

# Table des matières

## Table des matières i

### Introduction 1

- Objectifs 1
  - Objectifs spécifiques 1
- Zoologie numérique 1
- Règles au laboratoire 2
  - Les Six Commandements 2

### Dessiner des spécimens biologiques 3

- Dessins histologiques 3
- Matériel 4
- Critères d'évaluation des dessins 4
  - Mise en Page 4
  - Dessin 4
  - Étiquetage 5
  - Légende 5

### Préparation de tableaux 7

- Quand utiliser un tableau 7
- Principes de construction d'un tableau 7
  - Légende 8
  - Titres des colonnes et des rangées 8
  - Cœur du tableau 8
  - Notes de bas de page 8
  - Exemple 9

### La représentation graphique de données numériques 11

- Quand utiliser un graphique 11
- Principes généraux de construction d'un graphique 11
- Présentation 11
  - Type de graphique 11
  - Le rapport données/encre 13
  - Mise en page 13
- Données 13
  - Symboles 14
  - Unités des axes 14
  - Identification des axes 15
  - Barres d'erreurs 15
  - Ajustement de courbes. 15
- Légende 15
  - Description 15
  - Analyse 16
- Références 16

### Métabolisme, diffusion et rapport sur-

### face:volume chez les animaux. 17

- Introduction 17
  - Besoins métaboliques des animaux 17
  - Facteurs influençant la diffusion 18
  - Adaptations pour minimiser ou maximiser la diffusion 18
- Effets de la surface de contact, des différences de température, et de la ventilation sur les taux d'échanges thermiques. 19
  - Calcul du taux de transfert de chaleur 19
  - Effet de la surface de contact 20
  - Effet de la différence de température 20
  - Effet de la ventilation 20
- Adaptations des animaux pour favoriser ou réduire la diffusion 20
  - Mesures 20
  - Formules utiles pour le calcul des surfaces et volumes 21
  - Protistes 21
  - Vers plats 21
  - Vers de terre 21
  - Oursins 21
  - Poissons 22
  - Tortues 22
  - Humains 22

### Protozoa et Porifera 23

- Introduction 23
- Les Protozoaires 23
  - Préparation des lames 24
  - Mouvement amiboïde 25
  - Observations du spécimen vivant - les amibes 26
  - Lames préparées- *Amoeba* 27
  - Locomotion à l'aide d'un flagelle 27
  - Observation du spécimen vivant - *Euglena* 27
  - Lames préparées - *Euglena* 29
  - Locomotion à l'aide de cils 29
  - Préparation de la lame - *Paramecium* 30
  - Préparation de la lame - *Blepharisma* 31
  - Lames préparées 31
  - Cycle biologique de *Plasmodium* (La Malaria) 32
- Les éponges 32
  - Architecture des éponges 33

### Les Cnidaires 37

- Plans de symétrie chez les animaux 37
- Embranchement Cnidaria 38
- Classification des Cnidaires 39
- Hydrozoaires 39
  - Hydra 39
  - Obelia 42
- Scyphozoa 43
  - Aurelia 43
- Anthozoa 45

## ii - Animaux: structures et fonctions

Metridium 45  
Cubozoa 47

### Les Plathelminthes et les Nématodes 49

Introduction 49  
Les vers plats libres 50  
Dugesia 50  
Adaptations au mode de vie de parasite 53  
Cycles de vie des parasites 54  
Plathelminthes 54  
Le Taenia du chien, *Taenia pisiformis* 54  
Anatomie externe 56  
Anatomie interne 56  
La douve du foie de l'homme (*Opisthorchis sinensis*) 57  
Anatomie interne 58  
Les nématodes 59  
Anatomie interne 59  
Dissection d'*Ascaris* 60  
Morphologie externe 60  
*Turbatrix acetii* 62

### Les Mollusques 63

Introduction 63  
Les caractéristiques des Mollusques. 64  
Les moules d'eau douce *Anodonta* et *Unio*. 65  
Anatomie externe 66  
Anatomie interne 68  
Les Cténidies 68  
Le système d'alimentation et de digestion 69  
Système reproducteur 70  
Système circulatoire 71  
Le système excréteur 72  
Le système nerveux 72  
La diversité des mollusques 72  
Matériel en démonstration 72

### Les Annélides 73

Introduction 73  
Origine évolutive des Annélides 74  
Quelques architectures d'Annélides 75  
Le ver de terre, *Lumbricus terrestris* 75  
Anatomie externe 76  
Anatomie interne (Figs. 42-47) 78  
Le système digestif 79  
Le système circulatoire 79  
Le système respiratoire 81  
Le système excréteur 81  
Le système reproducteur 81  
Le système nerveux 82  
Le Polychète marin, *Nereis* 82  
La sangsue 85

### Crustacés et diversité des Arthropodes 87

Introduction 87  
Caractéristiques des Arthropodes 87  
Caractéristiques additionnelles des Arthropodes 88  
Crustacés 88  
Écrevisse 89  
Anatomie externe (Fig. 53) 89  
Anatomie interne (Figs. 56-58) 92  
Système circulatoire 93  
Système reproducteur 94  
Système digestif 94  
Système excréteur 94  
Système nerveux 95  
Diversité des Arthropodes 95

### Les insectes, les Arthropodes dominants 97

Introduction 97  
Caractéristiques des Insectes 97  
La sauterelle, *Romalea micropterus* 98  
Anatomie externe 98  
La blatte, *Periplaneta americana* 102  
Anatomie externe 103  
Anatomie interne (Figs. 69-72) 103  
Le système circulatoire 104  
Système respiratoire 105  
Le système digestif 106  
Système excréteur 107  
Le système reproducteur de la blatte 107  
Le système nerveux 109  
Cycles biologiques des Insectes (Figs. 73, 74) 109

### Les Échinodermes 111

Introduction 111  
Caractéristiques des Échinodermes 111  
L'étoile de mer, *Asterias* 112  
Anatomie externe 113  
Anatomie interne 115  
Le système digestif 116  
Le système reproducteur 116  
Le système ambulacraire (aquifère) 116  
Le système nerveux 117  
Les systèmes excréteur et respiratoire 117  
Matériel en démonstration 118  
Différents types d'Échinodermes 118  
Les Échinodermes et les autres animaux radiés 118

### À la recherche du premier vertébré 119

Introduction 119  
L'information de base 120  
La taxonomie 120  
Le phylum des Hémichordés (Figs. 81-83) 120  
Morphologie externe 121  
Locomotion et alimentation 122

- La stomochorde et autres caractéristiques morphologiques 123
- Phylum des Chordés - sous-phylum des Urochordés (Figs. 84-86) 123
  - La morphologie larvaire (Fig. 84) 124
  - La métamorphose (Fig. 85) 125
  - La morphologie adulte (Fig. 86) 125
- Phylum des Chordés - sous-phylum des Céphalochordés 126
  - La morphologie externe d'Amphioxus (Figs. 87 et 88) 127
  - L'anatomie interne (Figs. 89-92) 128
  - Relations phylogéniques des Céphalochordés 131
- Résumé des caractères exclusifs aux Chordés 131
- Phylum des Chordés - Le sous-phylum des Vertébrés (Figs. 93-95) 132
- Conclusion 133

## **La transition évolutive eau-terre: Une étude des amphibiens 135**

- Introduction 135
  - Phylogénèse et taxinomie 135
- Le necture tacheté 135
  - Cycle de vie 135
  - Anatomie externe (Fig. 96) 136
  - Le squelette interne 137
  - La mâchoire inférieure (Fig. 97) 138
  - Les ceintures pectorale et pelvienne (Figs. 98, 99) 138
  - La colonne vertébrale (Fig. 100) 139
  - L'anatomie interne (Figs. 101-104) 140
  - Les cavités buccale et pharyngienne (Fig. 101) 140
  - La cavité coelomique et les mésentères (Fig. 102) 141
  - Le système urogénital (Figs. 103 et 104) 143
  - Les organes reproducteurs femelles (Fig. 103) 143
  - Les organes reproducteurs mâles (Fig. 104) 144
  - Le coeur (Fig. 105) 145
- Étude comparative des vertébrés 146
  - Le système musculo-squelettique 146
  - Le système respiratoire 148

## **iv - Animaux: structures et fonctions**

# Introduction

*par* Peter Heinermann, Jon G. Houseman et Antoine Morin

## Objectifs

L'objectif global du laboratoire est de vous présenter un aperçu des principaux groupes d'animaux. En particulier, nous allons examiner la structure fonctionnelle des systèmes chez des représentants de ces groupes.

### Objectifs spécifiques

À la fin de ce cours et pour les groupes d'organismes suivants (Protozoa, Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nematoda, Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Chordata), vous devriez être en mesure de:

1. comprendre comment les membres de ces groupes se déplacent, s'alimentent, respirent, se débarrassent de leurs déchets métaboliques, se reproduisent et perçoivent leur environnement.
2. pouvoir analyser et communiquer efficacement les informations quantitatives et qualitatives obtenues au cours d'un laboratoire,
3. décrire l'architecture générale et identifier les caractéristiques distinctives des groupes,
4. comprendre la base de regroupements respectant l'histoire évolutive,
5. définir et utiliser correctement les termes zoologiques,
6. pouvoir disséquer/identifier les structures principales associées à la locomotion, la respiration, la circulation, l'excrétion, la digestion, la reproduction et la perception,
7. maîtriser l'utilisation du microscope et de l'oculaire micrométrique,
8. comprendre et de suivre les normes de sécurité en vigueur dans un laboratoire.

## Zoologie numérique

Zoologie Numérique est un didacticiel multimédia développé pour ce cours depuis quelques années par Jon Houseman et Antoine Morin. Les modules de Zoologie Numérique sont conçus de manière à être utilisé avant, pendant et après les séances de laboratoire pour vous aider à vous y préparer, à correctement identifier les structures caractéristiques, et vous permettre de réviser le matériel par la suite. Zoologie Numérique sera donc à votre disposition durant les laboratoires,

mais également durant les heures d'ouvertures étendues du laboratoire de micro-ordinateurs de la Faculté des Sciences au sous-sol du pavillon Marion. Pour y accéder de là, vous devrez obtenir un mot de passe de l'opérateur occupant le bureau entre les deux laboratoires de micro-ordinateurs.

### Règles au laboratoire

Les laboratoires à l'heure précise. Il est très important d'arriver à l'heure puisque la séance de laboratoire commence habituellement par une présentation orale ayant rapport aux activités de la journée. La plupart des laboratoires sont longs et vous devez être bien préparés et travailler efficacement pour pouvoir les terminer à temps. La séance se termine à dix minutes avant la période suivante. Vous devez lire le texte du cahier de laboratoire et les sections pertinentes de vos manuels se rapportant à votre travail de laboratoire avant la séance de laboratoire.

À cause du manque d'espace et des règles de sécurité édictées par le Service de la Prévention des Incendies, les manteaux, porte-documents, sacs, etc..., ne seront pas admis dans nos locaux. Vous partagerez avec votre partenaire un casier dans le corridor adjacent à nos locaux. Vous pouvez verrouiller votre casier seulement pendant la durée de votre séance laboratoire. Tout cadenas laissé sur un casier en dehors des heures indiquées sera promptement enlevé.

### Les Six Commandements

1. Les lunettes de sécurité sont obligatoires. Vous devez les avoir avec vous chaque laboratoire et les porter lorsque la situation l'exige.
2. Défense de fumer, de manger ou de boire au laboratoire
3. Pas de turbulence. Vous travaillez avec de l'équipement dispendieux ou dangereux et parfois des substances toxiques.
4. Restez calmes. Les discussions sont encouragées, mais pas le bruit inutile.
5. La propreté est essentielle. Gardez votre équipement et vos notes en ordre. Nettoyez votre équipement et votre poste de travail à la fin de chaque laboratoire.
6. Un microscope vous sera attribué pour toute la session. En cas de défektivité, avvertissez votre démonstrateur pour que le microscope soit examiné et réparé au besoin.

# Dessiner des spécimens biologiques

*par* Peter Heinermann et Jon G. Houseman

Un étudiant en biologie doit très souvent dessiner une préparation au microscope ou le résultat d'une dissection. Il y a trois raisons à cela. La première, et la plus importante, est que cela aide beaucoup à apprendre. C'est très facile de regarder un spécimen et de penser que l'on a vu tout ce qu'il y avait à voir. Mais ce n'est qu'après avoir examiné chaque courbe, chaque limite et chaque liaison entre des structures, comme on doit le faire pour réaliser un dessin, que l'on saisit vraiment le sujet. Deuxièmement, cela complète vos notes pour étudier et faire des comparaisons. Enfin, le démonstrateur peut vérifier si vous comprenez bien le sujet et vous aider au besoin.

Le dessin scientifique ressemble davantage au dessin technique qu'au dessin artistique, et c'est une compétence qu'il faut acquérir.

Examinez attentivement votre spécimen avant de commencer à le dessiner, puis fréquemment pendant que vous faites le dessin. Dessinez à partir du spécimen, et uniquement ce que vous voyez. Ne faites pas une copie à partir d'un livre ou du travail d'un autre étudiant. La copie (le plagiat) va à l'encontre de l'objectif d'observation personnelle de ce cours de laboratoire. Les feuilles d'instructions et les ouvrages de référence peuvent servir de guide de ce que vous devez chercher, mais c'est votre spécimen qui constitue votre principale source d'information. Un autre dessin peut être inexact, mais votre spécimen est toujours bon! À mesure que vous représentez et étiquetez chaque élément, assurez-vous de bien savoir de quoi il s'agit, quelles sont ses fonctions, comment il est relié aux éléments voisins des points de vue anatomique et fonctionnel.

## Dessins histologiques

Dans un schéma comportant divers types de cellules (p. ex. une coupe de la tige d'une plante), il n'est pas nécessaire de dessiner toutes les cellules présentes. Les cellules sont trop petites et trop nombreuses pour être représentées avec exactitude. N'essayez pas de montrer la texture du spécimen en dessinant des rangées de petits cercles. Faites un dessin montrant la forme générale de la coupe et indiquez par des ébauches seulement l'emplacement des différents types de tissus.

Montrez le détail des cellules dans un dessin de cellules isolées ou sur une petite section du schéma d'ensemble. Dans le cas d'une coupe circulaire, vous pouvez dessiner un secteur à part. Sur le dessin, chaque

cellule doit être assez grosse pour que l'on puisse voir les détails. Faites un double trait pour représenter l'épaisseur des parois cellulaires et ses variations. Montrez les éléments internes avec le plus de précision possible. Chaque cellule doit être dessinée individuellement, de manière à ce que l'on puisse reconnaître chacune d'entre elles.

### Matériel

Vous devez vous procurer:

1. du papier à dactylographier de bonne qualité (très épais) permettant d'effacer facilement.
2. un crayon à mine de plomb, de dureté HB ou plus, bien aiguisé.
3. une bonne gomme à effacer.

## Critères d'évaluation des dessins

### Mise en Page

**Position et taille:** Votre dessin devrait être d'une taille minimum d'environ la moitié de votre page et se situer au centre ou juste à gauche de celle-ci. Ne dessinez que d'un seul côté de la feuille.

**Orientation:** Le côté dorsal ou la partie antérieure de votre spécimen doit être en haut de la page. Ne pas dessiner le champ de vue autour du dessin.

### Dessin

**Lignes:** Vos lignes doivent être continues, propres, claires et précises et faites avec un crayon à mine. Vous pouvez utiliser des lignes pointillées pour montrer les structures cachées au fond de l'organisme.

**Détails/Contenu:** Dessinez seulement un côté des structures paires (sauf si les détails d'une paire sont différents). Si les détails se ressemblent à travers la structure, utilisez une pointe de tarte pour les démontrer. N'utilisez pas d'hachurage, de picots d'ombrage, de couleur ou d'encre dans vos dessins.

**Proportions:** Vous devez respecter les proportions entre les structures du spécimen dans votre dessin.

## Étiquetage

**Taille et style:** Vos étiquettes devraient être lisibles, claires et à la mine. Employez un style uniforme (en lettres moulées et pas de mélange de majuscules et de minuscules).

**Position et pointeurs:** Placez les étiquettes dans une colonne à droite du dessin (ou de chaque côté du dessin s'il y a beaucoup de structures à étiqueter). Utilisez les lignes droites pour lier les structures et les étiquettes et surtout, ne croisez pas ces lignes! Leur orientation doit être horizontale ou à un angle (mais pas de courbes!).

**Exactitude:** Les structures étiquetées doivent refléter les structures de l'organisme qui sont nettement visibles. On ne devrait pas dessiner les petites structures non étiquetées. Vous pouvez utiliser des accolades pour identifier les différentes régions d'un spécimen.

**Échelle:** Une échelle de grosseur devrait se trouver dans votre dessin. Mettez votre échelle au coin droit inférieur de votre dessin avec sa conversion appropriée (par exemple \_\_\_\_\_ = 10  $\mu\text{m}$ ).

## Légende

**Position:** Votre légende devrait commencer avec le numéro de la figure et se situer en dessous du dessin.

**Contenu:** Elle doit être brève, descriptive et complète (incluant le nom commun ou scientifique de l'organisme ainsi que son sexe, âge ou coupe si applicable). Décrivez la vue d'ensemble (dorsale, ventrale, etc.), la coupe (transversale, longitudinale, etc.) et le type de préparation (lame montée ou préparée, avec colorant, etc.). N'indiquez pas "Un dessin de...!"

**Exemple:** Fig. 1. Une coupe transversale de la planaire, *Dugesia*, au niveau du pharynx. Notez la position des muscles circulaires et longitudinaux et des muscles du parenchyme. Échelle = 50  $\mu\text{m}$ .

Votre démo paraphera l'esquisse que vous réaliserez au laboratoire après avoir vérifié la concordance avec votre spécimen. Vous pourrez par la suite réaliser une version finale en suivant toutes les directives énoncées précédemment. Vous soumettrez l'esquisse et la version finale pour l'évaluation.

## **6 - Animaux: structures et fonctions**

# Préparation de tableaux

*par* Peter Heinermann

**Une règle d'or:** Vous pouvez présenter les données dans une phrase, dans un tableau ou dans une figure. Ne présentez jamais les mêmes données en utilisant plus d'une technique.

## Quand utiliser un tableau

Utilisez les tableaux lorsque vous voulez:

- présenter des valeurs numériques précises.
- présenter une petite série de données.
- faire plusieurs comparaisons.
- énumérer les caractéristiques de différentes listes d'éléments.

## Principes de construction d'un tableau

1. Les tableaux devraient communiquer le plus d'information cohérente en utilisant le moins d'espace possible.
2. Les tableaux devraient être indépendants et compréhensibles sans avoir à consulter le texte du rapport.
3. Avant de bâtir un tableau il faut poser la question suivante, "Quels renseignements le lecteur possède-t-il et que cherche-t-il dans le tableau?"
4. Les titres des colonnes et des rangées devraient se rattacher aux renseignements du lecteur et le mener au cœur du tableau.
5. Recherchez la simplicité et la clarté.
6. Présentez les renseignements dans une séquence normale, c'est-à-dire, de gauche à droite ou de haut en bas.
7. Mettez les éléments à comparer à la verticale et les critères de comparaison à l'horizontale.
8. Dans les tableaux numériques vous devez indiquer toutes les informations. Le lecteur ne devrait pas devoir additionner deux valeurs pour obtenir une troisième qui ne se trouve pas dans le tableau.
9. Un tableau possède trois composantes: une légende, les titres des colonnes et des rangées et le cœur qui contient les données.
10. Vous pouvez utiliser des espaces et/ou des lignes horizontales afin de séparer chacune des composantes.
11. On perçoit les éléments voisins comme ayant un rapport plus proche que ceux qui sont éloignés l'un de l'autre. Donc, on devrait considérer avec précaution l'utilisation des espaces ou des lignes

afin de séparer et/ou de relier les renseignements lors de la planification des tableaux

### **Légende**

1. La légende commence avec le numéro du tableau, suivit d'un titre spécifique et significatif.
2. Identifiez et/ou expliquez les abréviations et les symboles non-standard.

### **Titres des colonnes et des rangées**

1. Mettez une majuscule au premier mot, aux noms propres et aux symboles.
2. Utilisez des espaces et/ou des lignes horizontales afin de séparer les titres. N'utilisez jamais de lignes verticales.
3. Les titres doivent être brefs et leur association avec un groupe de données doit être évidente.
4. Avec les titres clairs on devrait être capable de comprendre les données sans aucune référence au texte du rapport.
5. On peut utiliser des abréviations mais il faut les définir soit dans la légende, soit en utilisant des notes au bas de la page.

### **Cœur du tableau**

1. Vous pouvez utiliser des espaces afin de séparer ou de grouper les rangées de données (on emploie rarement les lignes horizontales).
2. N'utilisez jamais de lignes verticales.
3. Présentez seulement les chiffres significatifs.
4. Pour les nombres décimaux, mettez un zéro à gauche de la virgule pour les fractions inférieures à 1.

### **Notes de bas de page**

1. On peut expliquer ici une abréviation, un symbole ou un terme qui se trouvent dans la légende, dans les titres ou dans le cœur du tableau.
2. L'élément nécessitant une explication est annoté d'une lettre sous forme d'exposant (suivez l'ordre alphabétique).
3. En dessous du tableau répétez la lettre, suivi d'une brève explication. Ne fournissez que les renseignements nécessaires à la compréhension de l'élément.

**Exemple**

Tableau X. Longueurs moyennes à la fourche prévues et observées (LF, mm) des perchaudes (*Perca flavescens*) capturées aux filets "fyke" dans le lac Charlotte, 1987-1990. L'effectif des échantillons (*N*) est entre parenthèses et l'âge est représenté en année.

Âge	LF prédite <sup>a</sup>	LF observées	
		Moyenne ( <i>N</i> )	Étendue
0	27	31 (35)	25-40
1	46	42 (123)	27-72
2	64	65 (197)	52-76
3	77	75 (74)	64-86
4	98	94 (31)	83-104
5	119	113 (10)	101-123
6	191	205 (13)	180-216
7 <sup>b</sup>	251	264 (24)	234-278
8	278	275 (19)	257-297

<sup>a</sup> Les longueurs prévues sont calculées à partir de la courbe continue et double de von Bertalanffy.

<sup>b</sup> À partir de cet âge les perchaudes s'alimentent seulement de petits poissons.



# La représentation graphique de données numériques

*par* Peter Heinermann

## Quand utiliser un graphique

Utilisez les graphiques lorsque vous voulez:

- voir les tendances globales et les rapports entre les données.
- comparer deux facteurs (ou plus) d'une façon générale ou quantitative.
- présenter une grande quantité d'information quantitative d'une façon compréhensible.
- analyser des données.

«Un excellent graphique est celui qui fournit au lecteur un nombre maximum d'idées dans le plus court laps de temps, en utilisant le moins d'encre et le plus petit espace possible» (Tufte 1983).

## Principes généraux de construction d'un graphique

### Présentation

#### Type de graphique

Dans cette section on devrait considérer si le graphique est approprié à la présentation scientifique et à la façon dont les données ont été obtenues. La simplicité du traçage des courbes par ordinateur soulève des questions importantes. Par exemple, considérons, un histogramme vs. un graphique en forme de tarte, vs. les données elles-mêmes. Lequel est approprié, quand et dans quelles circonstances?

**Diagrammes en bâton.** Ces graphiques sont très simples et sont composés d'un nombre de bâtons proportionnels de largeur égale et de longueur variable. Les variations de quantité sont placées sur un axe seulement (n'importe lequel). Les bâtons représentent une large gamme de variables; par ex., les endroits, les surfaces, les éléments de différents types et les périodes de temps. On les utilise sur des cartes au lieu des graphiques de tartes. Leur grandeur et lourdeur diminue leur impact visuel. On peut représenter l'information quantitative

selon le temps, la distance ou une autre variable. On ne devrait pas confondre les graphiques en bâtons avec les histogrammes. Ces derniers graphiques ont une échelle quantitative sur les deux axes.

**Histogrammes.** Comme les graphiques en bâtons, les histogrammes sont aussi composés d'un nombre de bâtons de largeur égale et de longueur variable. Les histogrammes se distinguent parce qu'on les utilise pour analyser et étudier des distributions (les variables continues). Comme nous avons déjà mentionné, ils ont aussi des échelles quantitatives sur les deux axes. Normalement, avant de faire un histogramme, on doit diviser l'étendue des données en un certain nombre d'intervalles et noter le nombre d'observations qui se retrouvent dans chaque intervalle. On peut calculer le pourcentage des observations pour chaque intervalle en divisant le nombre d'observations dans l'intervalle par le nombre total des observations et en multipliant le résultat par 100. Pour bâtir un histogramme, vous placez les intervalles sur l'axe x et les valeurs en pourcentage sur l'axe y. Le résultat est une série de barres verticales qui représente les fréquences des intervalles de la distribution.

**Les graphiques en forme de tartes.** Un graphique en forme de tarte illustre la proportion des parties par rapport au tout. Il est utile lorsqu'un élément forme une partie significative du tout. Ce graphique prend la forme d'un cercle divisé en secteurs ou morceaux de tarte. Étant donné qu'il n'y a pas d'échelle on doit estimer la grandeur des angles pour inférer le pourcentage ou la proportion d'un morceau donné. Ce type de graphique est imprécis pour la détermination des valeurs précises et d'après Tufte (1983), "on ne devrait jamais l'utiliser".

**Les graphiques à lignes droites.** On emploie ce graphique si les données sont disponibles pour des intervalles uniformes et pour illustrer les tendances d'une variable dans le temps. On relie les points sur le graphique avec des lignes étroites pour montrer les variations avec le temps. Pour mieux montrer les tendances on peut calculer les moyennes courantes ("running means"). On additionne tout simplement quelques points d'intervalles avoisinants et on divise par le nombre d'intervalles.

**Les graphiques du type "transect".** Si on utilise la méthode "transect" pour ramasser les données on peut tracer un graphique plaçant la distance le long de l'axe horizontal. La caractéristique importante de n'importe quel transect est le fait qu'il représente la variabilité d'une valeur ou d'une quantité d'un bout à l'autre d'une ligne, même si la ligne n'est pas droite.

**Les diagrammes de dispersion.** On utilise les diagrammes de dispersion afin d'étudier le rapport entre deux séries de données. Dans ces graphiques les quantités variables se retrouvent le long des deux axes. Chaque élément doit avoir deux valeurs, une de chaque série de données. On les emploie comme les coordonnées  $x$  et  $y$ , qui nous servent à placer les points sur le graphique. Il devrait y avoir une raison logique pour assumer un rapport entre les variables choisies. Sinon, le rapport trouvé peut être tout simplement dû à une coïncidence. Normalement, il y a une relation de cause à effet entre les deux séries de données retrouvées dans ce graphique. Si on peut identifier un facteur causal ou une variable indépendante, on la met toujours en abscisse (axe  $x$ ) tandis que le facteur résultant ou la variable dépendante est placé en ordonnée (axe  $y$ ). Les diagrammes de dispersion nous laissent évaluer d'une façon subjective la force du rapport entre les deux variables. Les tendances peuvent être évidentes à partir du graphique. Dans certains cas une variable peut augmenter lorsque l'autre diminue ou vice versa (relation inverse). Si les deux variables augmentent ensemble ou diminuent ensemble, un rapport direct est présent. Si la distribution de points placés dans un diagramme de dispersion approche celle d'une ligne étroite (ou une courbe), le rapport (corrélation) entre les deux variables est très fort.

### **Le rapport données/encre**

Le rapport données/encre insiste sur l'importance des données par rapport aux autres éléments du graphique. Le rapport données/encre = la quantité d'encre utilisée pour tracer les données / la quantité totale d'encre utilisée pour imprimer le graphique. Maximisez le rapport données/encre en réduisant la quantité d'encre qui n'est pas reliée aux données (les grilles, par exemple, ajoutent seulement de l'encre et diminuent le rapport données/encre) et en effaçant l'encre superflue (tels que les effets de trois dimensions).

### **Mise en page**

Durant la mise en page on devrait considérer la grandeur, la position et l'orientation du graphique. Le graphique devrait être assez grand pour une lecture facile lorsque projeté à partir d'une acétate. On devrait aussi réserver de l'espace en dessous du graphique pour la légende.

### **Données**

Cette section considère les données elles-mêmes sur la page.

### Symboles

1. Faites ressortir les données. Évitez l'encre superflue.
2. Utilisez les symboles proéminents pour représenter les données. On devrait considérer leur taille et leur apparence. Les cercles, les carrés ou les triangles vides ou remplis sont appropriés. Les symboles pour les données doivent être plus visibles qu'une courbe qui les relie ou qui les transperce.
3. Utilisez une ligne de référence à travers le graphique entier s'il y a une valeur de référence importante, mais ne laissez pas la ligne masquer les données.
4. Réduisez l'impact visuel des étiquettes pour les données, afin qu'elles ne nuisent pas aux données, ni rendent le graphique désordonné.
5. Les symboles superposés doivent être distinguables.
6. Les ensembles de données superposés doivent être distinguables.
7. Si vous tracez plus d'une série de données, vous devez utiliser une légende (clé) pour les symboles.
8. Ne remplissez pas trop le graphique de détails. Mettez la légende pour les symboles directement au dessus ou à droite de la surface des axes x-y.
9. La clarté doit être préservée lors de la réduction ou de la reproduction.

### Unités des axes

1. Choisissez un intervalle pour l'abscisse et pour l'ordonnée qui englobe l'étendue des données.
2. Faites en sorte que vos données occupent la majeure partie de votre graphique.
3. Choisissez des échelles appropriées lorsque des graphiques différents sont comparés.
4. Ne faites pas trop de divisions sur les axes. Normalement, trois à cinq divisions sur les axes sont suffisantes pour identifier précisément les coordonnées des données.
5. Les petits traits indiquant les divisions sur les axes doivent pointer à l'extérieur de l'abscisse et de l'ordonnée pour qu'ils ne cachent pas les données.
6. N'utilisez un bris d'échelle que lorsque nécessaire. Ne reliez pas les points de chaque côté de ce bris d'échelle.
7. Si l'étendue des données est très grande vous devez convertir un ou les deux axes en une échelle logarithmique. Ceci est très important lorsque la plupart des valeurs se retrouvent près de la limite inférieure de l'étendue. Notez bien que l'effet majeur d'une conversion logarithmique est une compression de la partie

supérieure de l'échelle par rapport à la partie inférieure. On utilise aussi cette méthode lorsque les changements relatifs ou multiplicatifs sont importants. L'utilisation d'une échelle logarithmique peut améliorer la résolution. Si les données traversent plusieurs ordres de grandeur (par ex.  $10^1 - 10^6$ ), utilisez le logarithme de base 10. Si l'étendue des données est seulement de deux ordres de grandeur ( $10^0 - 10^2$ ), utilisez le logarithme de base 2.

### Identification des axes

1. L'identification des axes doit être appropriée pour les variables choisies et doit indiquer les unités clairement.
2. N'utilisez que des abréviations SI appropriées pour les unités.
3. Si vous utilisez les logarithmes, assurez vous que l'identification des axes corresponde aux unités utilisées pour identifier les divisions des axes.

### Barres d'erreurs

1. Si vous tracez des moyennes, il faut indiquer les barres d'erreurs. Ces barres peuvent être soit l'écart type, soit l'erreur type ou bien l'intervalle de confiance (95 %).
2. Les barres d'erreurs doivent être moins proéminentes que les symboles des données.

### Ajustement de courbes.

1. L'estimation d'une courbe, est-elle appropriée?
2. Identifiez la méthode utilisée dans la légende. Avez-vous placé une courbe à l'oeil ou avez-vous utilisé une technique de régression?

## Légende

Normalement un graphique soumis à la publication doit avoir une légende.

### Description

1. Assurez-vous que la légende soit complète et informative.
2. La première phrase dans une légende doit être un titre spécifique et significatif.

3. Le texte de la légende devrait être suffisamment détaillé pour expliquer comment les données ont été rassemblées, analysées et le nombre d'échantillons impliqués.
4. Si vous avez utilisé seulement deux symboles, vous pouvez les expliquer ici ou dans la clé (la légende des symboles). Pour plus que deux types de symboles, utilisez une légende pour les symboles immédiatement à droite ou au dessus de la figure.

### Analyse

1. Si vous présentez les moyennes il faut le dire.
2. Si vous avez transformé les données, il faut indiquer le type de transformation utilisée.
3. Si vous avez déterminé la signification statistique, incluez le résultat et le niveau de probabilité.
4. Indiquez la méthode utilisée pour l'estimation d'une courbe.
5. Expliquez nettement les barres d'erreurs:  
Moyenne  $\pm$  un écart type de l'échantillon.  
Moyenne  $\pm$  une erreur type.  
Moyenne  $\pm$  l'intervalle de confiance à 95%.

### Références

- Cleveland, W.S. 1994. The elements of graphing data. 2e. éd. 297 p. Hobart Press, Summit, New Jersey
- Davis, P. 1974. Science in geography 3, data description and presentation. 119 p. Oxford University Press, London
- Reynolds, L. and Simmonds, D. 1981. Presentation of data in science. 209 p. Martinus Nijhoff Publishers, Boston, Mass.
- Tufte, E.R. 1983. The visual display of quantitative information. 198 p. Graphic Press, Cheshire, Connecticut

# Métabolisme, diffusion et rapport surface:volume chez les animaux.

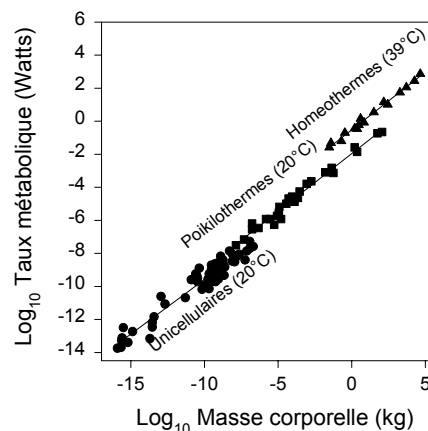
par Antoine Morin

## Introduction

Plusieurs aspects de la forme, de l'architecture générale et des comportements des protistes et des animaux peuvent être expliqués par la nécessité d'assouvir leurs besoins en oxygène, eau, et nutriments par des apports suffisants au niveau cellulaire. La diffusion est un mécanisme omniprésent dans le fonctionnement des structures, tissus et organes qui servent à fournir aux cellules ce dont elles ont besoin. Au cours de ce laboratoire, les facteurs influençant le taux de diffusion seront étudiés à l'aide de manipulations simples, puis vous observerez divers organismes pour identifier les stratégies employées pour faciliter la diffusion des gaz ou réduire l'évaporation en milieu terrestre.

## Besoins métaboliques des animaux

**Figure 1.** Effet de la taille (M, en kg) sur le taux métabolique basal (R, en Watts) d'organismes unicellulaires et pluricellulaires.  
 $R=0.018M^{0.75}$  pour les unicellulaires,  
 $R=0.14M^{0.75}$  pour les poïkilothermes,  
 $R=4.1M^{0.75}$  pour les homéothermes. (Modifié de Hemmingsen 1960)



Les besoins des organismes en oxygène et en énergie sont proportionnels à leur taille et à l'intensité de l'activité cellulaire et musculaire (Figure 1). Au repos, les taux métaboliques sont proportionnels à la masse exposant 0.75 ( $M^{0.75}$ ). Les gros animaux ont donc des besoins plus grands que les petits animaux, quoique, par unité de masse, les gros animaux ont moins besoins d'énergie que les petits. Pour une masse corporelle donnée, les organismes unicellulaires ont besoin de

moins d'énergie que les animaux à sang froid (poïkilothermes) , alors que les animaux à sang chaud (homéothermes) ont des besoins plus élevés.

Pour satisfaire leurs besoins par diffusion, les gros animaux bénéficient généralement de surfaces de contact plus grandes. Cependant, pour une forme donnée, la masse des organismes augmente plus rapidement que leur surface. Donc les besoins augmentent plus rapidement avec une augmentation de la taille que les apports par diffusion. Ceci impliquerait un déficit à moins que d'autres adaptations ou modifications ne viennent favoriser la diffusion chez les gros organismes.

Le **rapport surface:volume** des organismes peut être un indice de la facilité avec laquelle l'oxygène et les éléments nutritifs peuvent être obtenus et les déchets métaboliques peuvent être éliminés. Pour que deux organismes de taille différente (mais d'une architecture similaire) équilibrent leur demande métabolique à l'offre (taux de diffusion), il faut donc que leur rapport surface:volume soit similaire. Ceci peut être obtenu en changeant de forme de manière à s'éloigner de la forme sphérique ayant le rapport surface:volume le plus faible. Les changements dans la forme générale qui contribuent à maintenir un rapport surface:volume avantageux ne sont toutefois pas suffisants chez les gros organismes qui devront typiquement avoir des adaptations morphologiques, physiologiques, ou comportementales pour augmenter les taux de diffusion.

### Facteurs influençant la diffusion

Le taux de diffusion dépend principalement de trois facteurs: la **surface (S)** des zones d'échange, la **perméabilité** de la membrane ou du tissu au travers duquel se fait la diffusion (souvent inversement proportionnelle à son épaisseur, L), et la **différence de concentration** ( $\Delta C$ ) entre les deux côtés de la membrane ou du tissu.

$$D \propto \frac{S\Delta C}{L}$$

### Adaptations pour minimiser ou maximiser la diffusion

Pour maximiser la diffusion d'oxygène ou minimiser les pertes de chaleur ou d'eau par évaporation en milieu terrestre, les différents groupes d'animaux ont des adaptations qui touchent à ces trois facteurs. Par exemple, chez les animaux sans véritable système respiratoire et circulatoire, on observe fréquemment un changement dans la forme générale du corps entre les petits et les gros organismes: alors que les petits animaux ont souvent une forme sphérique ou cylindrique, les plus gros sont aplatis de manière à augmenter leur rapport sur-

face:volume. Chez les animaux terrestres, on observe une imperméabilisation du tégument de manière à réduire les pertes d'eau par évaporation. Enfin, la ventilation des surfaces d'échanges est souvent utilisée pour maintenir les gradients de concentration et maximiser la diffusion de l'oxygène au niveau des surfaces respiratoires en exposant le fluide interne pauvre en oxygène (ou riche en déchets métaboliques) à une eau propre et riche en oxygène immédiatement à la surface de la membrane externe.

### **Effets de la surface de contact, des différences de température, et de la ventilation sur les taux d'échanges thermiques.**

Dans la première partie de cette session de laboratoire, vous allez réaliser quelques manipulations simples et mesurer les échanges thermiques dans diverses conditions pour mettre en évidence les effets de quelques facteurs sur les taux de transferts d'énergie. Ces taux de réchauffement ou de refroidissement sont analogues aux taux de diffusions des gaz ou des ions mais peuvent être mesurés plus simplement avec une montre et un thermomètre.

Le protocole général est le suivant. Il s'agit de plonger un contenant rempli d'un volume connu d'eau froide dans un bain-marie et de mesurer l'accroissement de la température de l'eau dans le contenant pour une courte période de temps (de 2 à 3 minutes). Ces mesures vous permettront de calculer approximativement le taux de transfert de chaleur (en Watts ou Joules par seconde qui sont l'équivalent métrique de calories par unité de temps) qui servira d'analogie au taux de diffusion.

#### **Calcul du taux de transfert de chaleur**

Il faut calculer la quantité de chaleur accumulée par le volume d'eau froide par unité de temps. La quantité de chaleur accumulée dépend du volume d'eau dans le contenant et de l'augmentation de température. Une augmentation de 1°C par ml d'eau nécessite environ 4.2 joules (une calorie). Si 100 ml d'eau sont passés de 20 à 26°C, cela signifie que l'eau a emmagasiné  $6 \times 100 \times 4.2$  joules, soit 2520J. Si cet accroissement de température s'est fait en 3 minutes (ou 180 secondes), le taux moyen de transfert de chaleur a été de 14 Joules par seconde (ou 14 Watts).

### **Effet de la surface de contact**

Utilisez un petit bécher de 50 ml qui sera immergé dans 150 ml d'eau chaude dans un bécher de 600 ml. En vous assurant que la température initiale de l'eau chaude et de l'eau froide soit la même pour les deux expériences, calculer le taux de transfert de chaleur lorsque le bécher contient 20 ml d'eau froide et lorsque le bécher contient 40 ml d'eau froide. Mesurer la surface de contact entre l'eau froide et l'eau du bain-marie pour les deux volumes d'eau froide.

### **Effet de la différence de température**

En utilisant 40 ml d'eau froide dans un bécher de 50 ml, calculer le taux de transfert de chaleur lorsque la différence de température initiale entre les deux masses d'eau est de 5, 10 et 20°C environ.

### **Effet de la ventilation**

En utilisant 40 ml d'eau froide dans un bécher de 50 ml, calculer le taux de transfert de chaleur lorsque le contenant et le bain-marie sont immobiles, lorsque seule l'eau dans le contenant est agitée, et lorsque l'eau dans le contenant et dans le bain-marie sont agitées.

## **Adaptations des animaux pour favoriser ou réduire la diffusion**

Dans la deuxième partie de ce laboratoire, vous allez examiner quelques organismes représentant divers embranchements en vous attachant aux modifications et adaptations leur permettant de maximiser ou de minimiser les échanges avec le milieu ambiant.

### **Mesures**

Pour chaque organisme, vous devez estimer la surface externe, le volume, et le rapport surface:volume. Pour ce faire, vous allez assumer que la surface et le volume de ces animaux sont semblables à ceux d'objets de forme géométrique simples. Par exemple, que la surface et le volume d'un ver de terre sont à peu près ceux d'un cylindre de la même longueur et du même diamètre que le ver. Pour les organismes plats dont l'épaisseur est difficile à mesurer, vous assumerez simplement que l'épaisseur est d'environ 2 % de la plus grande dimension. Pour les organismes ayant des formes plus complexes et intéressantes (comme les étudiants et étudiantes), estimez la surface et le volume des membres et du tronc séparément comme si c'étaient des cylindres et la tête comme si c'était une sphère.

### Formules utiles pour le calcul des surfaces et volumes

	Surface	Volume
Sphère	$S = 4\pi R^2$	$V = \frac{4}{3}\pi R^3$
Cylindre	$S = 2\pi R^2 + 2\pi RL$	$V = \pi R^2 L$
Parallélépipède (rectangle)	$S = 2LH + 2LP + 2HP$	$V = LHP$

R=rayon, L=longueur, H=largeur, P=épaisseur

### Protistes

Observez un petit Protiste (comme *Tetrahymena*) et un gros Protiste (comme *Spirostomum*). Ces organismes ont-ils un rapport surface:volume élevé? Comment peuvent-ils augmenter leur taux de diffusion? En quoi la forme du gros Protiste diffère-t-elle de celle du petit? Comment cette différence de forme peut-elle affecter la diffusion?

### Vers plats

Observez un ver plat libre (comme la planaire) et un ver plat parasite (comme la douve du foie). Ces organismes dépendent de la diffusion au travers leur peau pour obtenir l'oxygène dont ils ont besoin. Comment leur forme peut-elle favoriser ces échanges? D'après vous, cette forme et l'épiderme perméable permettent-ils la vie en milieu terrestre?

