

## ■ Les Nématodes

### FICHE RÉCAPITULATIVE

- Vers ronds fusiformes, non segmentés
- Triploblastiques
- Symétrie bilatérale
- Entouré d'une cuticule
- Formes libres et parasites
- Les formes libres vivent dans tout type d'environnement: milieux marins ou dulçaquicoles, sources chaudes, habitats semi-terrestres, Antarctique, etc.
- Appareil excréteur unique, dérivé de l'ectoderme : les cellules Renette
- Absence d'un système circulatoire et respiratoire
- Peuvent vivre en aérobie et anaérobie
- Certains résistent à la dessiccation
- Reproduction sexuée, dioïque; certains sont hermaphrodites

## 1. Présentation du groupe

Tous les Nématodes ont une forme monotone, ce sont des vers ronds. Ils font partie du groupe des Ecdysozoaires tout comme les Panarthropodes.

On retrouve au sein des Nématodes des formes parasites et des formes libres, ces derniers ayant conquis tous les milieux (marin, eau douce, source chaude, sol, habitat semi-terrestre, Antarctique, etc.).

Dans ce chapitre et lors de la séance des travaux pratiques, nous allons étudier la structure de l'*Ascaris*, notre parasite modèle des Nématodes. Ensuite, nous illustrerons la diversité de l'embranchement en décrivant les cycles de vie de quelques Nématodes qui parasitent l'homme et en évoquant d'autres parasites et formes libres.

## 2. Exemple-type : ASCARIS, *Ascaris suum*

Notre Nématode modèle est l'*Ascaris suum*, un parasite de l'intestin grêle du Cochon.

### 2.1. EXAMEN EXTERNE

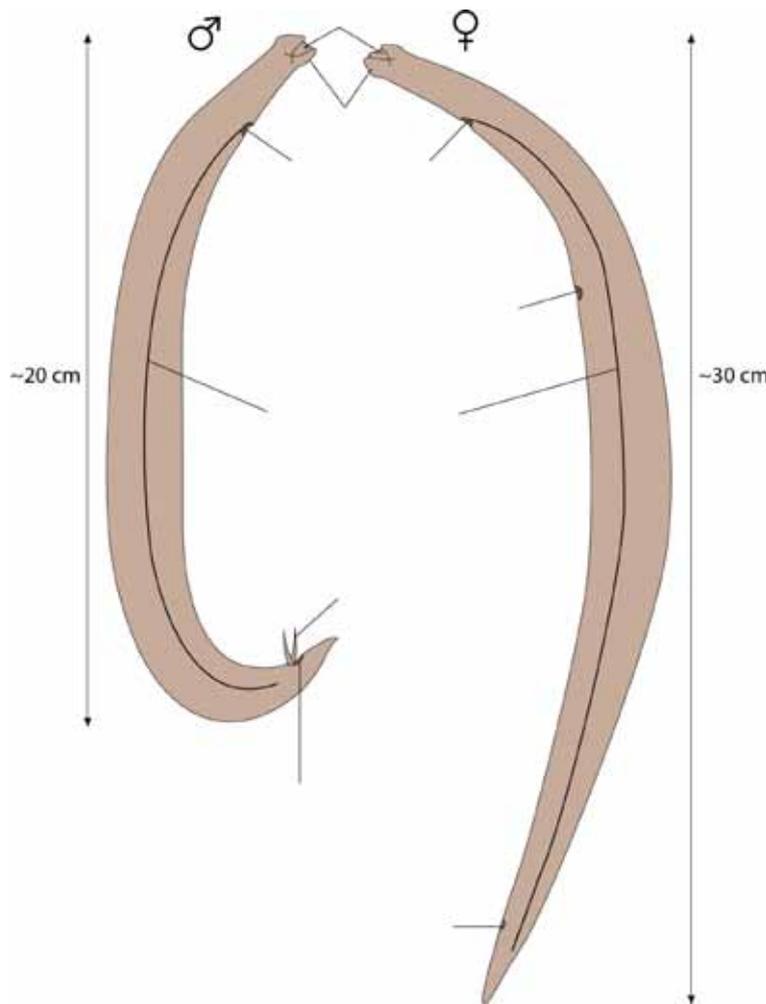


Figure Nem 2.4. : Examen externe d'un Nématode

Les Nématodes sont entourés d'une épaisse **cuticule** imposant une croissance discontinue par **mues**. La cuticule est toutefois percée de pores pour permettre les transferts gazeux. Chaque espèce de Nématode est **eutélique** et contient donc un nombre fixe de cellules. Le corps de l'*Ascaris*, a la forme générale d'un **cylindre allongé** et effilé à ses extrémités. La bouche se trouve à la partie antérieure du corps et l'anus à la partie postérieure. Leur **bouche** est entourée de **3 lèvres charnues**.

Sur la face ventrale on retrouve :

- chez la femelle, **orifice excréteur, génital** et **anus**
- chez le mâle, **orifice excréteur** et **pore de cloaque** muni de spicules pour s'attacher à la femelle lors de l'accouplement

