sein du phylum Rotifera

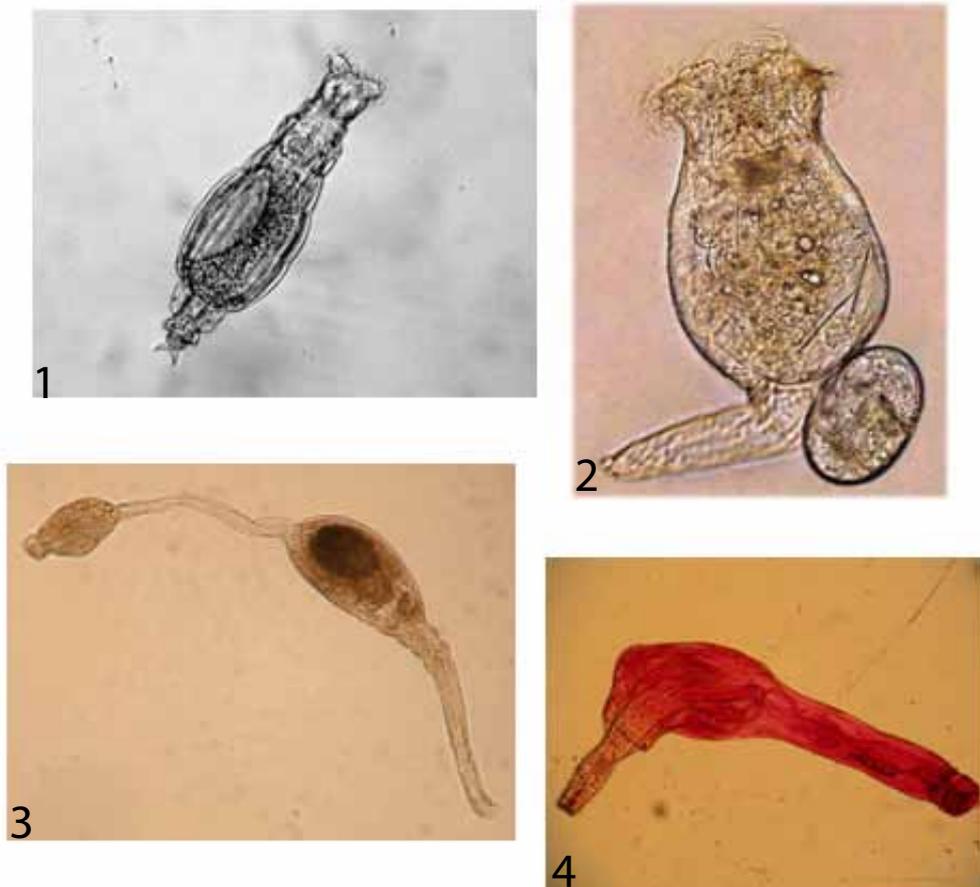


Fig. Rot. 3.1. Quatre classes se distinguent parmi les Rotifères. Nous voyons ici un représentant de chaque classe du Phylum : (1) un individu Bdelloidea, (2) une femelle Monogononta, (3) un Seisonidea et (4) un Acanthocephala.

Les Rotifères bdelloïdes et monogonontes sont des formes libres que l'on retrouve principalement en milieu dulçaquicole : ils y forment une composante majeure du zooplancton. Certaines espèces monogonontes sont également retrouvées en milieu marin. Les Rotifères bdelloïdes, qui ont la capacité de se dessécher à n'importe quel stade de leur vie, sont abondants en milieux terrestres humides tel que les mousses, lichens où on retrouve également des nématodes et des Tardigrades.

Au sein de la Classe Seisonidea il n'y a que 3 espèces décrites faisant partie des genres *Paraseison* et *Seison*. Ces espèces vivent sur les branchies de crustacés marins.