### Vers de terre

Le lombric (ver de terre) respire aussi par diffusion au travers son épiderme. Son rapport surface:volume est-il aussi élevé que chez les vers plats? Il y a chez les lombrics un système circulatoire et des pigments respiratoires (hémoglobine) qui augmentent l'efficacité des échanges avec l'environnement.

### Oursins

Observez particulièrement la face inférieure (orale) de l'oursin. Ces animaux dépendent de la diffusion au niveau de la fine membrane recouvrant leur multitude de pieds ambulacraires pour obtenir l'oxygène dont ils ont besoin. De plus, leur corps est parcouru par un réseau de tubes rempli de liquide au lieu d'être rempli de cellules, ce

qui favorise la diffusion des gaz dans tout le corps. Néanmoins, ces animaux ne pourraient soutenir une activité musculaire intense qui demanderait beaucoup d'oxygène.

### **Poissons**

Les poissons ont des organes spécialisés, les branchies, qui servent à la respiration. Les branchies sont formées de nombreux replis et leur surface d'échange est beaucoup plus grande qu'il n'y paraît. Les poissons ont aussi un système circulatoire et des pigments respiratoires pour augmenter l'efficacité des transferts gazeux au niveau des branchies.

### **Tortues**

La tortue, comme les autres animaux vivant en milieu terrestre, doit faire un compromis entre exposer des surfaces respiratoires à l'atmosphère pour obtenir de l'oxygène et se débarrasser du gaz carbonique, et imperméabiliser l'épiderme pour éviter la déshydratation. Noter que l'épiderme, couvert d'écailles ou entouré d'une carapace, ne permet pas d'échanges par diffusion. Les surfaces respiratoires sont les poumons, situés dans la cage thoracique, et ils communiquent à l'extérieur par les voies respiratoires qui servent, entre autres, à réduire les pertes d'eau.

### **Humains**

Nous avons, comme les autres animaux à sang chaud, des besoins métaboliques très élevés. Nos surfaces respiratoires et notre système circulatoire qui pompe le sang avant et après son passage dans les poumons, maximisent les échanges gazeux. Notre épiderme est relativement imperméable, et certaines parties de notre corps sont couvertes de poils pour réduire les échanges thermiques (comment?). Notre rapport surface:volume est relativement faible, ce qui facilite le maintien de notre température corporelle.

# Protozoa et Porifera

par Jon G. Houseman

## Introduction

Au cours de ce laboratoire, vous examinerez deux groupes d'organismes. Le premier groupe est formé d'organismes unicellulaires du règne des Protistes. Vous examinerez particulièrement des organismes hétérotrophes communément regroupés chez les Protozoaires. Quoique certains protozoaires forment des colonies formées d'agrégats de cellules, ces cellules continuent à fonctionner indépendamment les unes des autres. C'est ce qui les distingue du second groupe d'animaux que vous observerez, les Porifères, communément appelés éponges.

Les éponges représentent l'une des premières stratégies pour augmenter la taille d'un organisme en augmentant le nombre de cellules qui le forment. Dans ce courant évolutif, les cellules additionnelles sont organisées en ce qui paraît être deux couches. Quoiqu'il y ait une certaine division du travail entre les cellules retrouvées dans ces deux couches, chaque cellule est totipotente (a la capacité de former toutes les parties de l'animal) et est caractérisée par une grande plasticité. C'est à cause de cette grande plasticité que les éponges sont des parazoaires, et peuvent être distinguées des métazoaires chez qui les cellules sont organisées en véritables tissus et sont moins plastiques.

## Les Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires microscopiques qui, à cause de leur membrane nue, ne se retrouvent que dans les habitats humides ou aquatiques comme les océans, les lacs ou le sol. Ceux qui vivent dans le sol exploitent les microhabitats humides retrouvés entre les granules. Leur petite taille a également permis à certains d'entre eux, comme *Plasmodium* qui cause la malaria, de devenir des parasites et ainsi d'affecter la destinée des hommes.

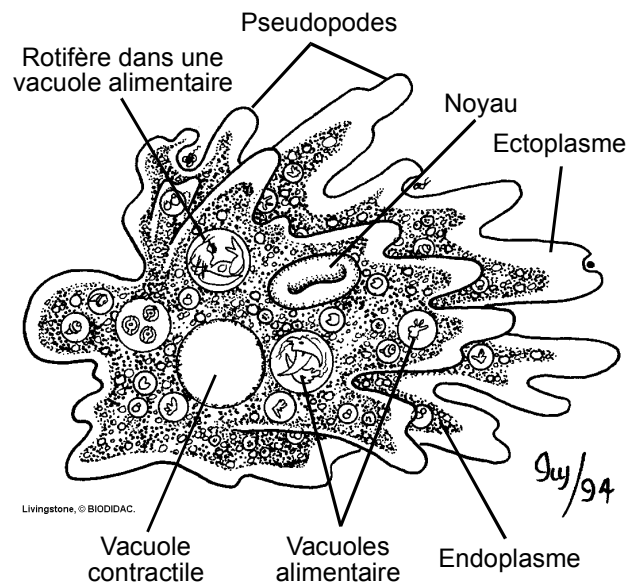
Chaque protozoaire est une cellule très spécialisée capable de remplir toutes les fonctions vitales. Les protozoaires doivent se déplacer, digérer, respirer, éliminer leurs déchets par excrétion et se reproduire pour survivre. Leur cellule unique est donc beaucoup plus complexe que les cellules retrouvées chez les métazoaires.

Il fut un temps où tous les organismes hétérotrophes unicellulaires étaient regroupés dans l'embranchement des Protozoaires. Cela n'est plus le cas. Pour regrouper tous ces organismes dans le même embranchement, il faudrait qu'ils aient un ancêtre commun. Les

découvertes des 15 dernières années en protozoologie suggèrent que cela n'est pas le cas. Quoique les taxonomistes ne s'entendent pas entièrement, on reconnaît 8 embranchements dans le règne des Protistes.

Plutôt que d'essayer d'identifier des organismes de tous les embranchements et sous-embranchements, vous allez examiner des organismes qui illustrent les divers modes de locomotion. Ces mécanismes servent en partie à distinguer les groupes de protozoaires. Cela vous permettra d'apprendre à identifier certains des taxa principaux de Protozoaires.

Figure 2. *Amoeba proteus*



### Préparation des lames

Le succès de ce laboratoire repose sur votre habileté à préparer des lames pour examiner les protozoaires. Vous devriez pratiquer l'étape 5 en utilisant simplement de l'eau du robinet avant de tenter de le faire avec des spécimens vivants. Si votre montage est bon, avec la goutte d'eau scellée avec de la gelée de pétrole de tous les cotés, vous devriez pouvoir observer votre spécimen pour plus de 5 minutes.

Suivez ces étapes pour la préparation de vos lames. Assurez-vous de ne pas mélanger les compte-gouttes utilisés pour chaque culture.

1. Ne perturbez ni ne brassiez les cultures. En tenant votre compte-gouttes en l'air (pas dans la culture) faites sortir de la poire un volume d'air égal à environ une goutte de culture.
2. En maintenant la poire pincée, descendez l'extrémité du compte-gouttes au fond de la bouteille de culture. La plupart des protozo-

aires seront à la surface des débris que vous voyez au fond pour s'y nourrir et s'y cacher.

3. Relâchez la pression sur la poire pour aspirer une petite quantité de débris. Déposez une goutte sur votre lame de microscope.
4. Ajoutez une goutte de Protoslo (méthylcellulose) à votre préparation afin de ralentir les protozoaires.
5. Étendez une mince couche de gelée de pétrole sur votre main. Grattez doucement ce film avec les 4 côtés d'une lamelle de manière à les enduire d'une petite quantité de gelée de pétrole. Déposez la lamelle sur la lame.

La plupart des petits protozoaires sont photophobes et tentent de se cacher. C'est une réaction de défense car les hautes intensités lumineuses signalent souvent un environnement où la température n'est pas adéquate ou qui s'évaporerait sous peu. Ce comportement vous posera un problème lors de votre examen au microscope et la lumière vous empêchera peut-être d'observer les mouvements qui vous intéressent.

Il y a deux solutions à ce problème. La première est de réduire l'intensité lumineuse à son minimum. La seconde est d'éteindre la lumière pour une minute ou deux avant d'examiner le spécimen. Si votre montage est bon, laissez la lame reposer sur le comptoir quelque temps pour laisser à l'organisme le temps de s'y adapter.

### **Mouvement amiboïde**

Le nom commun d'amibe fait référence à un groupe de Protistes unicellulaires qui se déplacent par des extensions du protoplasme leur permettant de glisser sur le substrat. Ce type de locomotion est appelé mouvement amiboïde. Ce nom commun d'amibe est utilisé pour un véritable groupe taxinomique, le sous-embranchement Sarcodina dans l'embranchement Sarcomastigophora. Le mouvement amiboïde n'est pas retrouvé uniquement chez les amibes mais est commun dans tout le règne animal. Plusieurs des cellules se déplacent par mouvement amiboïde à l'intérieur du corps des métazoaires. Les cellules amiboïdes ne doivent pas être confondues avec les amibes.

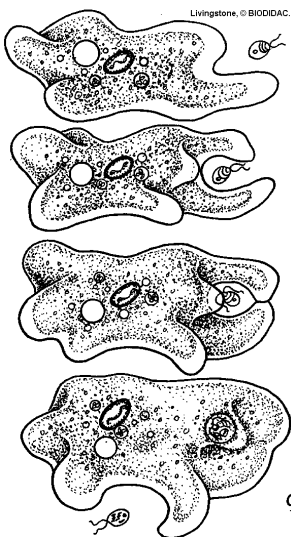
Comme les autres protozoaires, les amibes (ou sarcodiniés) peuvent être retrouvées dans tous les habitats humides. Elles s'alimentent de sources variées, mais les amibes dulcicoles dépendent surtout des bactéries ou de petits protozoaires autotrophes pour s'alimenter. Dans certains cas elles peuvent se nourrir d'autres petits protozoaires. La reproduction est asexuée par fission binaire. Chez les formes dulcicoles et chez celles qui vivent dans un environnement plus variable que l'environnement marin, les amibes peuvent s'enkyster pour survivre plusieurs mois aux conditions difficiles.

Les amibes n'ont pas toutes un protoplasme exposé. Leur forme charnue en fait une proie intéressante et plusieurs ont développé des coquilles ou tests pour se protéger. Observez les lames préparées illustrant ces structures de défense.

### Observations du spécimen vivant - les amibes

Pour préparer votre lame, commencez par localiser au fond de la bouteille de culture, une petite masse blanchâtre de protoplasme à peine visible à l'oeil nu. Lorsque vous aurez effectué votre montage, observez votre lame sur un fond noir, ou à faible grossissement, et notez comment la forme irrégulière change constamment avec l'extension et la rétraction du cytoplasme. Ces extensions, appelées pseudopodes, sont à la base de la locomotion et de l'alimentation chez les amibes (Fig. 3). À faible grossissement observez l'intérieur des pseudopodes. Vous pourrez y voir le protoplasme se déplaçant dans la direction du mouvement. Les amibes peuvent changer brusquement de direction et le mouvement du protoplasme change alors de direction. Les amibes n'ont donc pas de partie antérieure ou postérieure définie.

Figure 3. Phagocytose



Observez maintenant votre amibe à fort grossissement (Fig. 2). Faites attention de ne pas écraser votre préparation en écrasant la lamelle avec l'objectif. Trouvez un pseudopode. Le protoplasme qui s'y trouve est formé d'un film clair à l'extérieur, l'ectoplasme ou plasmagel, et d'une masse granulaire plus liquide au centre, l'endoplasme (ou plasmasol). L'apparence granulaire de l'endoplasme est due à des parcelles de nourriture contenues dans des vacuoles, des granules de réserves (gouttelettes de graisse) et de tout petits grains de sable.

Visible, mais moins évident, est le noyau. Ce corps biconcave en forme de disque apparaît plus pâle que le reste de l'endoplasme. Il ne contient pas de vacuoles alimentaires et peut se retrouver normalement au centre géométrique de la cellule.

Trouvez la vacuole contractile qui, lorsque pleine, a la forme d'une sphère claire assez grosse ( $\sim 50 \mu\text{m}$ ). Dans un moment elle va éclater en expulsant son contenu à l'extérieur de la cellule. Cette partie du cycle de la vacuole contractile s'appelle systole. Au site de la systole des petites vésicules apparaissent et se fusionnent (période de coalescence). Une fois que la coalescence est terminée une simple vacuole est visible. Cette vacuole contractile va augmenter son diamètre régulièrement (période de croissance continue) jusqu'au moment de la prochaine systole. Les périodes de coalescence et de croissance continue forment la deuxième partie du cycle de la vacuole contractile qui s'appelle diastole. Si vous observez l'amibe pour à peu près cinq minutes vous verrez le cycle complet. Ces vacuoles contractiles sont

plus abondantes dans les espèces dulcicoles qui doivent compenser pour la pression osmotique faible du milieu environnant en expulsant continuellement le surplus d'eau.

### **Lames préparées- *Amoeba***

Sur les lames d'amibes qui ont été colorées, le noyau est aisément visible (une structure sphérique ou en forme de disque) parce que le colorant employé fait ressortir les acides nucléiques. Essayez aussi d'identifier les structures suivantes: membrane plasmique, vacuole contractile, vacuoles alimentaires, endoplasme, ectoplasme.

### **Locomotion à l'aide d'un flagelle**

Le deuxième sous-embranchement des Sarcomastigophora est celui des Mastigophora ou Flagellés. Le nom de l'embranchement est formé de ceux des deux sous-embranchements.

Les Mastigophora se servent de leur flagelle pour se mouvoir. La raison pour laquelle les amibes et les flagellés sont réunis dans le même embranchement est que certains protozoaires utilisent le mouvement amiboïde à un stade de leur vie et leur flagelle à un autre stade. Si une espèce peut passer d'un mode de locomotion à un autre, il est probable que les organismes qui utilisent l'un ou l'autre de ces modes de locomotion ont un ancêtre commun. C'est pourquoi ces deux groupes d'organismes sont regroupés en un seul embranchement.

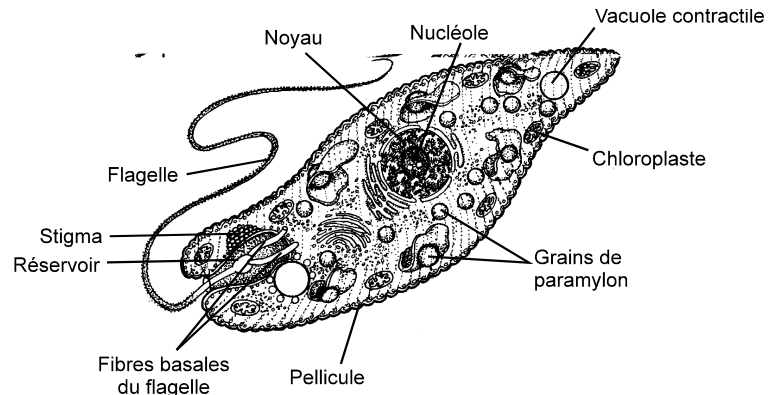
### **Observation du spécimen vivant - *Euglena***

Les Flagellés vivant librement sont rarement disponibles chez nos fournisseurs de matériel de laboratoire, particulièrement les Flagellés hétérotrophes. Par conséquent nous devons utiliser *Euglena*. Les espèces de ce genre vivent dans les étangs, mares et fossés, particulièrement ceux contaminés avec des matières fécales ou des matières organiques en décomposition. Ils peuvent alors devenir assez abondants pour donner à l'eau l'apparence d'une soupe verdâtre.

Le genre comprend surtout des espèces autotrophes et quoique *Euglena* puisse survivre en faisant de la photosynthèse, elle prospère mieux si elle peut absorber des acides aminés et autres composés organiques de l'eau. Certaines espèces d'euglènes peuvent vivre en absence de lumière en absorbant directement la matière organique dissoute. Ils se reproduisent par fission binaire et peuvent, lorsque les conditions sont très défavorables, perdre leur flagelle, prendre une forme sphérique et sécréter un kyste résistant.

Préparez une lame avec quelques spécimens vivants. La chaleur de la lampe du microscope va ralentir les euglènes et vous n'aurez pas besoin de Protoslo. Si les euglènes sont quand même trop rapides, préparez une seconde lame avec du Protoslo. Pourquoi ces organismes ralentissent-ils pour rester dans la lumière plutôt que d'essayer de s'échapper comme leurs cousines les amibes?

Figure 4. *Euglena*



La première caractéristique évidente de ces organismes est leur couleur verte due à la présence de chlorophylle (Fig. 4). Leurs déplacements se font en tournant sur eux-mêmes tout en avançant, un peu comme une spirale (aussi comme un tire-bouchon). Le seul moment où leurs mouvements se font différemment est lorsqu'ils tentent de passer par une petite ouverture. Le mouvement résulte alors de vagues de contractions qui se déplacent le long du corps de l'animal.

Observez attentivement l'extrémité antérieure pour localiser le flagelle qui bat rapidement. Vous devrez peut-être ajuster constamment la vis focale fine du microscope ou ajuster l'intensité lumineuse pour voir le flagelle. Le battement du flagelle part de la base et s'éloigne du corps de la cellule. Le flagelle est inséré dans une mince gouttière qui s'élargit à la base pour former le réservoir. Près de la base du flagelle se trouvent des granules rougeâtres qui forment le stigma. Quoique la structure de la gouttière et du réservoir ne soient pas discernables sur vos spécimens vivants, vous devriez voir le stigma.

Le stigma est photosensible et c'est la position de l'ombre du flagelle qui permet à l'euglène de s'orienter par rapport à la lumière. Juste derrière la base du flagelle se trouve la vacuole contractile qui rejette les surplus d'eau dans le réservoir avant de se remplir à nouveau.

La surface de la cellule semble être couverte d'un mince filet. Cette apparence est due à la pellicule qui augmente la rigidité de la membrane plasmique et permet à l'euglène de conserver sa forme. Rappelez-vous que le flagelle est ancré à la cellule par la membrane plasmique et que les forces générées par le battement du flagelle sont dissipées à toute la surface de la cellule par la pellicule.

### **Lames préparées - *Euglena***

Identifiez le flagelle, le stigma, la pellicule, le réservoir, le noyau et la vacuole contractile.

À l'intérieur de la cellule il y a de nombreux chloroplastes allongés contenant de la chlorophylle et un corpuscule plus foncé, le pyrénôïde. Le pyrénôïde est un granule de protéine et est le site de formation de l'amidon.

Avec une bonne lame et en utilisant l'objectif à immersion, il est parfois possible de voir les structures à la base du flagelle. Au niveau de l'ouverture du réservoir, le flagelle semble se séparer en deux fibres basales plus épaisses. Ce sont ces fibres qui font de l'ombre au stigma. Tous les flagellés ont un ancêtre commun biflagellé. Chez *Euglena* tout ce qui reste du deuxième flagelle est cette seconde fibre basale dans le réservoir.

### **Locomotion à l'aide de cils**

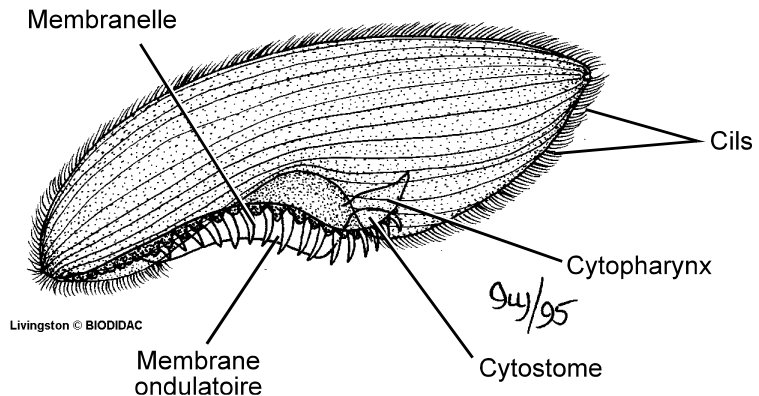
Le troisième mode de locomotion chez les protozoaires s'effectue à l'aide de cils. Les protozoaires ciliés, les Ciliophora, forment l'embranchement le plus diversifié de protozoaires. Contrairement aux flagellés qui n'ont qu'un seul flagelle (deux chez l'ancêtre), les cils des Ciliés se retrouvent sur toute la surface de ces organismes. Ces cils permettent à l'organisme de se mouvoir et peuvent aussi être utilisés pour capturer les particules alimentaires.

Les cils peuvent être modifiés de différentes façons et ce sont ces modifications qui caractérisent les différents groupes dans l'embranchement. Chez les Ciliés les plus simples, tous les cils ont la même taille et la même longueur et sont distribués régulièrement sur toute la surface. Chez les Ciliés les plus évolués, les cils sont fusionnés pour former des structures complexes et spécialisées pour des fonctions différentes comme l'alimentation ou la locomotion.

Une autre caractéristique des Ciliés qui les distingue des autres protozoaires est la nature dimorphique du noyau. Les Ciliés ont un macronucléus qui contrôle les fonctions somatiques et un micronucléus impliqué dans les échanges de matériel génétique lors de la conjugaison.

Vous avez déjà observé *Paramecium* dans d'autres laboratoires, et vous prendrez quelques instants pour le comparer à *Blepharisma*.

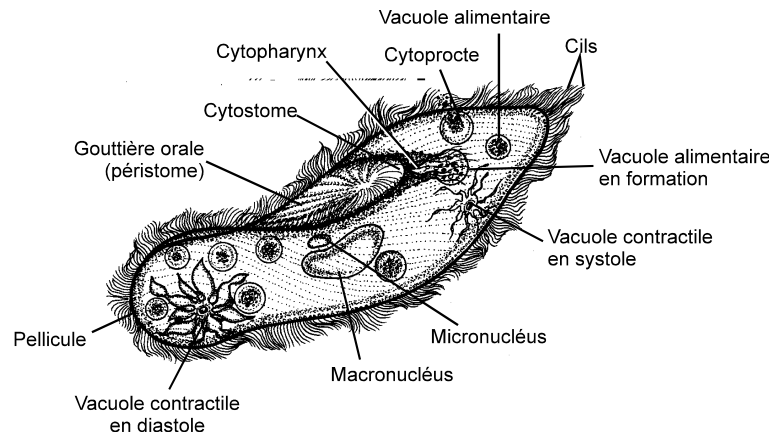
Figure 5. *Blepharisma*



### Préparation de la lame - *Paramecium*

Les membres de ce genre sont parmi les protozoaires les plus communs. Ils sont particulièrement abondants dans les eaux contenant du matériel organique en décomposition où ils se nourrissent principalement des bactéries responsables de cette décomposition. *Paramecium* se multiplie principalement par fission binaire qui génère des copies identiques du parent. La conjugaison permet l'échange de matériel génétique entre deux individus, permettant ainsi de créer un individu génétiquement unique. Pourquoi cette recombinaison est-elle avantageuse?

Examinez les spécimens vivants en utilisant du Protoslo pour votre préparation (Fig. 6). À faible grossissement vous pourrez noter leur forme allongée rigide et les battements des cils qui couvrent l'organisme. Le battement des cils cause le mouvement en spirale. L'extrémité antérieure est plus aplatie que la postérieure, et sur un des côtés il y a un sillon menant au cytostome et au cytopharynx.

Figure 6. *Paramecium*

À plus fort grossissement, examinez la surface de l'organisme. Comme *Englena*, il y a une pellicule mais sa structure est plus complexe. La pellicule est formée d'un épaissement de la paroi cellulaire et des fibrilles interciliaires qui renforcent la membrane plasmique et permettent de coordonner l'action des cils à la surface du protozoaire. Quoiqu'ils soient invisibles dans ces conditions, la pellicule contient également des trichocystes.

Observez le fonctionnement de deux vacuoles contractiles.

L'endoplasme fluide apparaît granulaire parce qu'il contient de nombreuses vacuoles alimentaires, des granules de réserves alimentaires, et le gros noyau difficile à observer chez le spécimen vivant.

### Préparation de la lame - *Blepharisma*

Cette espèce de Cilié est beaucoup plus grande que *Paramecium*. Les rangées de cils sont arrangées en spirales diagonales et la pellicule est apparente (Fig. 5). Au lieu d'un sillon alimentaire, *Blepharisma* possède des complexes de cils qui sont fusionnés pour former une membrane ondulatoire autour de la partie antérieure de l'animal. La nourriture est capturée par les cils et transférée au cytopharynx en passant par le cytostome.

Le macronucléus est visible et a l'apparence d'un collier de petites billes le long de l'animal. Observez la systole et diastole de la vacuole contractile de votre spécimen.

### Lames préparées

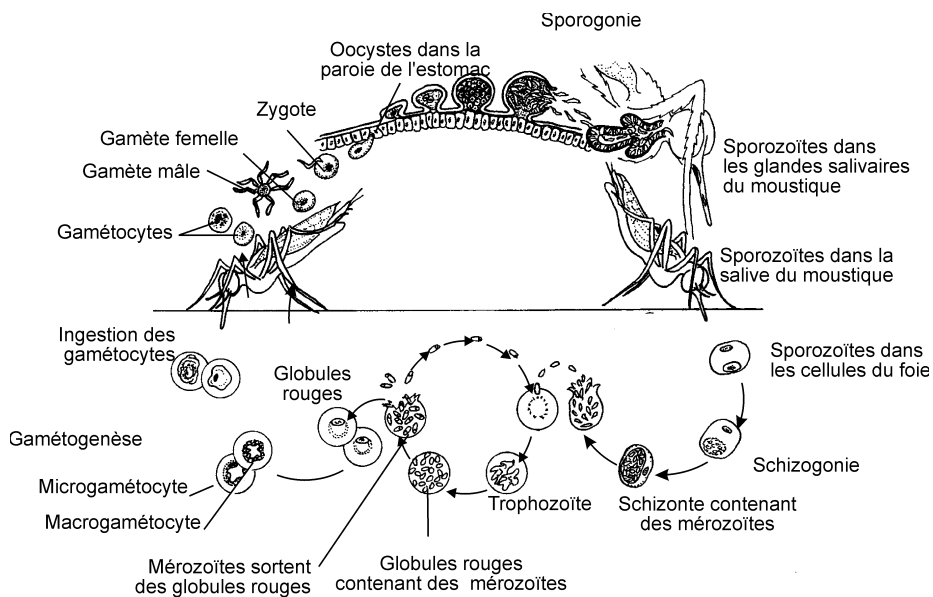
Examinez les lames de spécimens colorés de *Paramecium* et *Blepharisma* et observez le micronucléus, le macronucléus, la pellicule, les vacuoles alimentaires, la vacuole contractile, le cytostome, le cytopharynx et les cils. Comparez l'organisation des cils chez les deux organismes.

Des lames illustrant la reproduction asexuée par fission binaire et la conjugaison chez *Paramecium* sont également disponibles.

### Cycle biologique de *Plasmodium* (La Malaria)

Examinez les lames en démonstration de quelques stades du cycle vital de *Plasmodium*. Cet endoparasite a un cycle biologique complexe (Fig. 7) qui est très bien synchronisé avec celui de ses hôtes. Regardez dans votre manuel du cours (Hickman, Roberts et Larson, p. 80) pour une description complète. Les stades à regarder chez le moustique sont les oocystes dans la paroi de l'estomac et les sporozoïtes dans les glandes salivaires. En plus, vous devriez observer les trophozoïtes à l'intérieur des globules rouges et les mérozoïtes au moment de la rupture des érythrocytes dans les préparations du sang humain. Comment pouvez-vous différencier un globule blanc nucléé d'un globule rouge infecté?

**Figure 7.** Cycle biologique de *Plasmodium* (la malaria)



## Les éponges

Les Porifera forment le seul embranchement du groupe des Parazoaires. Ce sont des organismes multicellulaires chez qui il y a division du travail entre les différentes cellules et donc spécialisation pour certaines fonctions. La plupart des zoologistes croient que la première spécialisation fut entre les cellules somatiques et germinales. Cette spécialisation a eu comme conséquence de libérer les cellules somatiques des fonctions liées à la reproduction, leur permettant de se spécialiser pour les autres fonctions. Les gamètes se sont spécialisés pour

la reproduction et sont devenus dépendants des cellules somatiques pour leur survie. Les Porifères représentent la forme la plus simple d'organismes multicellulaires.

Les cellules des Porifères sont différenciées mais ne forment pas de véritables tissus. C'est pourquoi on les classe comme Parazoaires. En fait la différenciation cellulaire est réversible et les cellules sont totipotentes puisqu'elles peuvent se redifférencier en une autre forme spécialisée si nécessaire.

Ces animaux dépendent beaucoup des processus de diffusion, tout comme les Protozoaires. La diffusion peut être favorisée en augmentant la surface de contact avec l'environnement, et l'architecture des éponges illustre bien cette stratégie.

Les éponges sont principalement des organismes marins (il y a quelques espèces dulcicoles), sessiles et filtreurs. Les particules en suspension dans l'eau sont capturées par les choanocytes tapissant la cavité interne (spongiocoele) de l'éponge. Le battement du flagelle de chaque choanocyte fait circuler l'eau dans le corps de l'animal. L'eau entre par le pore inhalant ou par les porocytes puis passe par les canaux, chambres, et/ou cavités de l'animal pour être filtrée, puis est rejetée à l'extérieur par l'oscule.

Les cellules à la face extérieure de l'animal forment le pinacoderme. Le choanoderme tapissant le spongiocoele est formée d'une seule couche de choanocytes. Entre le choanoderme et le pinacoderme se trouve la mésoglée, une matrice gélatineuse qui contient des amibocytes qui transfèrent les éléments nutritifs des choanocytes aux cellules du pinacoderme.

Cette association de cellules est supportée par un endosquelette de spicules composées de calcium, de silice ou de protéines. Les spicules servent aussi de façon pratique à identifier les différentes espèces d'éponges.

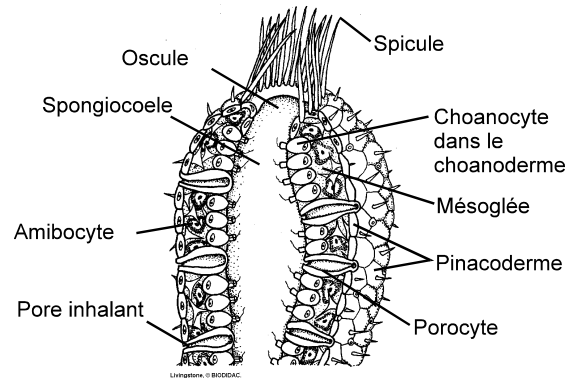
### **Architecture des éponges**

Il y a trois types d'architecture retrouvés chez les éponges. Les éponges appartenant à chaque type peuvent être retrouvées dans plusieurs des groupes taxinomiques. Ces différentes architectures reflètent les différentes stratégies pour pomper l'eau au travers du corps de l'animal. Les éponges les plus complexes maximisent la surface de contact avec l'eau en circulation.

L'architecture la plus simple est de type ascon (Fig. 8). Le pinacoderme est percé de porocytes par lesquels l'eau pénètre dans la cavité centrale, le spongiocoele, avant de ressortir par un oscule large au sommet de l'animal. Le spongiocoele est tapissé de choanocytes. Ces

éponges sont généralement très petites et ont la forme d'un vase. Leur système de filtration est inefficace car la surface de contact est réduite entre les choanocytes et l'eau à filtrer. Examinez les spécimens de *Leucosolenia* au microscope à dissection et sur une lame préparée.

Figure 8. Éponge ascon



Les éponges sycon (Figs. 9, 10) ressemblent à celle de type ascon sauf que la paroi corporelle est repliée sur elle-même et que des pores remplacent les porocytes. L'eau entre par les pores inhalants (ou ostia), passe dans les canaux inhalants et à travers les prosopyles pour se rendre dans les canaux radiaires tapissées de choanocytes. À partir des canaux radiaires, l'eau passe par les apopyles pour se rendre au spongiocoele (qui n'est pas tapissé de choanocytes) avant de ressortir par l'oscule. *Grantia* (aussi appelé *Scypha*) illustre cette architecture (Fig. 9).

Figure 9. *Grantia*, coupe transversale d'une éponge sycon

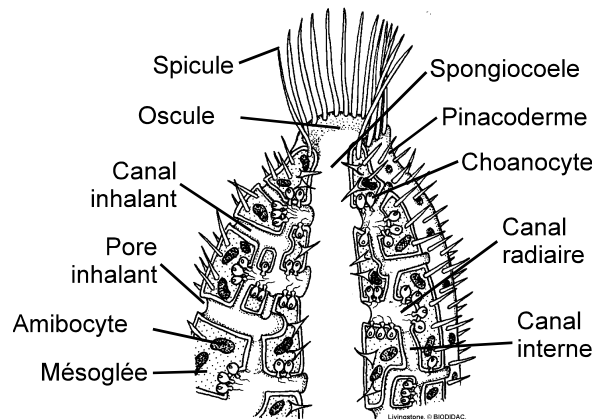
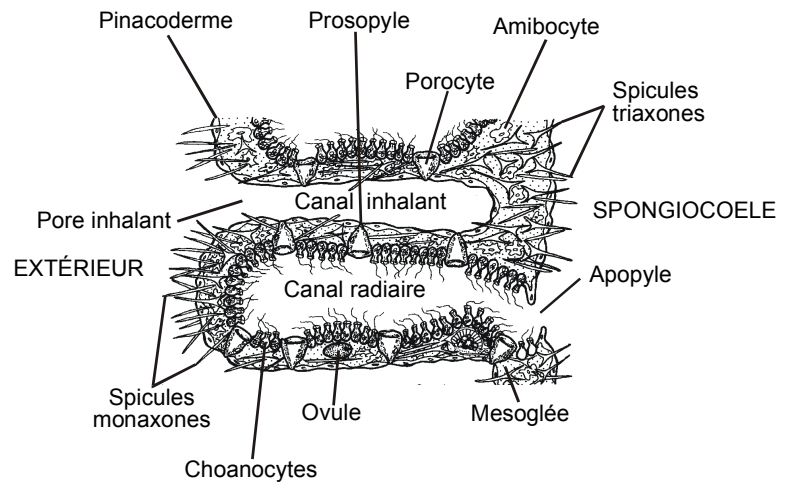
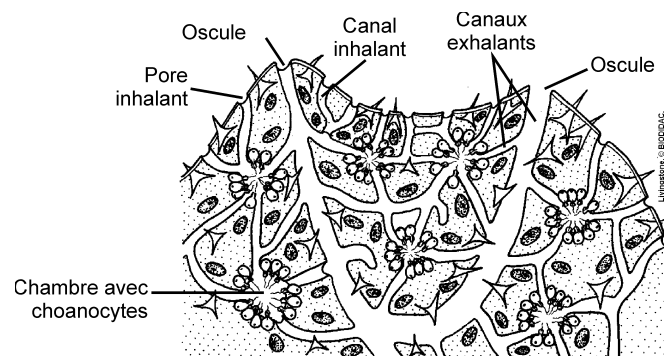


Figure 10. Éponge sycon



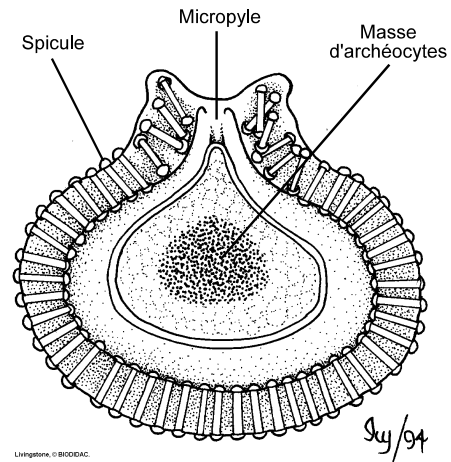
Le mode de filtration le plus efficace est retrouvé chez les éponges leucon (Fig. 11). L'eau entre par les pores et passe dans des canaux inhalants vers les chambres choanocytaires (au lieu des canaux radiaires). Après avoir été filtrée, l'eau passe dans une série de canaux exhalants qui se fusionnent juste avant l'oscule. Le spongiocoele est absent. L'éponge de bain illustre bien cette architecture.

Figure 11. Éponge leucon



Les éponges se reproduisent asexuellement par bourgeonnement ou en produisant des gemmules (Fig. 12) formées d'amibocytes non différenciés (archéocytes) couverts d'une couche de spicules protectrices. Ces gemmules sont relâchées lorsque l'éponge parentale se décompose après sa mort. Observez les lames préparées de gemmules.

Figure 12. Gemmule



Les éponges sont hermaphrodites et se reproduisent sexuellement en libérant les gamètes mâles et femelles à différentes périodes pour éviter l'autofertilisation. Vous devriez être capable de reconnaître les structures caractéristiques de l'embranchement et comprendre comment l'eau circule dans les différents types d'éponges.

# Les Cnidaires

par Jon G. Houseman

## Plans de symétrie chez les animaux

Quoique très peu d'animaux soient parfaitement symétriques, on peut classer les animaux selon leur type de symétrie. On retrouve 5 types de symétrie chez les protozoaires et les animaux. Les quatre premiers sont: sphérique, radiale, biradiale et bilatérale. Le cinquième type correspond à l'absence complète de symétrie, l'asymétrie, retrouvée chez les éponges.

La symétrie sphérique est rare et le meilleur exemple est le protozoaire colonial *Volvox*. Chez cet organisme, n'importe quel plan de symétrie passant par le centre de l'organisme sépare deux moitiés qui sont des images miroir l'une de l'autre. Les animaux ayant une symétrie sphérique sont bien adaptés à une existence pélagique où ils peuvent interagir avec leur environnement dans toutes les directions à la fois.

Le corps des animaux à symétrie radiale est arrangé autour d'un axe central longitudinal allant de face où se trouve la bouche (face orale) à la face opposée, la face aborale. En effectuant une rotation du plan de symétrie autour de cet axe central, on peut créer un nombre infini de moitiés parfaitement symétriques. Les animaux à symétrie radiale prennent souvent la forme d'un cylindre, d'un disque, ou d'une étoile et ont une face orale et une face aborale sans avoir de droite ni de gauche, de partie antérieure ou postérieure, ni de face ventrale ou dorsale. Ces animaux sont bien adaptés à la vie planctonique ou au mode de vie sessile suspensivore où ils doivent réagir aux stimuli venant de tous côtés.

Les animaux à symétrie biradiale semblent, au premier coup d'oeil, avoir une symétrie radiale. Cependant, au moins une partie de leur corps est paire. Au lieu d'avoir une infinité de plans de symétrie, il n'y a plus que deux plans qui créent des images miroirs. Les animaux à symétrie biradiale sont adaptés pour les mêmes conditions de vie que les animaux à symétrie radiale.

Les animaux à symétrie bilatérale ont un corps qui est symétrique de part et d'autre d'un plan passant par leur axe principal, créant une moitié gauche qui est l'image miroir de celle de droite. Ils ont donc un côté droit et un côté gauche, une partie antérieure et postérieure, et une face ventrale et dorsale. Ces animaux se déplacent principalement

vers l'avant, leur extrémité antérieure est typiquement céphalisée et on y retrouve une concentration de structures sensorielles et permettant la capture de la nourriture.

Il y a deux embranchements importants d'animaux à symétrie radiale dans le règne animal: Cnidaria et Echinodermata. Mais il y a peu de caractères communs, autre que la symétrie, entre ces deux embranchements. Les Cnidaires sont des animaux primitifs retrouvés vers le bas de l'arbre phylogénétique. Ils ne possèdent que deux couches de tissus. De leur côté, les Échinodermes ont trois couches de tissus et ont une cavité interne dans la couche médiane (mésoderme) qui est absente chez les Cnidaires. L'évidence la plus claire indiquant que ces deux groupes ne sont pas apparentés est que les Échinodermes ont une larve ayant une symétrie bilatérale. Ceci indique que la symétrie radiale dans ce groupe est une caractéristique dérivée et non un caractère ancestral comme chez les Cnidaires.

## Embranchement Cnidaria

Il y a de nombreuses différences importantes entre les éponges et les Cnidaires. La plus importante est l'apparition de deux couches de tissus véritables: l'ectoderme qui couvre l'animal à l'extérieur et l'endoderme (gastroderme) qui tapisse l'appareil digestif. Les Cnidaires partagent avec d'autres animaux un caractère lié au développement embryonnaire, la gastrulation. La gastrula dérive de la blastula dont la couche unique de cellules se divise en deux couches. Durant la gastrulation, la bouche est formée au niveau du blastopore. Tous les animaux qui sont apparus après ce groupe ont également au moins deux couches de tissus formées par gastrulation.

Les structures caractéristiques de l'embranchement sont reliées à leur mode de vie. Les Cnidaires sont des prédateurs qui utilisent des cellules urticantes uniques, les cnidocytes, pour capturer leurs proies. Ce sont les animaux les plus primitifs ayant une symétrie quelconque. Leur symétrie radiale est considérée soit comme un caractère ancestral de l'embranchement ou comme un caractère ancestral des eumétozoaires. Finalement, les Cnidaires ont généralement deux stades distincts: un polype sessile et une méduse nageant librement. Au cours de leur cycle biologique, les Cnidaires alternent du stade polype au stade méduse (alternance des générations). Les Cnidaires ancestraux alternaient tous entre ces deux générations d'individus, mais chez les groupes les plus récents, l'un ou l'autre de ces deux stades domine alors que l'autre peut disparaître entièrement.

## Classification des Cnidaires

Il y a quatre classes de Cnidaires, et trois d'entre elles sont caractérisées par leur cycle biologique. Chez les Hydrozoaires, il y a généralement alternance des générations et le stade polype et le stade méduse ont une égale importance. L'hydre d'eau douce est une exception chez les Hydrozoaires et n'a pas de stade méduse. On considère que la disparition de ce stade est une conséquence de la colonisation des milieux dulcicoles par des animaux ancestralement marins. Chez les Scyphozoaires, la méduse est le stade dominant et le stade polype est réduit ou absent. Chez les Cubozoaires, il n'y a qu'un stade méduse qui a une forme de cube. Finalement, chez les Anthozoaires, c'est le stade polype qui domine et la méduse est absente. Il y a deux types de polypes chez les Anthozoaires. Les plus gros et charnus sont typiques des anémones alors que les coraux ont de petits polypes délicats.

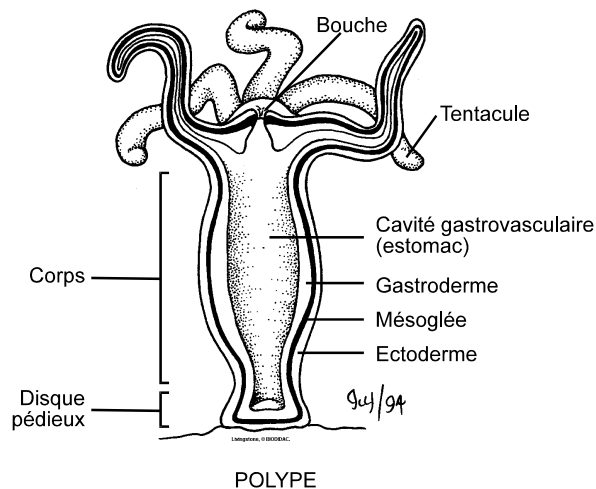
## Hydrozoaires

Vous allez observer deux Hydrozoaires. Le premier est *Hydra*, qui est atypique parce qu'il n'a pas de stade méduse. Ces petits polypes sont retrouvés dans les ruisseaux, rivières et lacs. Le deuxième est *Obelia*. C'est un Hydrozoaire marin qui illustre l'alternance des générations typique du groupe. Chez *Obelia* les polypes forment des colonies.