## 2.2. EXAMEN INTERNE

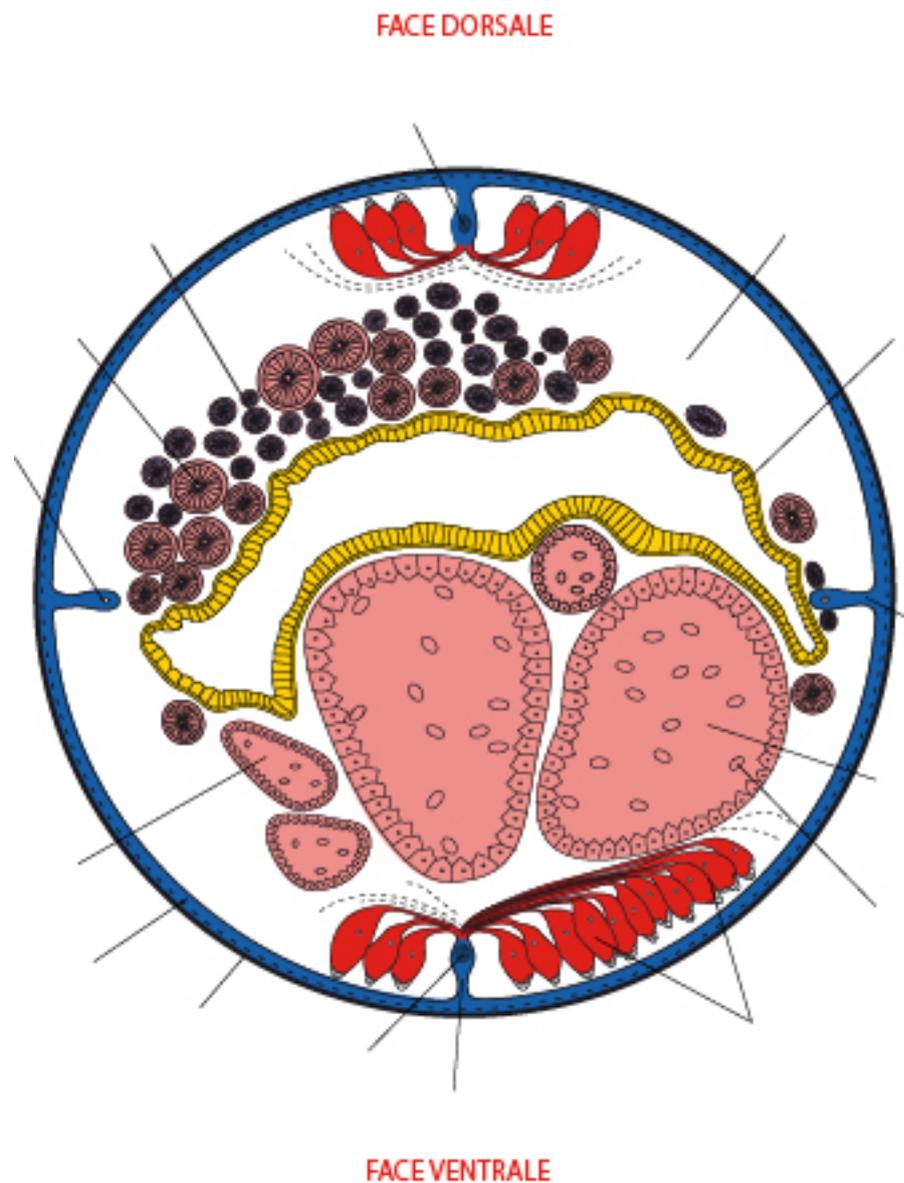


Figure Nem 2.7. : Examen interne d'un Nématode

Schématiquement, l'Ascaris peut être dessiné comme deux tubes emboîtés l'un dans l'autre : le tube extérieur entouré par le tégument et le tube intérieur aplati, formé par le système digestif. Les dérivés mésodermiques (système reproducteur, muscles, ...) se disposent entre ces deux parois.

### 2.2.1. TÉGUMENT ET ÉPIDERME

- Cuticule épaisse et élastique formée de 3 couches de collagène sécrétées par l'épiderme syncytial
- Elle forme un exosquelette percé de pores
- La cuticule contribue au squelette hydrostatique des Nématodes

#### EXERCICE

Qu'est-ce que les Nématodes ont en commun avec les Arthropodes qui les regroupent au sein des Ecdysozoaires ?

## 2.2.2. SYSTÈME LOCOMOTEUR ET MUSCLES

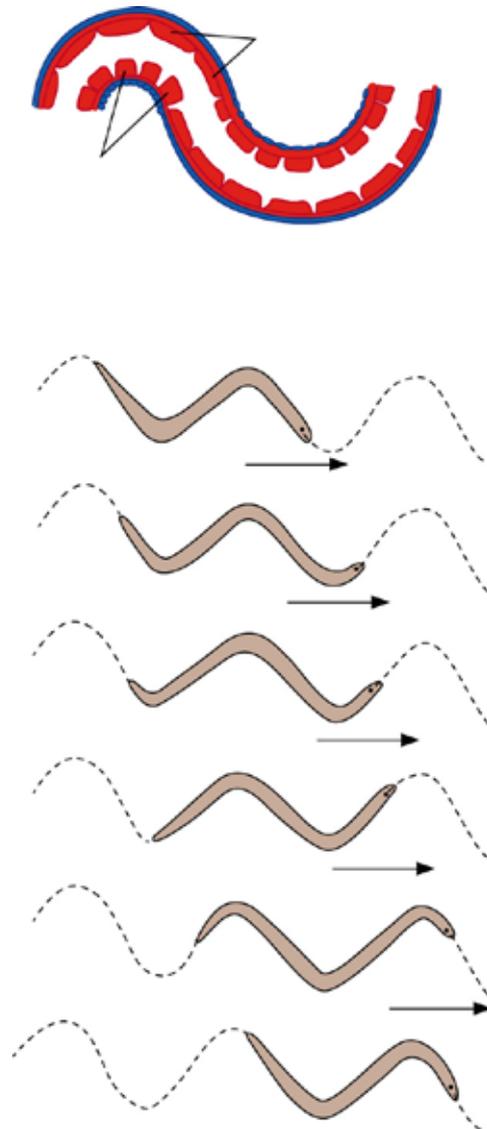


Figure Nem 2.9.

Sous le tégument se trouve une épaisse couche de **muscles longitudinaux** répartis en quatre champs, deux champs dorsaux et deux champs ventraux. Les contractions inégales des cellules musculaires dans les 4 champs permettent au ver de se tordre sur lui-même et au liquide interne de circuler. L'action des seuls muscles longitudinaux permet aux Nématodes de se déplacer en **ondulant rapidement** (figure Nem.2.9.).

### Pseudocœlome

Le liquide contenu dans leur cavité interne fonctionne comme un **squelette hydrostatique**, sur lequel agissent les muscles. La pression du liquide interne est énorme chez le Nématode et l'animal se trouve toujours distendu au plus haut point permis par son épaisse cuticule. En raison de cette forte pression interne, la structure morphologique de tous les Nématodes est monotone et toujours rond. Ceci ne leur a pas empêché de coloniser tous les types d'environnements.

EXERCICE

La cavité interne des Nématodes, étant des pseudocoelomates, est remplie de liquide interne. Qu'est ce qui délimite cette cavité, comparé aux coelomates ?

### 2.2.3. SYSTÈME DIGESTIF

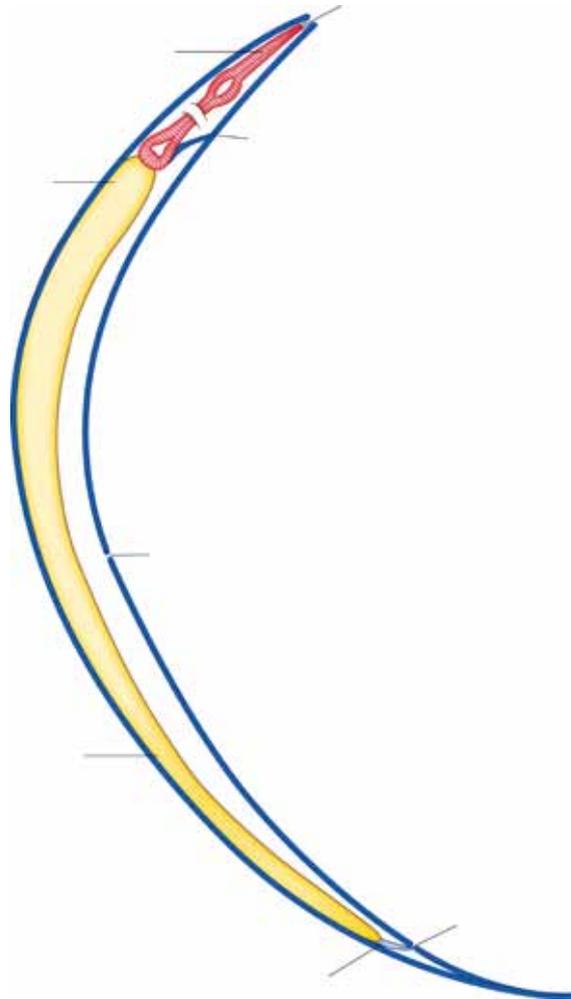


Figure Nem 2.11.: Tube digestif du Nématode

Le tube digestif du Nématode est un long tube rectiligne qui s'étend sur toute la longueur du corps.

- **Bouche entourée de 3 lèvres** : tapissée d'ectoderme
- **Pharynx** : tapissé de cuticule et entouré de muscles. Le pharynx aspire la nourriture
- **Intestin** : formé par une simple couche de cellules endodermiques. L'intestin absorbe les éléments nutritifs
- **Rectum** : également tapissé de cuticule. Le rectum évacue les déchets

A cause de la haute pression hydrostatique de leur liquide interne, le tube digestif du Nématode est aplati et la nourriture ne peut pas être propulsée par des cils ou des contractions. C'est la pompe pharyngienne qui aspire les aliments. Toutes les ouvertures du corps doivent être contrôlées par des **sphincters** afin d'éviter le déversement de leur contenu.