Des nouvelles études génétiques ont placé les Acanthocéphales au sein du phylum Rotifera, même si, ils ne se ressemblent pas morphologiquement. Les Acanthocéphales, communément appelés «vers à tête épineuse», sont adaptés à une vie strictement parasitaire. Ils infestent le tube digestif des arthropodes ou des mollusques durant les stades précoces de leur vie et des vertébrés à l'état adulte.

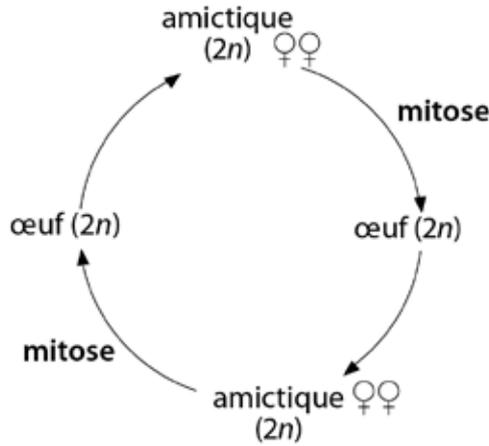


Fig. Rot 3.2. Cycle de vie du Rotifère *Bdelloïde*

Au sein de la classe Bdelloidea il y a plus de 400 espèces décrites à ce jour, étant tous asexués. Comme indiqué sur ce cycle de vie, une femelle amictique dépose un œuf non-fécondé qui contient le même nombre de chromosomes que la mère. Le descendant se développe en une femelle identique à la mère. Ce mode de reproduction est typiquement nommé la parthénogenèse apomictique.

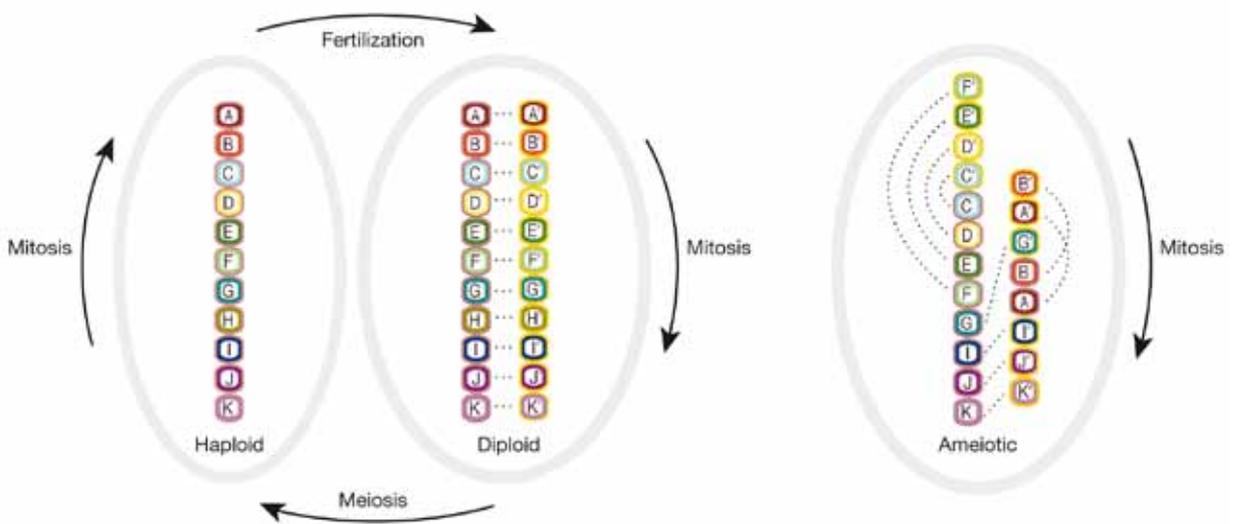


Fig. Rot 3.3. Les gènes sur cette figure sont représentés par des lettres et les pointillés relient les copies d'un même gène. Durant la reproduction sexuée (à gauche) le génome alterne entre une phase haploïde (avec une seule copie par gène) et une phase diploïde (avec les 2 copies d'un gène arrangé de façon colinéaire sur 2 chromosomes homologues). Chez les asexués tel que le bdelloïde *A. vaga* (à droite), le génome améiotique ne contient plus de chromosomes homologues qui forme une paire colinéaire mais les 2 copies d'un gène peuvent se retrouver sur le même chromosome suite à des réarrangements chromosomiques (Figure venant de Flot et al., 2013 dans Nature).