### Hydra

Les hydres peuvent être facilement obtenues de nos fournisseurs et vous permettront d'observer certains comportements typiques des polypes. Prenez une hydre vivante dans le bocal de culture et déposez-le dans un verre de montre avec un peu de la solution de culture. N'utilisez pas d'eau du robinet (Pourquoi?). Examinez *Hydra* à la loupe binoculaire ou au plus faible grossissement de votre microscope.

Le corps a la forme d'un long cylindre et l'axe oral-aboral passe du disque pédieux situé à une extrémité jusqu'à la bouche à l'autre extrémité (Fig. 13). Le disque pédieux est utilisé pour se fixer au substrat et de six à dix tentacules entourent la bouche. Si vous observez attentivement les tentacules, vous verrez qu'ils ont une apparence noueuse à cause de la présence de cnidocytes à leur surface.

Figure 13. *Hydra*

POLYPE

Comme les protozoaires, *Hydra* peut réduire son activité lorsque placée sous une lumière intense. Vous devrez peut-être la laisser de côté si elle se met en boule et cesse de bouger. Les Cnidaires utilisent un squelette hydrostatique pour changer la forme de leur corps ou bouger leurs tentacules. Lorsque la bouche est fermée, la cavité gastrovasculaire remplie de liquide permet à l'organisme d'avoir la rigidité requise. Observez comment votre *Hydra* bouge. Touchez délicatement un tentacule avec une épingle. Que se passe-t-il?

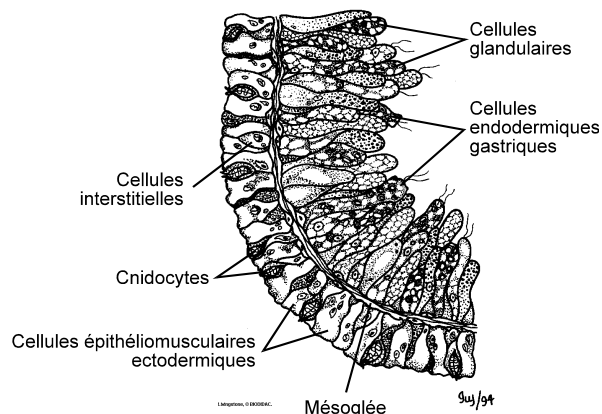
Tous les Cnidaires sont carnivores et capturent leurs proies à l'aide de leurs tentacules et des cnidocytes. Il y a différents types de cnidocytes servant à attacher, percer ou empoisonner la proie. Une fois capturée, la proie est amenée à la bouche à l'aide des tentacules. Vous pouvez observer ce comportement en observant une hydre affamée dans un verre de montre. Offrez-lui quelques larves d'*Artemia* et observez sa réaction. Notez comment la proie est capturée. Que se passe-t-il ensuite?

Après avoir nourri votre hydre, montez-la sur une lame et observez-la à fort grossissement. Attardez-vous aux cnidocytes. Vous pourrez sans doute observer des cnidocytes déchargés, sinon vous pouvez induire leur décharge en ajoutant une goutte d'acide acétique dilué au bord de la lamelle.

Observez à faible grossissement une lame de la coupe transversale de l'hydre (Fig. 14). La paroi corporelle est formée de trois parties. La couche extérieure est l'épiderme et contient les cellules épithéliomusculaires. La couche interne est le gastroderme et contient les cellules digestives et des cellules musculaires. Entre ces deux couches on retrouve la mésogée gélatineuse qui lie les deux autres couches. La cavité au centre est la cavité gastrovasculaire formant un système digestif incomplet avec seulement une bouche. Au plus fort grossisse-

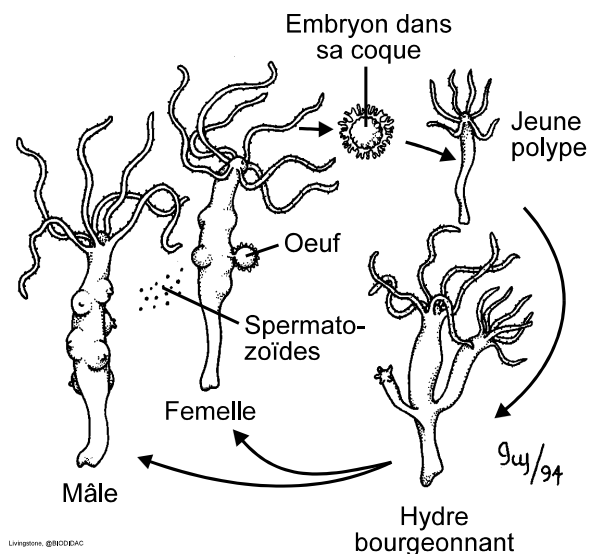
ment vous pourrez peut-être identifier les différents types de cnidocytes et les différents types de cellules dans l'épiderme. Dans le gastroderme l'on trouve les cellules digestives qui ingèrent la nourriture par phagocytose et les cellules sécrétrices libèrent les enzymes digestives dans la cavité gastrovasculaire.

**Figure 14.** Coupe transversale de la paroi corporelle des Cnidaires



*Hydra* se reproduit asexuellement et sexuellement (Fig. 15). La reproduction asexuée est par bourgeonnement et se produit lorsque les conditions sont bonnes et la nourriture abondante. Assurez-vous d'observer les bourgeons sur votre spécimen ou sur une lame préparée.

**Figure 15.** Cycle vital d'*Hydra*



La plupart des espèces d'hydre sont dioïques. La formation des gonades et la reproduction sexuée a lieu à l'automne lorsque les conditions de vie se détériorent. Chez *Hydra* les gonades sont des structures temporaires qui causent des renflements de la paroi corporelle. Les ovaires produisent des œufs et les testicules des spermatozoïdes. Les

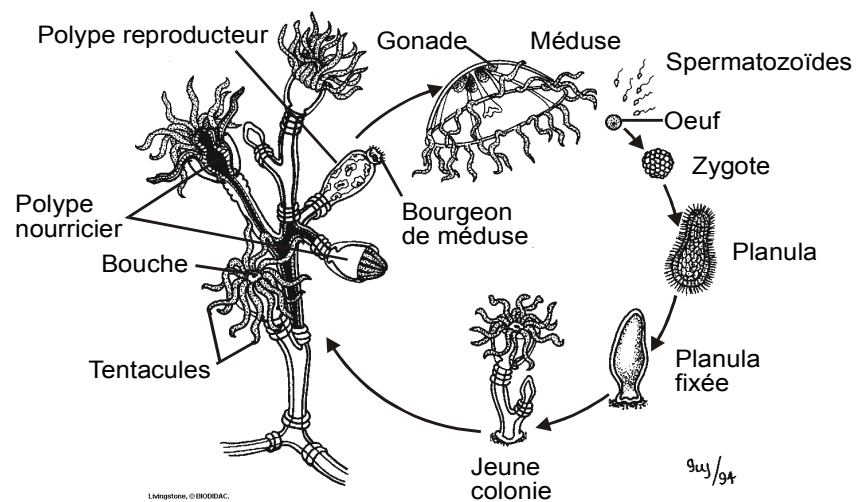
ovaires sont généralement placés près de l'extrémité aborale et ont une forme arrondie. Les testicules ont la forme de cônes avec de petits mamelons. Examinez les lames préparées d'*Hydra* mâle et femelle.

### Obelia

Contrairement à l'hydre, la plupart des Hydrozoaires sont marins. *Obelia* est un Hydrozoaire typique qui ressemble plus à une plante qu'à un animal. Observez les lames préparées et les spécimens préservés d'*Obelia*.

Observez la lame colorée de la colonie d'*Obelia*. La colonie toute entière est couverte d'une couche gélatineuse appelée péricytoplaste et les tissus qui étaient vivants sont mis en évidence par le colorant. La masse de la colonie est formée de polypes reliés par des tubes qui sont des extensions de la cavité gastrovasculaire des polypes. Il y a deux types de polypes dans la colonie. Les gastrozoïdes sont les polypes nourriciers et ont des cnidocytes sur leurs tentacules. Les gonozoïdes, ou polypes reproducteurs, ont au centre un gonange portant des boutons médusoïdes qui sont des bourgeons de méduses. Les gonozoïdes n'ont pas de tentacules et ne capturent pas de nourriture. Ils reçoivent les éléments nutritifs par les tubes qui relient leur cavité gastrovasculaire à celle des gastrozoïdes adjacents.

Figure 16. Cycle vital d'*Obelia*

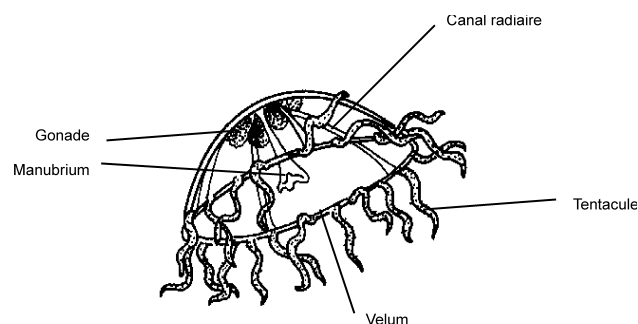


Les méduses libérées par les gonozoïdes sont petites et dérivent avec les autres organismes planctoniques au gré des courants marins (Fig. 16). Faites attention en essayant de retrouver les structures à observer car, sur la plupart des lames, les méduses sont retournées de l'intérieur vers l'extérieur comme des parapluies par grand vent. La méduse a une forme de cloche et la bouche (manubrium) est suspendue au centre. Elle conduit à la cavité gastrovasculaire qui a quatre canaux radiai-

res menant au canal annulaire qui épouse la circonférence de la méduse. Les tentacules sont suspendus à la bordure de la méduse et on retrouve des statocystes servant de géorécepteurs entre les tentacules. Observez attentivement les tentacules qui sont caractéristiques des Cnidaires. À l'intérieur de la bordure de la cloche il y a une bande de tissus, le velum, qui est caractéristique des méduses d'Hydrozoaires.

Les sexes sont séparés chez cette espèce (elle est dioïque) et on retrouve quatre gonades à l'intérieur de l'ombrelle (Fig. 17). Les gamètes sont relâchés dans l'eau de mer et après la fertilisation, une larve planula apparaît. La larve se fixe éventuellement au fond pour se développer en une nouvelle colonie. Observez bien la larve planula. Le stade méduse est important, non seulement pour la reproduction sexuée mais aussi comme mode de dispersion de l'espèce.

**Figure 17.** Méduse d'*Obelia*

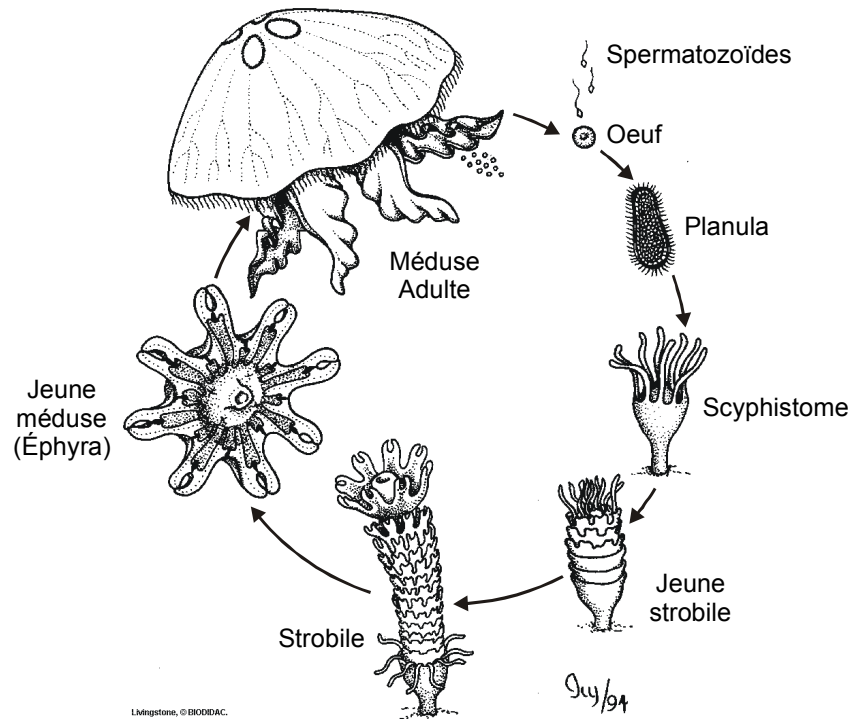


## Scyphozoa

### Aurelia

*Aurelia* est l'un des types de méduse les plus répandus. Chez les Scyphozoaires c'est le stade méduse qui est dominant dans le cycle biologique (Fig. 18). Soyez prudent car ces méduses sont très délicates et vous pourriez facilement les déchirer si vous tentez de les soulever avec vos pinces. Utilisez plutôt une cuillère pour sortir le spécimen du bocal avant de le déposer dans un verre de montre avec un peu d'eau.

Figure 18. Cycle vital d'*Aurelia*



Les méduses de Scyphozoaires ont en commun avec les méduses d'Hydrozoaires une symétrie quadriradiale, un manubrium, des tentacules à la bordure de l'ombrelle et quatre gonades suspendues à la face interne de l'ombrelle. Les Scyphozoaires n'ont toutefois pas de velum.

Cette espèce de méduse, contrairement aux autres qui sont carnivores, se nourrit de particules en suspension. En coulant lentement, les particules sont attrapées dans la couche de mucus à la face interne de l'ombrelle. Des cils font ensuite glisser ces particules vers la bordure de l'ombrelle où les tentacules les attrapent pour les transférer à la bouche. De là, la nourriture passe aux poches gastriques tapissées de cnidocytes. La cavité gastrovasculaire est plus complexe que chez les Hydrozoaires. Une série de canaux radiaires partent des poches gastriques, méandre dans l'ombrelle, avant de rejoindre le canal annulaire à la marge de l'ombrelle. Les éléments nutritifs suivent un itinéraire déterminé dans ce réseau de canaux, permettant ainsi d'acheminer le nécessaire dans tout le corps.

Autour de la marge de l'ombrelle, on trouve des rhopalies. Ces organes particuliers contiennent un statocyste pour l'équilibre et un photorécepteur qui permettent à la méduse de s'orienter convenablement dans son milieu. Coupez une petite lisière de la marge pour l'examiner au microscope.

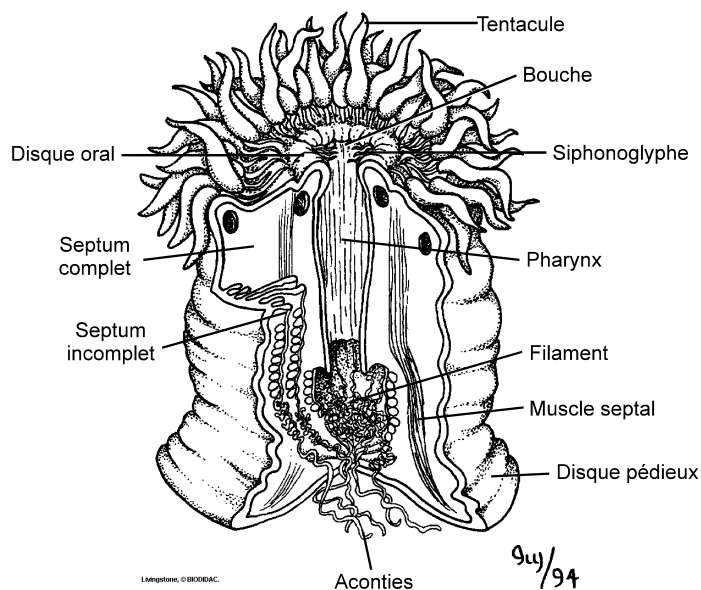
Les gonades entourent les poches gastriques et les gamètes sont relâchés dans la cavité gastrovasculaire avant d'être rejetés par la bouche. Après la fertilisation, il y a formation d'une larve planula ciliée qui s'attache au substrat pour se développer en un scyphistome. Ce scyphistome se strobilise par fission transverse lui donnant l'apparence d'une pile d'assiettes. Des petites méduses (éphyra) sont libérées du dessus du strobile. Elles se développent ensuite en méduses adultes semblables à celles que vous avez observées.

## Anthozoa

### Metridium

Les Anthozoaires n'ont pas de stade méduse et n'existent qu'au stade polype. L'anémone de mer, *Metridium*, illustre bien les caractéristiques du groupe. Il y a trois parties au corps d'une anémone: le disque pédieux par lequel elle s'attache au substrat, le disque oral à l'extrémité opposée et qui est entouré de tentacules, et le corps situé entre les deux (Fig. 19). Ces animaux ont une symétrie biradiale parce que leur bouche a une forme ovale à cause de la présence des siphonoglyphes. Ces structures paires sont formées de bandes de cils qui permettent la circulation de l'eau dans la cavité gastrovasculaire.

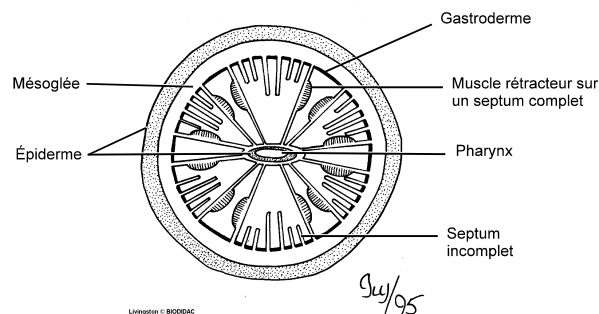
Figure 19. Anatomie interne de *Metridium*



Les anémones sont de gros Cnidaires et elles ont des adaptations spéciales leur permettant d'atteindre cette taille et cette complexité. Coupez horizontalement votre anémone au tiers supérieur du corps. Observez la bouche qui mène au pharynx qui s'étend vers le pied de l'animal. Il y a six groupes de septa qui relient le pharynx à la paroi

corporelle, ce sont les septa complets (Fig. 20). Les autres septa, à la bordure extérieure, sont des septa incomplets. La paroi des septa est épaissie à certains endroits à cause de la présence de tissus ressemblant à des muscles qui permettent à l'anémone de changer de forme ou de rétracter un tentacule. Ce ne sont pas de véritables muscles car les vrais muscles sont dérivés du mésoderme alors que l'anémone n'a que de l'ectoderme et de l'endoderme. Les extrémités des septa incomplets ont trois lobes et sont armés de cnidocytes. Vous pourrez mieux les voir sur la lame préparée de la coupe transversale.

**Figure 20.** Coupe transversale de *Metridium*



Tranchez les deux tiers restants de votre animal selon l'axe oral-aboral. Le pharynx s'étend dans la cavité gastrovasculaire et se termine un peu avant le fond de la cavité. Au fond de cette cavité vous pourrez voir les aconties armées de cnidocytes. Contrairement aux autres Cnidaires, la cavité est tapissée de cnidocytes car l'anémone avale souvent ses proies entières et vivantes. Une fois ingérées, ces proies doivent être paralysées pour éviter qu'elles n'endommagent l'anémone en se débattant.

La reproduction est asexuée ou sexuée. Lors de la reproduction sexuée, les gonades se développent sur les parois des septa et les gamètes sont libérés par la bouche. La fertilisation mène à une larve planula qui s'attache au substrat avant de se développer en anémone adulte.

Les coraux sont également des Anthozoaires. Les petits polypes délicats sont responsables de la formation des récifs coralliens et la survie de l'écosystème entier dépend d'eux. Ils sont organisés en une mince couche de matériel vivant sur un imposant endosquelette. Il est donc difficile d'observer ces animaux lorsqu'ils sont préservés, mais vous pouvez examiner les morceaux de corail en démonstration.

## Cubozoa

Il n'y a pas de spécimens de cette classe à observer. Le National Geographic a récemment publié un article et des photos de ces méduses cubiques et de leur dangereux aiguillon.



# Les Plathelminthes et les Nématodes

*par* Peter H. Heinermann

## Introduction

Au cours du labo sur les Cnidaires, nous avons vu des organismes à symétrie radiale et biradiale. Le laboratoire d'aujourd'hui vous permettra d'examiner deux embranchements qui démontrent une symétrie bilatérale: les Plathelminthes et les Nématodes. Ces animaux vermiformes possèdent un corps allongé et mou. Les Plathelminthes ou vers plats ont un corps aplati, tandis que les Nématodes ou vers ronds possèdent un corps cylindrique se terminant souvent en pointe à l'extrémité postérieure.

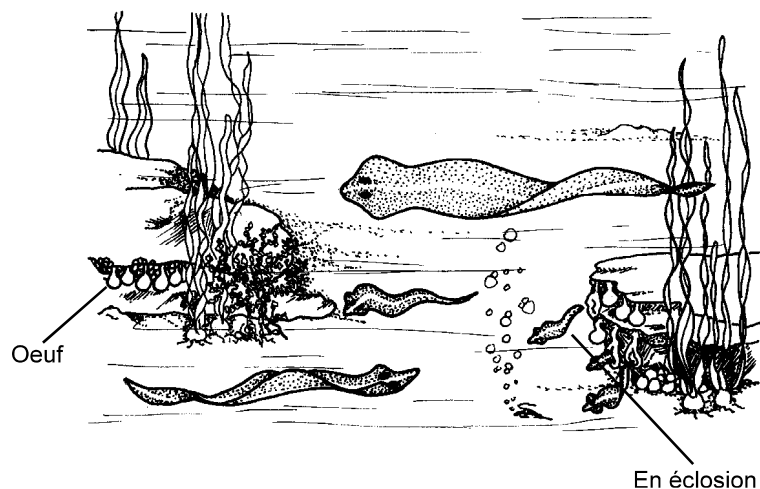
Ces deux embranchements sont triploblastiques, c'est-à-dire qu'ils possèdent trois feuillet cellulaires. En plus de l'ectoderme et l'endoderme retrouvés chez les Cnidaires, les vers ronds et les vers plats possèdent une couche de mésoderme située entre les deux autres couches.

On peut diviser les animaux triploblastiques en trois catégories majeures selon la présence ou l'absence d'une cavité corporelle ou coelome. Les Plathelminthes font partie du premier groupe chez qui les trois couches de tissus sont collées ensemble; la seule cavité dans le corps est la cavité digestive. Ces animaux sont appelés acoelomates. Les Nématodes appartiennent à une deuxième catégorie d'animaux appelés pseudocoelomates. Chez ce groupe, une cavité (pseudocoelome) se développe à partir du blastocoele embryonnaire, et n'est pas complètement revêtue de mésoderme à l'intérieur. Le troisième groupe d'animaux, les eucoelomates, possèdent un coelome ou véritable cavité corporelle. Contrairement au pseudocoelome, le coelome se développe au sein du mésoderme et est habituellement complètement revêtu de tissu mésodermique (péritoine) sur sa surface interne. Les mollusques, les annélides et tous les animaux plus complexes se retrouvent dans cette catégorie. Chez les mollusques le véritable coelome est réduit à la cavité péricardique, tandis que chez les arthropodes il est complètement disparu. L'hémocoele chez ces deux groupes est tout ce qui reste du blastocoele embryonnaire. Il sert de réservoir pour le sang de leur système circulatoire ouvert.

## Les vers plats libres

Les vers plats libres sont principalement des organismes benthiques, vivant en milieu marin et d'eau douce, bien que quelques-uns soient dans des habitats terrestres humides. Leurs dimensions varient de 5 à 500 mm, et on peut les trouver sous des roches ou autres objets durs dans les ruisseaux, les étangs et la zone littorale de l'océan (Fig. 21). Contrairement aux vers parasites que vous avez déjà observés, ces espèces libres possèdent des systèmes digestif, excréteur, reproducteur, nerveux et musculaire développés, et ont des cycles de vie simples. Leur corps aplati est recouvert d'un épiderme cilié.

**Figure 21.** Environnement aquatique d'un ver plat libre d'eau douce



### Dugesia

Prenez un spécimen vivant de *Dugesia* et placez-le dans un plat de Petri ou un verre de montre avec un peu de milieu de culture. À l'aide d'un microscope à dissection, observez les deux types de mouvement trouvés chez cet organisme. La sécrétion du mucus est-elle impliquée dans la locomotion? Observez que la planaire perçoit son milieu avec la portion antérieure de son corps. Décrivez son comportement.

Tournez délicatement votre planaire à l'envers avec une sonde ou une aiguille à dissection. Comment réagit-elle? Essayez également de toucher doucement les différentes parties du ver avec votre sonde: la tête, les auricules, le milieu du corps, et l'extrémité postérieure. Laissez l'animal se reposer 30 secondes entre chaque essai, et notez attentivement ses réactions.

Après avoir complété ces essais, essayez de provoquer une réaction d'alimentation chez la planaire en ajoutant un très petit morceau de jaune d'oeuf bouilli ( $1 \text{ mm}^3$ ) à votre plat de Petri. Éteignez la lumière

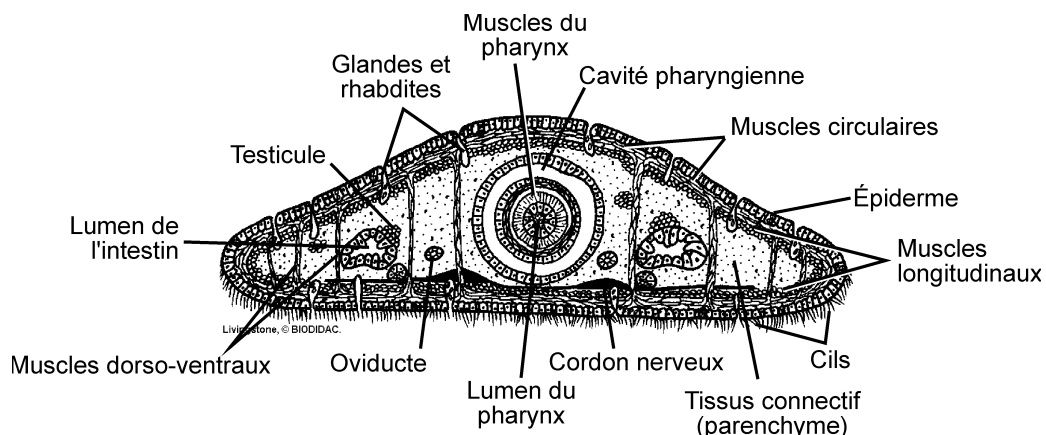
du microscope et observez le comportement du ver. Comment pensez-vous que *Dugesia* peut détecter la nourriture? Qu'est-ce qui arrive au pharynx?

Vous devriez être en mesure d'identifier certaines caractéristiques morphologiques générales chez ce spécimen vivant. Localisez la tête, les ocelles et les auricules. Y a-t-il une différence entre la coloration dorsale et ventrale? Pourquoi est-ce un avantage? Le pore génital peut être visible en examinant attentivement la surface ventrale postérieure à la bouche. Quelle est la forme de l'intestin?

Essayez de monter votre planaire sur une lame avec une chambre à parafilm. Déposez doucement une lamelle sur la préparation. Le ver devrait être légèrement comprimé afin que vous puissiez faire des observations détaillées de l'anatomie interne à l'aide du microscope optique. Faites attention de ne pas écraser la lamelle avec l'objectif 40x. Parfois, l'animal sera trop épais pour faire les observations nécessaires. Examinez les ocelles de plus près. Tentez de détecter les cellules à flamme, qui se distinguent par le mouvement des cils dans la cellule.

Vous pouvez maintenant poursuivre vos observations de l'anatomie interne avec votre spécimen ou en obtenant une lame préparée d'un montage intégral. Le système digestif incomplet comprend: la bouche, un pharynx musclé éversible, et un intestin à trois branches (une antérieure et deux postérieures). Chaque branche possède plusieurs diverticules latéraux qui augmentent la surface d'absorption des nutriments.

**Figure 22.** Coupe transversale de *Dugesia* au niveau du pharynx



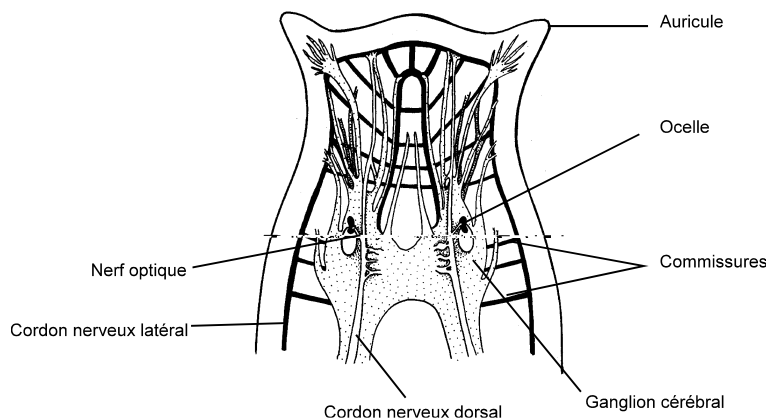
L'osmorégulation est assurée par le système protonéphridien (un réseau de cellules à flamme). Il consiste en deux réseaux latéraux de tubules en cul-de-sac, s'étendant en direction antérieure-postérieure le

long de l'animal. Les tubules s'ouvrent vers l'extérieur par les néphridiopores. Puisque le système protonéphridien est réduit ou absent chez les vers libres marins (qui n'éliminent pas l'eau supplémentaire de leurs corps), quel serait le rôle du réseau dans l'élimination des déchets métaboliques?

Il n'y a aucun système respiratoire ou circulatoire. Quel est le mécanisme par lequel cet organisme effectue les échanges de gaz et de nutriments?

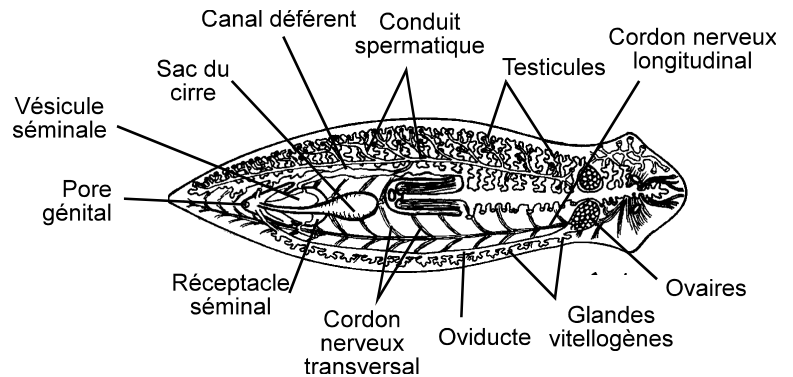
Bien que le système nerveux soit difficile à voir, regardez près des ocelles pour tenter de localiser les deux ganglions cérébraux fusionnés et les cordes nerveuses longitudinales (Fig. 23). Des nerfs connectifs relient les deux cordes longitudinales, créant un système en forme d'échelle qui s'étend à travers le corps.

**Figure 23.** Ganglions cérébraux fusionnés et leurs nerfs chez le planaire, *Crenobia*



La reproduction chez les planaires est fréquemment asexuée, par fission transversale et régénération des parties manquantes. Plusieurs expériences classiques ont démontré la grande capacité régénératrice des planaires. La reproduction sexuée se produit habituellement entre deux vers; des oeufs fécondés sont déposés à l'extérieur du corps où ils se développent directement en jeunes planaires. Essayez d'identifier les composantes des systèmes reproducteurs mâle et femelle dans une lame préparée, à l'aide de la figure 24.

**Figure 24.** Anatomie interne du ver plat libre, *Dugesia*



Afin d'examiner de plus près le tégument et les systèmes musculaire et digestif, observez des lames préparées de coupes transversales à travers les régions antérieure, pharyngienne, et postérieure de *Dugesia*. Comment pourriez-vous savoir de quelle région provient votre coupe? En vous servant de figure 22 et de votre lame, identifiez les structures suivantes: l'épiderme, les rhabdites, les cellules vacuolisées du gastroderme, les couches de muscles longitudinaux et circulaires, les muscles dorso-ventraux (obliques), le parenchyme et les deux grosses cordes nerveuses ventrales. Associez une fonction à chacune des structures mentionnées.

## Adaptations au mode de vie de parasite

Le phylum des Nématodes a connu un grand succès évolutif en termes de diversité, avec plus de 90,000 espèces décrites. On les retrouve dans une grande variété d'habitats, en milieu marin, d'eau douce et terrestre. Bien que les espèces vivant librement sont plus nombreuses, les formes parasites ont reçu plus d'attention à cause de leurs impacts sur la santé humaine, les animaux domestiques, et les plantes agricoles.

Les vers plats sont moins diversifiés que les nématodes (à peu près 15,000 espèces), mais ils colonisent également une grande diversité d'habitats. Environ 85 % des espèces sont parasites et causent d'importants problèmes médicaux et économiques.

Les vers plats et les vers ronds ont des adaptations similaires pour un mode de vie parasite. Ces adaptations peuvent être classées comme étant morphologiques, physiologiques ou reproductives. Des exemples d'adaptations morphologiques sont: des crochets ou ventouses pour s'agripper, une cuticule résistante et une forme simple sans projections. Les adaptations physiologiques comprennent la sécrétion de mucus, la tolérance de faibles concentrations d'oxygène, et la nutrition par diffusion directe. Certaines adaptations reproductives sont la synchronisation des cycles de vie du parasite et de son hôte, et des mécanismes de dispersion uniques.

Au cours de ce laboratoire, vous étudierez les cycles de vie d'un ver solitaire, *Taenia pisiformis*, et de la douve du foie, *Opisthorchis sinensis*. Vous allez également comparer les différentes caractéristiques de spécimens représentatifs de vers plats et de nématodes. Enfin, vous allez disséquer un spécimen mâle ou femelle d'*Ascaris lumbricoides*.

### Cycles de vie des parasites

Au cours du labo sur les Cnidaires, vous avez examiné l'alternance des générations entre les stades polype et méduse dans les cycles de vie complexes de diverses classes. Dans la plupart des cas, la présence d'un stade de méduse permettait une bien meilleure dispersion des organismes que par une simple expulsion des gamètes dans le milieu environnant. Cette meilleure dispersion augmente la probabilité que les stades larvaires vont s'installer sur différents substrats, leur procurant une meilleure chance de survivre. Ces cycles de vie complexes favorisent donc la survie de l'espèce.

La plupart des parasites sont dans une situation analogue. Même s'ils sont bien adaptés pour vivre à l'intérieur de leur hôte, ils devront probablement quitter cet hôte à un moment donné pendant leur cycle de vie (avant la mort de l'hôte). Les parasites ont surmonté ce problème en ayant des stades non-parasites dans leur cycle de vie. De plus, ils produisent souvent une descendance très nombreuse sous une forme résistante ou protégée. Ces modifications du cycle de vie sont essentielles pour le parasite qui doit trouver des moyens efficaces de se propager vers d'autres hôtes potentiels.

### Plathelminthes

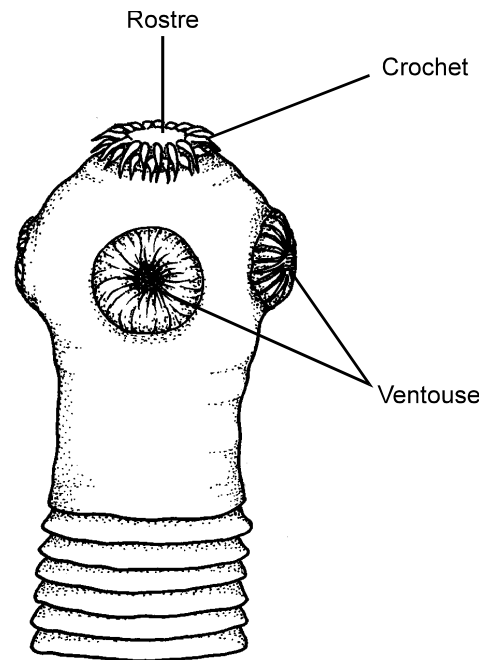
Au cours de ce laboratoire, vous étudierez le cycle de vie relativement simple du ténia du chien, et le cycle de vie complexe d'une douve du foie digénétique.

### Le *Taenia* du chien, *Taenia pisiformis*

Le ver solitaire *Taenia pisiformis* est un parasite commun des chiens (en particulier les chiens de chasse) et des lapins. Son hôte définitif (dans lequel habite la forme adulte) est le chien et son hôte intermédiaire est le lapin. Les vers adultes s'attachent à la paroi interne du petit intestin. Le corps plat, en forme de ruban, consiste en une série linéaire d'unités reproductrices, les proglottis. Le corps peut être subdivisé en trois régions principales: le scolex antérieur (la "tête") équipé de crochets et ventouses (Fig. 25), le cou étroit qui est le site de la production asexuée de nouveaux proglottis, et le strobile comprenant le reste des proglottis en maturation. Les proglottis ne sont pas considérés comme de vrais segments à cause de la façon dont ils sont formés et

parce que chaque proglottis est une unité reproductrice complète et séparée. Le niveau de maturité des proglottis augmente en s'éloignant du scolex. Les proglottis gravides qui sont complètement remplis d'oeufs se détachent du strobile et sont évacués avec les matières fécales du chien. À ce stade, les oeufs contiennent une larve appelée oncosphère et sont très résistants à la dessiccation.

**Figure 25.** Un scolex d'un ver solitaire

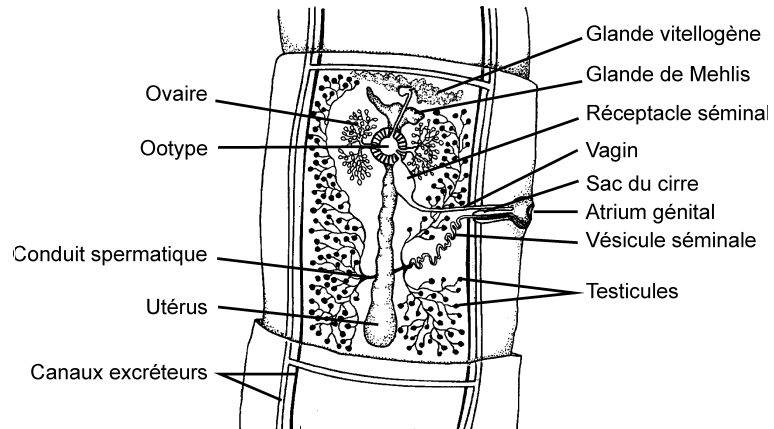


Les lapins deviennent les hôtes intermédiaires lorsqu'ils ingèrent ces proglottis. Les oncosphères éclosent dans l'intestin du lapin, perforent la paroi de l'intestin et entrent dans le foie par les veines portes. Là ils se développent en larves cysticerques qui ressemblent à des sacs avec un scolex invaginé. Après avoir atteint une taille de 10 mm, ils sortent du foie, creusant pour se rendre dans le mésentère. Ils demeurent là jusqu'à ce que le lapin soit mangé par un chien ou autre carnivore. Les larves cysticerques s'attachent alors à la paroi du petit intestin du chien et se développent en vers adultes, complétant le cycle de vie.

Pouvez-vous identifier toutes les adaptations structurales et reproductives mentionnées dans la description ci-dessus? Quels genres d'adaptations physiologiques pourraient avoir cette espèce?

Regardez les lames préparées d'un scolex et de proglottis de cette espèce. Examinez les proglottis matures et identifiez les différentes parties des systèmes reproducteur, excréteur et nerveux.

**Figure 26.** Un proglottis mature du Ténia du chien, *Taenia pisiformis*



### Anatomie externe

Le scolex est un renflement à l'extrémité antérieure du ver (Fig. 25). Il contient le rostre, une crête terminale avec deux rangées de crochets. On retrouve aussi quatre ventouses latérales. Le scolex est évidemment un organe d'attachement très efficace.

### Anatomie interne

Étudiez les systèmes reproducteurs mâle et femelle de *Taenia pisiformis* sur une lame de montage intégral. En utilisant la Figure 26 et votre spécimen, localisez les structures mâles: les testicules, les spermiductes, la vésicule séminale, la poche du cirre et le pore génital. À l'intérieur du même proglottis, le vagin apparaît comme un mince tube reliant le pore génital au réceptacle séminal. Le réceptacle est lui-même relié à l'ootype (site de la fécondation et de l'addition de vitellus). L'ootype est aussi relié à la glande vitellogène et à un ovaire divisé (via l'oviducte). La glande de Mehlis est également associée avec l'ootype (sa fonction est indéterminée).

L'échange du sperme peut se faire entre deux proglottis provenant du même ver, ou bien provenant de deux vers différents. Le sperme entre dans le pore génital, passe par le vagin et se rend jusqu'au réceptacle séminal. Il se déplace ensuite vers l'ootype où a lieu la fécondation. Les zygotes sont rapidement enrobés de vitellus provenant de la glande vitellogène. La façon dont la coquille est formée demeure incertaine. Ces zygotes sont ensuite entreposés dans l'utérus qui devient de plus en plus ramifié à mesure qu'il se remplit.

Tentez de localiser les conduits excréteurs longitudinaux et transverses, ainsi que les chaînes nerveuses longitudinales. Vous remarquerez l'absence de système digestif.

### La douve du foie de l'homme (*Opisthorchis sinensis*)

Toutes les espèces de cette classe sont des parasites. Ils possèdent deux ventouses, une ventrale et l'autre terminale, entourant la bouche. Le tégument des douves digénétiques est une adaptation indispensable pour un parasite interne. Il supporte le corps, résiste à l'attaque des enzymes et du système immunitaire de l'hôte, et fonctionne comme surface d'absorption des nutriments.

*Opisthorchis sinensis* (parfois nommé *Clonorchis sinensis*) est appelée une douve digénétique parce que son cycle de vie complexe comprend la reproduction sexuée et asexuée. Elle possède tous les sept stades du cycle de vie normalement retrouvés chez les vers plats parasites. Ces stades se retrouvent dans trois hôtes différents: un escargot, un poisson et un humain. C'est un parasite humain commun et important dans certaines régions d'Asie et est parfois appelée la douve de Chine (voir Hickman, Roberts et Larson, pages 127-128).

Chez les humains (l'hôte définitif), les douves adultes vivent dans les canaux hépatiques du foie, et relâchent leurs oeufs fécondés dans le petit intestin. Ceux-ci sont évacués avec les matières fécales. Si les matières fécales se retrouvent dans l'eau, les oeufs peuvent être ingérés par certaines espèces d'escargots, le premier hôte intermédiaire. Les oeufs éclosent dans le tube digestif de l'escargot, produisant des larves appelées miracidies. Ces larves pénètrent les tissus de l'escargot et se transforment en des sporocystes en forme de sac. Ceux-ci produisent ensuite plusieurs rédies, qui subissent la reproduction asexuée pour produire plusieurs cercaires. De cette façon, un oeuf unique peut produire un très grand nombre de descendants. Ce processus se nomme une amplification larvaire. Ces cercaires s'échappent de l'escargot et nagent dans l'eau à l'aide de leur queue jusqu'à ce qu'ils entrent en contact avec un poisson (le deuxième hôte intermédiaire). Si cela se produit, les cercaires pénètrent la peau, perdent leurs queues et forment des kystes dans les muscles, devenant des métacercaires. Pour compléter le cycle de vie, un humain (hôte définitif) doit manger le poisson cru ou mal cuit. Les parois des kystes sont digérées et les métacercaires migrent jusqu'aux canaux hépatiques où ils achèvent leur maturation en vers adultes. Le cycle de vie est ainsi complété.