EXERCICE

Est-il exact d'affirmer que le tube digestif de l'*Ascaris* est un dérivé endodermique? Réfléchissez soigneusement à la question.

#### 2.2.4. ET 2.2.5. SYSTÈMES CIRCULATOIRE ET RESPIRATOIRE

Il n'y a pas de système respiratoire ni circulatoire chez les Nématodes. La respiration se fait par diffusion au travers des pores. C'est le fluide contenu dans le **pseudocoelome** qui favorise la circulation.

### 2.2.6. SYSTÈME EXCRÉTEUR

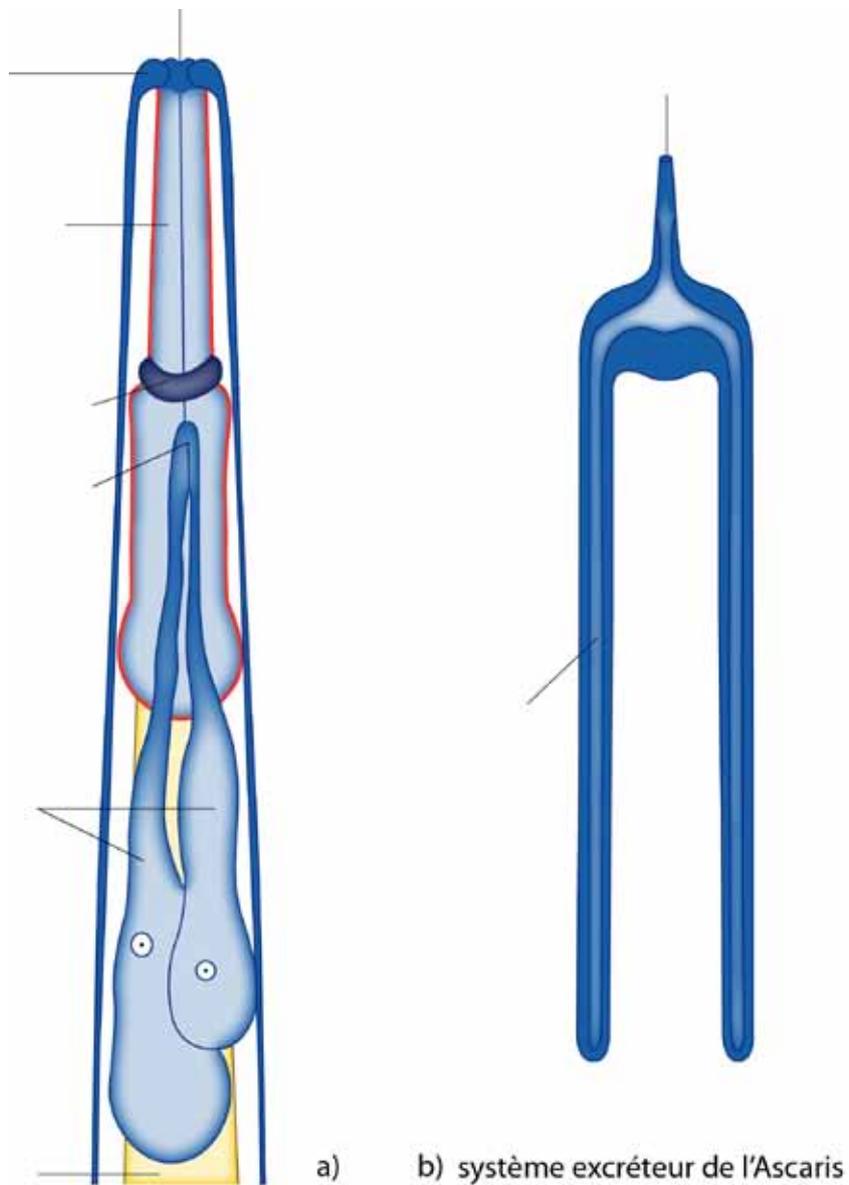


Figure Nem 2.12: Système excréteur d'un Nématode et de l'*Ascaris*

- Unique aux Nématodes : le système excréteur est une paire de **cellules Renette**, d'origine ectodermique.
- Les déchets du métabolisme de la cavité interne sont collectés par les cellules Renette et évacués par le **pore excréteur**.

N.B.: chez l'*Ascaris*, les cellules Renette sont deux longs canaux latéraux qui se rejoignent au niveau du pore excréteur.

### 2.2.7. SYSTÈME NERVEUX

#### VUE VENTRALE

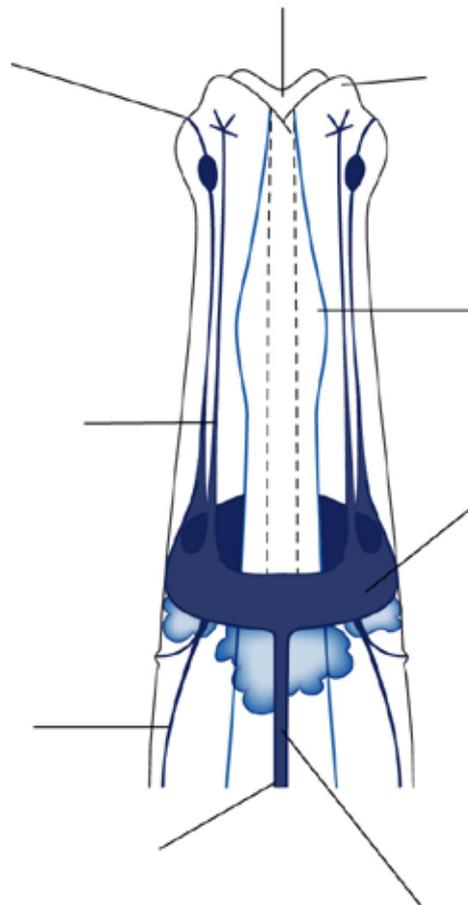


Figure Nem 2.13.: Système nerveux d'un Nématode

- Système nerveux central disposé au niveau de ganglions autour du **collier péri-oesophagien**.
- Des cordons nerveux se détachent de cet anneau central.
- Des organes sensoriels (origine ectodermique) sont retrouvés près de la bouche : des **papilles labiales** (tactile) et des **amphides** (chémorécepteurs).