Jusqu'à présent les seules preuves qu'on avait du mode de reproduction asexué chez les Rotifères Bdelloïdes étaient l'absence de mâles et la capacité de former des ovules sans méiose. En juillet 2013, les résultats de l'analyse de génome du Rotifère Bdelloïde *Adineta vaga* ont été publiés (Flot et al, 2013), mettant en évidence une structure atypique de génome qui démontre de façon irréfutable qu'il n'y a pas de reproduction sexuée chez les Bdelloïdes. En effet, on n'observe pas de similarités structurales complètes entre les deux chromosomes d'une paire comme chez les organismes sexués. Un chromosome donné porte même les deux versions (allèles) d'un même gène. Cette structure particulière du génome est incompatible avec l'étape de formation des gamètes qui assure une ségrégation équilibrée du matériel génétique entre chromosomes homologues. C'est la première preuve génétique que les Rotifères bdelloïdes sont en effet asexués.

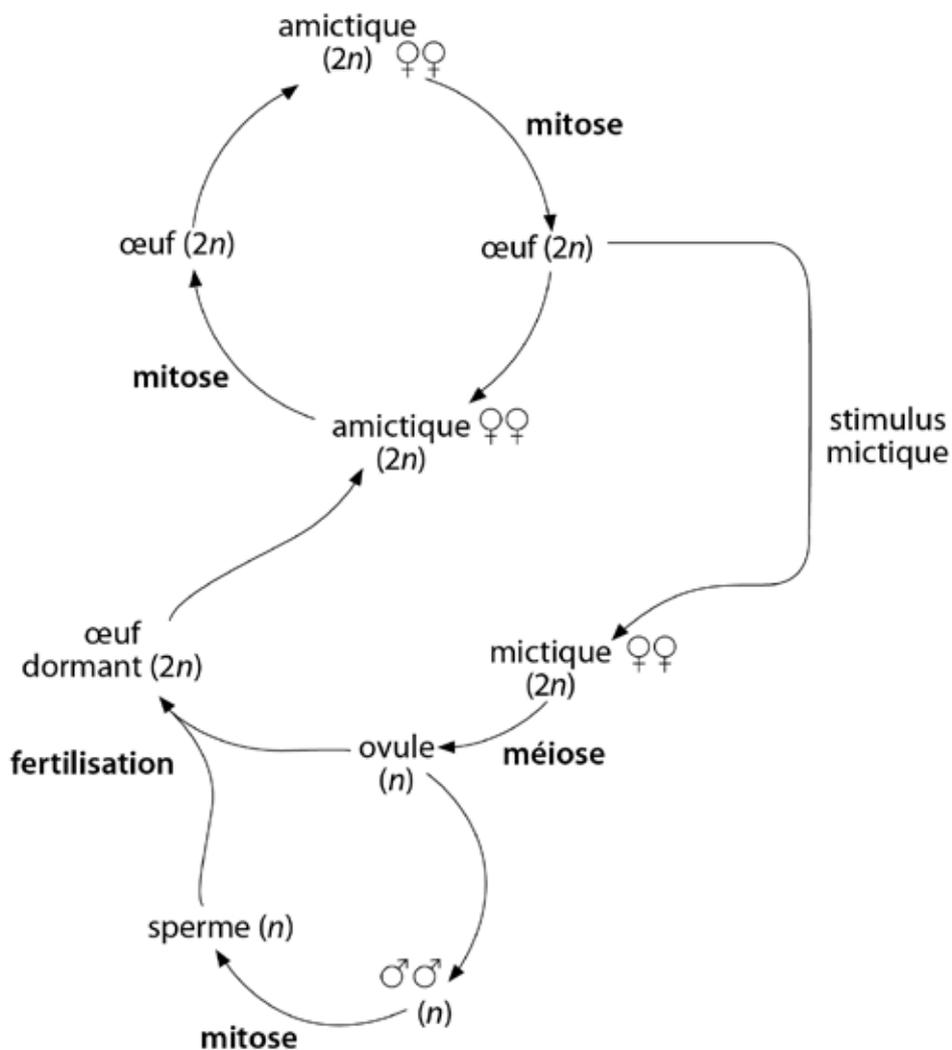
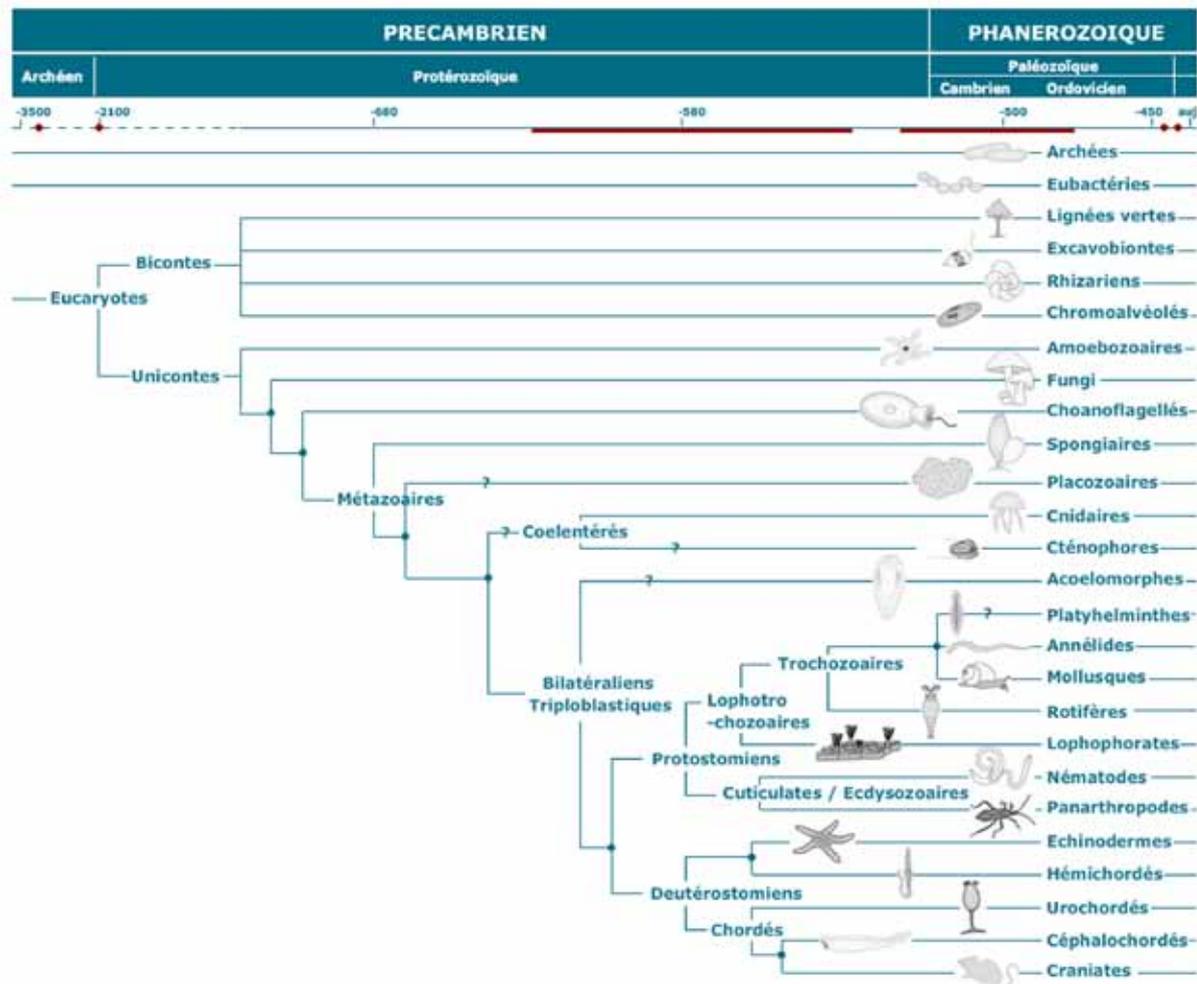