Examinez les lames préparées des oeufs, sporocystes, rédies, cercaires, métacercaires, et vers adultes de la douve du foie. Identifiez les adaptations des différents stades qui permettent à l'organisme de compléter avec succès son cycle de vie complexe.

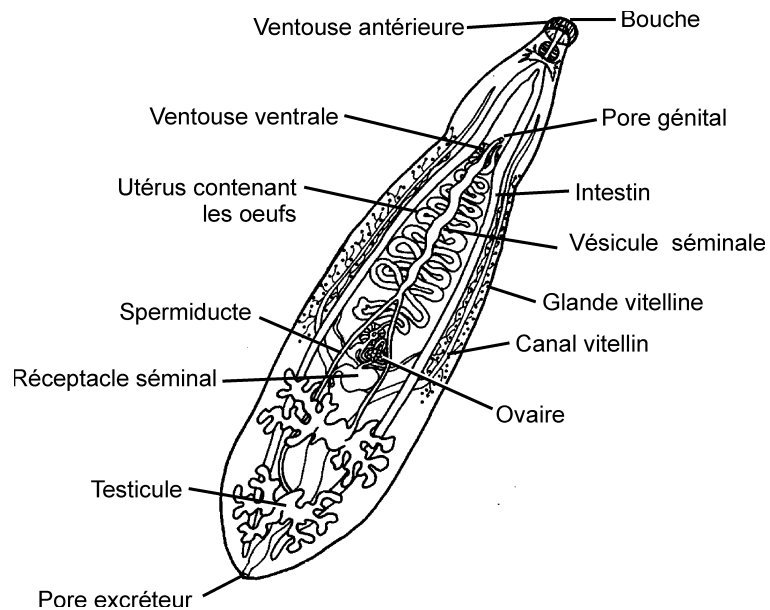
### Anatomie interne

À l'aide d'un microscope à dissection, observez en détail les systèmes digestif et reproducteur d'*Opisthorchis* sur une lame de montage intégral. Si vous êtes incapables d'identifier les structures suivantes sur votre lame, assurez-vous d'examiner d'autres lames de cette espèce.

Comme mentionné précédemment, l'organisme possède deux ventouses: ventrale et orale. Le système digestif incomplet comprend une bouche, un pharynx musclé et un oesophage court qui se divise en deux caecums intestinaux, qui se prolongent sur presque toute la longueur de l'animal.

Puisque *Opisthorchis* est hermaphrodite, vous observerez un système complexe mâle et femelle dans le ver adulte (Fig. 27). Le système mâle est formé de deux testicules arborescents et de deux vasa efferentia (spermiductes) qui se rejoignent pour former le canal déférent. Celui-ci s'élargit à son point de contact avec la vésicule séminale. La vésicule séminale continue vers le canal éjaculateur, qui s'ouvre vers l'extérieur par le pore génital (entrée commune des deux systèmes reproducteurs, située antérieurement à la ventouse ventrale). Aucun organe copulateur extensible (cirre) est présent.

**Figure 27.** Adulte de la douve du foie de l'homme, *Opisthorchis sinensis*



Le système reproducteur femelle est composé d'un ovaire ramifié qui est relié par un court oviducte à l'ootype (site de la fécondation et addition de vitellus au zygote nouvellement formé). Le réceptacle séminal et les glandes vitellogènes sont également reliés à l'ootype par des conduits. L'ootype est habituellement entouré d'une glande de

Mehlis diffuse, dont la fonction est inconnue. À partir de l'ootype, les oeufs se rendent dans l'utérus circonvolutionné, où leur coquille pourra durcir. Ils sont finalement évacués par le pore génital.

## Les nématodes

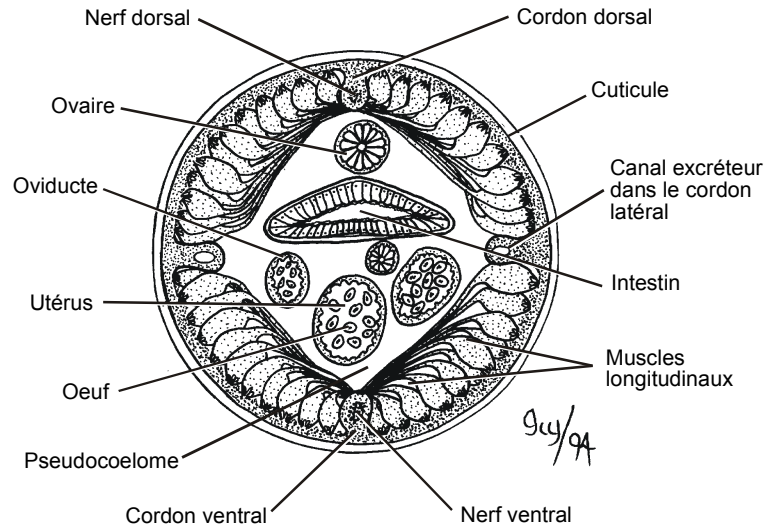
Les nématodes partagent plusieurs caractéristiques avec les vers plats: la symétrie bilatérale, un squelette hydrostatique, une segmentation spirale, l'absence d'appendices, la céphalisation, la colonisation d'habitats variés, la présence d'un épiderme syncytial et l'absence de système respiratoire et circulatoire. Cependant, ils possèdent plusieurs traits uniques et importants: un pseudocoelome, une cuticule complexe, un système digestif complet non-ramifié, des cellules de renette (pas des protonéphridies), ils ont uniquement des muscles longitudinaux, l'absence de cils ou de flagelles sauf dans les récepteurs sensoriels, et l'eutélie.

*Ascaris lumbricoides* est un des plus grands et des plus communs parasites de ce groupe d'organismes. Au stade adulte, il vit dans le petit intestin du porc, en consommant la nourriture digérée de l'hôte et des bactéries. Un grand nombre d'oeufs sont produits et évacués avec les matières fécales du porc. Dans l'environnement externe, le jeune ver se développe et mue à l'intérieur de l'oeuf résistant. S'il est avalé par un porc, il entre dans la circulation sanguine, pénétrant le foie, le coeur et finalement, les poumons. À cause de sa taille croissante, il déchire les capillaires du poumon et entre dans la cavité pulmonaire, où il mue de nouveau. Il migre ensuite à travers la trachée et tout le tube digestif jusqu'au petit intestin. Le ver continue à croître pour près d'un mois, subit une autre mue et puis atteint sa maturité sexuelle.

### Anatomie interne

Regardez les lames préparées de coupes transversales d'*Ascaris* mâle et femelle. À l'aide de la figure 28, identifiez les structures suivantes sur votre lame: cuticule, épiderme, muscles longitudinaux, pseudocoelome, cordes nerveuses dorsale et ventrale, cordes hypodermiques latérales, lignes latérales ou canaux excréteurs (cellules de Renette), intestin, deux utérus, ovaire (rachis), oviducte, oeufs, testicules, canal déférent et vésicule séminale. Notez la fonction de chacune de ces structures. Lorsque vous complétez la dissection suivante, n'oubliez pas de faire le lien entre les structures que vous avez vu dans les coupes transversales et les mêmes structures dans votre dissection.

**Figure 28.** Coupe transversale de la femelle d'*Ascaris lumbricoides* au niveau de l'intestin



### Dissection d'*Ascaris*

Travaillez par groupes de deux. Assemblez le matériel nécessaire: un ver, une plate-forme de bois pour supporter le plateau à dissection, un microscope à dissection et environ vingt épingles à dissection.

### Morphologie externe

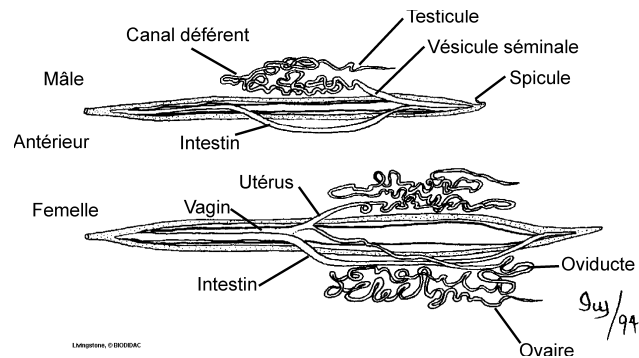
Avant d'épingler le spécimen au plateau, identifiez l'extrémité antérieure en localisant la bouche. Celle-ci est pourvue de trois lèvres, une dorsale et deux latéro-ventrales. Le pore excréteur est situé sur le côté ventral, à peu près 2 cm derrière la bouche. Du même côté, à environ 2 mm de l'extrémité postérieure, se retrouve l'anus en forme de fente. Examinez également la cuticule résistante, quelque peu luisante. Tout au long de chaque côté du corps vous devriez voir une ligne transparente qui fait la longueur de l'animal. Ces lignes sont les cordes latérales ou les canaux excréteurs.

Identifiez le sexe de votre ver, en utilisant les critères suivants: le mâle est plus petit que la femelle et son extrémité postérieure est recourbée, deux spicules copulateurs ressortent parfois de l'ouverture cloacale du mâle, et l'ouverture génitale mâle se retrouve au niveau de l'intestin postérieur et de l'anus. L'extrémité postérieure de la femelle est normalement droite, et l'ouverture génitale ventrale se retrouve un peu postérieure à la bouche.

Après avoir déterminé le sexe de votre animal, épinglez-le environ 0.5 cm derrière la bouche, avec le côté dorsal vers le haut. Fixez une deuxième épingle à la même distance de l'extrémité postérieure. Ajoutez un peu d'eau au plateau et faites une incision médiane longitudinale dans le pseudocoelome avec des petits ciseaux. Continuez

l'incision en coupant vers les deux extrémités, en arrêtant 1 ou 2 mm avant les épingles terminales. À mesure que vous avancez, épinglez les parois du corps pour exposer les organes internes. Regardez la figure 29 pendant votre dissection, ainsi que le module de Zoologie Numérique.

**Figure 29.** Les vers mâle et femelle d'*Ascaris* montrant les structures internes



La bouche s'ouvre vers le stomodeum (tube digestif antérieur) revêtu d'endoderme, composé d'une cavité buccale suivie d'un pharynx musclé. L'oesophage est situé après le pharynx, et une constriction indique le début de l'intestin moyen aplati qui se poursuit sur presque toute la longueur de l'animal. Un court proctodeum (intestin postérieur) revêtu d'endoderme se termine par un anus préterminal.

Les canaux excréteurs se retrouvent dans les deux lignes latérales. En se déplaçant vers l'avant, les deux canaux sont reliés par un conduit transverse. Une ramification de ce conduit (le canal terminal) se rend jusqu'au pore excréteur. Tout ce système est composé de seulement trois cellules. Localisez seulement les canaux excréteurs.

Si vous avez une femelle, les organes reproducteurs se retrouvent dans le deux-tiers postérieurs de la cavité corporelle. Le vagin commence à partir du pore génital, se ramifie en deux utérus plus épais qui s'étendent postérieurement presque jusqu'au bout du ver avant de se retourner vers l'avant et devenir les oviductes. Ceux-ci sont enroulés et s'amincissent, devenant deux ovaires filamenteux en peloton. Les oeufs quittent l'ovaire, sont fécondés dans l'oviducte, entourés d'une coquille chitineuse et entreposés dans l'utérus.

Si vous avez un mâle, enlevez un morceau de la paroi latérale au niveau de l'extrémité postérieure recourbée. À l'intérieur de l'intestin postérieur, deux petits sacs contenant les spicules copulateurs devraient être visibles. Durant la copulation, ceux-ci sont sortis et insérés dans l'ouverture génitale de la femelle. Suivez le canal éjaculateur antérieurement à partir du cloaque jusqu'à la partie droite du corps. Il s'élargit en une longue vésicule séminale, qui se poursuit vers

l'avant et se resserre brusquement pour devenir le canal déférent. Ce canal s'enroule sur lui-même, devenant progressivement plus mince et devient finalement le testicule, un peloton de minces filaments blancs.

Assurez-vous d'examiner l'anatomie interne des deux sexes. Ceci vous permettra de poser des questions ou d'aider des étudiants qui ont déjà étudié le sexe opposé.

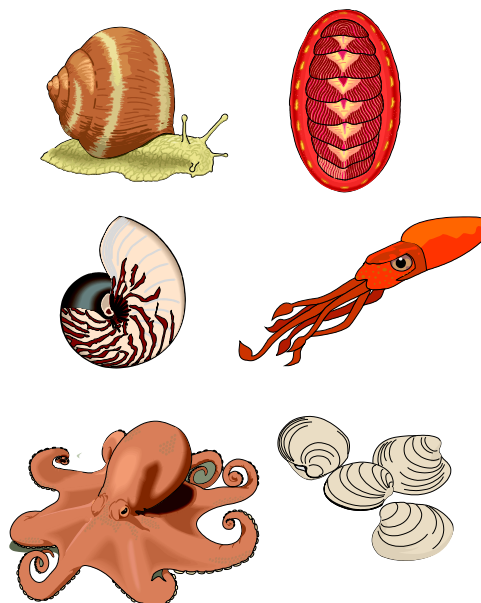
### ***Turbatrix aceti***

Afin de souligner les excellentes adaptations morphologiques des nématodes et leur aptitude à coloniser divers habitats non-exploités, vous avez l'occasion de préparer une lame et observer des spécimens vivants de *Turbatrix aceti*. Cette espèce de nématode, avec sa cuticule résistante, s'est adaptée à la vie dans un environnement très acide: le vinaigre non-pasteurisé. Il se nourrit des bactéries et moisissures trouvées dans les sédiments. Observez ses mouvements et essayez d'identifier des structures internes déjà vues chez *Ascaris*.

# Les Mollusques

par Jon G. Houseman

**Figure 30.** Quelques exemples de Mollusques



## Introduction

L'embranchement des Mollusques contient plus de 110 000 espèces, ce qui en fait le deuxième embranchement le plus diversifié d'animaux. Les escargots, limaces, pieuvres, calmars et palourdes que vous connaissez font tous partie de cet embranchement.

Le regroupement d'organismes dans un embranchement ne doit se faire que lorsque les organismes ont une origine évolutive commune qui les unit. Par conséquent, les membres d'un embranchement possèdent toute une série de caractéristiques ancestrales qui servent à caractériser le groupe. Ceci implique que les escargots et les pieuvres, des animaux à première vue très différents, possèdent des caractéristiques communes qu'ils ont retenues de leur ancêtre.

Pourquoi alors avoir regroupé dans un embranchement des organismes apparemment aussi différents les uns des autres? Comment les taxonomistes peuvent-ils justifier ce regroupement? Pour trouver la réponse à cette question, il est essentiel de comprendre les origines de ce groupe. Des modifications à l'architecture ancestrale des vers plats sans cavité interne ont mené à trois groupes d'animaux importants. Ces groupes appartiennent à deux branches évolutives, soit les protostomiens et les deuterostomiens, qui se distinguent par le mode de for-

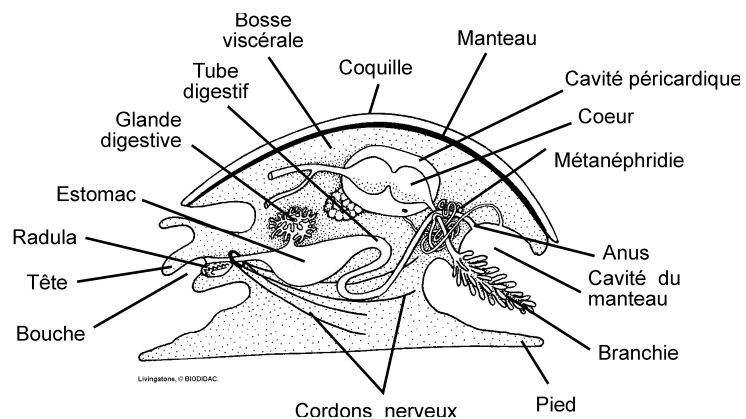
mation du coelome dans le mésoderme. L'embranchement qui a eu le plus de succès de la lignée des deuterostomiens est celui des Chordés. Du côté des protostomiens, soit que l'animal s'est par la suite métamorphosé, menant aux Arthropodes, ou est resté non-segmenté, menant aux Mollusques.

## Les caractéristiques des Mollusques.

Les mollusques les plus primitifs avaient un corps mou et tout comme leur ancêtre le ver plat, dépendaient beaucoup de l'action des cils pour la plupart des fonctions. La locomotion, par exemple, s'accomplissait par l'action de cils qui propulsaient l'animal sur une couche de mucus. Dans le système digestif, ce sont les cils qui propulsaient la nourriture au travers du tube digestif. Ce sont également les cils qui ventilaient les surfaces respiratoires des cténidies.

Ces animaux ancestraux à corps mou étaient des proies faciles pour les prédateurs existant à cette époque. L'épithélium ancestral avait alors beaucoup de cellules sécrétrices, et celles situées à la face dorsale produisaient des spicules de calcaire en guise de protection. Éventuellement ces dépôts calcaires se sont soudés pour former la coquille dorsale caractéristique des mollusques. La masse viscérale fut alors protégée, non sans créer un autre problème. Cette coquille réduisait la surface de contact pour les échanges respiratoires. Une partie de la paroi corporelle, protégée dorsalement par la coquille, forma alors les branchies, et l'espace qu'elles occupaient devint la cavité du manteau. Le pied musculueux se développa sur la surface ventrale et se spécialisa pour la locomotion.

**Figure 31.** Un mollusque ancestral hypothétique



La masse viscérale dorsale, le pied, le manteau ainsi que la coquille sont les caractéristiques ancestrales de l'embranchement. La radula, une structure spécialisée pour l'alimentation, s'est développée pour permettre au mollusque ancestral de râper la matière organique sur les

substrats durs sur lesquels il se déplaçait. Les principales caractéristiques d'un mollusque ancestral hypothétique sont indiquées à la Figure 31.

Ce sont les modifications de la cavité du manteau, de la coquille sécrétée par ce manteau ainsi que la plasticité morphologique du pied et de la masse viscérale qui ont mené à l'extraordinaire diversité des formes chez ces animaux. C'est ainsi qu'une variété spectaculaire d'organismes sont réunis dans cet embranchement qui est le deuxième plus diversifié.

Dans ce laboratoire, l'embranchement des Mollusques servira d'exemple de radiation évolutive. Pour des raisons évidentes, il vous serait impossible de disséquer et d'examiner un animal représentatif de chaque type de Mollusques. Selon ce qu'on pourra se procurer auprès de nos fournisseurs, nous examinerons la palourde ou la moule d'eau douce en tant que représentant de l'embranchement.

### **Les moules d'eau douce *Anodonta* et *Unio*.**

La plupart des caractéristiques des Mollusques se retrouvent chez ce bivalve: par rapport à la forme ancestrale, le corps a toutefois été plié et comprimé latéralement chez cet animal. La coquille, qui aurait dû être dorsale, est maintenant divisée en deux parties qui sont retenues par une charnière située au point le plus dorsal de la coquille. Chaque partie de la coquille se replie de chaque côté de l'animal. La radula est disparue et a été remplacée par des structures qui permettent une filtration très efficace. Comparez la palourde à l'ancêtre des mollusques (Fig. 31).

On trouve des moules d'eau douce telles que *Anodonta* et *Unio* dans les ruisseaux, rivières et lacs du monde entier. C'est un animal extrêmement lent et la plupart des espèces vivent presque complètement enterrées dans les fonds vaseux des lacs et dans les rivières à courant lent. L'alimentation se fait en filtrant de l'eau des fines particules de matière organique et d'organismes microscopiques (plantes et animaux). La plupart des modifications à la forme ancestrale sont des conséquences de ce mode alimentaire.

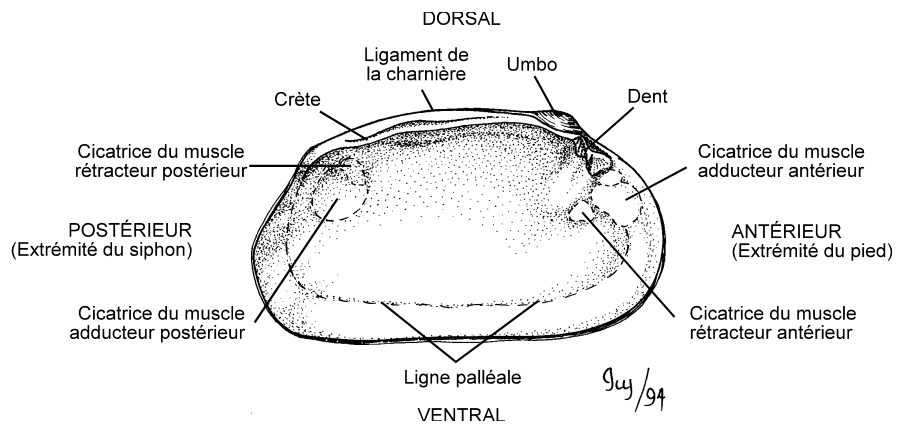
La moule zébrée illustre bien l'efficacité de filtration par les Bivalves. Sans prédateurs en Amérique du Nord où elles ont été introduites accidentellement, ces petits bivalves s'accaparent une grande partie de la matière organique en suspension dans les lacs et rivières, augmentent la transparence de l'eau et la pénétration de la lumière. Ces changements modifient les flux d'énergie entre les composantes planctoniques et benthiques des écosystèmes. Les moules zébrées ont tellement de succès qu'elles menacent l'existence des espèces indigè-

nes, spécialement les grosses moules d'eau douce. Dans les années à venir il est possible que l'on doive parler d'*Unio* comme un exemple d'une extinction récente plutôt que d'un spécimen à disséquer.

### Anatomie externe

La coquille est formée de deux valves attachées ensemble par le ligament élastique de la charnière (Fig. 32). Le ligament est dorsal et l'espace entre les coquilles correspond à la face ventrale de l'animal. La coquille est sécrétée par la bordure du manteau situé en dessous.

**Figure 32.** La valve gauche d'un mollusque bivalve



La partie gonflée de la coquille située près de la charnière est l'umbo ou sommet. Le sommet se retrouve normalement dans la partie antérieure de l'animal. En examinant la surface de la coquille vous verrez une série d'anneaux concentriques qui s'étendent vers l'extérieur à partir du sommet. Ce sont des anneaux de croissance. Chaque anneau représente la croissance de la moule pendant une période donnée. La coquille est sécrétée par le bord du manteau sous-jacent. À mesure que l'animal croît le périmètre externe du manteau augmente le bord externe de la coquille. Les taux de croissance ne sont pas uniformes ce qui explique l'apparence annelée de la coquille.

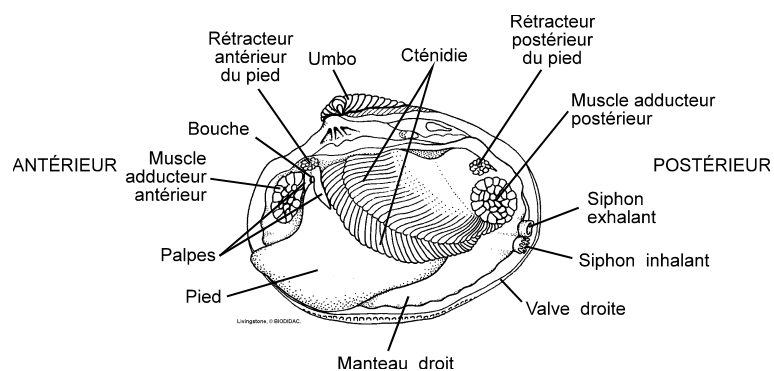
Votre moule est gardée ouverte par une cheville de bois. Observez les bords et localisez l'extrémité avec les siphons inhalant et exhalant. Cette extrémité est la partie postérieure de l'animal. Le siphon inhalant est plus grand et a une bordure effilochée. Le siphon exhalant est située au-dessus du siphon inhalant. Parfois le pied est sorti de la coquille mais habituellement il est rétracté à l'intérieur de la coquille et ne sera visible que lorsque vous ouvrirez celle-ci.

Afin d'identifier les valves droite et gauche, tenez la moule dans vos deux mains avec le sommet (partie antérieure) vers le haut et le plus loin de vous. Ceci veut dire que la valve droite est dans votre main droite. Vérifiez cette découverte en comparant la valve gauche à la figure 32.

Lorsqu'elle est vivante, le ligament élastique de la charnière fait en sorte que les valves s'ouvrent lorsque les muscles adducteurs sont relâchés. La contraction de ces muscles fait refermer la coquille. Vous devez couper le muscle antérieur et le muscle postérieur pour enlever la valve gauche. Avant de procéder à la coupe des muscles, observez la dissection en démonstration pour localiser les muscles à couper. Coupez avec un scalpel ou un canif les muscles antérieurs et postérieurs aux points d'attachements sur la coquille. Orientez la lame du scalpel vers l'intérieur de la valve gauche pour éviter d'endommager les autres structures. Après la coupe, ramenez la valve gauche vers l'arrière. Ce faisant, le manteau doit rester en place sur l'animal dans la valve droite. Si le manteau reste attaché à la valve gauche, détachez-le avec précaution de façon à le faire retomber sur l'animal. Continuez à soulever la valve gauche jusqu'à ce que la charnière se brise.

Examinez la valve gauche pour observer les structures suivantes. Localisez les dents de la charnière qui servent de guide pour assurer la fermeture correcte de la coquille. Les dents sur la valve gauche s'imbriquent avec celles de la valve droite comme une clé dans une serrure. La couche externe de la coquille (le périostacum) contient, contrairement aux autres couches, des protéines pour la protéger. Entre la couche externe et la couche interne se trouve la couche prismatique. L'intérieur de la coquille est recouvert d'une fine couche nacrée. On y trouve des aires plus rugueuses, là où les muscles antérieurs et postérieurs adducteurs et rétracteurs du pied étaient attachés. Identifiez les cicatrices des quatre groupes de muscles. La ligne palléale est l'endroit où le manteau (pallium) était attaché.

**Figure 33.** Cavité du manteau



### Anatomie interne

Examinez le lobe du manteau qui reste attaché à la valve droite. Le manteau est fusionné à la coquille de chaque côté et l'espace entre ces deux lobes est la cavité palléale. Cette cavité entoure la masse viscérale (Fig. 33).

Près du bord postérieur de la cavité palléale localisez les siphons inhalant et exhalant. Pour ce faire, vous devez réaligner le bord du manteau. Localisez les muscles adducteurs antérieur et postérieur qui servent à refermer la coquille. Près de ces muscles on trouve les muscles rétracteurs (antérieur et postérieur) du pied qui servent à ramener le pied à l'intérieur de la coquille.

### Les Cténidies

Repliez le manteau afin d'observer la masse viscérale et le pied de votre spécimen. Examinez les deux cténidies (branchies). Elles sont repliées sur le corps et sont impliquées autant dans la capture des aliments que dans les échanges gazeux. Elles sont faites de filaments fusionnés qui sont disposés en lamelles interne et externe qui prennent la forme d'un "W" (Figs. 34 et 35). Chaque moitié forme un V et est appelée une hémibranchie. Retirez l'hémibranchie externe en coupant dans le sens de la longueur juste sous sa jonction avec la masse viscérale et examinez-la.

Figure 34. Cténidie

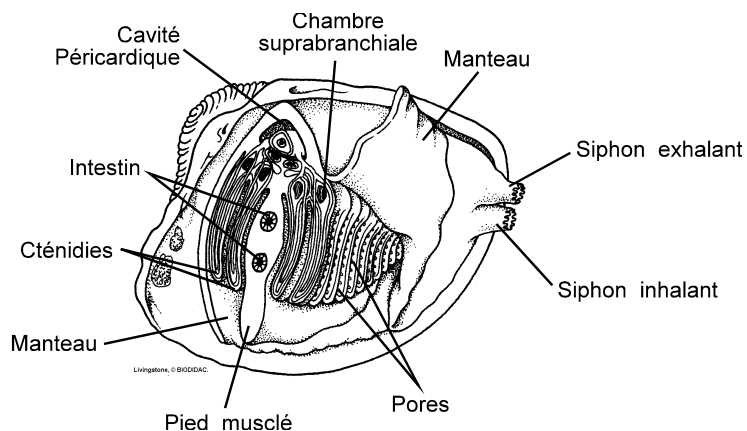
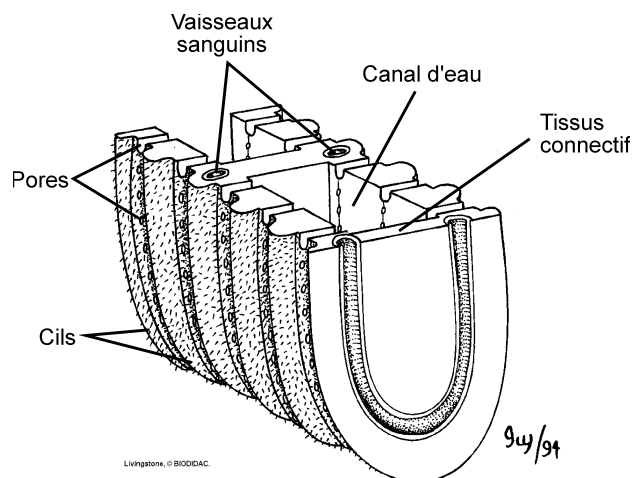


Figure 35. La structure des cténidies



Chaque hémibranchie est creuse et les parois interne et externe sont maintenues ensemble par des brins de tissus qui s'entrecroisent dans l'espace intérieur. L'eau passe dans ces cavités de la surface externe puis dans la chambre suprabranchiale allongée à la base de chaque hémibranchie. Les chambres d'un même côté sont attachées entre elles postérieurement. Il y a également un lien postérieur entre les chambres de chaque côté de l'animal. L'eau entrée par le siphon inhalant passe dans la cavité palléale puis traverse les branchies par les pores des filaments, se dirige vers le haut vers la chambre suprabranchiale pour finalement sortir par le siphon exhalant.

Si les branchies de votre animal paraissent épaisses ou gonflées, elles contiennent peut-être des oeufs ou des larves puisque les jeunes de cette espèce d'eau douce se développent dans ces chambres. Les larves sont éventuellement libérées dans le milieu aqueux et se dispersent en s'attachant aux branchies des poissons. Les larves sont appelées glochidiums et il y a des lames préparées à observer.

Les ouvertures du gonoducte et du pore excréteur externe (néphridiopore) se retrouvent dans la paroi dorsale de la chambre suprabranchiale située en dessous de la cavité péricardique. Les déchets azotés et les gamètes sont relâchés à ce point et, de là, sont dirigés vers l'extérieur de l'animal.

### Le système d'alimentation et de digestion

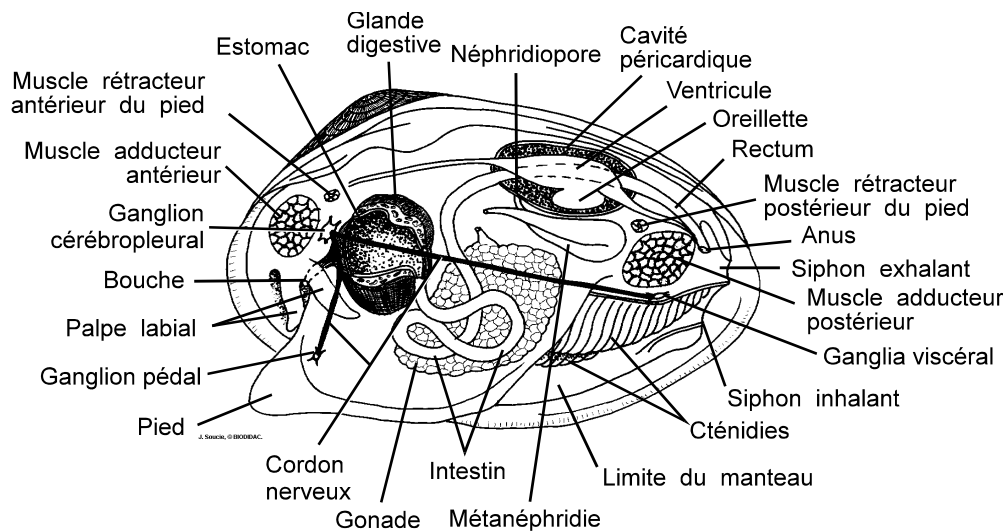
Le mécanisme d'alimentation par les cténidies est basé sur la filtration des particules alimentaires contenues dans l'eau. Ces particules sont filtrées de l'eau par l'action des cils et sont captées par un mucus gluant. Les cils passent la nourriture du bord des branchies au sillon digestif. Observez le sillon. Du sillon digestif, la nourriture est ache-

minée antérieurement vers les palpes labiaux ciliés puis vers la bouche transverse située au-dessus et à l'avant du pied. Les lèvres de la bouche sont des projections antérieures de palpes labiaux.

Les particules qui sont piégées par le mécanisme de filtration et qui sont trop grosses pour être ingérées par la bouche tombent du bord des branchies dans la cavité palléale. Occasionnellement, les muscles de la coquille se contractent et ces grosses particules sont déchargées par le siphon exhalant sous forme de pseudo-fèces.

La bouche mène vers l'oesophage qui conduit à l'estomac. Disséquez délicatement à travers le pied et la masse viscérale dans la région de la bouche pour localiser l'oesophage et l'estomac (Fig. 36). Pour ce faire, épluchez graduellement les tissus dans la région des palpes labiaux. L'intestin est incrusté dans le pied. Un tissu vert pâle entoure l'estomac, il s'agit de la glande digestive. L'intestin, après être passé par le pied, passe à travers la cavité péricardique avant d'atteindre le rectum. L'orifice anal est postérieur au muscle adducteur postérieur et s'ouvre dans le siphon exhalant.

**Figure 36.** Anatomie interne de la moule



### Système reproducteur

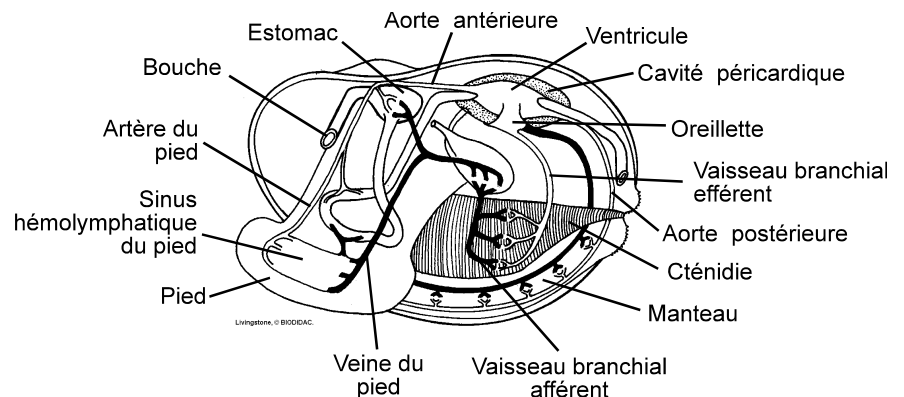
Lorsque vous avez observé le système digestif, vous avez identifié la glande digestive. Les tissus plus pâles qui entourent l'intestin sont les gonades. Les gamètes sont relâchés par les gonoductes dans la chambre suprabranchiale. Le sperme relâché par les mâles entre par le siphon inhalant des femelles, passe dans les cténidies, puis dans la chambre suprabranchiale où a lieu la fertilisation. Les oeufs sont maintenus dans les cténidies qui deviennent un marsupium.

Chez les femelles matures, les cavités des branchies peuvent contenir un nombre énorme de petites larves brunes (glochidiums). Extrayez-en quelques-unes et observez-les au microscope. Elles ont déjà une apparence bivalve, elles ont aussi des dents proéminentes le long du bord externe des coquilles. Le pied est absent, à sa place on retrouve une glande qui secrète un long fil collant. Ce fil, et les dents coquillaires sont utilisés pour obtenir une meilleure prise sur un poisson. Il s'agit d'un excellent mécanisme de dispersion pour des animaux si sédentaires. Le glochidium est transporté pour une certaine période de temps en tant que parasite de la peau du poisson. Finalement, il se détache du poisson pour se développer en palourde adulte.

### Système circulatoire

Ces animaux ont un système circulatoire ouvert et la majeure partie de l'hémocoèle est dans le pied. Observez attentivement là où vous avez tranché le pied pour observer l'intestin et vous verrez que le pied a une apparence spongieuse. Cette apparence spongieuse est due aux cavités de l'hémocoèle.

Figure 37. Système circulatoire



Retirez le mince pallium qui recouvre le côté dorsal de la masse viscérale, en prenant grand soin de ne pas endommager les organes qui lui sont sous-jacents. Cette opération permet de découvrir une partie du système circulatoire contenue dans la cavité péricardique. Tel que mentionné plus haut, l'intestin passe au travers du ventricule alors qu'il s'étend postérieurement (Fig. 36).

Le sang riche en éléments nutritifs contenu dans l'hémocoèle au niveau du pied passe aux branchies après être passé dans le système excréteur (Fig. 37). Des branchies, il entre dans les oreillettes en route vers l'unique ventricule. L'aorte est divisée en deux troncs. L'aorte antérieure se dirige vers l'avant, le long de la face dorsale de l'intestin pour entrer dans la glande digestive où elle se divise en artères viscérale et pédieuse. L'aorte postérieure se dirige vers l'arrière le long de la

face dorsale de l'intestin et se divise, vers la gauche et la droite, en une paire d'artères qui alimentent les parties postérieures du corps. Vous ne verrez probablement que les oreillettes et le ventricule.

### **Le système excréteur**

Le système excréteur est fait d'une paire de reins bruns foncés qui se trouvent sous la cavité péricardique. Ils ont la forme d'un "U" avec des ouvertures dans la cavité péricardique et la chambre suprabranchiale pour permettre d'éliminer les déchets azotés.

### **Le système nerveux**

Le système nerveux est extrêmement difficile à observer. Il consiste en une variété de ganglions qui sont dispersés à travers le corps.

## **La diversité des mollusques**

Examinez les différents types de Mollusques et notez comment chacune des caractéristiques fondamentales du mollusque primitif a été modifiée: manteau, coquille, radula, masse viscérale dorsale, et pied ventral. Localisez la cavité du manteau et les surfaces respiratoires qu'elle contient. Comment et dans quelle direction l'eau passe-t-elle dans la cavité? Notez la forme et la nature de la coquille. Identifiez le côté dorsal, ventral, droit et gauche de chaque spécimen.

La palourde a été décrite comme un mollusque primitif comprimé latéralement. Quel groupe de mollusque est

1. allongé dorsalement?
2. a une torsion à 180° de la masse viscérale?
3. est comprimé latéralement?

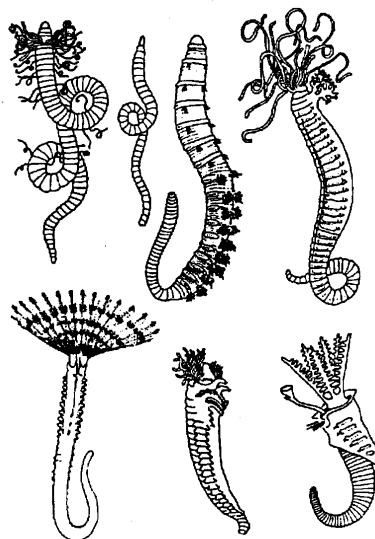
### **Matériel en démonstration**

Examinez les lames microscopiques montrant une radula et reliez sa structure à son fonctionnement. Si vous n'avez pas observé de glochidiums, faites-le. En trouveriez-vous chez les espèces marines?

# Les Annélides

par Jon G. Houseman

**Figure 38.** Quelques exemples d'annélides



## Introduction

On retrouve des animaux ayant la forme de vers (vermiformes) et ne possédant pas de pattes dans environ 14 embranchements d'invertébrés Protostomiens. Le mot ver désigne donc un grand nombre d'animaux qui ne sont ni des Mollusques ni des Arthropodes. Ces 14 embranchements dérivent tous d'un ancêtre commun Plathelminthe, mais ont peu d'autres choses en commun.

Au cours de ce laboratoire vous examinerez trois différentes architectures chez les Annélides: un Polychète marin, un lombric et une sangsue. Le lombric (ver de terre) servira à illustrer l'architecture générale des Annélides, et vous observerez les principaux organes ainsi que les caractéristiques externes et internes des membres de l'embranchement. Vous comparerez ensuite le lombric au Polychète qui est plus primitif. Finalement, vous examinerez l'arrangement des muscles chez la sangsue et tenterez de relier cet arrangement musculaire au mode de locomotion des trois représentants de l'embranchement.

Le lombric est l'Annélide qui vous est le plus familier mais il n'est pas nécessairement représentatif des formes variées chez les différentes espèces dans l'embranchement (Fig. 38). Les Annélides sont un des embranchements actuellement les plus diversifiés (le 7<sup>ième</sup>) et possèdent plusieurs adaptations importantes qui ont assuré leur succès.

Comme les membres de l'embranchement des Arthropodes, le plus diversifié actuellement, ils dérivent d'un ver plat. Leur caractéristique la plus évidente lorsque l'on examine leur anatomie externe est leur segmentation (ou métamérisation). Un examen attentif de l'anatomie interne révèle que les organes internes reflètent également cette segmentation et sont souvent répétés dans chaque segment ou métamère.

### Origine évolutive des Annélides

Pourquoi la métamérisation était-elle si importante? Pour répondre à cette question, il faut d'abord examiner les conditions de vie au moment de l'apparition des Annélides. L'ancêtre des Annélides était un ver plat qui pouvait se déplacer un peu comme la planaire, soit en ondulant ou en rampant à l'aide de cils. Chez les Annélides il y a eu trois adaptations importantes:

1. L'apparition d'un vrai coelome,
2. la métamérisation, et
3. le développement d'un système circulatoire.

Le coelome permet le mouvement péristaltique par le passage d'une onde de contraction de l'arrière vers l'avant de l'animal. Ce mouvement péristaltique n'est cependant pas très efficace à moins que le coelome ne soit segmenté de manière à ce que chaque segment puisse fonctionner comme un squelette hydrostatique indépendant. Le coelome et la segmentation permirent donc aux Annélides de mieux se déplacer, mais surtout de pouvoir fouir efficacement et ainsi exploiter de nouvelles ressources inaccessibles aux planaires.

Les sédiments marins, au moment de l'apparition des Annélides il y a de cela 600 millions d'années, contenaient déjà d'importantes quantités de matériel organique. Ce matériel, exploité en surface par plusieurs types d'organismes rampants et suspensivores, devenait inaccessible dès qu'il était recouvert par de nouvelles particules. L'apparition des soies permit d'améliorer encore la locomotion des Annélides et d'exploiter cette riche source de nourriture.