## 2.2.8. SYSTÈME REPRODUCTEUR

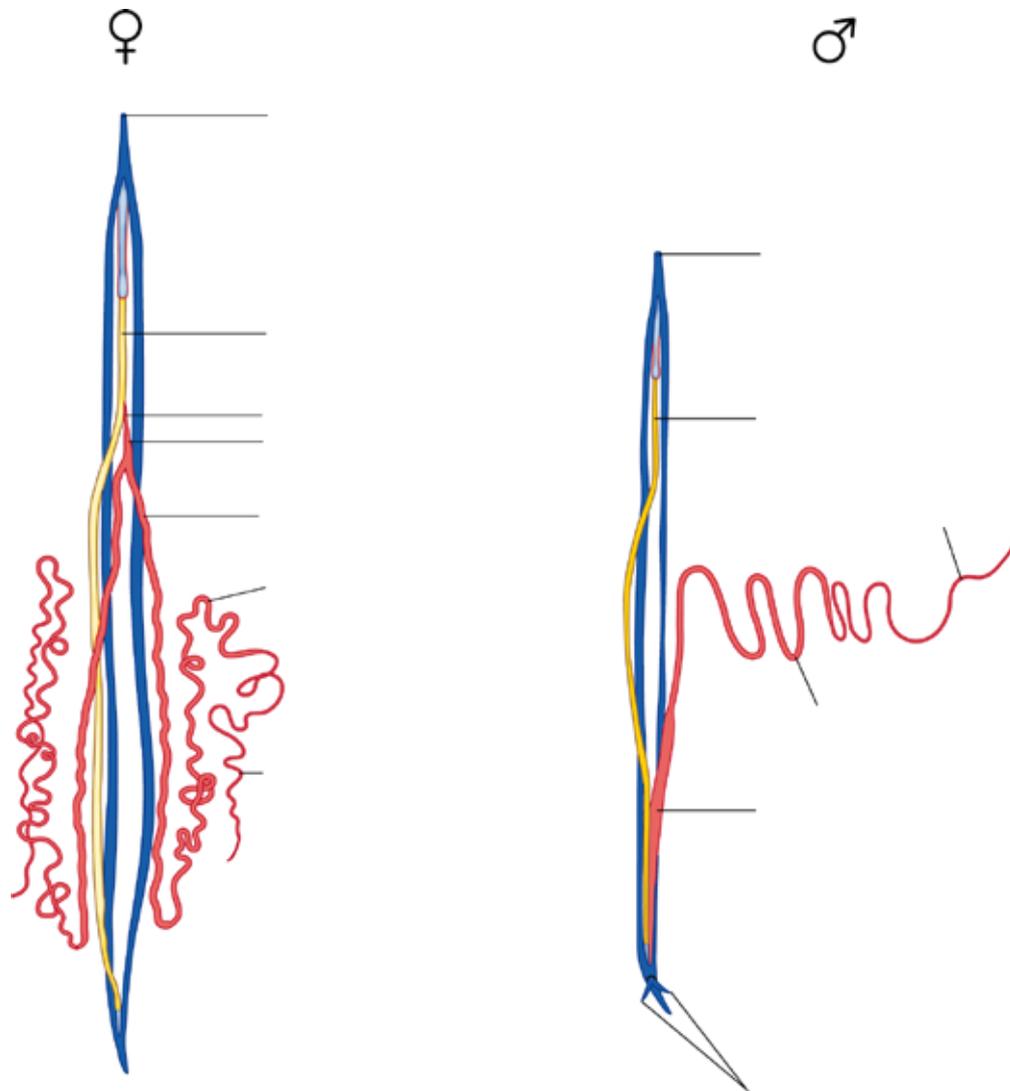


Figure Nem 2.14.: Système reproducteur d'un Nématode femelle et mâle

Le **dimorphisme sexuel** est marqué chez les Nématodes dioïques : le mâle comparativement à la femelle est de taille toujours plus réduite (de 20 à 30%) et contient des spicules qui émergent du cloaque.

Chez la femelle : deux **ovaires filiformes**, longs de plus d'un mètre et repliés un grand nombre de fois rejoignent les **oviductes**, qui se poursuivent dans un **utérus élargi** droit et gauche, qui confluent dans un **vagin** s'ouvrant au niveau d'un **pore génital** situé ventralement.

Chez le mâle : un seul **testicule filiforme**, long et replié sur lui-même se poursuit par un **spermiducte élargi** qui se jette dans une **vésicule séminale** qui débouche dans le **cloaque**.

Il y a quelques espèces Nématodes qui sont **hermaphrodites** et dont la production d'ovocytes et de spermatozoïdes se fait dans la même gonade: l'ovotestis.

## Reproduction

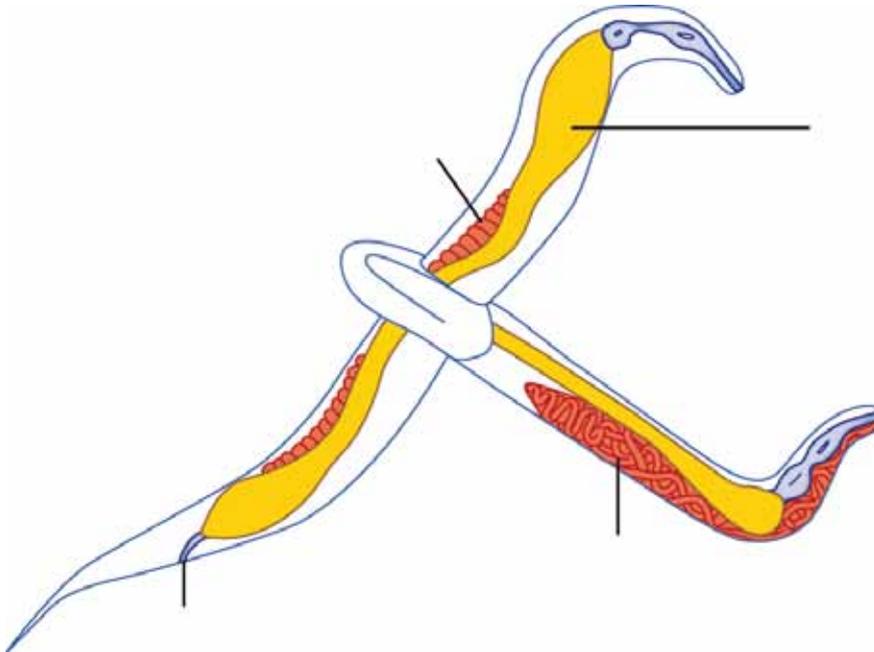


Figure Nem 2.14.bis : accouplement

Lors de la copulation, les spicules du mâle sont introduits dans le vagin de la femelle et les spermatozoïdes sont évacués par le cloaque dans le pore génital de la femelle. Ovocytes et spermatozoïdes se rencontrent dans l'utérus. Les œufs fécondés descendent et sont entourés au passage par une coque sécrétée par les glandes de la paroi interne de l'utérus. Enfin, les œufs sont pondus dans le milieu extérieur, en l'occurrence, l'intestin du Cochon pour *Ascaris suum*.

### 3. ORIGINE ET DIVERSITÉ CHEZ LES NÉMATODES

Comme pour un grand nombre de non-vertébrés, on pense que les premiers membres du groupe Nematoda sont apparus dans le milieu marin durant l'explosion Cambrienne il y a environ 530 millions d'années. Les données fossiles sont néanmoins rares pour les Nématodes et nous avons aucune certitude de cette hypothèse.

Les biologistes estiment qu'il y a 1 à 100 millions d'espèces de Nématodes présentes sur terre, bien que 27000 espèces seulement aient été décrites (Bik et al. 2010 – BMC Evol. Biol.). Morphologiquement, c'est un groupe très homogène mais ceci ne les a pas empêchés de vivre dans différents types d'environnements. On retrouve au sein des Nématodes des formes libres et des formes parasites.