Fig. Rot 3.4. Cycle de vie du Rotifère Monogononte

Chez les Rotifères Monogonontes, nous retrouvons également de la reproduction asexuée. Lorsque les conditions environnementales sont favorables les Rotifères monogonontes se reproduisent de façon clonale telle qu'indiquée dans le schéma du haut. Les œufs formés par mitose sont non-réduits et se développent en une nouvelle femelle amictique. Quand les conditions de leur environnement changent et sont défavorables pour la survie de l'espèce, l'œuf (2n) subit un stimulus « mictique » et se développe en une femelle mictique qui va produire des ovules haploïdes par méiose. Les ovules non-fécondés se développent en mâles haploïdes qui produisent du sperme par mitose. Ce sperme va fertiliser d'autres ovules haploïdes pour former des œufs diploïdes, dormants, qui sont déposés dans le sédiment. Ces œufs dormants sont très résistants à des conditions extrêmes telles que la dessiccation et les températures extrêmement faibles. Quand les conditions environnementales sont favorables, des femelles amictiques vont éclore de ces œufs dormants. Ce mode de reproduction est nommé la parthénogenèse cyclique.

Les Rotifères faisant partie de la Classe Seisonidea et Acantocephala se reproduisent de façon sexuée.

Quelles sont les relations phylogénétiques ?



La position des Rotifères au sein des Métazoaires est encore l'objet de discussions. Les phylogénies moléculaires les plus récentes ont placé ce clade proche des Platyhelminthes....

■ TP Rotifères (1h)

OBJECTIFS :

1. Mise en relation des coupes avec les fonctions des organes, structures et la morphologie des individus complets
2. Identification des critères morphologiques caractérisant l'embranchement
3. Mise en évidence des adaptations morphologiques/anatomiques au milieu de vie

1. Observation de la préparation *Rotifera w.m.*

Les Rotifères sont de taille submicroscopique. Leur corps, fortement contractile, présente une **symétrie bilatérale** avec **axe antéro-postérieur**, et comporte trois parties : la **tête**, le **tronc** et le **ped**.

La **tête** porte :

- **une couronne ciliée** (ou **appareil rotateur**)
- la **bouche**, qui se poursuit par le pharynx armé du **mastax** musculeux

Le **tronc** est protégé par une gaine chitineuse, la **lorica**. Il comporte une cavité générale, un **pseudocœlome**, contenant les **viscères** :

- le **tube digestif (rose clair)** dont les différentes parties sont difficilement discernables
- les **gonades (rose foncé)**
- le **cloaque** (transparent – sa paroi est visible en jouant avec la mise au point) où débouche l'ensemble des viscères. Le cloaque s'ouvre à l'extérieur par **l'orifice cloacal**. Celui-ci marque la limite postérieure du tronc.

Le **ped**, à deux **orteils**, contient des glandes pédieuses, dont la sécrétion permet une fixation momentanée.



2. Observation de Rotifères vivants (*Adineta vaga*)

Observez et schématisez l'individu entier. Essayez d'identifier et de légender les différents organes et structures citées dans le syllabu.