La métamérisation causa cependant un problème aux premiers Annélides. Chez ces animaux il y a un tube digestif complet qui permet une digestion séquentielle. Certaines régions sont spécialisées pour mouliner la nourriture, d'autres pour la sécrétion d'enzymes ou pour l'absorption des nutriments. Cela implique que certains des métamères, isolés les uns des autres, ne sont pas en contact direct avec les éléments nutritifs puisqu'ils ne contiennent pas une section du tube digestif où se fait l'absorption de ces éléments. Les métamères anté-

rieurs, s'ils étaient parfaitement isolés des métamères postérieurs, ne pourraient donc pas avoir accès à ces éléments nutritifs. Comment alors avoir accès au matériel nécessaire?

L'apparition de la segmentation fut donc accompagnée de l'apparition d'un système circulatoire permettant à chaque métamère de recevoir suffisamment d'éléments nutritifs. Ce système circulatoire sert également à distribuer l'oxygène dans tout le corps. L'apparition de pigments respiratoires est aussi venue augmenter l'efficacité de cette distribution de l'oxygène.

### Quelques architectures d'Annélides

Certains des Annélides les plus primitifs vivent dans les sédiments marins où ils s'enfouissent plus ou moins profondément. Certains vers sédentaires vivent dans des tubes qui les protègent et utilisent leurs tentacules pour capturer leur nourriture à la surface des sédiments alors que d'autres, plus spécialisés, se nourrissent en filtrant l'eau qu'ils font circuler dans leur terrier. Certains Polychètes errants ont complètement quitté leur terrier et peuvent nager en se servant de leur parapodes comme rames pour augmenter l'efficacité des ondulations du corps comme mode de locomotion. Chez ces vers errants, le côté droit et le côté gauche de chaque métamère sont cloisonnés et ce cloisonnement augmente l'efficacité de la locomotion. Pourquoi?

Les vers de terre illustrent bien les adaptations de l'architecture des Annélides à la vie en milieu terrestre. Leur impact sur les sols est d'ailleurs aussi important que celui des Polychètes sur les sédiments marins. Les lombrics permettent un enrichissement des sols en accélérant le recyclage des éléments nutritifs en milieu terrestre. Il n'y a pas de cloison entre le côté gauche et le côté droit du coelome chez ces vers qui se déplacent en fouissant dans le substrat en ligne droite.

La sangsue est atypique des Annélides. Son coelome est réduit à une série de sinus qui entourent les organes internes et le système circulatoire.

### Le ver de terre, *Lumbricus terrestris*

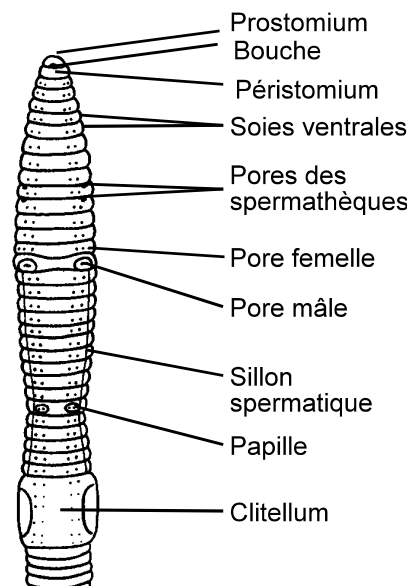
L'exemple classique utilisé pour décrire les Annélides, particulièrement les Oligochètes, est le ver de terre commun, *Lumbricus terrestris*. Ce genre cosmopolite et terrestre bien connu habite des sols qui ne s'assèchent pas, qui ne sont pas trop acides et qui sont riches en matière organique. Les tunnels sont creusés en partie en compactant la terre de chaque côté et en partie en l'avalant; leur surface est couverte de terre déféquée qui agit comme un ciment. Ils s'étendent parfois à plus de deux mètres de profondeur, et chacun se termine

habituellement par une petite chambre. Les tunnels les plus profonds sont construits par temps froid, quand le ver recherche la chaleur, et par temps chaud, lorsqu'ils doivent éviter la dessiccation. Normalement, le ver émerge la nuit seulement quand, avec sa queue ancrée à l'embouchure du tunnel, il rassemble des débris végétaux pour se nourrir.

### Anatomie externe

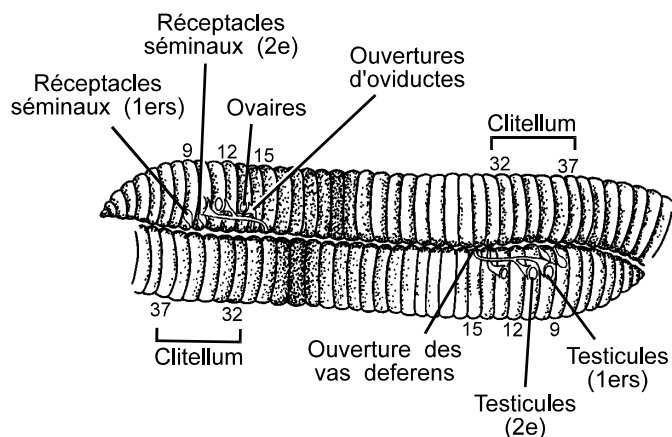
Le corps a une extrémité antérieure cylindrique et en forme de pointe et une extrémité postérieure aplatie (Figs. 39, 40). La surface dorsale est identifiable par sa pigmentation plus foncée et par la ligne médiane foncée du vaisseau sanguin dorsal qui peut être vue à travers la paroi du corps. Examinez les caractéristiques externes et touchez doucement la surface du corps pour localiser les soies. Les soies peuvent être rétractées dans des creux et vous devrez utiliser un microscope à dissection à un grossissement assez faible pour les voir. Les soies se trouvent sur tous les segments sauf le premier et le dernier. Identifiez leur position et leur nombre. La tête est composée d'un prostomium et d'un péristomium. La bouche est située à la base du premier segment, le péristomium, qui entoure l'ouverture orale. Le prostomium, qui est immédiatement antérieur n'est pas considéré comme un véritable segment. Localisez l'anus à l'extrémité postérieure.

**Figure 39.** Anatomie externe d'un ver de terre



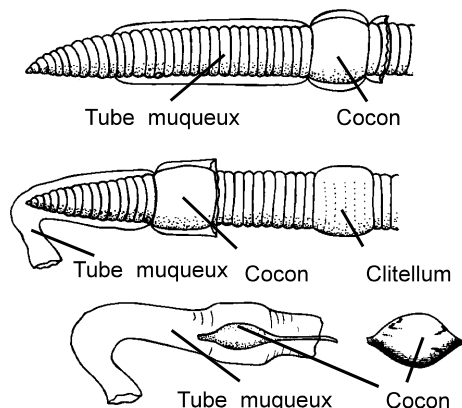
J. Soucie © BIOIDAC

**Figure 40.** La morphologie externe du système reproducteur



Placez la surface dorsale vers le haut et comptez jusqu'au segment 31. Les segments 32-37 sont élargis en un clitellum (Figs. 39 et 40) qui sécrète la capsule de l'oeuf ou cocon. Les Oligochètes sont hermaphrodites et les pores génitaux femelles sont situés au 14<sup>e</sup> segment. Les pores génitaux mâles pairs, situés au 15<sup>e</sup> segment ont des bords très proéminents et les sillons sexuels s'étendent au bord antérieur du clitellum. Les ouvertures des réceptacles séminaux sont situées entre le 9<sup>e</sup> et le 10<sup>e</sup> segment et entre le 10<sup>e</sup> et le 11<sup>e</sup> segment. Quelques-unes peuvent être difficiles à voir et le fait de laisser sécher un peu la surface du spécimen avant de l'observer sous le microscope peut aider à l'observation. Pendant l'accouplement (Fig. 40), les vers étendent en direction inverse leur extrémité antérieure et placent leur surface ventrale adjacente l'une à l'autre. Une gaine muqueuse, sécrétée par le clitellum, entoure les deux vers et le sperme passe des orifices génitaux mâles dans les sillons sexuels et dans les réceptacles séminaux de l'autre individu. Le même processus se produit avec l'autre ver et en conséquence les deux individus sont inséminés. Après que l'insémination soit complétée, les vers se séparent. Plus tard, le clitellum de chaque ver produit un tube muqueux et un cocon (Fig. 41), qui passent vers l'avant. Au moment de passer par les pores génitaux femelles les oeufs sont déposés à l'intérieur et lorsqu'ils passent près des orifices des réceptacles séminaux, le sperme est libéré pour fertiliser les oeufs. Le tube muqueux se détache du bout avec le cocon protecteur.

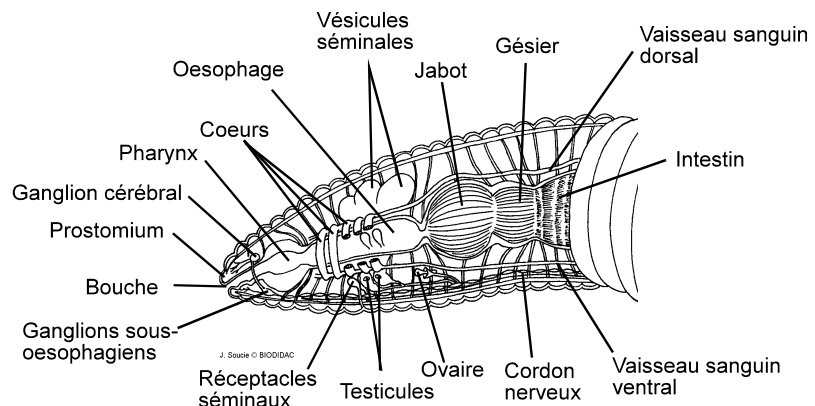
Figure 41. Formation du cocon



### Anatomie interne (Figs. 42-47)

Mettez le ver face dorsale vers le haut et près du côté d'un plateau à dissection de façon à pouvoir l'observer sous le microscope à dissection. Placez les épingles à travers le prostomium et les segments les plus postérieurs et, en commençant par le milieu, coupez vers l'extrémité antérieure. Faites une incision peu profonde de façon à ne pas détruire les tissus et organes sous-jacents. Si vous voyez de la matière noirâtre qui suinte du corps cela signifie que vous avez coupé trop profondément et que vous avez percé le tube digestif. Remarquez la grande cavité coelomique et les septums qui la divisent en compartiments. L'épingleage de la paroi du corps requiert une coupe soigneuse des parois des septums tout en prenant soin de ne pas déranger les organes internes. Insérez les épingles comme points de repère sur les deux côtés des segments 5, 10, 15 et 20.

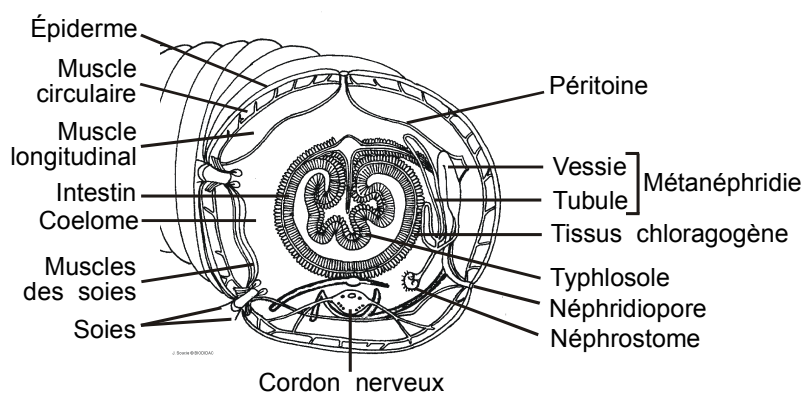
Figure 42. Anatomie interne d'un ver de terre



### Le système digestif

Les segments 1-3 à l'extrémité antérieure du canal alimentaire forment la région orale qui mène (au niveau des segments 4 et 5), au pharynx dont la paroi est épaisse (Figs. 42, 44). Le pharynx est connecté à la paroi du corps par sa musculature. L'oesophage, dont la paroi est mince, s'étend du segment 6 au segment 13 ou 14. Des segments 14 ou 15 au segment 16 on trouve le jabot et du segment 17 au segment 19 se trouve le gésier musculueux qui broie la nourriture à l'aide de petites pierres. L'intestin parcourt le reste du corps et il paraît jaune sous son enveloppe lâche faite de tissu chloragogène. Ces cellules péritonéales modifiées fonctionnent comme un foie, synthétisant et stockant des graisses et du glycogène. Retirez une section de l'intestin, ouvrez-le sur la face ventrale, lavez-le de son contenu, et notez le typhlosole qui est un repli longitudinal dorsal qui accroît la surface d'absorption (Fig. 43).

Figure 43. Anatomie interne d'un ver de terre



### Le système circulatoire

Le système circulatoire est fermé et bien développé avec des éléments contractiles, des réseaux de vaisseaux et de capillaires. La ligne noire localisée sur la surface supérieure de l'appareil digestif est le vaisseau dorsal contractile qui fait circuler le sang antérieurement. Cinq paires de crosses aortiques ou coeurs, sont situés dans les segments 7 à 11. Le terme coeur est un terme mal approprié et implique que ces organes sont les seules régions qui pompent le sang; en fait les éléments contractiles sont trouvés dans toutes les composantes principales du système circulatoire. Si vous écarterz doucement les crosses aortiques vous verrez les glandes calcifères qui sont situées sur la paroi de l'oesophage sous les coeurs. Elles servent à éliminer l'excès de carbonate de calcium. Les crosses aortiques se rattachent au vaisseau ventral qui est mieux observé là où le morceau de système digestif a été retiré.

Figure 44. Anatomie interne d'un ver de terre

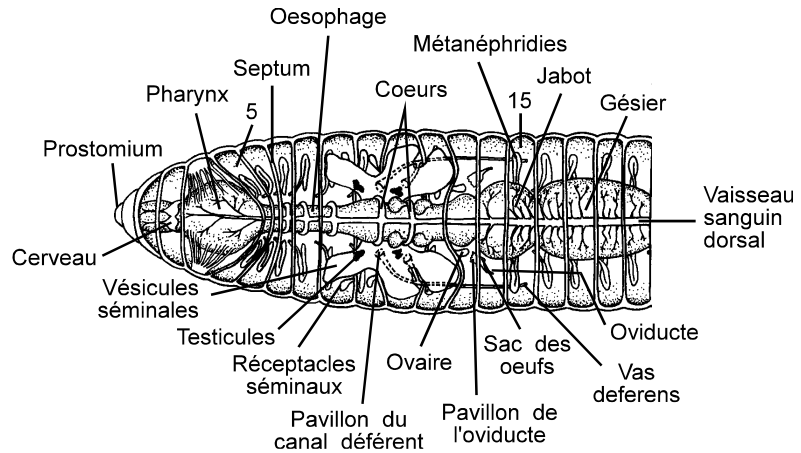
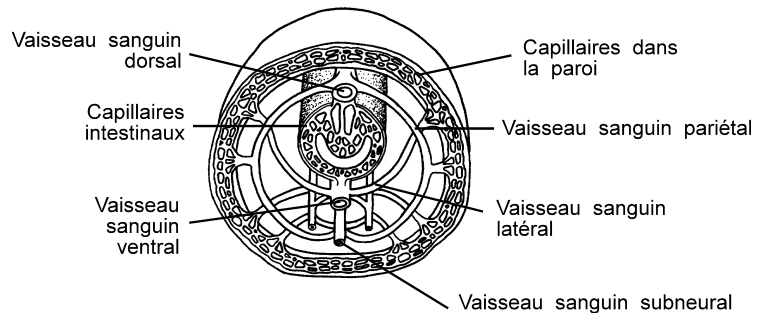


Figure 45. Coupe transversale du système circulatoire d'un ver de terre



Examinez, à l'aide du microscope à dissection, le système circulatoire qui se ramifie. Suivez le cours du système circulatoire (Figs. 44, 45). Le vaisseau dorsal qui transporte le sang vers l'avant le long du haut du canal digestif, se divise en capillaires dans la paroi pharyngienne. Le sang pénètre le vaisseau dorsal en provenance des capillaires près de l'anus, de la paroi coelomique et du tube digestif. Le sang quitte le vaisseau dorsal en partie à travers les capillaires du pharynx, mais principalement à travers les 5 paires de coeurs qui le passent au vaisseau ventral. Ce vaisseau transporte le sang tout le long de la face ventrale et se ramifie vers l'intestin et le système excréteur. À l'endroit où la section d'intestin a été retirée, déplacez la corde neurale ventrale pour voir le vaisseau sous-neural, qui transporte aussi le sang tout le long de l'animal. Il est formé à partir de capillaires de la région pharyngienne et donne naissance aux vaisseaux qui passent vers le haut sur la surface interne de la paroi coelomique et reçoivent le sang du système excréteur avant de se combiner avec le vaisseau dorsal. Essayez d'identifier ces différents vaisseaux sanguins.

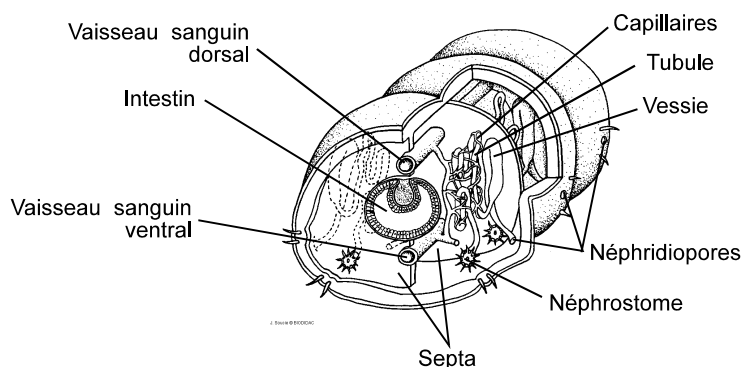
### Le système respiratoire

Il n'y a pas d'organes respiratoires spécialisés. La respiration se fait par simple diffusion à travers le tégument. Le sang lui-même contient toutefois un pigment respiratoire, l'hémoglobine, qui aide au transport de l'oxygène.

### Le système excréteur

Le système excréteur consiste en une paire de métanéphridies (Figs. 43, 46) dans chaque segment excepté les trois premiers et les trois derniers. Retirez soigneusement une métanéphridie avec la partie médiane du septum antérieur. Placez-la sur une lame dans une goutte d'eau sans lamelle. Examinez-la sous le microscope. Le petit néphrostome, attaché à la face antérieure du septum, est un entonnoir avec une frange de cils. Il mène à travers le septum à un tube en spirale et cilié qui se trouve dans le segment suivant. Ce tube s'ouvre vers l'extérieur à travers le néphridiopore de ce même segment.

Figure 46. Le système excréteur



### Le système reproducteur

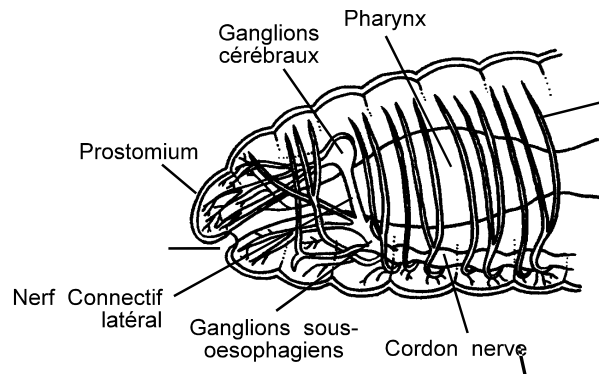
La caractéristique la plus évidente du système reproducteur (Fig. 44) est la présence de 3 grosses vésicules séminales, qui font partie du système mâle et qui stockent le sperme avant qu'il ne soit libéré. Le sperme est libéré de deux petits testicules qui sont situés sur les septums entre le 9<sup>e</sup> et le 10<sup>e</sup> segment et entre le 10<sup>e</sup> et le 11<sup>e</sup> segment, dans les vésicules séminales. Une fois que les spermatozoïdes sont mûrs ils passent à travers les canaux ciliés, le canal déférent et sortent par les ouvertures génitales mâles. Une grande partie de ceci ne peut être observée dans un spécimen préservé. Le système reproducteur interne femelle est simple mais difficilement observable. Identifiez le segment 13, et poussez l'oesophage et les vésicules séminales de côté. En utilisant le microscope à dissection essayez de trouver le minuscule ovaire qui pend du septum antérieur près de la ligne mi-ventrale. Les oeufs sont libérés de l'ovaire et passent dans le canal situé sur les sep-

tums adjacents et de là, passent dans l'oviducte vers l'ouverture génitale femelle. Finalement, identifiez les deux paires de réceptacles séminaux qui sont localisés aux segments 9 et 10.

### Le système nerveux

Dans le système nerveux (Fig. 47), identifiez le ganglions cérébraux au-dessus de l'extrémité postérieure de la masse buccale et les deux nerfs connectifs latéraux qui descendent et se rattachent aux ganglions sous-oesophagiens. Les parties principales du système nerveux sont ces ganglions et une longue corde nerveuse paire ventrale. À l'aide du microscope à dissection, notez la nature paire de cette corde, les ganglions qui sont de légers renflements à peu près au centre de chaque segment (ils sont particulièrement proéminents dans les segments postérieurs), et les nerfs pairs trouvés à chaque segment.

Figure 47. Le système nerveux



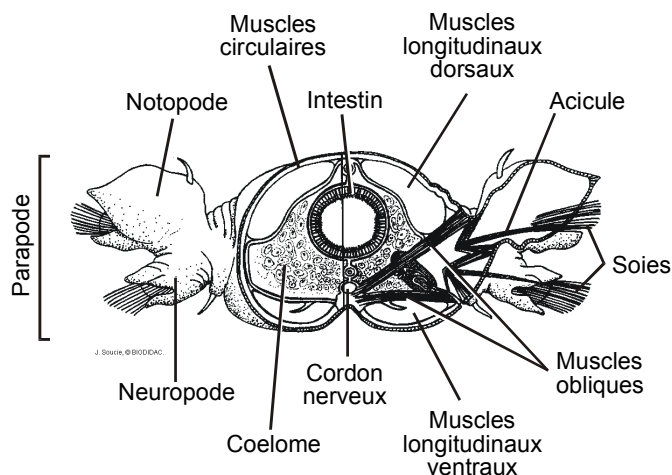
Sélectionnez une lame préparée montrant une coupe transversale de la région intestinale. Utilisez le faible grossissement du microscope ordinaire pour cet examen. Identifiez la paroi coelomique, la cavité coelomique et le système digestif. La couche externe de la paroi coelomique est la cuticule qui est acellulaire. Tout de suite à l'intérieur de la cuticule se trouve l'épiderme composé principalement de cellules épithéliales. Puis on trouve deux couches de tissus musculaires. La couche la plus externe est la couche de muscle circulaire. La couche musculaire la plus épaisse est la couche musculaire longitudinale qui est arrangée en blocs. Où sont situées les soies? Localisez le péritoine.

### Le Polychète marin, *Nereis*

*Nereis* est un exemple de ver Polychète et les différences les plus évidentes entre lui et le ver de terre sont les parapodes pairs trouvés sur chaque segment et les nombreuses soies (Fig. 48). Ces parapodes ont deux fonctions: la locomotion et les échanges gazeux. Examinez la lame préparée et votre spécimen et identifiez les principales caractéris-

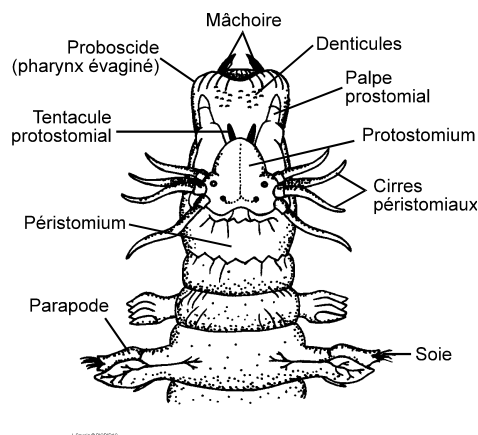
tiques de ces parapodes. Les parapodes sont formés de deux lobes. Le lobe dorsal est le notopode et le lobe ventral est le neuropode. Chacun de ces lobes possède une touffe de soies. À l'intérieur, l'acicule joue le rôle d'une barre de renfort et procure rigidité et support.

**Figure 48.** Coupe transversale de *Nereis*



*Nereis* est un nageur actif et on retrouve plusieurs structures sensorielles au niveau de la tête. Entre autres, il y a des tentacules et des cirres qui servent d'organes tactiles et du goût (Fig. 49). Ils possèdent également des yeux sensibles à la lumière. Il y a aussi toute une variété de dents et vous pourrez noter des mâchoires noires si le pharynx est retourné par éversion. Ces vers se nourrissent d'autres invertébrés et de grosses algues et ils capturent leur proie à l'aide des mâchoires retournées. Quand elles sont rétractées dans la tête, la nourriture entre dans la voie digestive.

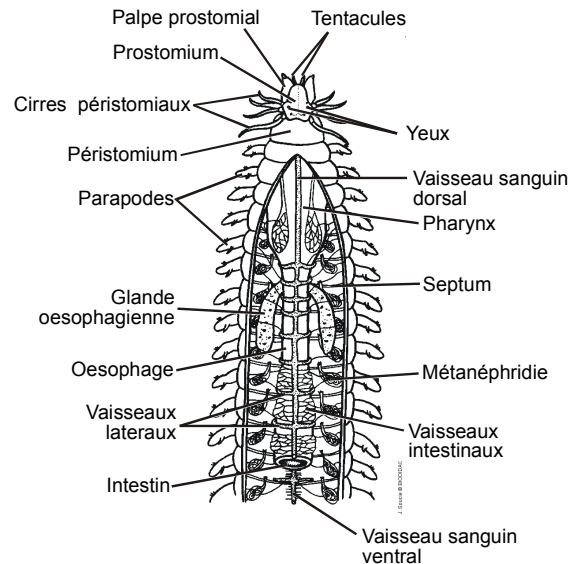
**Figure 49.** Tête de *Nereis*



Submergez votre spécimen et suivez la même méthode de dissection que celle utilisée pour le ver de terre pour exposer les structures internes (Fig. 50). Les septums entre les métamères sont beaucoup plus

proéminents dans ces animaux et cela rendra la dissection un peu plus difficile. Localisez le vaisseau dorsal et les vaisseaux sanguins latéraux. Chez ces vers les parapodes sont utilisés comme branchies. Tâchez d'identifier les vaisseaux sanguins en relation avec la direction du flux sanguin. Identifiez les diverticules de l'oesophage et les métanéphridies. Si le pharynx n'est pas étendu dans votre spécimen ouvrez le pharynx et exposez les mâchoires.

**Figure 50.** Anatomie interne de *Nereis*



Chez la plupart des spécimens, le pharynx et les mâchoires seront rétractés. Si vous coupez dans le pharynx vous devriez pouvoir trouver les mâchoires. Postérieurement au pharynx on trouve les glandes (caecums) oesophagiennes qui entourent le tube digestif qui s'étend jusqu'à l'anus en un tube uniforme.

Le système nerveux est plus compliqué. Identifiez les ganglions cérébraux, les nerfs connectifs et les ganglions sous-oesophagiens après une dissection soignée. La corde nerveuse est entourée d'une gaine fibreuse. Il n'y a pas de structures reproductives proéminentes. Chez ces animaux primitifs les gamètes sont formés par des tissus dans la paroi des septums et relâchés à l'extérieur soit par les ouvertures métanéphridiennes, soit par des coelomoductes. Dans quelques cas la paroi coelomique se rompt pour laisser échapper les oeufs ou le sperme.

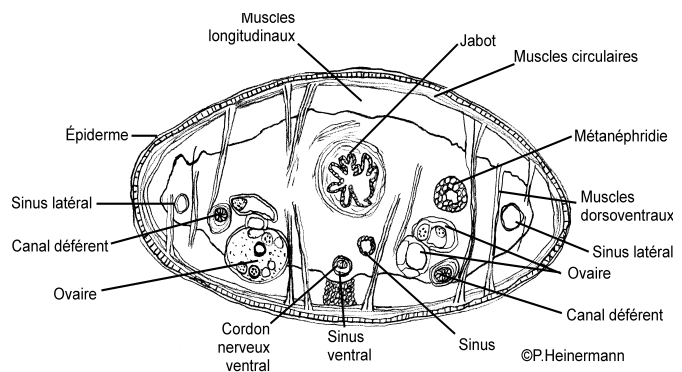
La musculature longitudinale est organisée en bandes dans chaque métamère. Comparez la lame de la coupe transversale à ce que vous pouvez voir sur votre spécimen. Comment l'arrangement des muscles est-il relié au mode de locomotion de ces vers?

## La sangsue

Les sangsues, contrairement aux autres groupes d'Annélides, ont toujours 34 segments. L'examen de la surface externe laisse toutefois croire qu'il y a beaucoup plus que 34 segments parce que les anneaux visibles à l'extérieur ne correspondent pas aux divisions internes entre les métamères. Les deux structures anatomiques externes caractéristiques sont les ventouses antérieure et postérieure.

Vous ne disséquerez pas la sangsue mais examinerez une coupe transversale pour observer l'organisation interne (Fig. 51). Notez que le coelome spacieux a disparu pour être remplacé par des sinus et petites cavités qui entourent les divers organes internes. Observez attentivement le vaisseau sanguin dorsal ou le cordon nerveux ventral pour identifier les sinus coelomiques dans ces régions. Les muscles circulaires et longitudinaux sont combinés à une musculature dorso-ventrale (oblique). Quel autre type d'organismes ayant ce type d'arrangement musculaire avez-vous observé précédemment? Le système digestif de la sangsue apparaît comme trois cavités sur la lame microscopique.

**Figure 51.** Coupe transversale d'une sangsue

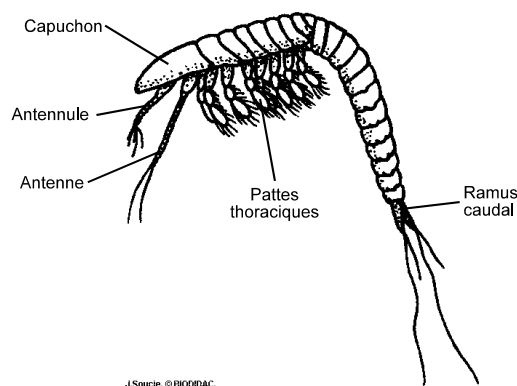




# Crustacés et diversité des Arthropodes

par Jon G. Houseman

**Figure 52.** Crustacé primitif



## Introduction

L'organisation métamérique, apparue chez les Annélides, subit une nouvelle transformation chez les Arthropodes: la tagmatisation. Certains segments se fusionnent pour former des tagma qui se spécialisent pour remplir des fonctions particulières. Le meilleur exemple de cette spécialisation est chez les Insectes où la tête est spécialisée pour la perception et la capture de la nourriture, le thorax est le centre locomoteur et l'abdomen contient les organes vitaux et les organes reproducteurs.

## Caractéristiques des Arthropodes

Les Arthropodes sont un groupe d'animaux très abondants et diversifiés. Les Arthropodes représentent entre 75 et 80 % de toutes les espèces animales. En dépit de leur grand nombre, ils possèdent de nombreuses similarités. Tous les Arthropodes ont un exosquelette segmenté, des yeux composés et des appendices articulés. L'exosquelette, qui est composé de cuticule inerte sécrétée par l'épiderme sous-jacent, est un des facteurs expliquant le succès des Arthropodes. On a dit que le développement de la cuticule par les Arthropodes était aussi important à leur succès que le développement du plastique l'a été pour les humains. Alors que cela peut sembler être une exagération repensez-y pendant que vous observez les différents animaux pendant cette période de laboratoire. Souvenez-vous qu'ils ont tous été fabriqués

avec cette cuticule qui a été sculptée et moulée pour former les fines pièces buccales d'un moustique tout comme la robuste pince du homard, sans oublier les ailes délicates des insectes.

### **Caractéristiques additionnelles des Arthropodes**

Les caractéristiques additionnelles communes aux Arthropodes incluent la présence d'un coeur tubulaire dorsal qui fait partie du système circulatoire ouvert qui inclut aussi l'hémocoèle. Il y a un cordon nerveux ventral et un arrangement métamérique des segments du corps qui a subi une tagmatisation à un degré différent dans chaque groupe d'Arthropodes. Alors que ces caractéristiques unifient les Arthropodes, d'autres font qu'il est difficile de dériver une seule origine phylogénétique pour le groupe. Les caractéristiques incluent la présence d'appendices uniramés ou biramés, les structures buccales qui sont soit des mandibules ou des chélicères ou la présence des deux formes, l'absence d'antennes ou la présence d'une ou de deux paires d'antennes.

### **Crustacés**

Les Crustacés comprennent une gamme très variée d'animaux allant du zooplancton marin, qui sont les herbivores principaux dans l'environnement pélagique, jusqu'aux énormes crabes dont l'envergure des pattes se mesure en mètres. La forme ancestrale (Fig. 52) possédait des appendices biramés attachés à chaque segment et deux tagma: tête et thorax. Les appendices biramés simples étaient impliqués dans la respiration, la locomotion et l'alimentation, et étaient semblables sur chaque segment.

Chez les Crustacés plus récents, les pattes ont tendance à être spécialisées pour l'une ou deux des trois fonctions ancestrales. Certaines sont spécialisées pour l'alimentation, d'autres servent à la locomotion, et certaines ne servent qu'à la respiration. Aux changements de fonctions correspondent également des changements de formes de ces appendices. On dit que ces appendices représentent une homologie sérielle puisqu'ils ont tous la même origine ontogénique mais ils ont des fonctions différentes. C'est pourquoi vous examinerez si en détail les appendices de l'écrevisse.

Il vous serait impossible d'observer tous les types de Crustacés en une seule séance de laboratoire et l'écrevisse servira d'exemple pour le groupe entier. Ne faites cependant pas l'erreur de croire que l'écrevisse soit typique de tous les groupes de Crustacés.

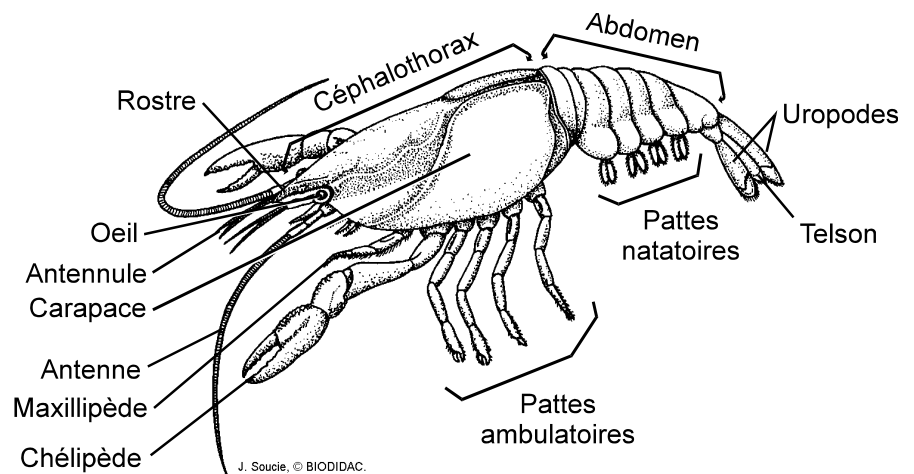
## Écrevisse

L'écrevisse est un Crustacé omnivore répandu à travers le monde. Elle vit dans les ruisseaux et étangs où elle joue le rôle d'un nécrophage et se nourrit de tout ce qu'elle trouve. Elle est considérée par plusieurs comme un délice et fait partie de la cuisine traditionnelle dans le sud des États Unis et plusieurs régions d'Europe.

### Anatomie externe (Fig. 53)

Examinez votre spécimen en tâchant d'identifier les structures caractéristiques des Arthropodes tels la cuticule dure, les appendices articulés et les yeux composés. Tentez de plier doucement les diverses parties des appendices dans différentes directions pour comprendre comment les membres s'articulent. Localisez les membranes entre les parties articulées.

Figure 53. Anatomie externe de l'écrevisse

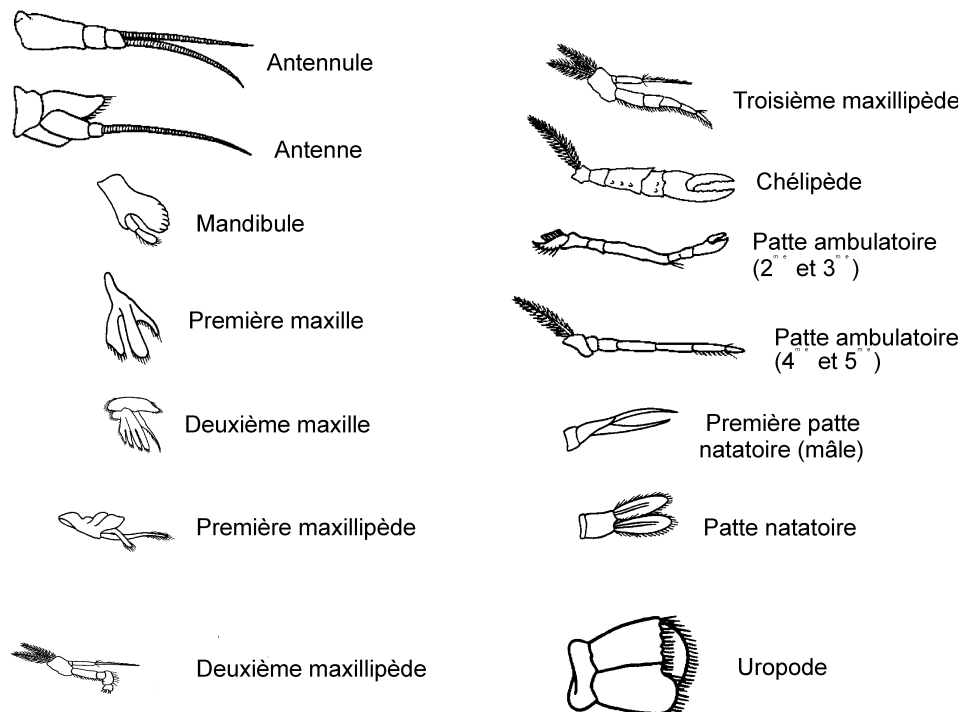


Le corps est formé d'une série de métamères qui ont été fusionnés en deux tagma. Chez les Décapodes, ces deux tagma sont le céphalothorax et l'abdomen. Le céphalothorax est couvert dorsalement par la carapace et la jonction entre la tête et le thorax est visible au niveau du sillon cervical sur la carapace. Trois des huit pattes thoraciques sont fusionnées à la tête pour former les maxillipèdes. Le thorax a donc cinq paires d'appendices. Derrière le sillon cervical et parallèlement à l'axe du corps se trouvent deux sillons branchiaux qui indiquent la position des chambres branchiales sous-jacentes. L'organisation structurale de l'abdomen est simple: dorsalement des tergites recourbés se chevauchant et ventralement des sternites connectés par des membranes.

Examinez la surface ventrale de votre spécimen pour voir les appendices formant l'homologie sérielle (Fig. 54). Les appendices sont biramés (Fig. 55) et sont formés d'un protopodite (la composante la plus

proximale), d'un exopodite (un rameau latéral ou externe qui provient du protopodite) et d'un endopodite (un rameau médian ou interne provenant du protopodite). Chacune de ces composantes peut être transformée de différentes façons. Certaines parties peuvent être fusionnées, agrandies ou simplement disparaître. Identifiez ces parties en vous référant aux diagrammes. Notez comment les parties sont modifiées par rapport à la structure de base de l'appendice biramé.

**Figure 54.** Appendices de l'écrevisse



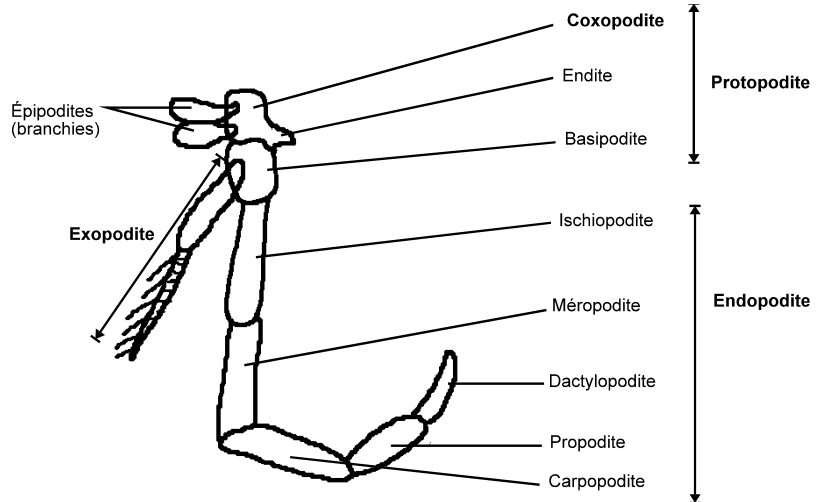
Observez votre spécimen et identifiez les appendices en partant des premiers: antennules, antennes, mandibules et enfin deux paires de maxilles. Ces cinq appendices céphaliques sont retrouvés chez tous les Crustacés. Puis viennent trois maxillipèdes qui indiquent la jonction entre la tête et le thorax. Ces maxillipèdes sont des appendices thoraciques qui servent à l'alimentation. La première des cinq paires de pattes locomotrices (péréiopodes) est modifiée pour former un organe préhensile appelé chélipède. Les quatre autres paires de péréiopodes suivent. Enfin, il y a six paires d'appendices abdominaux: cinq paires de pléopodes et une paire d'uropodes terminaux qui, combinée au telson, forme la queue de l'animal. Les deux premières paires de pléopodes sont modifiées et servent d'organes copulateur chez le mâle. La plupart des pièces buccales ne seront pas apparentes jusqu'à ce que vous les enleviez, plus tard dans la dissection.

Avant de disséquer l'animal, enlevez une partie de la carapace pour exposer les branchies contenues dans la chambre branchiale. Les branchies sont-elles attachées aux pattes? Enlevez délicatement les appendices sur le côté où vous avez découpé la carapace. Séparez chaque appendice du corps au niveau de la membrane de l'articulation au corps. Ce faisant identifiez les trois parties principales de chaque appendices et faites un parallèle avec l'architecture générale d'un appendice biramé. Note: l'endopodite est généralement plus gros que l'exopodite et peut être divisé en un maximum de 5 segments.

L'antennule est composée d'un coxopodite simple et d'un basipodite divisé en deux segments. La partie dorsale du coxopodite contient un statocyste qui est perceptible par une petite dépression à l'extérieur. Enlevez l'exosquelette sur le côté et examinez le statocyste au microscope. Enlevez délicatement l'antenne en vous assurant que le coxopodite y reste attaché. L'ouverture du système excréteur (la glande verte) est située sur le coxopodite.

Orientez votre spécimen sous la loupe binoculaire de manière à bien voir les pièces buccales et retirez délicatement les appendices en partant de la troisième maxillipède et en allant vers l'avant. Soyez sûr de tenir le coxopodite de chaque appendice avec vos forceps (pinces), pour bien enlever l'appendice entier. Notez l'ordre dans lequel ces appendices se trouvent. Les maxillipèdes ne servent pas uniquement à manipuler la nourriture mais sont également impliqués dans la respiration. On retrouve des branchies sur la deuxième et la troisième maxillipède. La troisième maxillipède illustre le mieux la structure typique des appendices de Crustacés avec un exopodite, endopodite et un épipodite partiellement modifié en branchie (Fig. 55). Contrairement à la première, la seconde maxille a un exopodite fusionné à l'épipodite coxal (scaphognathite). Les mandibules ont un coxopodite avec une zone pour broyer et une pour couper et le basipodite et l'endopodite forment une projection en forme de doigt.