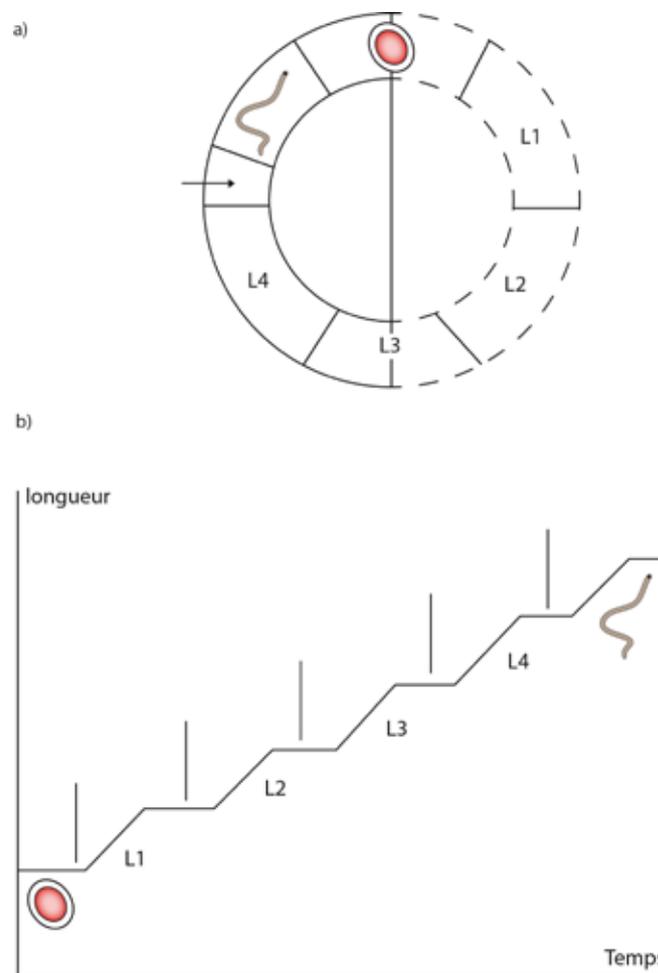


Figure Nem 3.1.

En général, on retrouve sept stades dans le cycle de vie des Nématodes: l'œuf, quatre stades larvaires et deux stades adultes (le premier stade adulte est le stade immature). Le stade larvaire L1 se développe à l'intérieur de l'œuf, ensuite il y a éclosion, suivi de quatre mues (figure Nem 3.1). Le stade adulte immature subit une phase de croissance afin de devenir l'adulte mature. Chez la plupart des Nématodes la larve L3 est la forme infectieuse.

Certains Nématodes parasites causent des problèmes à l'Homme. Voici quelques-uns des cycles.

*Ascaris lumbricoides*

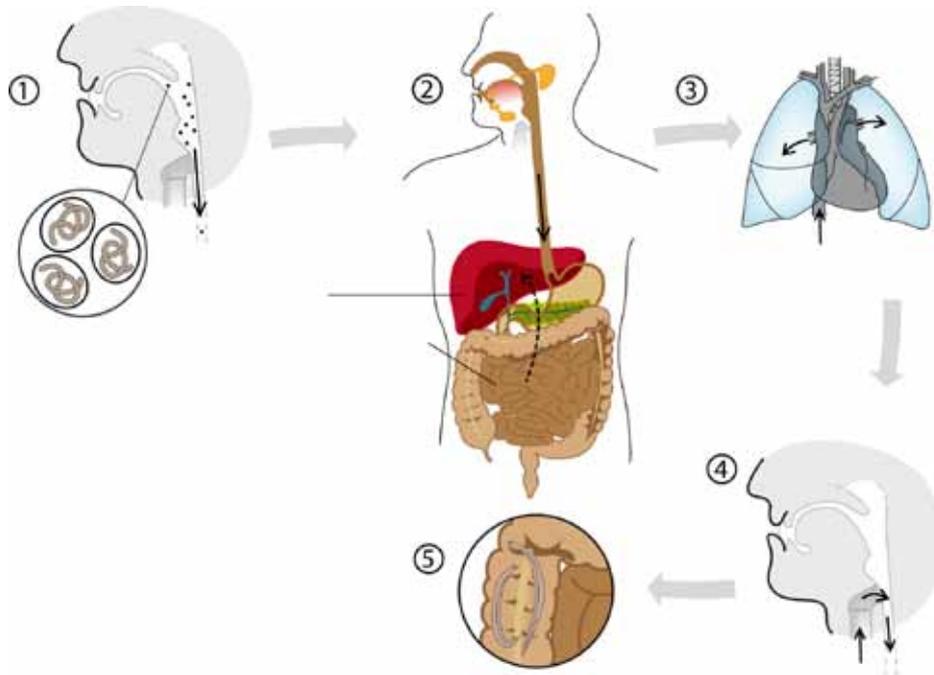


Figure Nem 3.2. : Cycle de vie de l'*Ascaris lumbricoides*

Ci-dessus (figure Nem 3.2) une représentation du cycle de vie d'*Ascaris lumbricoides*. L'œuf, protégé de sa coque, est le stade infectieux de l'*Ascaris*. Il a été évacué avec les excréments d'un hôte infecté et est au stade unicellulaire. Son développement se poursuit quand il se trouve dans un milieu chaud, humide; la division et la première mue ont lieu à l'intérieur de la coque. Ensuite :

1. Les œufs infectieux, contenant la larve L2, peuvent se retrouver sur des végétaux, des fruits ou dans le sol et être ingérés.
2. La larve L2 se libère de sa coque dès son arrivée dans l'intestin grêle et pénètre la paroi de l'intestin afin de rejoindre par voie sanguine le foie où elle séjournera quelques temps. Au cours de ce trajet l'*Ascaris* subit déjà une mue et se retrouve au stade L3.
3. Toujours par voie sanguine, la larve quitte le foie et migre vers le poumon. Elle y grandit (en muant deux fois) pour y atteindre le stade adulte immature.
4. Du poumon, la larve remonte la trachée, vire dans l'œsophage, et se laisse porter par le circuit digestif, jusque dans l'intestin.
5. Dans l'intestin, la larve devient l'adulte mature mâle ou femelle. Une fois adulte, l'*Ascaris* se reproduira. En effet, l'homme avale en réalité tout un paquet d'œufs embryonnés, et non pas un seul isolé. Après la reproduction, une femelle *Ascaris* pond environ 200.000 œufs par jour et l'adulte peut vivre dans l'intestin de 6 mois à 2 ans.

*Enterobius vermicularis*

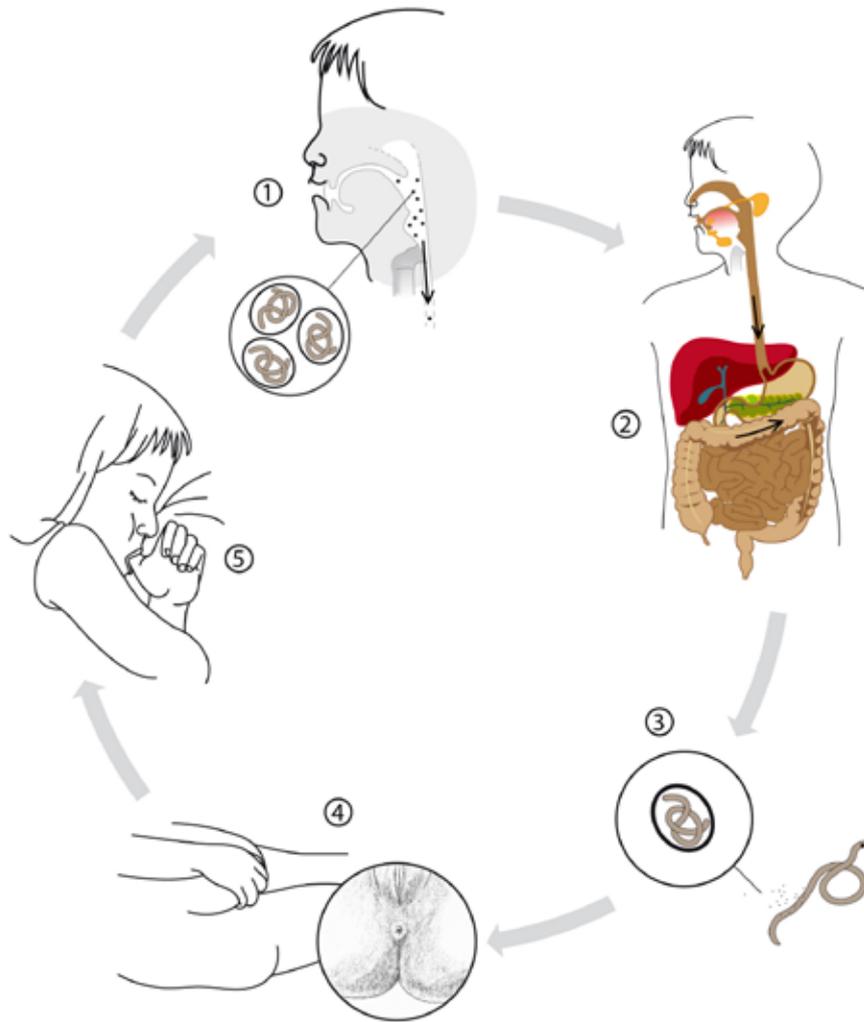


Figure Nem 3.3. Cycle de vie de *Enterobius vermicularis*

1. L'infection par *Enterobius vermicularis* est initiée par ingestion d'un œuf embryonné.
2. Après ingestion de l'œuf, l'embryon gagne l'intestin grêle où il éclot, puis il migre vers le gros intestin. Lors de la migration, la larve subirait encore deux mues afin d'atteindre le stade adulte. L'adulte mâle mesure environ 3 millimètres, la femelle environ 10. Le stade adulte vit dans le gros intestin de l'homme où les vers se nourrissent du contenu intestinal ; c'est là aussi qu'il s'accouple. Après l'accouplement, le mâle meurt et est éliminé par les selles.
3. La femelle pleine d'œufs se dirige vers l'anus de son hôte.
4. La femelle y pond des œufs; l'œuf pondu contient déjà l'embryon, qui est infestant dès sa sortie de l'anus. La femelle meurt après avoir pondu ces œufs.
5. Il se peut que des humains, surtout les enfants qui manquent d'hygiène, se grattent l'anus et mettent en bouche leurs doigts souillés. Ils avalent alors un embryon d'*Enterobius* et le cycle recommence.

*Trichinella spiralis*

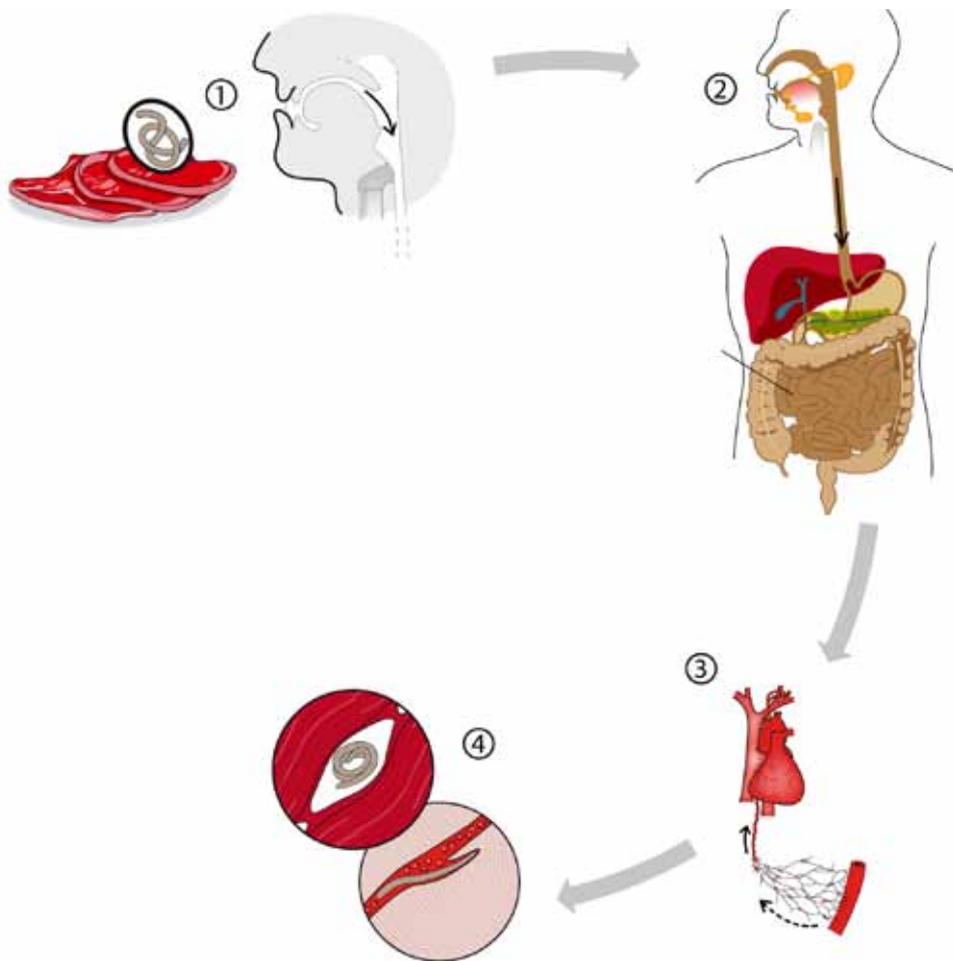


Figure Nem 3.4. Cycle de vie de *Trichinella spiralis*

Chez l'Homme:

1. L'infection débute par l'ingestion de viande infectée et mal cuite qui contient le premier stade larvaire (L1) sous forme de kyste dans les tissus musculaires.
2. L'hôte les avale, les kystes éclatent dans son estomac et les larves migrent vers l'intestin grêle. La larve se loge dans la paroi de l'intestin et subit les quatre mues endéans les 28 heures. Des adultes mâles et femelles sont formés et s'accoupleront. La femelle est vivipare; elle ne pond pas d'œufs mais donne naissance directement à des embryons. Pour ce faire, elle s'insinue dans les villosités intestinales de l'hôte et libère ses embryons (larve L1) qui passent dans les vaisseaux lymphatiques et sanguins qui irriguent l'intestin.
3. De là, les larves se répandent dans tout le corps.
4. Finalement, ils se fixent dans les muscles où ils s'enkystent. Chez l'Homme, les Trichines enkystées peuvent vivre 30 ans avant de mourir. Il y a peu de chance que ces larves-là aient des descendants.