**Figure 55.** Un appendice biramé général d'un Crustacé

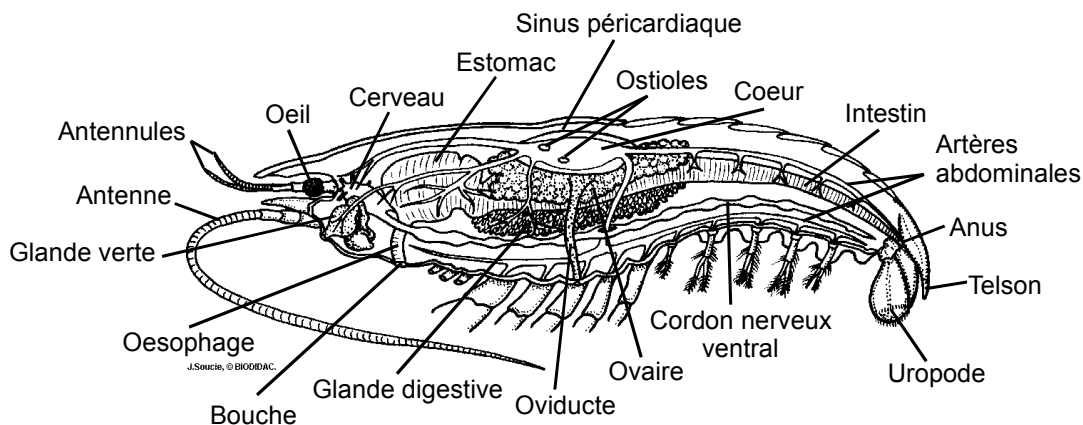


Les pattes ambulatoires, les péréiopodes, sont les appendices les plus gros et les plus évidents. Elles n'ont pas d'exopodites mais portent toutes des branchies. La seconde et la troisième paire portent également des pinces. Les péréiopodes sont les derniers appendices thoraciques. Les appendices restants sont abdominaux et, sauf les uropodes terminaux, sont tous appelés pléopodes (pattes natatoires). Chacun ressemble à la forme générale biramée. Les deux premiers pléopodes sont de forme différente chez le mâle. De quel sexe est votre spécimen?

**Anatomie interne (Figs. 56-58)**

Ouvrez votre écrevisse en faisant une coupe latérale de chaque côté de la carapace et dans la chambre branchiale jusqu'au rostre. Ne coupez pas trop profondément sinon vous allez détruire la musculature et les organes sous-jacents. Poursuivez la coupe le long des bordures de l'abdomen vers le telson.

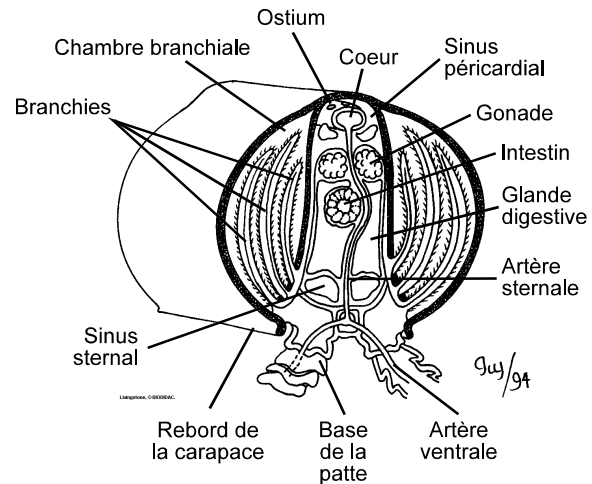
**Figure 56.** Anatomie interne de l'écrevisse



### Système circulatoire

Les Crustacés ont un système circulatoire ouvert ce qui implique qu'il n'y a pas de capillaires reliant les vaisseaux sanguins allant vers le coeur et ceux qui en proviennent (Fig. 57). Ceci n'empêche pas les Crustacés d'avoir un réseau complexe d'artères et de veines qui alimentent les différents organes et ramène le sang qui a été oxygéné dans les branchies vers le coeur.

**Figure 57.** Le système circulatoire de l'écrevisse



Examinez le coeur et les principaux vaisseaux sanguins. Le coeur est situé dans la cavité péricardique qui contient le sang provenant des branchies. Ce sang pénètre dans le coeur par les ostioles. Si votre spécimen a été injecté au latex sous une pression trop forte il est possible que le coeur et/ou les ostioles soient endommagés. Le sinus péricardial est particulièrement fragile et il est possible que le latex ait envahi l'hémocoèle. Dans ce cas le coeur peut être révélé en enlevant le surplus de latex. Comment les ostioles fonctionnent-ils et comment permettent-ils au coeur de pomper le sang?

Vous devriez pouvoir examiner la majorité des vaisseaux sanguins. Une des branches de l'aorte antérieure devient l'artère optique. L'artère antérieure latérale se divise pour former l'artère antennaire et l'artère hépatique. L'aorte postérieure se divise en artères abdominales segmentaires. L'artère sternale va du coeur jusqu'à la surface ventrale de l'animal. Ces artères dirigent le sang dans toutes les parties du corps où il est libéré dans l'hémocoèle. Le sang dans l'hémocoèle est aspiré dans les branchies avant de retourner au coeur par le sinus péricardique.

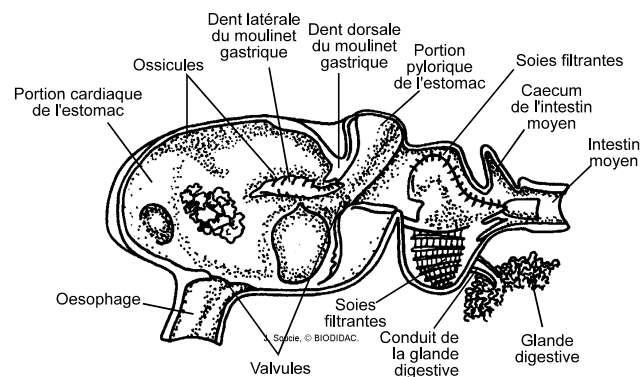
### Système reproducteur

Les organes reproducteurs sont retrouvés tout près de la glande digestive. Les testicules et les ovaires sont devant et un peu en dessous du coeur. L'ouverture du pore génital mâle est à la base de la cinquième péréiopode et celle de la femelle à la base de la troisième. Les pléopodes du mâle sont modifiés pour faciliter le transfert du spermato-phore.

### Système digestif

L'oesophage relie la bouche à l'estomac qui est situé juste derrière le rostre. La glande digestive (hépatopancréas) est formée d'une paire de diverticules reliées à l'intestin moyen. Pour observer le tube digestif, vous devrez enlever la glande digestive. Procédez délicatement car elle est attachée à l'intestin moyen et aux organes reproducteurs. Identifiez l'estomac (moulin gastrique) qui se divise en une région cardiaque et une région pylorique (Fig. 58). L'intestin moyen est court chez l'écrevisse mais plus long chez le homard. Dans sa partie antérieure on peut voir les gros muscles associés à l'estomac. Enlevez l'estomac en coupant au niveau de l'intestin et de l'oesophage. En le maintenant submergé dans un verre de montre, coupez-le en deux. Séparez les deux moitiés et observez les dents chitineuses médianes et latérales, ainsi que les soies chitineuses qui agissent comme des passoires. Toutes ces structures sont composées de chitine car elles dérivent de la partie antérieure du tube digestif tapissée de chitine.

Figure 58. L'estomac de l'écrevisse



### Système excréteur

Les glandes vertes sont des organes excréteurs situés dans la région ventrale de la tête près de la bouche. Une des différences entre l'écrevisse et le homard est la structure du tube. Retirez la glande pour l'examiner et identifier ces composantes.

### Système nerveux

Enlevez l'estomac et les autres viscères pour localiser les ganglions sous- et supraoesophagiens ainsi que les nerfs connectifs. Identifiez le cordon nerveux et observez sa morphologie dans chaque segment. Est-ce que tous les ganglions ont la même taille? Pourquoi pas? Examinez un oeil composé sous le microscope à dissection.

### Diversité des Arthropodes

Il y a quatre classes d'Arthropodes: Trilobitomorpha, Crustacea, Chelicerata et Uniramia. Les Trilobites sont maintenant disparus et seules les trois autres classes subsistent encore aujourd'hui. Examinez les spécimens des différents types d'Arthropodes et déterminez à quelle classe ils appartiennent. Servez-vous des critères suivants. Les Chélicé- rates se nourrissent à l'aide de leurs chélicères, ont des membres uniramés, et n'ont ni antennes ni yeux composés. Les Crustacés se nourrissent à l'aide de leurs mandibules, ont des appendices biramés, deux paires d'antennes et des yeux composés. Les Uniramés se nourrissent en se servant de leurs mandibules, marchent à l'aide de pattes uniramées, ont une paire d'antennes et une paire d'yeux composés.

Quoiqu'à première vue il semble bien que tous ces animaux fassent partie du même embranchement, il y a de bons arguments pour les séparer.

Pour que tous ces animaux soient regroupés dans le même embranchement, il faut qu'ils aient un ancêtre commun et qu'ils partagent tous une série de caractères ancestraux avec cet ancêtre. Sinon, il faut les séparer en embranchements distincts et dire du groupe des Arthropodes qu'il est polyphylétique. Dans ce cas, chacune des classes devrait être promue au niveau d'embranchement.

Pour illustrer le problème chez les Arthropodes vous examinerez quelques Arthropodes pour identifier quatre structures: les pattes (uniramées ou biramées), l'oeil composé (présent ou absent), les antennes (nombre de paires) et l'appendice utilisé principalement pour l'alimentation (mandibule ou chélicère). Vous tenterez ensuite de recréer la séquence évolutive pour les trois lignées d'Arthropodes subsistant maintenant.

Vous devrez d'abord décider quelles sont les caractéristiques ancestrales: yeux composés présents ou absents? Antennes présentes ou absentes? Membres uni- ou biramés? Mandibules ou chélicères? L'ancêtre étant créé, vous devez identifier quels sont les changements nécessaires pour produire l'une des classes dans la séquence évolutive. Puis vous devez décider quelles sont les modifications requises pour produire les autres.



# Les insectes, les Arthropodes dominants

par Jon G. Houseman

## Introduction

### Caractéristiques des Insectes

Les insectes sont les membres dominants du groupe des Arthropodes et possèdent donc les mêmes caractéristiques que les autres membres de ce groupe telles que présentées au début du laboratoire précédent. Cependant, ils possèdent certaines caractéristiques qui les distinguent des autres Arthropodes. Ces caractéristiques incluent la tagmatisation du corps en trois régions principales: la tête, le thorax et l'abdomen. Chaque tagma se spécialise pour certaines fonctions. La tête est impliquée dans l'alimentation et la perception sensorielle, le thorax est le centre locomoteur et finalement l'abdomen contient les organes vitaux et les organes reproducteurs.

Les insectes ont trois paires de pattes mais la présence des ailes n'est pas une caractéristique ancestrale puisque les formes les plus primitives n'ont pas d'ailes. Les insectes partagent aussi des caractéristiques avec certains autres Arthropodes. Ces caractéristiques incluent les mandibules, qui sont aussi trouvées chez les Crustacés et les appendices uniramés et les tubes trachéens trouvés chez les Chélicérates.

Avec un groupe d'animaux si grand il est difficile d'utiliser un seul spécimen typique de la Classe des Insectes ou de produire un assortiment complet d'animaux à examiner. Vous observerez donc deux insectes différents pour identifier les caractéristiques principales du groupe.

Il est important, lorsqu'on examine des spécimens d'insectes, de réaliser que même les structures internes peuvent être considérablement modifiées ou organisées de façon différente. La sauterelle, *Romalea micropterus*, sera utilisée pour illustrer les caractéristiques externes principales d'un insecte. Traditionnellement, la sauterelle est utilisée pour ce genre d'exercice de laboratoire parce qu'elle illustre un nombre de caractéristiques primitives ou ancestrales. Cependant elle n'est pas un spécimen approprié pour étudier l'anatomie interne parce que les préservatifs rendent les différents tissus difficiles à distinguer. Une blatte, *Periplaneta americana*, qui a été anesthésiée au dioxyde de carbone, sera utilisée pour l'anatomie interne. Vous devez être conscients que bien que ces animaux représentent des bons exemples de l'architecture générale des insectes, chacun est un animal très spécialisé.

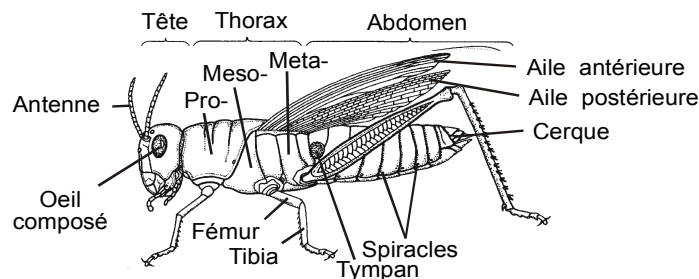
## La sauterelle, *Romalea micropterus*

Le matériel de démonstration vous permettra de comparer les insectes à d'autres Arthropodes pour identifier les différences et les similitudes entre les deux groupes.

### Anatomie externe

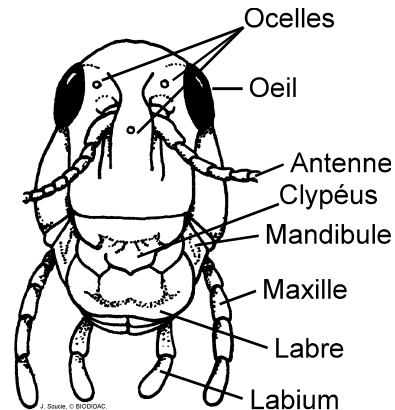
Identifier les trois segments principaux (tagmata) d'un insecte (Fig. 59): la tête, le thorax et l'abdomen. Le corps est couvert d'un exosquelette composé de cuticule qui est déposée par l'épiderme sous-jacent. L'exosquelette est divisé en un nombre de plaques dures, ou sclérites, qui sont séparées les unes des autres par des sutures ou des membranes. À l'endroit où les différentes régions de cuticule durcie s'appuient l'une contre l'autre, la cuticule est plus mince et membraneuse, ce qui permet une plus grande flexibilité entre les sclérites. Vous pouvez observer cette membrane flexible au point de jonction des pattes avec le thorax.

Figure 59. Anatomie externe d'une sauterelle



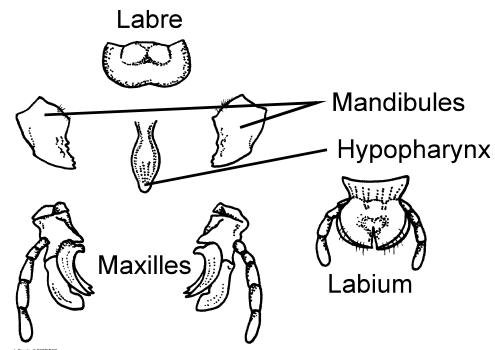
La tête est composée de six segments, mais elle n'a pas de lignes externes ou sutures pour indiquer ces segments individuels. Identifiez les caractéristiques principales de la tête d'insecte (Fig. 60). Les yeux composés sont situés latéralement et si vous observez attentivement sous le microscope à dissection vous verrez le dessin compliqué formé par les ommatidies, qui sont les unités optiques répétées de l'oeil. En plus de l'oeil composé, trois ocelles sont aussi situés sur la tête et servent de photorécepteurs. Les antennes sont évidentes. Examinez-les attentivement à l'aide du microscope à dissection et observez les nombreuses soies sensorielles réparties à travers leur surface. Les soies ont un rôle principalement chimiosensoriel. Pour les apercevoir, vous devrez attendre que le préservatif se soit évaporé.

Figure 60. Tête d'une sauterelle



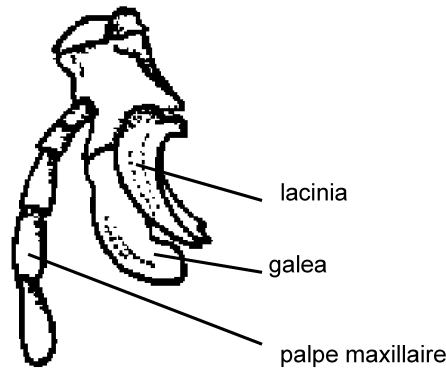
Les pièces buccales de la sauterelle (Fig. 61) sont semblables à la forme ancestrale trouvée chez les mandibulés. Examinez soigneusement et retirez les pièces buccales. Le labre est suspendu au clypeus et forme la lèvre supérieure ou palais de la cavité buccale. Les mandibules sont sclérifiées et durcies et deux régions sont apparentes: une coupante ou incisive, l'autre broyante ou molaire.

Figure 61. Pièces buccales d'une sauterelle



Les maxilles (Fig. 62) sont aussi paires et composées d'une lacinia dentelée, d'une galea et d'un palpe maxillaire sensoriel qui ressemble à une jambe utilisée comme organe du goût. Cette structure est aussi recouverte de poils sensoriels semblables à ceux qui sont observés sur les antennes. Le labium est formé de deux pièces fusionnées et forme le plancher de la cavité buccale. Là encore, les palpes labiaux sensoriels sont présents. L'hypopharynx n'est pas un appendice mais se trouve dans la cavité buccale et joue le rôle de la langue.

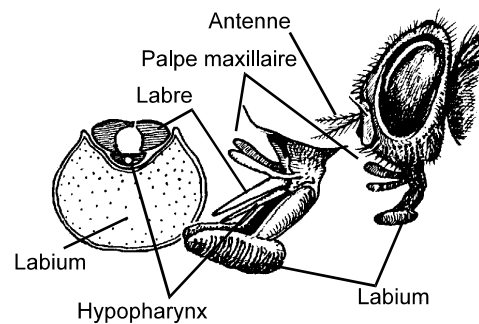
Figure 62. La maxille d'une sauterelle



Les pièces buccales de la sauterelle sont typiques d'un omnivore et peuvent couper et broyer la nourriture. Bien qu'elles représentent la forme ancestrale, elles ne sont pas représentatives des pièces buccales de tous les insectes. La cuticule des insectes est une matière plastique pouvant être modifiée pour prendre différentes formes et cette plasticité peut être bien illustrée par l'examen des pièces buccales d'autres groupes d'insectes.

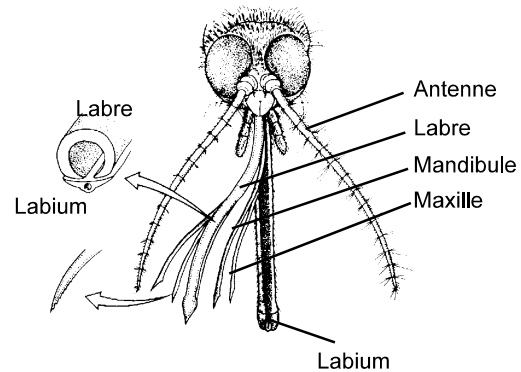
Les pièces buccales de la mouche domestique (Fig. 63) sont modifiées pour permettre d'éponger des liquides. Les centaines de sillons du lobe du labium agissent comme des capillaires aspirant le liquide dans le canal alimentaire central. Pouvez-vous identifier les 5 pièces buccales ancestrales chez la mouche?

Figure 63. Pièces buccales d'une mouche



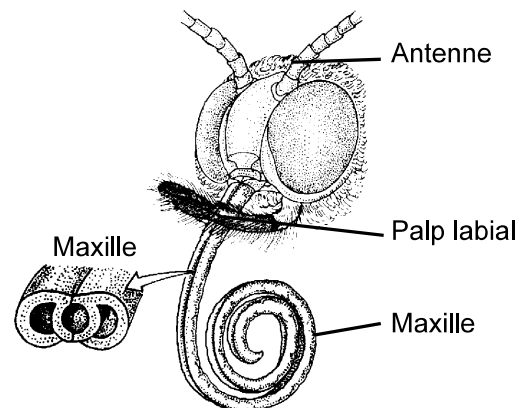
Les pièces buccales du moustique (Fig. 64) servent à percer et sucer le sang. Chez cet insecte, les cinq pièces buccales ancestrales sont présentes mais sont allongées au point de prendre l'apparence d'aiguilles. Elles permettent de percer la peau et un capillaire sous-jacent. Les pièces buccales s'imbriquent les unes dans les autres et permettent à l'insecte de boire comme si c'était une paille.

Figure 64. Pièces buccales d'un moustique



Les pièces buccales du papillon (Fig. 65) lui permettent de boire le nectar retrouvé à la base des fleurs. Comme ce long appareil buccal est encombrant, il est enroulé pour ne pas entraver le vol. Lorsqu'ils se nourrissent, le proboscis est déroulé en pompant de l'hémolymphe à l'intérieur. Certaines des 5 pièces buccales ancestrales sont disparues chez cet insecte. Lesquelles?

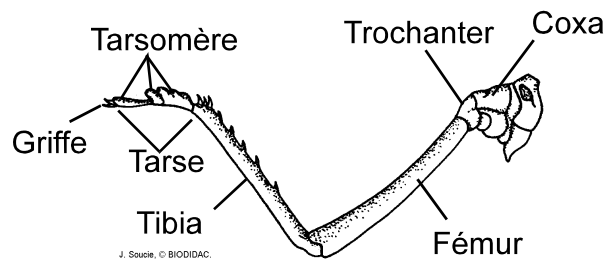
Figure 65. Pièces buccales d'un papillon



Le thorax a une fonction locomotrice et est composé de trois segments: le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Chacun de ces segments thoraciques porte une paire d'appendices et lorsque les ailes sont présentes, elles sont situées aux segments mésothoracique et métathoracique. Les segments thoraciques peuvent être divisés en trois sclérites distincts ou majeurs qui incluent le tergite dorsal, les pleures latéraux et le sternite localisé ventralement. Deux paires d'orifices spiraculaires sont situées sur le thorax et ceux-ci contrôlent l'entrée d'air dans le système trachéen interne. Localisez les spiracles et le tympan, un organe auditif sur le thorax.

La patte d'insecte (Fig. 66) est composée de six segments et le tarse est aussi divisé en segments qui donnent à l'extrémité distale de l'appendice une apparence multisegmentée. Les segments majeurs de la patte sont: coxa, trochanter, fémur, tibia et tarse. Le dernier segment tarsien porte deux griffes. Retirez la patte de derrière de votre sauterelle et essayez de fléchir les jointures au long de la patte. La présence d'un exosquelette signifie que les unités peuvent seulement plier dans un plan. Le fait d'avoir une série de jointures permet à l'extrémité distale de l'appendice de se mouvoir dans tous les plans. Les ailes d'un insecte sont souvent membraneuses et renforcées par une série de crêtes ou nervures. Cet arrangement de nervures et nervures transverses est un outil taxonomique important pour l'identification des insectes.

Figure 66. Patte d'un insecte



La segmentation de l'abdomen des insectes varie selon les groupes d'insectes mais, à l'origine, ce tagma était composé de 11 segments. Un segment abdominal typique se compose d'un tergite sclérifié (le sclérite dorsal) et d'un sternite qui est ventral. Dans cette région, les pleures sont membraneuses. Les orifices spiraculaires sont localisés sur chacun des segments. Les segments terminaux portent des appendices, les cerques, impliqués dans la copulation ou la ponte.

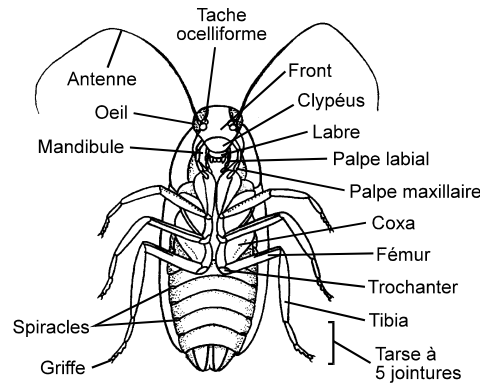
### La blatte, *Periplaneta americana*

Les observations de l'anatomie interne sont plus faciles si les spécimens sont submergés dans l'eau ou une solution saline. Bien qu'à première vue cela puisse paraître bizarre cela permet aux tissus internes d'être suspendus plutôt qu'affaissés par leur masse. Il est donc plus facile de distinguer les différents organes. Ceci est vrai particulièrement pour la blatte anesthésiée et les tissus continueront de fonctionner si vous utilisez une solution saline pour recouvrir l'animal. Épinglez votre spécimen vers un côté de votre plat à dissection afin de l'immobiliser pendant que vous l'examinez au microscope de façon plus minutieuse.

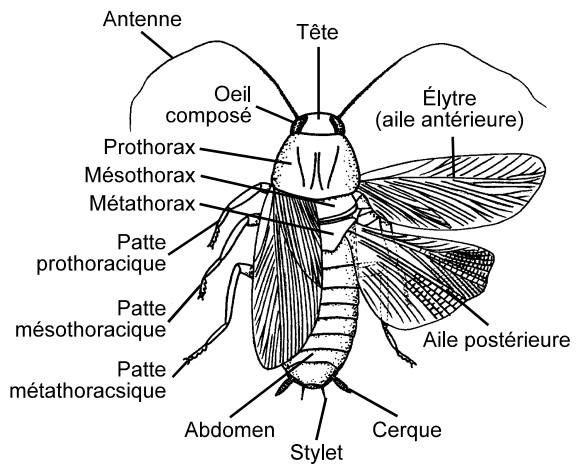
### Anatomie externe

Comparez les caractéristiques externes de la blatte (Figs. 67 et 68) à celle de la sauterelle (Fig. 59).

**Figure 67.** Vue ventrale de la blatte



**Figure 68.** Vue dorsale de la blatte



### Anatomie interne (Figs. 69-72)

Les blattes sont anesthésiées et vous devez être vigilants de ne pas leur laisser le temps de se réveiller et de s'échapper. Les blattes seront immobilisées en utilisant du dioxyde de carbone et resteront tranquilles quelques minutes. Pendant cette courte période de temps assurez-vous d'immobiliser votre spécimen complètement dans le plat à dissection en retirant les ailes et les pattes. Immobilisez la face dorsale au-dessus en l'épingleant de chaque côté du prothorax et de l'extrémité de l'abdomen. Lorsque vous épinglez l'abdomen, prenez soin d'étendre l'abdomen afin d'exposer les membranes intersegmentaires. Couvrez votre spécimen de solution saline qui prolongera la période d'anesthésie. Les insectes ont un système nerveux segmenté et leurs réflexes et comportements peuvent être décrits comme des arcs réflexes dans

chaque segment. Le cerveau n'est en fait qu'une série de ganglions fusionnés qui coordonnent l'information provenant des structures sensorielles de la tête.

Après avoir enlevé les ailes et les pattes vous pouvez avoir noté un liquide clair qui suinte des blessures. Ce liquide est l'hémolymph ou sang. Pourquoi n'est-il pas rouge? Observez sous le microscope à dissection, le vaisseau sanguin dorsal ou coeur. Dans quelle direction circule l'hémolymph?

Retirez chaque tergite en partant de l'avant-dernier tergite et en avançant vers la tête. Coupez soigneusement le long du bord latéral sans endommager les tissus sous-jacents. Prenez votre temps à cette étape et retirez les tissus connectifs des tergites en les enlevant. À ce moment les structures sous-jacentes paraissent blanches ou transparentes et si vous avez utilisé de la solution saline le coeur devrait rester à sa place et continuer de battre.

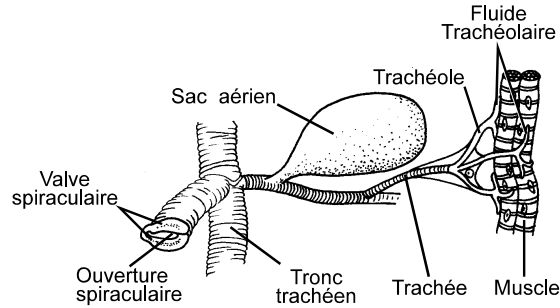
Trois structures devraient être visibles: le coeur, une quantité considérable de matière blanche et duveteuse qui est le corps adipeux, et de nombreux tubes luisants qui se ramifient par tout le corps. Ces derniers sont le tronc trachéen et la trachée.

### **Le système circulatoire**

Le système circulatoire d'un insecte est schématisé à la Figure 69. C'est un système circulatoire ouvert qui se compose d'un coeur contenu dans la cavité péricardique dorsale et de l'hémocoèle qui est une série de cavités et de sinus qui entourent tous les organes. La cavité péricardique et l'hémocoèle sont séparés par le diaphragme dorsal. Dans un insecte l'hémocoèle n'est pas le coelome embryonnaire. Quelle est l'origine de l'hémocoèle? Suivez le coeur vers l'arrière jusqu'au 9<sup>ème</sup> segment abdominal où il se termine en sac. À l'extrémité antérieure le coeur s'étend dans le thorax où il devient une aorte courte qui s'ouvre près du cerveau.



**Figure 70.** Le système respiratoire d'un insecte



La grande quantité de matière blanche et floconneuse qui cache la plupart des organes sous-jacents est le corps adipeux. Cet organe est plus qu'un simple amas de graisse comme son nom le suggère puisqu'il est impliqué dans la synthèse de protéines, la détoxification et dans une grande variété d'activités métaboliques essentielles à l'insecte. La structure équivalente chez les Vertébrés est le foie. Pour observer les organes sous-jacents vous devrez ôter ce tissu avec soin.

### Le système digestif

Le système digestif qui se trouve au-dessous est apparent une fois que le corps adipeux, la trachée et le cœur sont enlevés. Il consiste en un tube enroulé dans l'abdomen. Coupez vers l'avant à travers le thorax et retirez soigneusement le tissu musculaire alaire afin de mettre en évidence le tube digestif.

Le tube digestif est composé de trois régions: le stomodeum, le mésentéron et le proctodeum. Le stomodeum et le proctodeum sont tous deux bordés de cuticule et le contenu du mésentéron est contenu dans une membrane péritrophique. Quel est le rôle de la membrane péritrophique? La bouche mène à un pharynx tubulaire qui devient l'oesophage lorsqu'il passe de la tête au thorax. C'est à ce niveau que le tube digestif devient visible dans votre dissection.

L'oesophage devient un jabot, un sac élargi qui s'étend dans l'abdomen. Si vous bougez doucement les muscles de côté dans la région mésothoracique vous devriez être capable de voir les glandes salivaires grises pâles qui se trouvent de chaque côté du jabot. Les conduits salivaires se vidant dans la cavité buccale à la base de l'hypopharynx. Déroulez soigneusement la portion enroulée du tube digestif et placez-la de côté de façon à rendre toutes les parties visibles (Fig. 71).

Là où le jabot se rétrécit brusquement, il devient le gésier ou proventricule qui est une courte région durcie. Le proventricule marque la jonction entre le stomodeum et le mésentéron. La région antérieure du mésentéron est aussi indiquée par la présence de huit excroissances tubulaires qui se terminent en sacs appelés diverticules gastriques. Ces poches du mésentéron sont impliquées dans des fonctions digestives

spécialisées. Le mésentéron est le site principal de la sécrétion enzymatique et de l'absorption des aliments. La partie postérieure du mésentéron débute au point de jonction avec les tubules de Malpighi.

Après la jonction avec les tubules de Malpighi commence le gros intestin ou colon. Le rectum, qui est court et qui se distingue par des striations longitudinales est localisé à l'extrémité la plus postérieure du proctodeum. Il s'ouvre vers l'extérieur par l'anus.

### **Systeme excréteur**

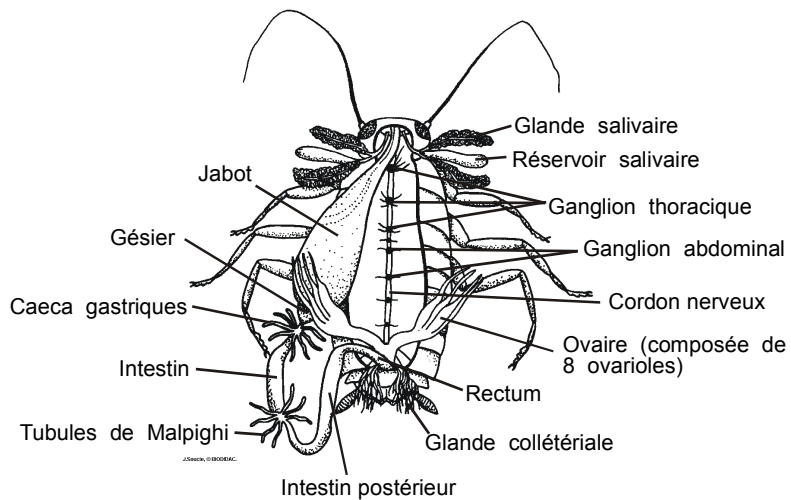
Les tubules de Malpighi s'étendent dans toute la cavité abdominale et sont baignés par l'hémolymphe. Enlevez quelques tubules et examinez-les sur une lame au microscope. Une fibre musculaire simple est enroulée autour de chaque tubule, lui permettant de se déplacer à l'intérieur de la cavité. Ces tubes fins qui s'étendent par tout le corps sont impliqués dans le processus d'excrétion et leur position suspendue dans l'hémolymphe leur permet de filtrer et de purifier l'hémolymphe qui les entoure. Le filtrat est rejeté dans le côlon et lorsqu'il atteint le rectum, l'eau et les sels essentiels sont réabsorbés, laissant derrière les déchets azotés qui sont rejetés avec les fèces par l'anus. Pour cette raison le système excréteur chez les insectes est aussi appelé le complexe proctodeum-tubules de Malpighi.

### **Le système reproducteur de la blatte**

Vous devez identifier le système reproducteur des insectes mâle et femelle, aussi vous devez vous assurer d'observer des spécimens de chacun des deux sexes. Comment distinguer les sexes extérieurement?

Chez les femelles (Fig. 72) deux ovaires se trouvent dans le corps adipeux sur chaque côté de l'abdomen et chacun est composé de huit ovarioles et chacune de celles-ci produit un oeuf. Les oeufs passent par l'oviducte et sont enfermés dans l'oothèque, qui est un casier à oeufs. L'oothèque est alors déposée sur le sol comme une structure blanche et molle qui se durcit et se colore rapidement à mesure que la sclérisation s'accomplit. Ceci forme une enveloppe protectrice solide pour les insectes qui se développent à l'intérieur. Si vous avez une oothèque intacte ne la jetez pas! Donnez-la au démonstrateur (à la démonstratrice) qui en disposera. Ceci est essentiel pour assurer que le bâtiment ne soit pas infesté par les blattes.

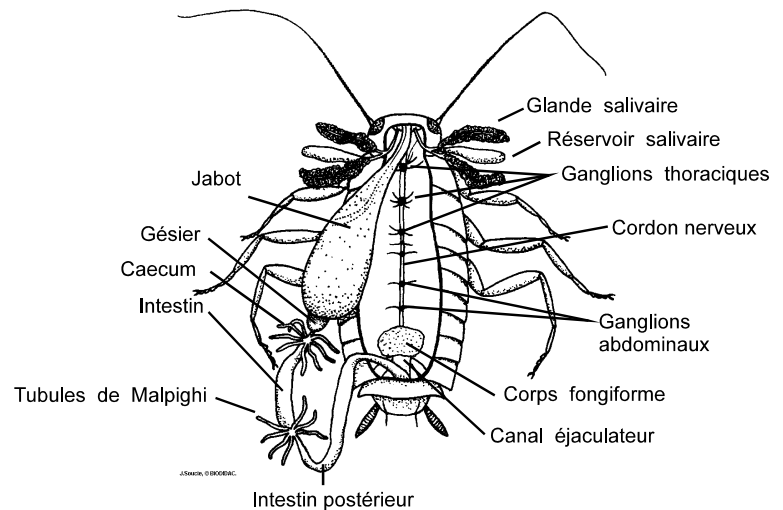
**Figure 71.** Anatomie interne de la blatte femelle



Trouvez les oviductes latéraux et bien que vous puissiez ne pas le voir vous devez savoir qu'ils se vident dans un oviducte commun ou oviducte médian qui s'ouvre vers l'extérieur via l'ovipositeur. La raison pour laquelle il peut s'avérer difficile de voir l'oviducte commun est qu'on trouve dans cette région de grosses glandes accessoires (glandes collétériales) qui ont l'apparence de spaghetti mouillés. Ils sont impliqués dans la production de l'oothèque qui contient les oeufs. Située à la jonction des oviductes se trouve une petite spermathèque brune qui emmagasine le sperme reçu lors de l'accouplement. Lorsque que les oeufs passent à ce point ils sont fertilisés.

Chez les mâles (Fig. 72) les testicules sont difficiles à voir puisqu'ils sont translucides et dispersés dans la masse du corps adipeux. Chaque testicule est composé d'un nombre de follicules et chacun produit du sperme. Le sperme passe par le canal déférent, le canal éjaculateur médian et plus tard à la femelle pendant l'accouplement. Deux glandes proéminentes avec des projections en forme de doigts sont situées à l'extrémité postérieure de l'abdomen et sont les glandes accessoires mâles ou corps fongiformes (ce terme n'est pas utilisé pour tous les insectes). Les glandes accessoires mâles sont impliquées dans la production de liquide séminal qui est passé avec le sperme à la femelle et dans la production du spermatophore. Si vous mettez soigneusement les corps fongiformes de côté vous verrez aussi une glande plus longue en forme de doigts, la glande conglobée qui s'ouvre aussi dans le canal éjaculateur.

Figure 72. Anatomie interne de la blatte mâle



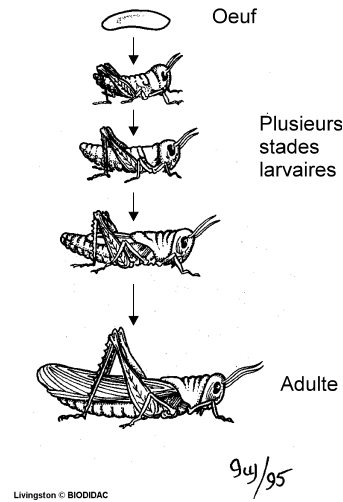
### Le système nerveux

Le système nerveux est apparent une fois que le système alimentaire est placé de côté. La corde nerveuse apparaît comme une ligne blanche qui parcourt la ligne médiane ventrale de l'animal. Retirez la solution saline du plat à dissection et ajoutez de l'alcool 70 % sur votre spécimen. L'éthanol fixe les tissus et la corde nerveuse paraîtra plus blanche. En même temps elle deviendra plutôt cassante, aussi soyez prudent lorsque vous touchez ou retirez les tissus qui l'entourent. La corde nerveuse des insectes est une structure paire et un ganglion est situé à chaque segment. La nature paire de la corde nerveuse peut toutefois être cachée par l'excès de tissus adipeux. Vous noterez que le dernier ganglion abdominal paraît plus grand que les autres ganglions situés dans ce segment (tagma). Ceci est la conséquence d'une fusion des derniers ganglions et ce ganglion composé est impliqué dans la fonction de reproduction. Écartez le tissu musculaire du thorax et suivez la corde nerveuse vers l'avant et localisez les ganglions agrandis dans les trois segments thoraciques. Sont-ils tous de la même taille? Pourquoi peuvent-ils être de taille différente?

### Cycles biologiques des Insectes (Figs. 73, 74)

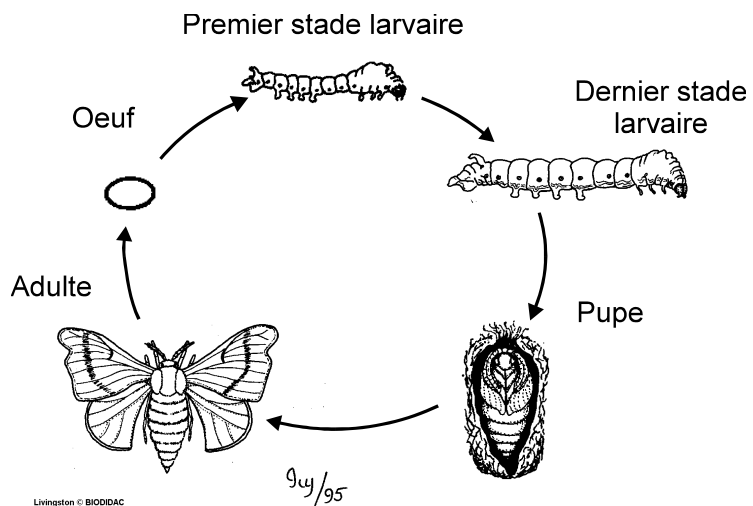
Les cycles biologiques des insectes diffèrent d'un groupe à un autre. Chez certains, les adultes et les jeunes se ressemblent beaucoup. Ce cycle est le résultat d'une métamorphose simple ou incomplète et les insectes sont dits hémimétaboles (Fig. 73). La seule différence évidente entre l'insecte mature et immature est la présence d'ailes.

Figure 73. Un cycle biologique hémimétabole



Pour les insectes avec une métamorphose complète il n'y a pas de ressemblance du tout entre l'adulte et le jeune (Fig. 74). On pense communément à la chenille et au papillon comme exemple. Mais cela inclut aussi le ver blanc et la mouche, les larves et les scarabés. Dans tous les cas, il y a un stade nymphal entre le stade larvaire et le stade adulte. En fait, la plupart des insectes ont une métamorphose complète et sont holométaboles. Seuls les insectes les plus primitifs ne subissent pas de métamorphose et ils peuvent même continuer à muer en adultes, quelque chose que ni les insectes hémimétaboles ni les insectes holométaboles ne peuvent faire.

Figure 74. Un cycle biologique holométabole



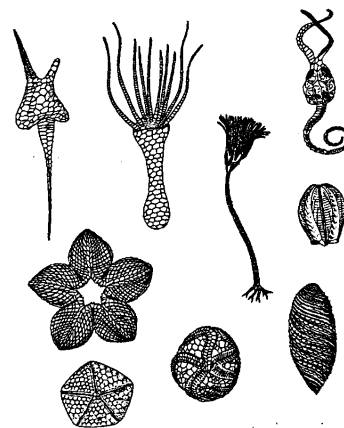
# Les Échinodermes

par Jon G. Houseman

## Introduction

Les Échinodermes forment un groupe d'animaux anciens et fascinants. Bien que l'étoile de mer et l'oursin soient les échinodermes les plus connus, il ne s'agit que de deux espèces, parmi une multitude d'organismes. Les Échinodermes sont des animaux exclusivement marins. Ils sont apparus il y a environ 500 millions d'années et ils ont dominé la faune animale il y a 350 millions d'années. Il ne reste qu'environ 6000 espèces et celles-ci se retrouvent dans 6 des 23 classes contenues dans ce phylum. Les espèces appartenant aux 17 autres classes sont maintenant disparues et ne sont donc connues que par des fossiles (Fig.75).