*Wuchereria bancrofti*

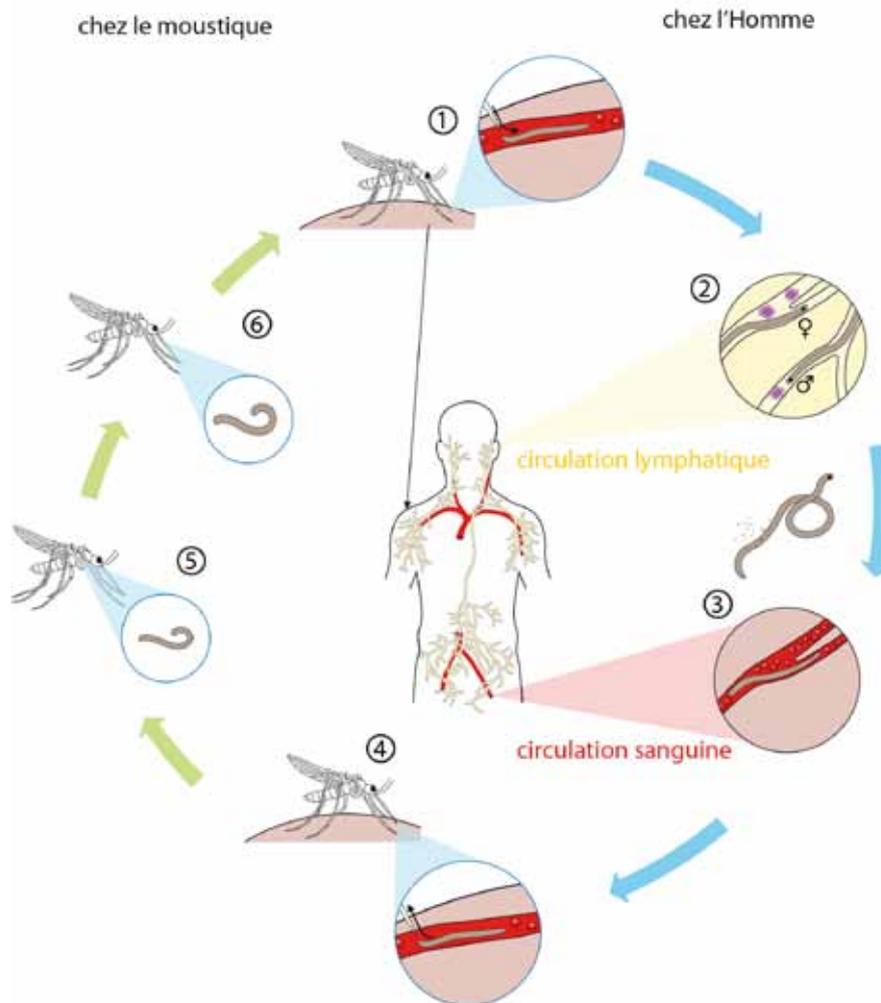


Figure Nem 3.7. Cycle de vie de *Wuchereria bancrofti*

1. Les filaires de l'espèce *Wuchereria bancrofti* sont transmises à l'homme par le moustique. La larve L3 du parasite (la forme infectieuse) pénètre dans la peau de l'homme au moment de la piqûre.
2. La larve migre dans le corps de l'hôte via le système lymphatique et mue jusqu'au stade adulte.
3. Mâles et femelles s'accouplent et donnent naissance à des microfilaries.
4. Les microfilaries peuvent se retrouver dans le système sanguin de l'homme et quand un moustique prend un repas de sang, il ingère ces microfilaries.
5. Les microfilaries pénètrent l'intestin et migrent vers les muscles thoraciques de l'insecte. Ceci est le stade larvaire L1.
6. Au niveau des muscles, la larve mue et se développe jusqu'au stade L3 qui migre ensuite vers les parties buccales de l'insecte.

Outre les parasites de l'homme, d'autres vivent au détriment des Plantes: ils passent une partie de leur cycle de vie dans les plantes, qui les hébergent.

EXERCICE

Pouvez-vous nommer des méthodes de lutte utilisées à ce jour pour combattre les parasites Nématodes de plantes ?

Les Nématodes comprennent aussi de nombreuses espèces libres qui vivent dans tous les milieux.

EXERCICE

De quoi se nourrissent les Nématodes libres ?

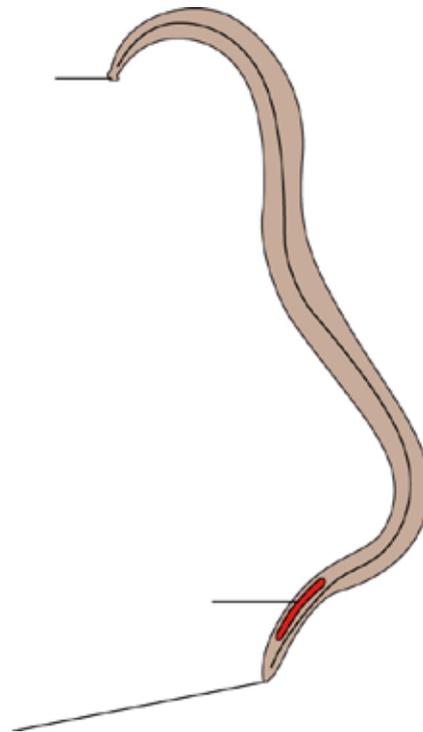


Figure Nem 3.14.

Les Nématodes qui vivent dans les torrents rapides ou des cascades de montagne peuvent se fixer sur un support grâce à la sécrétion visqueuse de glandes, à l'extrémité postérieure. Presque tous les Nématodes libres possèdent ces glandes, plus ou moins développées, mais les espèces parasites en sont dépourvues.

#### EXERCICE

Comment expliquez-vous que l'on retrouve des Nématodes libres en Antarctique et des Nématodes terrestres?

## ■ TP Nématodes (3 h)

### OBJECTIFS :

1. Mise en relation des coupes avec les fonctions des organes, des 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

### INTRODUCTION :

Ces « vers » sont des Métazoaires **triploblastiques, pseudocoelomates**. Ils présentent une **symétrie bilatérale** et un axe **antéro-postérieur**. Ils ne sont **pas segmentés** (corps indivis).

Le tégument se recouvre généralement d'une sécrétion protéique, la **cuticule**. L'endoderme participe à la formation d'un **tube digestif** longitudinal avec **bouche** antérieure et **anus** postérieur.

Le développement embryonnaire avec lignage cellulaire déterminé s'écarte nettement des « spiralia » : la segmentation est asymétrique, le blastocœle forme éventuellement la cavité générale du corps (**pseudocœlome**).

## 1. Organisme modèle : *Ascaris*

### 1.1. Observation de l'individu entier

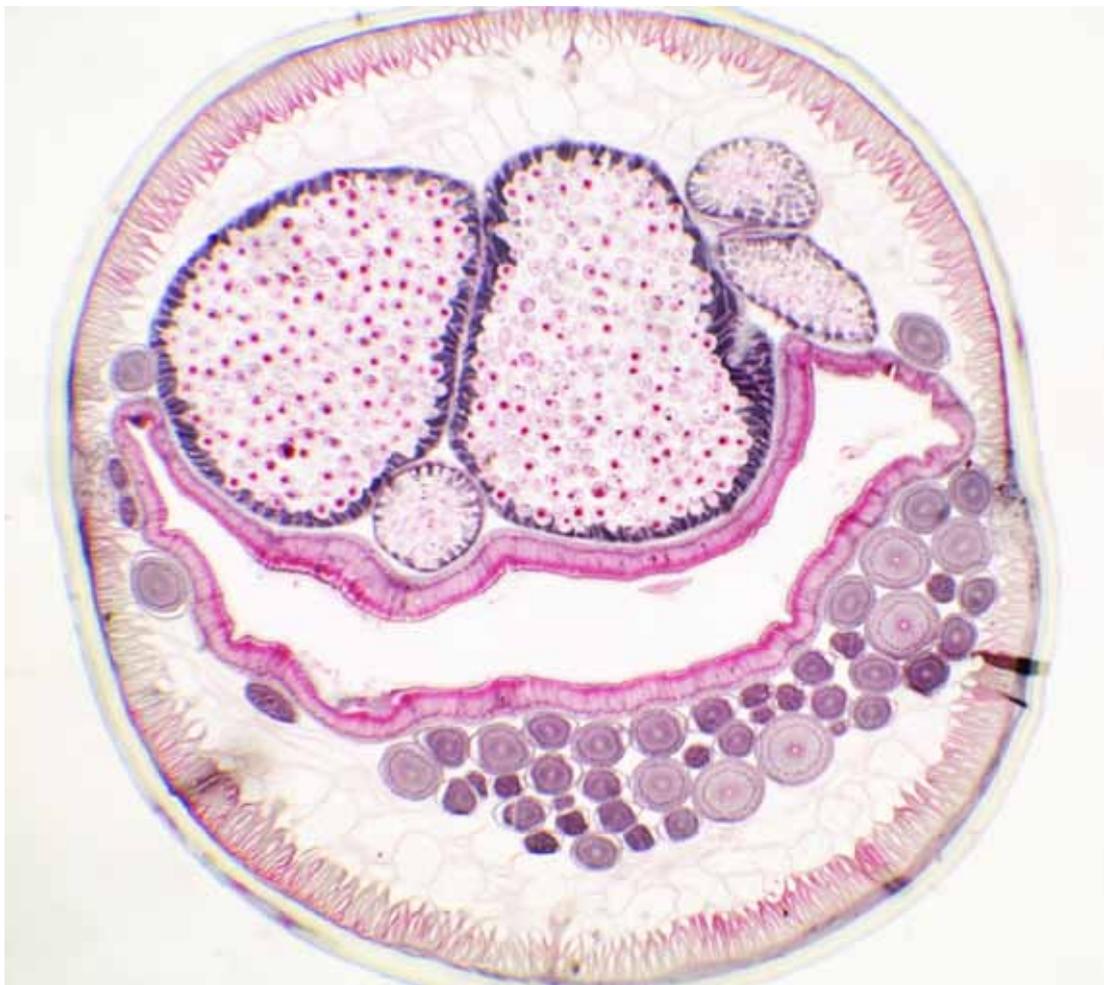
Observez et schématisez l'individu entier (+ légende avec fonctions/feuillet embryonnaires)

Le corps présente une **symétrie bilatérale** et un **axe antéro-postérieur**. L'individu vivant est **cylindrique** et ses extrémités effilées. Après fixation, le corps perd sa turgescence et s'aplatit. Le mâle, plus petit que la femelle, a son extrémité postérieure recourbée ventralement. Il est recouvert d'une **cuticule** épaisse, lisse et résistante, non pigmentée. Une ligne longitudinale jaunâtre marque chaque flanc ; elle correspond à une interruption de la tunique musculaire de la paroi du corps au niveau des **canaux excréteurs** droit et gauche. Le corps porte un certain nombre d'orifices, pas toujours très visibles :

- la **bouche**, antérieure
- l'**anus** chez la femelle, et l'**orifice cloacal**, chez le mâle, à l'arrière. Cet orifice, en position légèrement ventrale, est garni de deux **spicules** chez le mâle
- l'**orifice génital** chez la femelle, sur la ligne ventrale, au tiers antérieur, au niveau d'une légère constriction annulaire

## 1.2. Observation d'une coupe transversale

- Légendez les organes et structures visibles sur coupes. Notez leurs fonctions.
- Orientez la coupe et n'oubliez pas de mettre une échelle !
- Replacez la coupe au niveau du schéma de l'individu entier
- Délimitez les feuilletts embryonnaires et leurs dérivés



Faites un zoom de la paroi du corps

Faites un zoom de la paroi du tube digestif

Faites des zooms sur les différentes sections de l'appareil reproducteur (4), afin de savoir bien les différencier

La section visible sur vos coupes est ronde et présente une **symétrie bilatérale**, exception faite du déplacement possible de certains organes internes qui sont libres dans la vaste cavité générale. Celle-ci est un **pseudocœlome** limité extérieurement par la **paroi du corps**.

Cette paroi comporte trois couches. Ce sont, de l'extérieur vers l'intérieur :

- la **cuticule**, épaisse, de structure complexe, sécrétée par ...
- l'**épiderme**, qui se continue sur les lignes médio-dorsale et médio-ventrale dans les **cordons nerveux** longitudinaux dorsal et ventral ;
- la **couche musculaire**, dont la **partie contractile** des cellules s'applique contre l'épiderme tandis que les **prolongements cytoplasmiques (presque transparents)** s'orientent à travers le pseudocœlome, vers le cordon nerveux dorsal pour les cellules des deux **champs dorsaux**, et vers le cordon ventral pour celles des deux **champs ventraux**.

Aux limites latérales des champs musculaires dorsaux et ventraux, on observe les épaissements de l'épiderme contenant les sections dans les deux **canaux excréteurs** latéraux.

Dans la cavité générale du corps ou **pseudocœlome**, on trouve une section dans l'intestin et de multiples sections dans le système génital.

La section de l'**intestin** est constituée d'une assise de hautes **cellules endodermiques** bordant la **lumière du tube digestif**. Ces hautes cellules sont essentiellement absorbantes, leur face apicale est garnie de nombreuses **microvillosités** qui en augmentent la surface. Leur base n'est séparée de la cavité générale du corps que par une **lame basale** épaisse, il n'y a ni musculature, ni séreuse.

Toutes les autres sections appartiennent au **système reproducteur femelle**.

- Les deux grandes sections correspondent à la partie terminale des **utérus**, qui contiennent généralement des **oeufs fécondés**, avec une coque chitineuse, et éventuellement des spermatozoïdes.
- Les sections de plus petite taille, à paroi épaisse, et contenant des **ovules** nus arrondis, correspondent aux **oviductes**.
- Les autres sections appartiennent aux deux **ovaires** pelotonnés. Leur paroi est plus mince. Ils contiennent, suivant le niveau coupé, des **oogonies** (petites et disposées sans ordre) ou des **oocytes** en croissance (disposés de façon rayonnante). Ces derniers accumulent progressivement une certaine quantité de vitellus dans le cytoplasme, d'où une augmentation de taille

## 2. Nématode libre vivant : observations

Ce qui caractérise avant tout les Nématodes libres par rapport aux parasites, c'est, d'une part, leur petite **taille** (1 à 3 mm en moyenne), avec comme corollaire leur **transparence**, et, d'autre part, la différenciation de la région antérieure du corps en une tête avec des yeux et des pièces buccales.

Vous avez à votre disposition des cupules contenant des Invertébrés dans quelques ml d'eau. Ils proviennent de litière ou de composts et ont été extraits en plaçant un échantillon de substrat dans un entonnoir dont le fond est recouvert d'un filtre. L'échantillon est ensuite recouvert d'eau. Les animaux capables de traverser les mailles du filtre vont passer au travers et se déplacer au fond de la cupule.

L'examen de cette cupule à la loupe binoculaire permet de détecter la présence de Nématodes. Ils se reconnaissent à leur forme générale et à leurs mouvements caractéristiques : courbures et ondulations du corps dans le plan de symétrie bilatérale, parfois glissements et reptation, mais jamais de mouvements très rapides.

Faites une première observation de ces caractéristiques, puis poursuivez l'examen au **microscope**. Pour cela, prélevez des spécimens à la pipette pour en faire un montage dans une goutte d'eau entre lame et lamelle. Remarquez les **structures externes** (orifices, soies, épines, papilles, etc.) ou **internes**, visibles par transparence, en particulier le tube digestif et les structures génitales.

3. Tableau reprenant les caractères morphologiques communs des individus et leurs différences. A quoi ces dernières sont-elles dues? Développez.

4. Critères caractérisant l'embranchement des Nématodes sur base de vos observations et des données du cours multimédia. Quelle est l'innovation principale dans ce groupe?