**Figure 75.** Quelques fossiles d'Échinodermes



## Caractéristiques des Échinodermes

Ces animaux à la peau épineuse (d'où leur nom) possèdent un squelette interne. Ils sont le seul embranchement des invertébrés qui possèdent un squelette interne calcaire. Les éponges ont-elles un endosquelette formé des spicules calcaires? Ils ont un système aquifère unique et une symétrie pentaradiaire (du grec penta pour 5). Contrairement aux autres phylums radiaires d'animaux, qui incluent les Cnidaires et les Cténophores, les Échinodermes sont triploblastiques et ont une véritable cavité coelomique. Le système aquifère et la cavité périsvécérale sont dérivés du coelome embryonnaire. Par le passé, les zoologistes ont été intrigués par cette symétrie radiale, il n'était pas rare alors de réunir les trois groupes dans le phylum des Radiaires. Ceci semblait logique lorsque l'on constatait que toutes les

espèces menaient une existence sessile. L'étude détaillée du développement des Échinodermes a permis de constater que ces animaux débutaient leur existence sous forme de larves ayant une symétrie bilatérale et nageant librement. Ce n'est que plus tard au cours du développement de l'animal que les larves se métamorphosent en animaux présentant la symétrie radiale caractéristique et bien connue. Les études sur le développement ont aussi permis de détecter des caractéristiques qui sont propres à un deuxième groupe important d'animaux triploblastiques, les deutérostomiens, parmi lesquels nous retrouvons aussi les vertébrés.

On pense souvent qu'une existence sessile est désavantageuse d'un point de vue évolutif. En effet, ce mode de vie nécessite un mécanisme qui provoque des courants aqueux qui apportent vers l'intérieur de l'animal, les aliments qui doivent être capturés. D'autre part, ce mode de vie nécessite également l'existence d'un mécanisme de défense qui fera en sorte que l'organisme ne servira pas de dîner au premier prédateur venu. Une existence sessile demande aussi la capacité de détecter et de répondre à tous les changements du milieu ambiant, venant de toutes les directions. Par conséquent, les animaux à symétrie radiale possèdent des systèmes nerveux diffus.

Si, par le passé, les Échinodermes ont été les animaux dominants, et que seulement une faible proportion des espèces connues existent encore aujourd'hui, c'est donc dire que les conditions passées devaient être particulièrement favorables. Ceci a probablement été le cas. Les premiers Échinodermes étaient pédiculés avec leur orifice buccal orienté vers le haut et leurs bras ouverts comme des éventails sophistiqués. À cette époque, les océans étaient riches en petits organismes qui, lorsque morts, se déposaient au fond. Ces organismes étaient alors piégés par les pieds ambulacraires des Échinodermes ancestraux et passaient par le sillon ambulacraire vers l'orifice buccal. Au cours de l'évolution l'orientation de ces animaux s'est inversée. Le pied s'est trouvé impliqué dans la locomotion plutôt que dans le piégeage des aliments, tandis que l'orifice buccal s'est retrouvé orienté vers le bas dans le substrat. Bien que la forme du corps fût déjà établie, il existait encore une certaine plasticité dans l'apparence. Plusieurs espèces d'Échinodermes, ont développé une symétrie bilatérale chez l'adulte mais la capacité locomotrice demeure minimale puisqu'elle est liée au système ambulacraire.

## **L'étoile de mer, *Asterias***

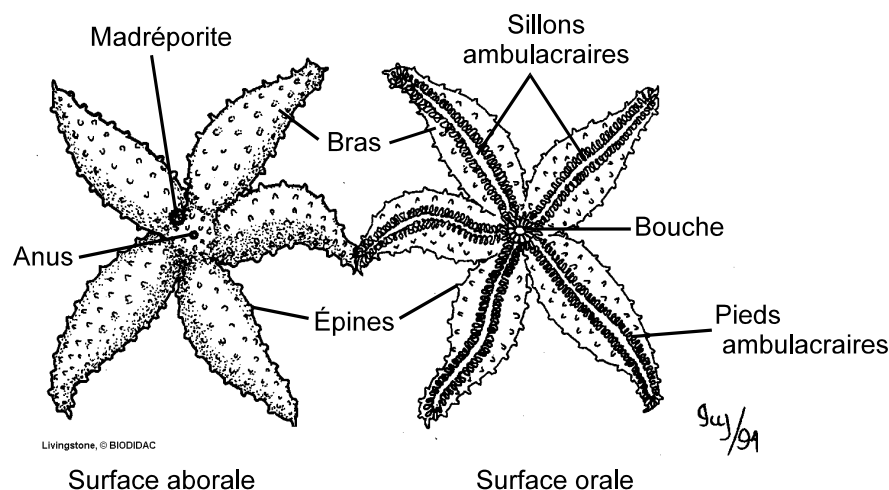
L'étoile de mer, *Asterias*, est l'Échinoderme le plus utilisé pour montrer les caractéristiques du phylum. Ces caractéristiques incluent: un plan corporel pentaradiaire, un endosquelette fait d'ossicules qui forment

également les projections épineuses qui servent à protéger l'animal. La locomotion s'effectue par l'action de pieds ambulacraires qui sont une partie intégrante du système ambulacraire (aquifère). Finalement, ces animaux vivent exclusivement dans un milieu marin.

### Anatomie externe

Examinez le spécimen d'étoile de mer (Fig. 76) et faites la distinction entre la face orale et la face aborale. Pourquoi ne parle-t-on pas de face dorsale ou ventrale? Existe-t-il une extrémité antérieure ou postérieure? Le corps est divisé en deux régions, un disque central et des bras disposés en rayons autour de ce disque.

**Figure 76.** Morphologie externe d'une étoile de mer

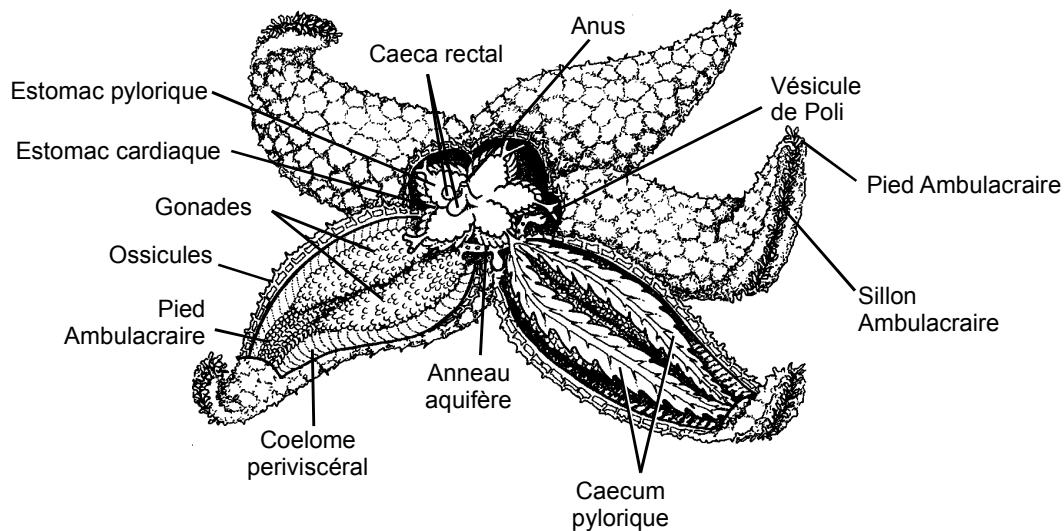


On retrouve sur la face orale, deux traits caractéristiques: la bouche centrale et les cinq sillons ambulacraires localisés au centre de chaque bras et s'étendant de l'extrémité de chaque bras vers la bouche. Chaque sillon ambulacraire contient 4 rangées de pieds ambulacraires (ou podions) qui sont les projections externes du système ambulacraire. Ces projections passent entre les ossicules de l'endosquelette. Ils sont parfois difficiles à observer tout au long du sillon ambulacraire, car ils sont souvent protégés par des épines. Regardez l'extrémité d'un podion sous le microscope à dissection. Le podion agit comme une petite ventouse qui s'attache au substrat. Le pied peut s'étendre ou se rétracter par contraction de muscles internes. Individuellement, chaque podion semble être l'instrument d'un mécanisme locomoteur plutôt inefficace, mais si vous considérez qu'un individu est pourvu de plus de 1000 podions, le potentiel locomoteur devient évident. Puisque l'action des ventouses est essentielle, ces animaux sont souvent

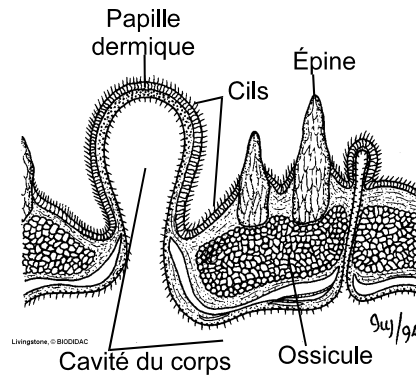
restreints à vivre sur des substrats durs. De chaque côté des sillons ambulacraires, on trouve des rangées d'épines émoussées qui sont des ossicules dermiques spécialisés qui percent individuellement la peau.

Sur la face aborale les épines coniques sont beaucoup plus nombreuses. Entourant chacune des grandes épines, on observe un cercle de petits points blancs, les pédicellaires (épines modifiées). Ces derniers sont particulièrement grands et nombreux parmi les grandes épines situées sur les côtés des sillons ambulacraires. Examinez sous le microscope à dissection, la face orale d'un animal submergé dans l'eau, et identifiez les épines et les pédicellaires (Figs. 78, 79). Détachez-en quelques-unes et placez-les entre une lame et une lamelle. Ils sont formés de trois composantes: un pédoncule basal et deux éléments distaux qui bougent l'un par rapport à l'autre comme les lames d'un ciseau. Les pédicellaires et les épines empêchent que d'autres organismes viennent s'établir sur ces animaux lents. Identifiez les épines et les pédicellaires et examinez la lame de pédicellaires d'Échinodermes. Chez les spécimens vivants ou bien conservés, un grand nombre d'évaginations fines et en forme de doigts sont facilement visibles. Ils s'agissent de branchies dermiques qui donnent à la peau une apparence veloutée. Ces branchies sont tapissées à l'extérieur, par de l'épiderme cilié et, à l'intérieur, par la bordure ciliée de la cavité périviscérale (Fig. 78). Ces cils externes et internes sont importants dans la diffusion, un processus essentiel à la survie des étoiles de mer. Pourquoi?

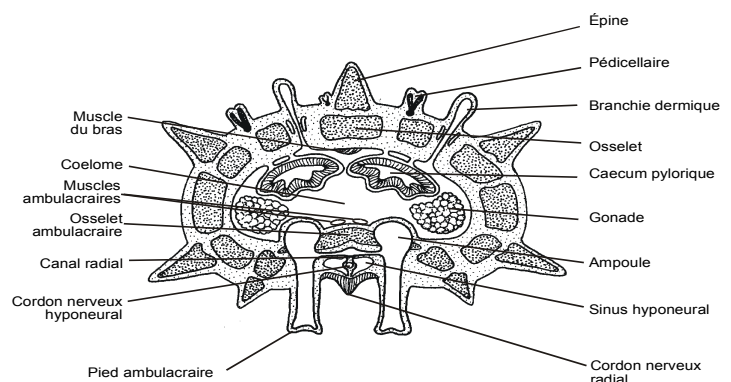
**Figure 77.** Anatomie interne d'une étoile de mer



**Figure 78.** Coupe transversale de la surface externe d'une étoile de mer



**Figure 79.** Coupe transversale du bras d'une étoile de mer



Chaque bras est attaché au disque central. L'orifice du système ambulacraire, le madréporite, ressemble à une passoire et est localisé sur un côté du disque et entre deux des bras (une région appelée l'interambulacre). Examinez le madréporite sous le microscope. Les deux bras de chaque côté du madréporite forment le bivium et les 3 autres bras forment le trivium. On trouve aussi sur un côté du disque central, un anus peu évident, il est situé à l'interambulacre qui suit (dans le sens des aiguilles d'une montre) le madréporite.

### Anatomie interne

Immergez votre spécimen sous l'eau en orientant la face orale vers le bas. Faites une incision à 1/2 cm de l'extrémité du bras du trivium qui est directement à l'opposé du madréporite. Insérez-y le bout de vos ciseaux et coupez de chaque côté du bras en vous dirigeant vers le disque central. Ne coupez pas trop en profondeur car vous risquez d'endommager les organes et tissus sous-jacents. Répétez l'opération pour les 3 bras opposés au madréporite. Faites la même opération pour les bras qui restent tout en découpant autour du madréporite de façon à le garder intact. Avec précaution, rabattez le pan de la paroi aborale en partant du bout du bras vers le disque central et détachez tous les organes qui adhèrent à la surface supérieure. Faites de même

pour la paroi du disque, en prenant soin de ne pas endommager le madréporite. Le coelome périviscéral se trouve au-dessous de cette paroi et il contient les organes des systèmes digestif et reproducteur.

### **Le système digestif**

Identifiez les différentes parties du tube digestif. Puisque la face orale est orientée vers le bas, la bouche n'est pas visible. N'oubliez pas de l'observer quand vous retirerez votre spécimen du bac à dissection. La bouche conduit à un oesophage extrêmement court qui aboutit dans un grand estomac. L'estomac est divisé en portions cardiaque et pylorique. La portion cardiaque est la plus grande et est réversible par la bouche. Beaucoup d'étoiles de mer se nourrissent de Mollusques bivalves en sortant leur estomac par la bouche et en l'insérant entre les deux valves de la coquille du mollusque. Des enzymes digestives sont relâchées dans le mollusque et une digestion extracorporelle se produit. D'autres aliments, tels que de petits poissons et crustacés peuvent être engloutis en entier. En regardant vers la face aborale vous pourrez voir l'estomac pylorique qui présente une forme pentagonale. Il est aplati et beaucoup plus petit que l'estomac cardiaque. À chaque angle du pentagone, il y a un gros conduit qui mène à une paire de diverticules (caecums) pyloriques ou gastriques situés dans chaque bras. Ces structures occupent pratiquement tout l'espace de la cavité périviscérale et sont faites de branches qui se ramifient de plus en plus jusqu'à ce qu'elles aboutissent dans un groupe de lobules. L'intérieur du système digestif est tapissé de cils qui provoquent le mixage constant de son contenu. Les parois des caecums sécrètent des enzymes digestives et agissent aussi comme des organes de stockage. Le court rectum passe du milieu de la face aborale de l'estomac pylorique vers le haut pour se terminer dans un anus. Ces deux dernières structures peuvent ne pas être apparentes immédiatement puisque les résidus non digérés sont souvent régurgités plutôt qu'expulsés par l'anus.

### **Le système reproducteur**

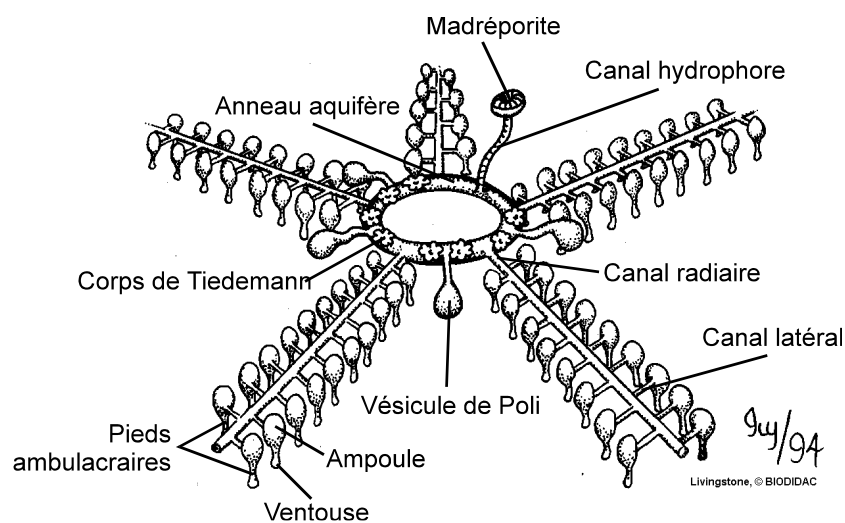
Enlevez les diverticules gastriques d'un des bras opposés au madréporite. Les structures paires, à la base des bras sont les gonades. Leur taille varie selon le stade reproducteur de l'animal. Les gamètes sont libérés par des gonopores situés sur les côtés du disque central.

### **Le système ambulacraire (aquifère)**

Le système ambulacraire (Fig. 80) consiste en un anneau aquifère, un canal hydrophore qui relie le madréporite à l'anneau aquifère et en cinq canaux radiaires. L'anneau aquifère est difficile à voir parce qu'il est localisé dans les plaques qui entourent la bouche. L'anneau aquifère

ère possède 9 corps de Tiedemann. À l'endroit où l'on s'attendrait à trouver le dixième, on trouve l'embranchement entre le canal hydrophore et l'anneau aquifère. Les vésicules de Polian sont habituellement situées sur le canal annulaire, mais elles sont absentes chez les espèces du genre *Asterias*. Les canaux radiaires, qui sont cachés par les osselets ambulacraux suivent le centre de chaque bras et sont reliés aux pieds ambulacraires. Les ampoules (ampullae) des pieds ambulacraires, en forme de bulbes, se projettent dans la cavité périviscérale et devraient pouvoir être observées dans chaque bras lorsqu'elles passent au-dessus de la crête ambulacraire. Quelques-uns de ces détails peuvent être plus faciles à voir dans le spécimen injecté au latex qui est en démonstration.

**Figure 80.** Principales structures du système aquifère



À mi-chemin du bras, faites une coupe transversale et, à l'aide de microscope à dissection, essayez de trouver le lien dans la disposition des éléments radiaux, latéraux et du pied ambulacraire (Figs. 79, 80).

### Le système nerveux

Le système n'est pas très complexe et la plupart de ses structures ne sont pas visibles. L'organisation est simple et consiste en un réseau nerveux diffus. Un anneau nerveux et des nerfs radiaux associés avec chaque bras sont impliqués dans la coordination de l'alimentation et le mouvement des pieds ambulacraires. À l'extrémité de chaque bras un des pieds ambulacraires est modifié et à une fonction photoréceptrice.

### Les systèmes excréteur et respiratoire

Les systèmes excréteur et respiratoire sont absents chez ces animaux. Les branchies dermiques procurent une importante surface d'échange entre l'environnement extérieur et le contenu des cavités périviscérale

et ambulacraire. Les deux cavités sont aussi tapissées de cils et le mixage constant de leur contenu assure un gradient de diffusion suffisamment important pour assurer la diffusion des déchets et de l'oxygène.

## Matériel en démonstration

### Différents types d'Échinodermes

Examinez trois différents types d'Échinodermes, l'oursin, le dollar de sable et le concombre de mer. Notez comment chacun de ses animaux a modifié ses structures. Examinez plus particulièrement la symétrie, le pied ambulacraire, les épines et les éléments squelettiques. Comment un animal aussi doux que le concombre de mer échappe-t-il à la prédation? Il a l'air d'un morceau de choix pour un prédateur. Il est considéré comme un mets délicat par les gourmets de certaines cultures. Comment la locomotion dirigée est-elle reliée à leur symétrie?

### Les Échinodermes et les autres animaux radiés

Il n'y a vraiment que deux autres phylums, les Cnidaires et les Cténo-phores, qui possèdent aussi une symétrie radiale. Il est intéressant de noter quelques-unes des similarités qui existent entre ces deux groupes et d'indiquer pourquoi, autrefois, les taxonomistes les ont confondues. Examinez le matériel en démonstration et indiquez les similitudes qui existent entre ces deux groupes d'animaux. Est-ce que les différences sont attribuables aux dissimilarités architecturales de ces animaux et y a-t-il des similitudes explicables par des modes de vie similaires?

# À la recherche du premier vertébré

*par* François Chapleau

## Introduction

Au cours de ce laboratoire, vous vous transformerez en de véritables détectives de la science. Vous devrez utiliser votre capacité d'observation et votre pouvoir de déduction afin d'apporter un peu de lumière sur ce qui reste une des grandes énigmes de la biologie contemporaine. Votre projet de recherche: formuler une hypothèse concernant la morphologie et le mode de vie de l'ancêtre des vertébrés.

Les premiers vertébrés ne possédaient pas de structures calcifiées ou osseuses. Ils ne nous ont donc pas laissé de fossiles. Par conséquent, nous n'avons pas de preuves directes de leur existence. Déduire cette morphologie ancestrale n'est certainement pas une mince tâche. Mais, comme nous avons une grande confiance en vos capacités intellectuelles, nous vous offrons la possibilité d'apporter un peu de lumière sur ce problème.

Les données qui vous permettront de formuler votre hypothèse se trouvent dans l'étude de la morphologie d'espèces actuelles qui appartiennent aux Hémichordés et aux Chordés.

La première étape de votre cheminement est de bien étudier l'information contenue dans ce protocole de laboratoire et d'examiner les différents spécimens en démonstration. Observez bien les structures et lisez attentivement l'information disponible dans votre manuel (Hickman, Roberts et Larson, pages 263-285). À la fin de cette étape, vous aurez une banque de données qui vous permettra de passer à la seconde étape.

La seconde étape de votre cheminement est l'élaboration de votre hypothèse. Cette hypothèse devra discuter des éléments suivants:

- la forme du corps,
- l'importance et la disposition de la musculature,
- la forme et l'emplacement de la structure de soutien du corps,
- le mode de locomotion,
- le type de respiration,
- la morphologie du/de:
  - système tégumentaire
  - système circulatoire,

- système nerveux,
- l'appareil trophique: la bouche, le pharynx, et le tube digestif.

Votre hypothèse devra également donner un bref aperçu de l'écologie et du comportement de votre ancêtre hypothétique: habitat (eau douce ou salée), température préférée (froide ou chaude), animal mobile ou sédentaire, diète, etc.

## L'information de base

### La taxonomie

Les Vertébrés, les Céphalochordés et les Urochordés sont les trois sous-phylums qui forment le phylum des Chordés. Ce phylum est monophylétique. Que signifie le terme monophylétique?

Un autre groupe, les Hémichordés, est parfois considéré comme un quatrième sous-phylum des Chordés ou comme un phylum distinct. Nous les considérerons comme un phylum distinct.

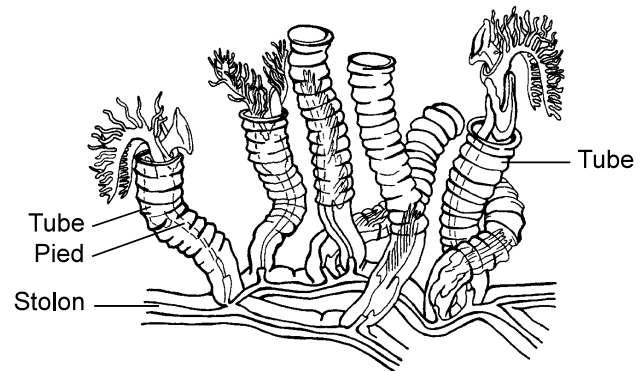
Les Hémichordés, Céphalochordés et Urochordés sont parfois identifiés sous le nom de Protochordés. Ce terme est maintenant rejeté puisqu'il définit un groupement paraphylétique. Que signifie le terme paraphylétique?

### Le phylum des Hémichordés (Figs. 81-83)

Les Hémichordés sont de petits organismes marins. Les 120 espèces qui forment ce phylum sont regroupées en deux grands taxa: les Entéropeustes et les Ptérobranches. Ces deux groupes se distinguent nettement l'un de l'autre par leur mode de vie et leur morphologie.

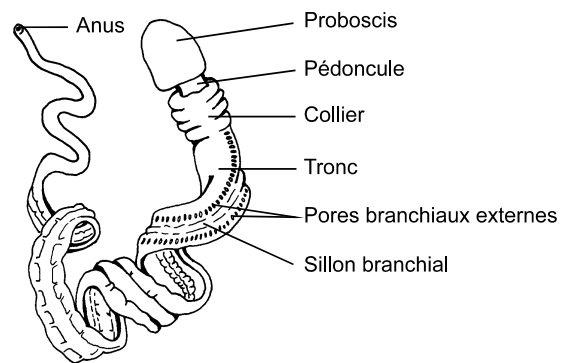
Les Ptérobranches sont de petits animaux filtreurs coloniaux. Ils habitent surtout les fonds océaniques profonds. Ils vivent à l'intérieur d'un tube qu'ils sécrètent eux-mêmes. Ils se nourrissent par l'intermédiaire de longs bras tentaculaires qui émergent à l'extrémité de ce tube.

**Figure 81.** Une colonie de ptérobanches (genre *Rhabdopleura*)



Les Entéropeustes sont des animaux sédentaires, d'apparence vermi-forme, qui vivent enfouis dans les fonds boueux ou sablonneux des régions côtières de tous les océans du monde. Ils peuvent mesurer entre 0,1 et 1,5 mètres.

**Figure 82.** Morphologie externe d'un entéropeuste (genre *Balanoglossus*)



Dans le cadre de ce laboratoire, vous examinerez la morphologie externe d'un entéropeuste typique trouvé le long des côtes nord-américaines, le *Balanoglossus*. Lisez attentivement le protocole ainsi que la section de votre manuel concernant ce groupe. Examiner attentivement le matériel mis à votre disposition et identifier les différentes structures.

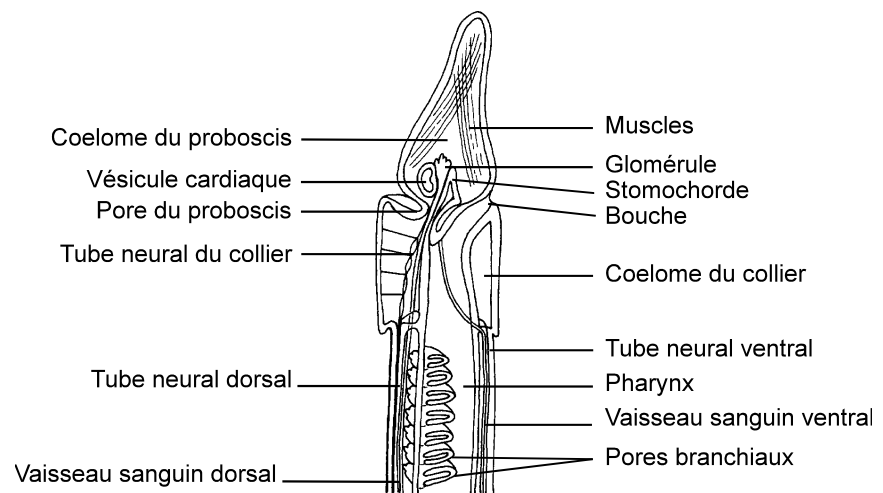
### Morphologie externe

Le corps est divisé en trois parties distinctes; le proboscis ou gland (la partie la plus antérieure), le collier et la partie la plus allongée, le tronc. Cette dernière partie peut être subdivisée en deux régions: la région antérieure (ou pharyngienne) délimitée par la présence de pores branchiaux et par le sillon branchial ainsi que la région postérieure qui se termine par l'anus et qui montre un sillon médio-dorsal. Le proboscis s'attache à l'intérieur du collier par l'intermédiaire d'un pédoncule étroit.

### Locomotion et alimentation

Le proboscis et le collier agissent interactivement lorsque l'animal s'enfouit dans le substrat mou des fonds océaniques. Initialement, le coelome du collier se gonfle d'eau. Ceci le rend rigide et permet à l'animal de s'ancrer solidement sur les parois internes de son terrier. Ensuite, le proboscis, initialement recroquevillé, est poussé vers l'avant sous l'action de ses propres muscles (fibres circulaires). Son coelome se gonfle d'eau et lui permet de s'ancrer solidement. Par la suite, le collier se dégonfle et se rétracte vers le proboscis. Cette séquence de modifications morphologiques résulte en un mouvement vers l'avant. Cette utilisation de la pression de l'eau dans les cavités coelomiques du proboscis et du collier est typique des Échinodermes. En fait, les Hémichordés et les Échinodermes sont morphologiquement semblables sous plusieurs aspects ce qui est probablement indicatif d'un ancêtre commun. Pouvez-vous indiquer un autre aspect de la biologie des Échinodermes et des Hémichordés qui semblent indiquer une origine ancestrale commune (voir votre manuel)?

**Figure 83.** Morphologie interne d'un entéropeuste (genre *Balanoglossus*)



L'animal se nourrit en capturant des particules alimentaires à l'aide de son proboscis. L'épiderme cilié de celui-ci contient de nombreuses cellules productrices de mucus qui facilitent la capture, la contention et le transport des particules. Les particules sont dirigées postérieurement vers la bouche qui est située à l'intérieur de la partie frontale du collier. La nourriture passe dans le pharynx et est dirigée vers le canal alimentaire. L'excédent d'eau est expulsé par l'intermédiaire de plusieurs fentes branchiales (le seul caractère universel qui suggère un lien phylogénique entre les Hémichordés et les Chordés). Les fentes externes (pores) s'ouvrent sur les poches pharyngiennes internes qui s'ouvrent elles-mêmes vers le pharynx par des fentes branchiales internes ayant la forme d'un U.

### La stomochorde et autres caractéristiques morphologiques

Un aspect intéressant et controversé de la morphologie du proboscis est la présence d'une structure de soutien solide dans sa partie postérieure. Celle-ci est une évagination antérieure de la voûte du tube digestif. Cette évagination est rendue rigide par la présence de cellules vacuolées et de plaques chitineuses. Dans le passé, certains chercheurs ont identifié cette structure comme étant une notochorde rudimentaire. Le terme stomochorde est maintenant utilisé puisque l'homologie de cette structure avec la notochorde des Chordés est plus que douteuse.

Le système circulatoire est ouvert. Dans la partie dorsale du pédoncule, on observe une vésicule cardiaque (un sac ou sinus cardinal) situé au niveau de l'élargissement du vaisseau sanguin dorsal. L'hémolymphe est pompée dans le glomérule avant d'être dirigée vers le vaisseau sanguin ventral. Il est possible que le glomérule ait un rôle excréteur. Les deux gros vaisseaux sanguins (ventral et dorsal) sont contractiles. Un cordon neural (dorsal et ventral) est présent. Chez certaines espèces, le cordon nerveux dorsal prend la forme d'un tube; une caractéristique trouvée uniquement chez les Chordés.

### Phylum des Chordés - sous-phylum des Urochordés (Figs. 84-86)

Les Urochordés sont des organismes marins (1 400 espèces) que l'on retrouve habituellement en eau relativement peu profonde. Ils se retrouvent dans presque tous les océans du monde. Ils sont parfois appelés 'tuniciers' à cause de la membrane externe rigide, sécrétée par l'adulte, qui enrobe l'animal un peu comme une tunique. Cette membrane de soutien qui a aussi un rôle protecteur est faite de tunicine, une substance qui s'apparente un peu à la cellulose des plantes. Les espèces les plus familières appartiennent à la classe des Ascidiacés (les ascidies) qui compte plus de 1 300 espèces. Il y a deux autres classes moins connues: les Thaliacés et les Appendiculaires (voir votre livre). Chez les Ascidiacés, les morphologies larvaire et adulte sont très distinctes. Alors que la larve est libre et nage en faisant usage de la région postérieure de son corps, l'adulte est fixe et dépourvu d'appendice caudal. En fait, les adultes peuvent se déplacer, mais ces déplacements sont lents et les distances parcourues sont restreintes.

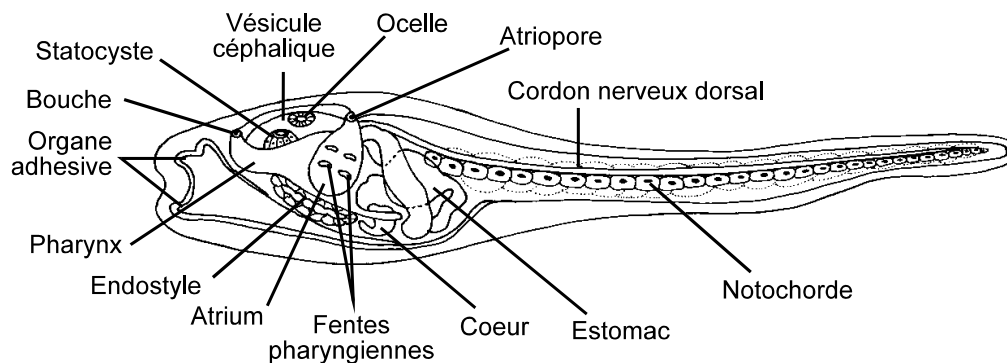
Il a été postulé que l'évolution de la mobilité de la larve est corrélée avec la détection rapide et efficace d'un substrat solide permettant à l'adulte de se développer.

La morphologie des ascidies larvaires est particulièrement intéressante puisque plusieurs caractères typiques des Chordés peuvent être observés seulement à ce stade de développement.

### La morphologie larvaire (Fig. 84)

La partie postérieure du corps de la larve des ascidies est comprimée latéralement en forme de queue ce qui facilite la nage. Une notochorde est présente dans la queue. Elle est flanquée de deux bandes de muscles et est surmontée d'un tube (cordon) neural dorsal. La métamérisation du corps (i.e. segmentation régulière en direction céphalo-caudale de certaines structures) est très rudimentaire.

**Figure 84.** Larve d'ascidien (Sous-phylum des Urochordés)

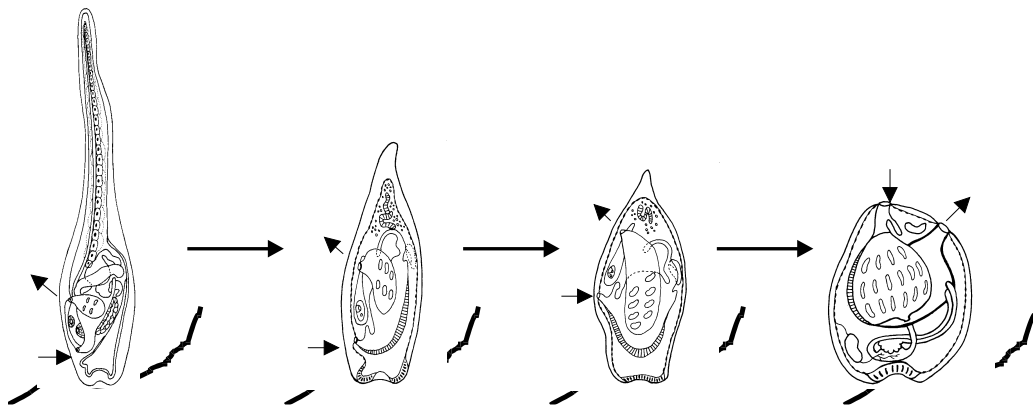


Le tube digestif est particulier puisqu'il se situe dans la région antérieure du corps et présente une bouche qui s'ouvre dorsalement, soit au-dessus de ce qui correspond à la tête. De part et d'autre du pharynx, se forment d'abord deux poches atriales qui s'ouvrent en surface par deux atriopores, lesquels confluent ensuite en un seul. Les poches atriales se développent ensuite pour former un atrium autour du pharynx. La partie antérieure du corps se développe en un organe adhésif. Le coeur se forme de manière progressive ventralement tout près de l'endostyle (i.e. un long repli longitudinal sur la face ventrale du pharynx présentant un épiderme cilié et sécrétant un mucus qui sert au transport des particules alimentaires du pharynx vers le tube digestif). Dorsalement et près de l'atrium, un renflement du tube neural forme un ganglion cérébral, premier rudiment de la céphalisation. On peut aussi constater la présence d'un ocelle unique (organe photorécepteur) ainsi qu'une sorte d'organe de l'équilibre (statocyste) comprenant un seul otolithe. La phase larvaire peut durer de quelques heures à quelques jours.

### La métamorphose (Fig. 85)

La métamorphose des ascidies est caractérisée par la transformation d'un animal mobile en un organisme presque totalement sessile. Cette métamorphose est caractérisée par la destruction de certains organes ainsi que l'apparition et le perfectionnement de certains autres. Les rudiments de métamérisation, la queue, la corde dorsale et la vésicule cérébrale disparaissent ou se désagrègent, tandis que les caractères adultes apparaissent progressivement.

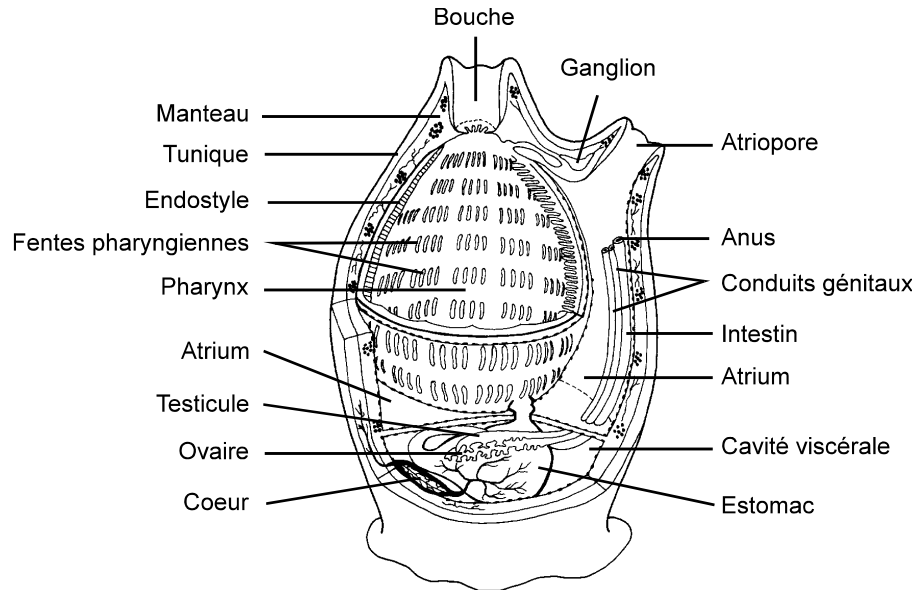
**Figure 85.** Métamorphose d'un ascidien larvaire



### La morphologie adulte (Fig. 86)

Les ascidies adultes sont des animaux filtreurs. L'eau pénètre par le siphon inhalant et la bouche, passe au travers d'un véritable grillage pharyngien pour aboutir dans la chambre atriale (atrium) avant d'être expulsée par le siphon exhalant et l'atriopore. Les particules alimentaires se collent sur la couche de mucus produite par l'endostyle (sillon dans le pharynx). Le mucus chargé de particules alimentaires s'écoule lentement dans l'oesophage, ensuite dans l'estomac et l'intestin où les fonctions digestives prennent place. Les rejets de la digestion sont expulsés par un anus qui s'ouvre dans le siphon exhalant.

Figure 86. Morphologie d'un ascidien adulte



La plupart des ascidiens sont hermaphrodites. Que signifie ce terme? On peut également observer la présence de conduits génitaux et de gonades. L'ovaire est la gonade la plus volumineuse et possède un oviducte s'ouvrant près de l'atriopore. Les testicules sont faits de petits tubules blancs dispersés sur l'ovaire et l'intestin. Le vas deferens est parallèle à l'oviducte. La plupart des Urochordés sont donc hermaphrodites mais ne se fertilisent pas eux-mêmes.

La présence de vaisseaux sanguins dans le pharynx incite à postuler qu'il s'y produit peut-être des échanges gazeux. Le coeur des ascidies est particulier en ce sens qu'il présente deux pacemakers qui opèrent alternativement et qui propulsent le sang dans des directions opposées.

## Phylum des Chordés - sous-phylum des Céphalochordés

Les Céphalochordés sont représentés par deux genres (*Branchiostoma* et *Asymmetron*; et 14 espèces), mais comptent des espèces fossiles datant de plus de 530 millions d'années. L'animal le plus répandu et le plus familier est l'amphioxus, *Branchiostoma lanceolatum*. Cette espèce est intéressante parce qu'elle possède les caractéristiques de base des Chordés tout en possédant un mode d'alimentation que l'on retrouve chez les ammocètes de lamproies. Le genre *Asymmetron* ne diffère du genre *Branchiostoma* que par la présence de gonades exclusivement sur le côté droit du corps.

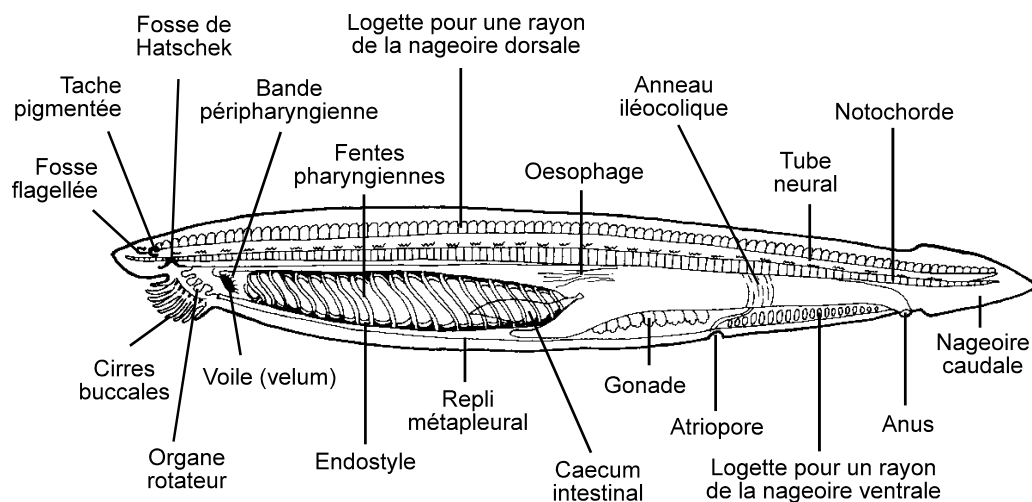
Même s'il a la capacité de nager librement, l'amphioxus est un animal sédentaire et fouisseur à l'état adulte. Plusieurs caractéristiques morphologiques de ces animaux sont des adaptations pour ce mode de vie.

Les individus creusent les fonds sablonneux des océans avec leur tête. Lorsqu'ils sont rendus à la profondeur désirée, ils se retournent sur eux-mêmes et exposent la partie antérieure du corps au-dessus du fond marin. Ils s'alimentent par l'intermédiaire d'un système de filtration complexe mais efficace.

### La morphologie externe d'Amphioxus (Figs. 87 et 88)

La forme du corps rappelle celle d'un poisson. Une nageoire continue se trouve sur la ligne dorsale médiane et se termine ventralement jusqu'à une ouverture nommée atriopore. Cette nageoire est souvent subdivisée en dorsale, caudale et ventrale. L'anus est postérieur à l'atriopore et s'ouvre habituellement sur la gauche de la nageoire. Deux replis cutanés bilatéraux et symétriques (replis métapleuraux) sont visibles antérieurement à l'atriopore.

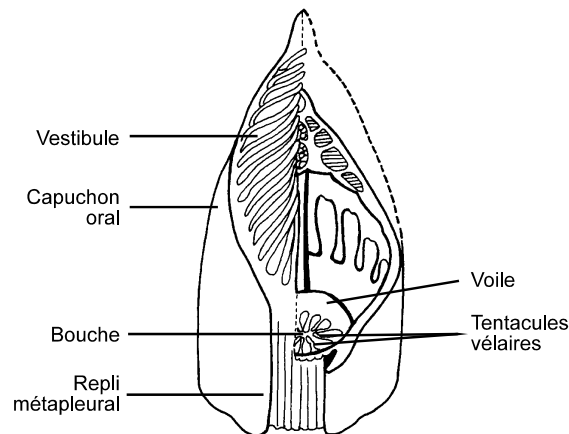
Figure 87. Vue latérale d'un céphalochordé



La partie antérieure du corps prend la forme d'un rostre surplombant un capuchon oral qui ressemble à un entonnoir. Ce capuchon oral est couronné de cirrhes buccaux portant des papilles sensorielles. Ces cirrhes aident à la filtration en formant un semblant de tamis en avant de la bouche. Un voile (velum) est présent au fond de la bouche et forme une sorte de rideau qui délimite l'ouverture réelle de la cavité buccale. Des lobes épithéliaux digitiformes et ciliés se projettent à l'intérieur du capuchon oral. Ils forment l'organe rotateur. Le mouvement ciliaire de l'organe rotateur génère un flot aqueux constant dans le capuchon oral. Les particules alimentaires se collent au mucus produit par une

fosse du capuchon oral (la fosse de Hatschek). Un sillon du même nom (sillon de Hatschek) recueille ce mucus maintenant chargé de particules alimentaires, le fait passer à travers le voile dans la bouche et ensuite dans la cavité pharyngienne. Il est à noter que le bord même de l'orifice buccal est garni de tentacules vélares.

**Figure 88.** Vue ventrale de la partie antérieure d'un céphalochordé avec le côté droit enlevé



La nage est rendue possible par la contraction en série de blocs de fibres musculaires striées (myomères) séparés par des feuillettes de tissus connectifs (myoseptes). La métamérisation est donc bien marquée. Les fibres musculaires s'orientent selon l'axe antéro-postérieur de l'animal.

Les gonades sont des structures oblongues métamériques situées ventralement par rapport aux myomères. Les sexes sont séparés.

### L'anatomie interne (Figs. 89-92)

En examinant un spécimen en vue latérale et montée sur une lamelle, il est possible de voir le système musculaire et les gonades (absentes chez les individus immatures). Il est également possible de voir la structure interne de support de la longue nageoire. Elle est faite de barres cartilagineuses insérées dans des logettes spéciales. Il a été postulé que ces logettes servent également d'emplacements pour l'accumulation de réserves nutritives. La notochorde est dorsale par rapport au canal alimentaire. Celle-ci s'étend sur toute la longueur de l'animal. Elle est faite de cellules vacuolées entourées d'une couche rigide de tissu. La notochorde des Céphalochordés est particulière par rapport à celle des autres chordés en ce sens qu'elle contient des fibres musculaires contractiles qui sont orientées transversalement. La présence de celles-ci donne une rigidité accrue à la notochorde pendant les vagues de contraction des myomères. Ceci empêche un raccourcissement excessif du corps durant la contraction des myomères.

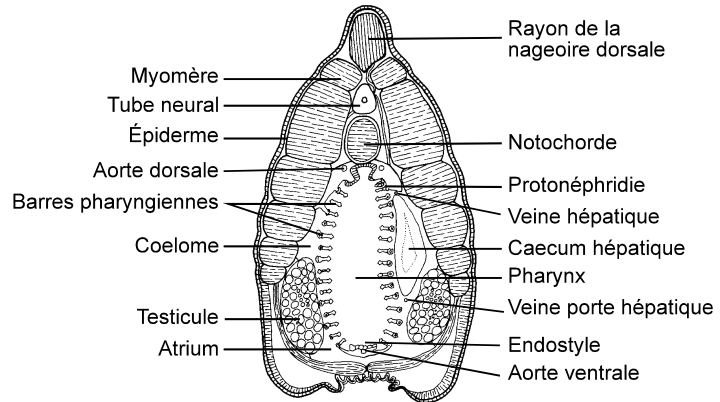
Le tube neural, situé dorsalement par rapport à la notochorde, a une consistance cartilagineuse et est quelque peu rigide. Il s'étend du rostre jusqu'au voisinage de l'extrémité postérieure du corps. Il est plus mince à ses deux extrémités que dans sa région médiane. Il se reconnaît à la pigmentation trouvée sur sa marge ventrale. Ces cellules pigmentées sont des photorécepteurs et sont particulièrement concentrées dans la partie antérieure du corps. Une fosse flagellée peut être observée antérieurement à la corde dorsale. On lui attribue un rôle chimiorécepteur.

La bouche mène dans un grand pharynx montrant plusieurs fentes branchiales (pharyngiennes) séparées par des septums branchiaux ciliés. Aucun rôle respiratoire n'est associé avec ce pharynx. La respiration se fait par simple diffusion des gaz à travers la surface du corps (respiration cutanée). L'épiderme est très mince (une cellule d'épaisseur). L'eau entraînée dans le pharynx est expulsée par les fentes branchiales dans un atrium pour ensuite être expulsée du corps par l'atriopore. Il y a un endostyle sur le plancher du pharynx qui a la même fonction que chez les Urochordés. La région postérieure du pharynx marque le début de l'oesophage. Celui-ci est court et étroit. Il est parfois difficile à voir puisque le caecum intestinal (parfois appelé caecum hépatique) le chevauche. Le caecum intestinal est proéminent et s'attache à la partie médiane du tube digestif. Certains chercheurs considèrent cette structure comme le précurseur du pancréas puisqu'il s'y produit des enzymes digestives. Un anneau iléo-côlique est identifiable par sa teinte plus foncée sur la préparation. Cet anneau cilié entraîne le chyme dans un mouvement rotatoire qui favorise un mixage efficace avec les enzymes digestives. Par conséquent, l'absorption des aliments se fait surtout dans la partie postérieure de l'intestin. Cette dernière portion de l'intestin s'ouvre vers l'extérieur par un anus.

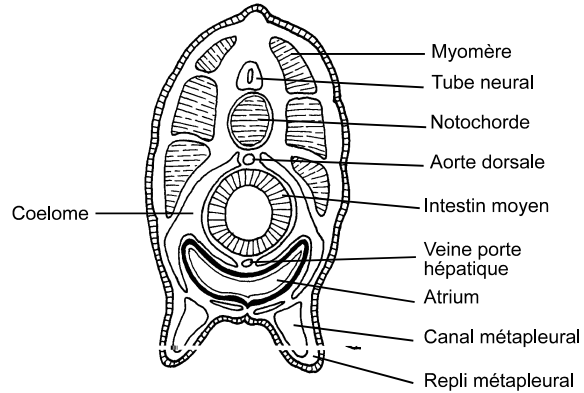
Quel type de système circulatoire et respiratoire retrouve-t-on chez l'amphioxus?

Examinez les coupes transversales au niveau du pharynx, de l'atrium, de l'intestin et de la région caudale afin d'observer la plupart des structures mentionnées plus haut. Étudiez-les attentivement et n'hésitez pas à vous faire des croquis, s'il le faut.

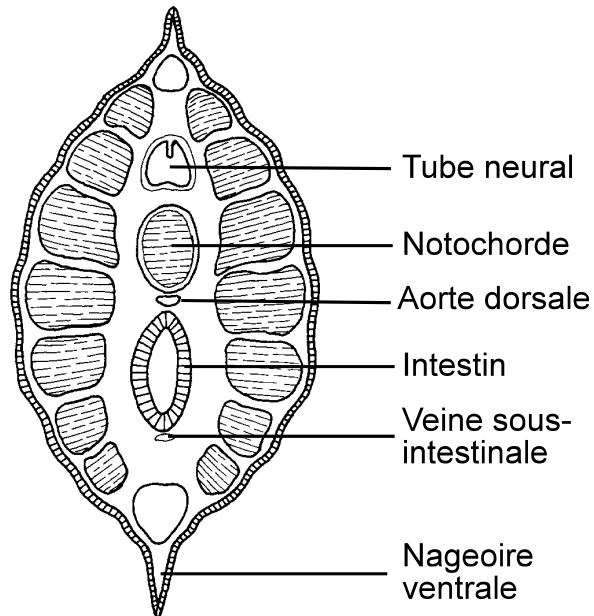
**Figure 89.** Vue transversale d'un céphalocordé typique au niveau du pharynx



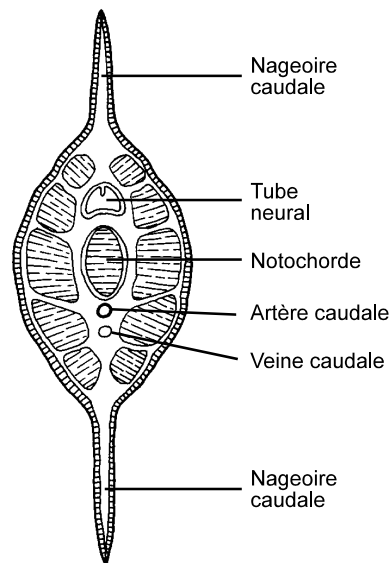
**Figure 90.** Vue transversale d'un céphalocordé typique au niveau de l'intestin moyen et de l'atrium



**Figure 91.** Vue transversale d'un céphalocordé typique au niveau de l'intestin, postérieure à l'atrium



**Figure 92.** Vue transversale d'un céphalocordé typique au niveau de la région caudale, postérieure à l'anus



### Relations phylogéniques des Céphalochordés

Les Céphalochordés présentent tous les caractères diagnostiques des Chordés (voir plus bas). De plus les Céphalochordés partagent certains caractères avec les Vertébrés qui se retrouvent ni chez les Urochordés, ni chez les Hémichordés. La présence de myomères bien définis (métamérisation très marquée) et la présence d'un caecum intestinal glandulaire, précurseur du pancréas, laissent croire à une souche commune avec les Vertébrés.

### Résumé des caractères exclusifs aux Chordés

Plusieurs des caractères mentionnés plus haut pour les larves et/ou les adultes des Urochordés se retrouvent également chez les Céphalochordés et les Vertébrés. Ils servent donc à définir le phylum des Chordés. Ces caractères sont:

- présence d'une notochorde (parfois restreinte au stade larvaire);
- tube neural tubulaire, simple et dorsal par rapport à la notochorde;
- coeur situé ventralement (vaisseau sanguin contractile chez les Céphalochordés);
- céphalisation ou un renflement antérieur du tube neural qui est parfois restreint au stade larvaire);
- présence d'une queue s'étendant postérieurement par rapport à l'anus (parfois restreinte au stade larvaire);
- métamérisation du corps (rudimentaire chez les urochordés larvaires).

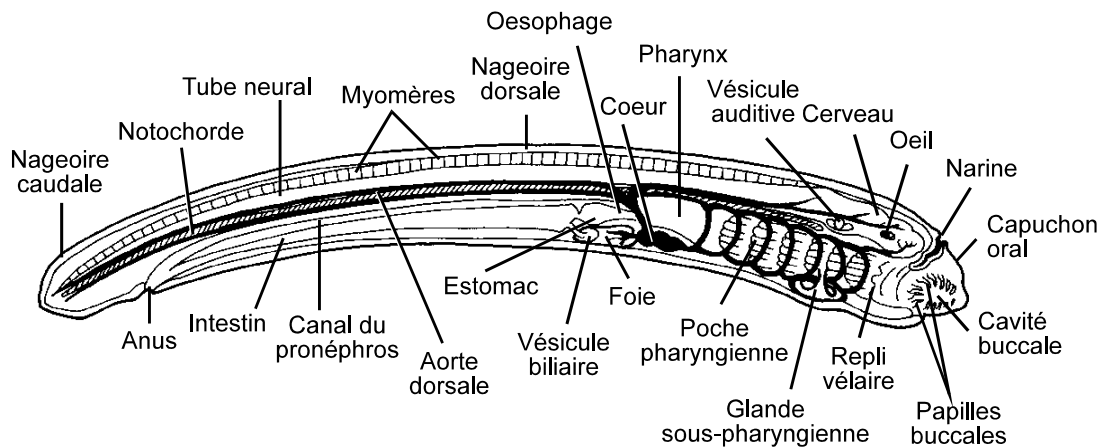
## Phylum des Chordés - Le sous-phylum des Vertébrés (Figs. 93-95)

Les vertébrés les plus anciens appartiennent à la superclasse des Agnathes, les vertébrés sans mâchoires. Tous les autres vertébrés appartiennent à la superclasse des Gnathostomes (les vertébrés à mâchoires). Autrefois abondants et diversifiés, les Agnathes ne sont plus représentés que par deux groupes d'espèces; les lamproies et les myxines.

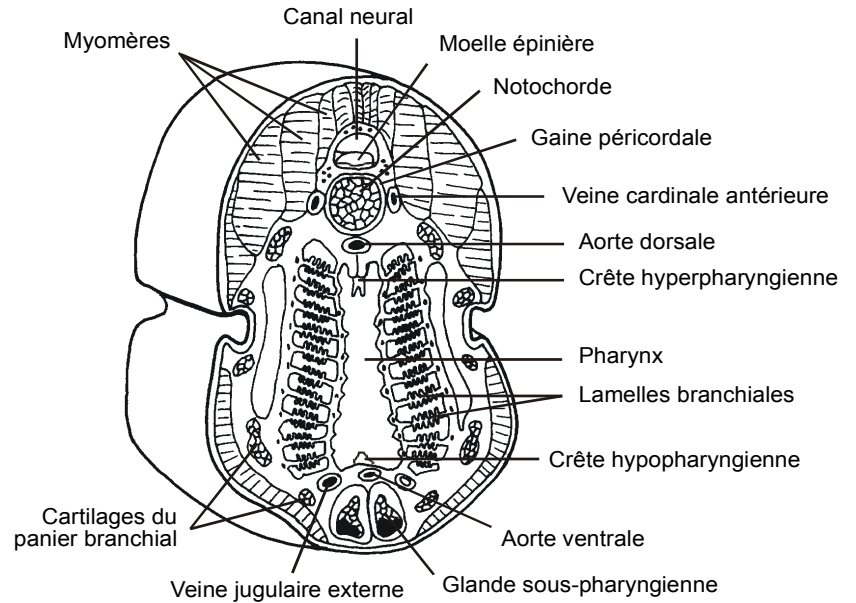
Nous étudierons plus particulièrement la lamproie marine (*Petromyzon marinus*), une espèce dont l'introduction dans les Grands Lacs a entraîné des effets dévastateurs (voir Hickman, Roberts et Larson, page 291). L'adulte de la lamproie marine est un ectoparasite qui vit dans les grands plans d'eau et les océans. La larve (ammocète) est un petit animal filtreur qui passe entre 5 et 7 ans dans les petites rivières. L'animal passe donc par une métamorphose complète avant de migrer vers l'océan. Examinez les lamproies marines adultes qui sont en démonstration.

Étudiez attentivement la morphologie de l'ammocète, car elle pourra être informative en ce qui regarde la morphologie de l'ancêtre des vertébrés. Comparez la morphologie de l'ammocète avec la morphologie de l'amphioxus. Faites-vous un tableau des différences et des similitudes.

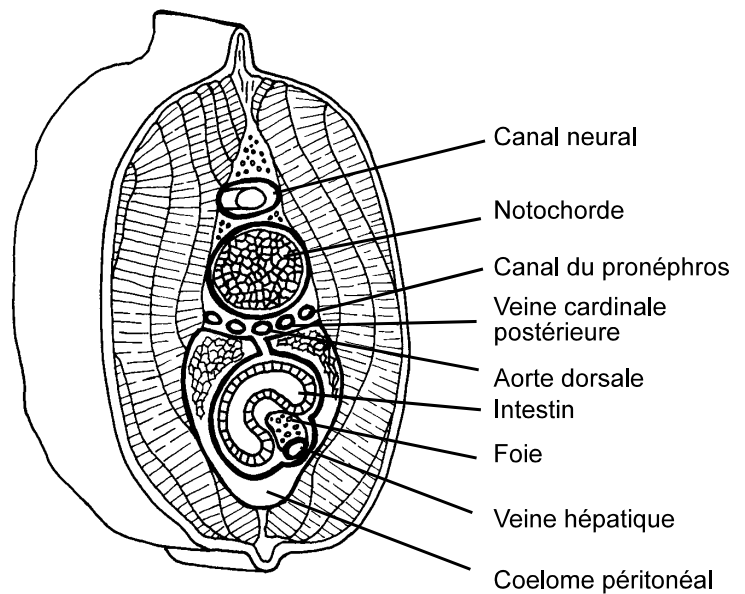
Figure 93. Vue latérale d'une ammocète



**Figure 94.** Vue transversale d'une ammocète au niveau du pharynx



**Figure 95.** Vue transversale d'une ammocète au niveau de l'intestin



## Conclusion

Vous avez maintenant en main tous les éléments qui vous permettront d'élaborer votre hypothèse en ce qui regarde l'ancêtre des vertébrés.



# La transition évolutive eau-terre: Une étude des amphibiens

par François Chapleau

## Introduction

D'un point de vue morphologique, les amphibiens forment un groupe transitoire entre les vertébrés aquatiques et les tétrapodes terrestres. Ils possèdent des caractéristiques morphologiques propres aux deux modes de vie. Nous étudierons ce caractère transitoire des amphibiens au cours de ce laboratoire.

Vous examinerez les morphologies interne et externe d'un urodèle de nos régions, le necture tacheté (*Necturus maculosus*). Afin de bien vous préparer pour ce laboratoire, lisez le chapitre sur les amphibiens dans votre livre (pp. 310-324).

## Phylogénèse et taxinomie

Les amphibiens actuels sont regroupés dans la sous-classe Lissamphibia. Nommez et caractérisez les trois grands ordres d'amphibiens actuels. Il s'agit d'animaux spécialisés qui sont les vestiges d'un grand groupe animal qui a dominé la faune des vertébrés terrestres, il y a plus de 300 millions d'années.

Les amphibiens actuels ne possèdent pas de souche ancestrale directe commune avec les reptiles actuels. Il faut remonter à plus de 300 millions d'années pour pouvoir identifier cette souche commune. L'examen de fossiles appartenant à la sous-classe des Labyrinthodontes, un groupe éteint depuis plus de 200 millions d'années, a révélé une morphologie transitoire entre les vertébrés aquatiques et les vertébrés terrestres, et aussi une souche ancestrale qui a pu mener aux reptiles.

## Le necture tacheté

### Cycle de vie

Le necture tacheté sera utilisé pour illustrer la morphologie d'un amphibien. Il s'agit d'un urodèle paédomorphique, c'est-à-dire que l'animal adulte conserve certains caractères larvaires. Plus précisément, le necture est un cas classique de paédomorphie néoténique

(que signifie ce dernier terme?). Donc, tout au long de ce laboratoire, il est important de ne pas confondre les caractéristiques larvaires de l'adulte et les caractéristiques adultes primitives.

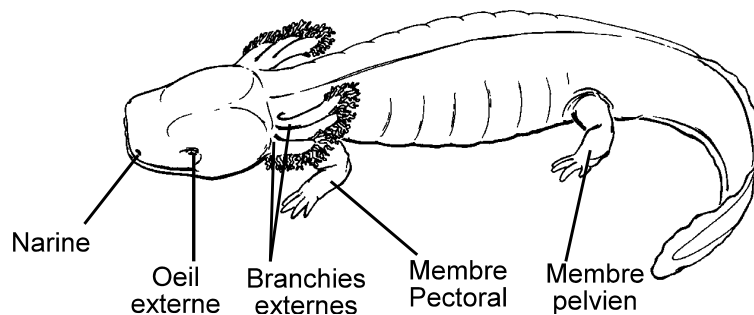
Le necture tacheté habite les eaux claires des lacs et rivières du sud de l'Ontario et du Québec, dans le nord-ouest ontarien et le sud du Manitoba. On le retrouve parfois dans les eaux turbides et dans les habitats plus ou moins marécageux. Il est surtout nocturne et se nourrit de petits poissons, d'écrevisses, de larves d'insectes aquatiques et de mollusques.

Lors de la reproduction, la femelle pond plusieurs dizaines d'oeufs (5 à 11 mm de diamètre) dans un nid au fond de l'eau. Elle surveille les oeufs jusqu'à l'éclosion. L'éclosion se produira de 38 à 63 jours après la ponte, selon la température de l'eau. Les larves naissantes sont petites (à peine 20 mm) et sortiront du nid 4 à 8 semaines après l'éclosion. Le necture tacheté peut prendre jusqu'à 5 ans avant d'atteindre la maturité sexuelle.

#### Anatomie externe (Fig. 96)

Le corps se divise grossièrement en trois régions: la tête qui porte les branchies externes, le tronc qui porte les membres et la queue.

Figure 96. Morphologie externe du necture



Les narines externes sont situées antérolatéralement sur le bout du museau. Chaque narine est le pore extérieur d'un canal qui s'ouvre à l'intérieur de la cavité buccale (les narines internes). Entre les deux types de narines le canal devient une chambre tapissée de l'épiderme sensoriel du système olfactif.

La bouche est bordée par des lèvres. De petits yeux sans paupières sont présents. L'absence de paupières est un caractère larvaire qui ne se retrouve pas chez les amphibiens ayant une phase terrestre. Quel est le rôle des paupières?

Contrairement aux autres amphibiens et tétrapodes, les salamandres ne possèdent pas d'oreille externe. Ils ont une oreille interne. L'audition se fait par la transmission de vibrations à travers les os du crâne.

On peut voir des rudiments du système de la ligne latérale sur la tête; plus particulièrement au-dessus et au-dessous de l'oeil, sur les joues et sur la face ventrale de la tête.

Chaque branchie externe est faite d'une masse de tissus conjonctifs contenant plusieurs vaisseaux sanguins (Combien y a-t-il de branchies?). Elles sont recouvertes d'un épithélium très mince. Les portions proximale et dorsale de chaque branchie sont relativement rigides mais les portions distale et ventrale sont filamenteuses et bien irriguées de vaisseaux sanguins.

Ces branchies externes sont des caractéristiques larvaires et ne sont pas homologues avec les branchies internes des poissons. Le necture a deux fentes branchiales situées entre les branchies externes. Le repli gulaire est un repli cutané que l'on observe sur la face ventrale de la tête. Ce repli est une autre caractéristique larvaire. Chez l'amphibien métamorphosé, ce repli disparaît.

Le necture a un tronc qui est assez gros et légèrement aplati, dorso-ventralement. Il n'y a pas de cou véritable. Une dépression dorsale montre l'endroit où la peau s'attache à la colonne vertébrale. Sur les côtés de l'animal des replis costaux sont séparés par des sillons costaux. Ces sillons correspondent aux myoseptes internes. Le nombre de replis correspond donc au nombre de vertèbres. Enlevez un lambeau de peau sur votre spécimen. La peau est-elle mince ou épaisse? Y a-t-il des vaisseaux sanguins sous la peau? Que pouvez-vous déduire de ces observations?

Les membres antérieurs (pectoraux) et les membres postérieurs (pelviens) sont petits. Il y a quatre orteils (doigts) à chaque membre.

Le tronc se termine postérieurement au niveau du cloaque. Celui-ci s'ouvre à l'extérieur du corps par une fente longitudinale située postérieurement par rapport à la ceinture pelvienne. Cette fente est l'ouverture extérieure commune des conduits alimentaires et urogénitaux.

La queue, très musculeuse, est bordée par une nageoire caudale qui n'a pas de structure interne de soutien.

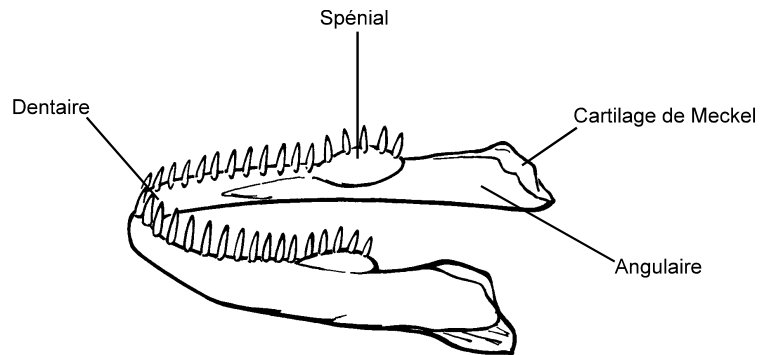
### **Le squelette interne**

Tous les vertébrés ont un squelette interne fait de tissus conjonctifs, de cartilage et/ou d'os. Les os des vertébrés se développent selon deux modes bien définis. On parlera donc d'os enchondral (ou endochondral ou dense) et d'os dermique (ou membraneux).

### La mâchoire inférieure (Fig. 97)

Chaque moitié (ramus) de la mandibule inférieure est faite d'une barre cartilagineuse (cartilage de Meckel) qui est plus ou moins enveloppée par trois os dermiques. Le dentaire porte des dents et s'étend sur presque toute la face latérale du ramus mandibulaire. Le splénial est un petit os oval qui porte des dents et qui se situe approximativement à mi-chemin sur la face médiale du ramus. L'angulaire, ne porte pas de dents et se situe sur le bord médiopostérieur du ramus. La section postérieure du cartilage de Meckel s'articule avec l'os carré du crâne.

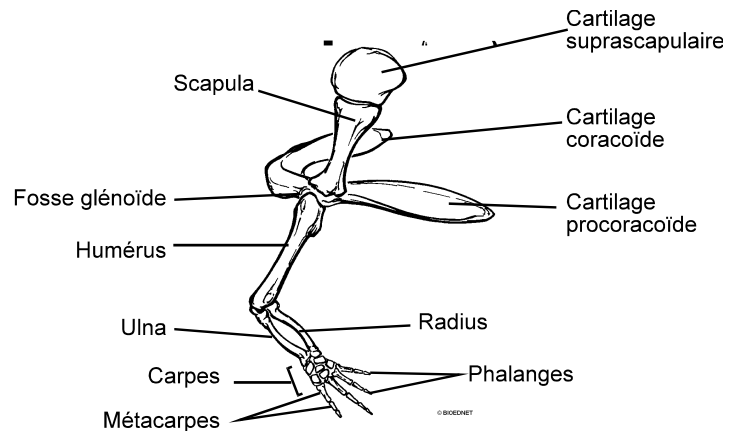
Figure 97. Mâchoire inférieure du necture



### Les ceintures pectorale et pelvienne (Figs. 98, 99)

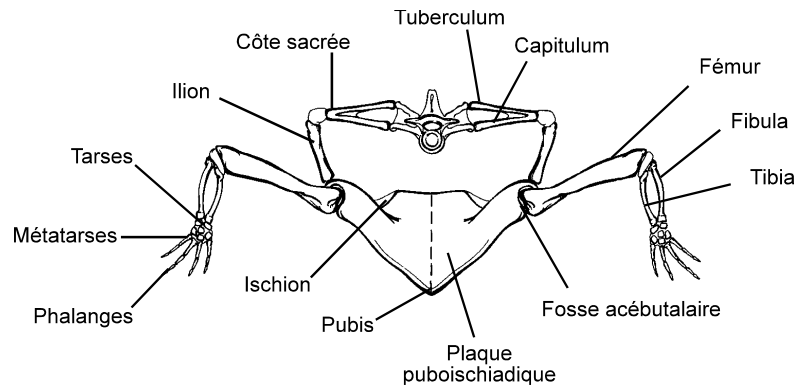
La ceinture pectorale est presque entièrement cartilagineuse (voir squelette). Elle n'est pas en contact avec le crâne comme chez les poissons et est maintenue en place par de la musculature. Puisque les différentes parties du cartilage sont difficiles à identifier sur les squelettes, nous ne les étudierons pas. La seule structure ossifiée de la ceinture pectorale est la scapula (l'homologue de l'omoplate). Le membre antérieur est fait d'un humérus (proximal), d'un radius (antéromédial), d'un ulna (latéral par rapport au radius), d'os carpiens (poignets) et métacarpiens qui sont difficiles à voir et de neuf phalanges (deux sur chaque doigt, sauf pour le troisième qui en possède trois).

**Figure 98.** Ceinture pectorale et membre antérieur



La ceinture pelvienne est aussi presque entièrement cartilagineuse. La grande plaque cartilagineuse ventrale est la plaque pubo-ischiale et contient les deux pubis (non décelables) et les deux ischions (postérieurs, ossifiés et visibles). Les ilions sont ossifiés et s'orientent dorsalement vers les côtes sacrées. Le membre postérieur est fait d'un fémur (proximal) qui s'articule distalement avec le tibia et le fibula. Il a également des os tarsiens (os de la cheville), des os métatarsiens et neuf phalanges.

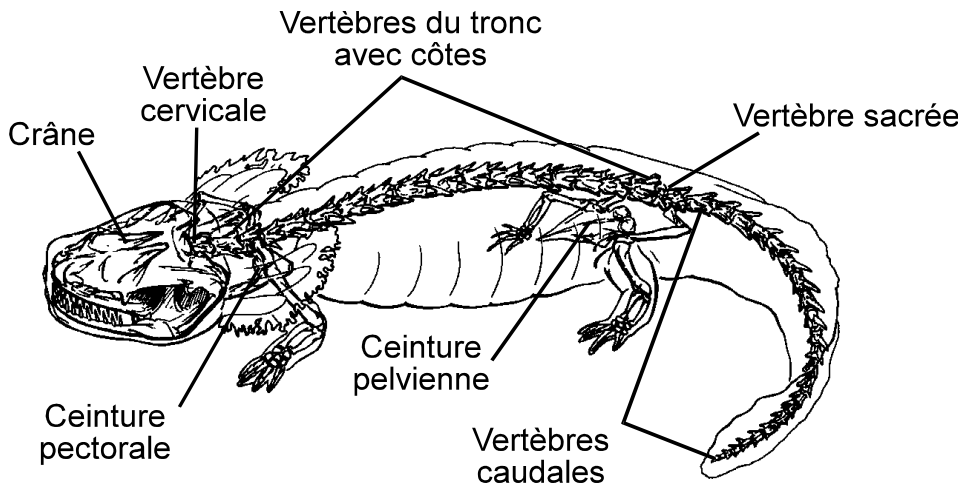
**Figure 99.** Ceinture pelvienne et membre postérieur



### La colonne vertébrale (Fig. 100)

Il y a quatre types de vertèbres chez le necture. Il y a une vertèbre cervicale (atlas), sans côtes, qui s'articule avec les condyles occipitaux du crâne par l'intermédiaire de ses facettes condylières. Un petit processus odontoïde peut être observé entre ces deux facettes.

Figure 100. Le squelette complet du necture



Combien y a-t-il de vertèbres sur le tronc? Chacune de celles-ci a un centrum sur lequel on retrouve un arc neural dorsal. Cet arc neural contient le canal neural. Que contient ce canal? Les arcs neuraux s'articulent entre eux par l'intermédiaire des prézygapophysies et des postzygapophysies. Comment les prézygapophysies et les postzygapophysies s'attachent-elles les unes aux autres? La région postéromédiale de chaque arc neural forme une épine neurale. Notez la présence d'un processus transversal de chaque côté de la vertèbre.

L'unique vertèbre sacrée s'articule, par l'intermédiaire de ses côtes (dites sacrées), avec l'ilion. Finalement, il y a jusqu'à 30 vertèbres caudales, sans côtes et reconnaissables par la présence d'un arc hémal avec une épine hémale qui s'oriente ventropostérieurement.

Quelles différences morphologiques et fonctionnelles pouvez-vous déceler entre la colonne vertébrale du necture et celle de la perchaude?

### L'anatomie interne (Figs. 101-104)

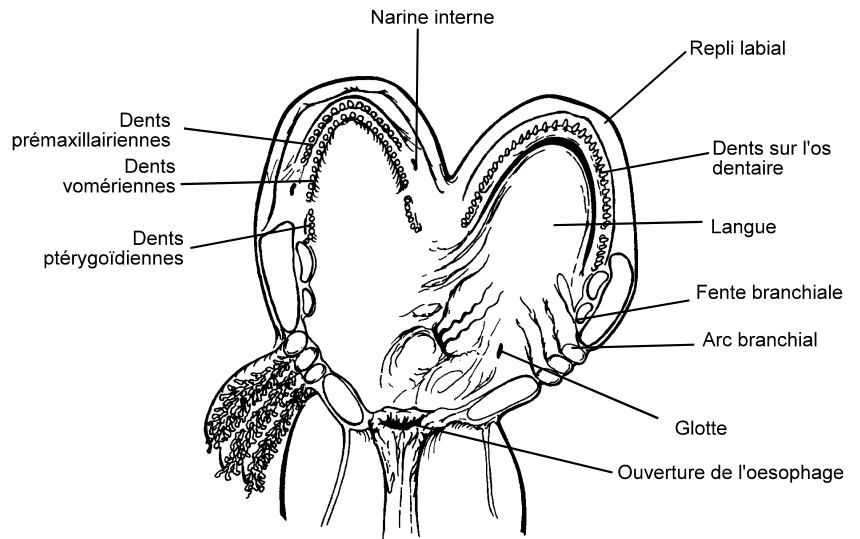
Pour ouvrir la cavité buccale, faites une incision dans chaque coin de la bouche jusqu'au niveau du repli gulaire.

Pour voir les organes de la cavité abdominale, faites une incision longitudinale sur le côté gauche de votre spécimen, entre la ceinture pectorale et la ceinture pelvienne. Cette incision est déjà faite sur les spécimens injectés. La prudence est de mise puisqu'il faut éviter de couper les organes internes. Pour voir le coeur, il vous faudra couper à travers la ceinture pectorale. Pour ce faire, suivez une ligne imaginaire sur le côté gauche.

### Les cavités buccale et pharyngienne (Fig. 101)

Identifiez les structures qui sont indiquées sur le diagramme.

**Figure 101.** Vue antérieure des cavités buccale et pharyngienne



La cavité buccale s'étend postérieurement jusqu'à la cavité pharyngienne; c'est-à-dire jusqu'au début de la région branchiale. Les dents voméroptérygoïdiennes et prémaxillaires sont facilement identifiables. Deux narines internes ou choanes sont observées latéralement par rapport aux rangées de dents voméroptérygoïdiennes. Quel est le rôle des choanes? Au niveau du plancher buccal, on peut voir que la langue est libre antérieurement et qu'il y a des dents sur le dentaire.

Le pharynx correspond à la cavité branchiale. Notez la présence des arcs branchiaux et des fentes branchiales. La glotte est une petite fente située sur la ligne médiane du plancher pharyngien. Celle-ci s'ouvre sur le larynx, qui mène à la trachée et ultimement aux poumons. Postérieurement, on trouve l'ouverture de l'oesophage qui marque le début du tube digestif.

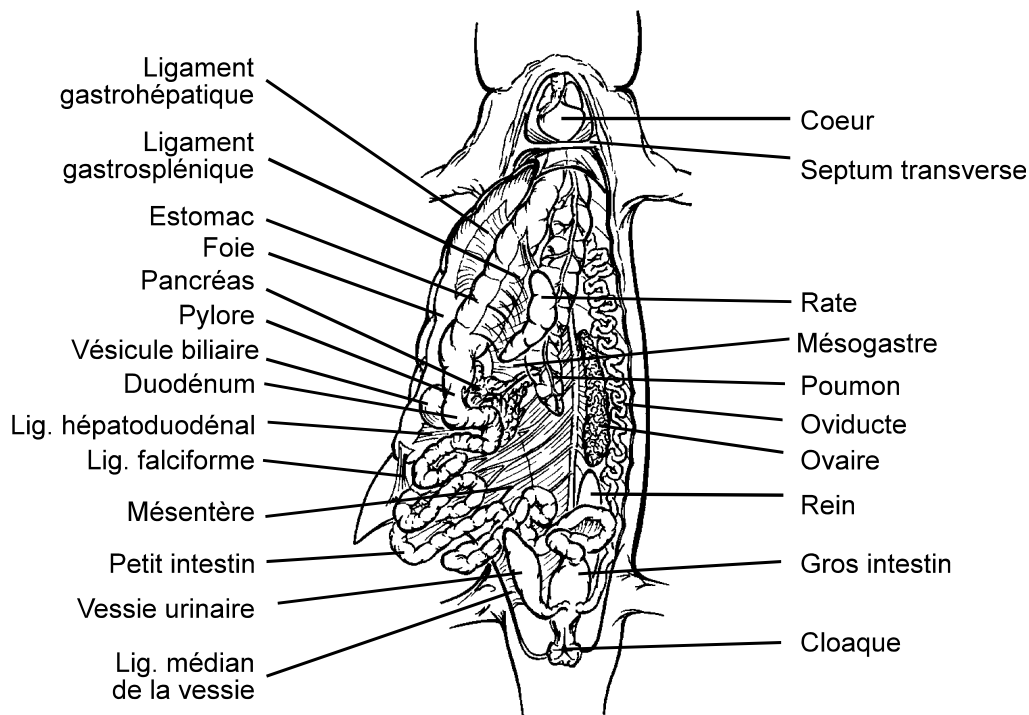
### La cavité coelomique et les mésentères (Fig. 102)

La cavité coelomique, qui contient toutes les viscères, se divise en deux parties: i) la cavité péricardique qui contient le coeur et ii) la cavité pleuropéritonéale qui contient les poumons, le canal alimentaire et les autres organes. Un feuillet continu d'épithélium tapisse les organes à l'intérieur de ces cavités. Dans la cavité péricardique, il s'agit du péricarde pariétal et dans la cavité pleuropéritonéale, il s'agit du pleuropéritoine. Les deux cavités sont séparées par le septum transverse. Tous les organes, incluant le coeur, sont enveloppés dans le péritoine viscéral.

Les mésentères sont les tissus translucides qui semblent attacher les organes les uns aux autres. Lors de l'ouverture de la cavité coelomique on peut voir que le mésentère ventral est subdivisé en: 1) le ligament falciforme qui lie le foie à la paroi de la cavité abdominale, 2) le liga-

ment gastrohépatique qui relie le foie à l'estomac, 3) le ligament hépatoduodénal qui relie le foie à la région antérieure du petit intestin, et 4) le ligament médian de la vessie qui rattache la vessie à la portion médiane ventrale de la cavité abdominale. Les autres mésentères rattachent les organes à la face dorsale de la cavité abdominale (mésentère dorsal). Il s'agit: 1) du mésogastre qui soutient l'estomac, 2) du mésentère qui supporte les circonvolutions du petit intestin et 3) le mésorectum (ou mésocolon) qui fait de même avec le gros intestin. Le ligament qui relie la rate avec l'estomac est une portion du mésogastre qui est appelée ligament gastrosplénique. Les ligaments pulmonaires relient les poumons au mésogastre.

**Figure 102.** Vue ventrale des mésentères et des organes de la cavité coelomique



L'oesophage, relativement court, mène vers un gros estomac situé à gauche dans la cavité pleuropéritonéale. L'intérieur de celui-ci est caractérisé par la présence de rugosités. L'estomac est séparé de l'intestin par la présence du sphincter pylorique. Par la suite, on retrouve le duodénum, qui forme la région proximale du petit intestin et qui est en contact avec le pancréas. Le petit intestin est relativement long et se transforme en gros intestin postérieurement. Ce dernier est reconnaissable par son diamètre légèrement plus grand et sa paroi plus mince. Il se vide dans le cloaque qui marque la fin du tube digestif et qui est une chambre commune pour les systèmes excréteur, reproducteur et alimentaire.

On retrouve aussi d'autres organes dans la cavité pleuropéritonéale. Le foie, le plus gros organe de la cavité, est facilement identifiable. La vésicule biliaire est aussi très facile à voir. Il est important de connaître la terminologie associée avec les canaux faisant le pont entre le foie, la vésicule biliaire et le duodénum (difficile à voir sur le spécimen). Le canal hépatique transporte la bile du foie vers la vésicule ou en direction de l'intestin. Le canal cystique relie la vésicule biliaire au canal cholédoque. Après la jonction du canal cystique et le canal hépatique on appelle ce canal le canal cholédoque. Il se dirige vers le duodénum. Donc le canal cholédoque peut transporter de la bile accumulée dans la vésicule biliaire ou provenant directement du foie.

Le pancréas, déjà mentionné, a une forme irrégulière et s'attache au duodénum. La rate est grosse et s'attache à la surface dorsale de l'estomac. Les deux poumons sont des sacs allongés à parois minces. Ces poumons peuvent se remplir de gaz par l'intermédiaire de bronches qui se rattachent à la trachée (voir plus haut).

### **Le système urogénital (Figs. 103 et 104)**

Les fonctions urinaire et génitale sont étroitement interreliées, anatomiquement parlantes. Les produits génitaux (oeufs, sperme, etc.) sont produits dans la région antérieure de la cavité pleuropéritonéale. Ces produits sont acheminés vers le cloaque par l'intermédiaire de canaux originalement élaborés pour servir des fins excrétrices.

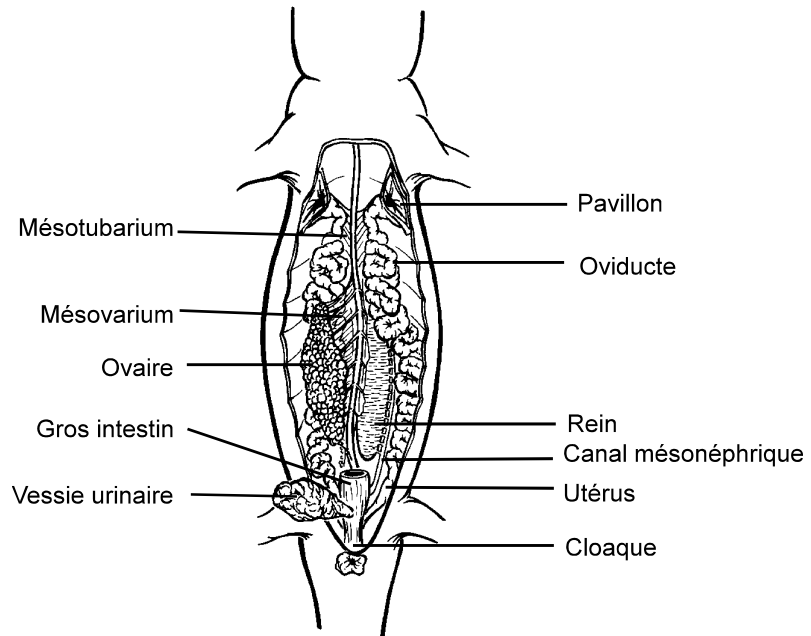
Les reins du necture sont suspendus le long de la région postérodorsale de la cavité pleuropéritonéale. Ils sont recouverts par du péritoine viscéral. Chaque rein est divisé en 1) région génitale (antérieure) et 2) en région excrétrice (postérieure). La région génitale est plus petite chez la femelle. Chez les mâles, cette portion des reins transporte le sperme jusqu'au canal mésonéphrique. L'urine passe du rein au canal mésonéphrique par l'intermédiaire de petits tubules collecteurs. Les canaux mésonéphriques s'étendent sur le bord latéral du rein et ont pour fonction de transporter l'urine vers le cloaque. Chez les mâles, le canal mésonéphrique est circonvolué et relativement large tandis que chez les femelles, il est linéaire et étroit. L'urine s'accumule dans la vessie urinaire qui n'est qu'une évagination du cloaque en forme de sac flasque.

### **Les organes reproducteurs femelles (Fig. 103)**

La taille des ovaires varie selon le stade de développement des oeufs. Le mésovarium est le mésentère qui suspend les ovaires au dos de la cavité abdominale de l'animal. Les deux oviductes sont circonvolués et proéminents. Le mésotubarium les rattache au dos de la cavité abdominale. Chaque oviducte est élargi antérieurement en forme d'enton-

noir pour former un pavillon qui accueille les oeufs ovulés. Les oviductes sont rattachés au cloaque par l'intermédiaire de papilles génitales.

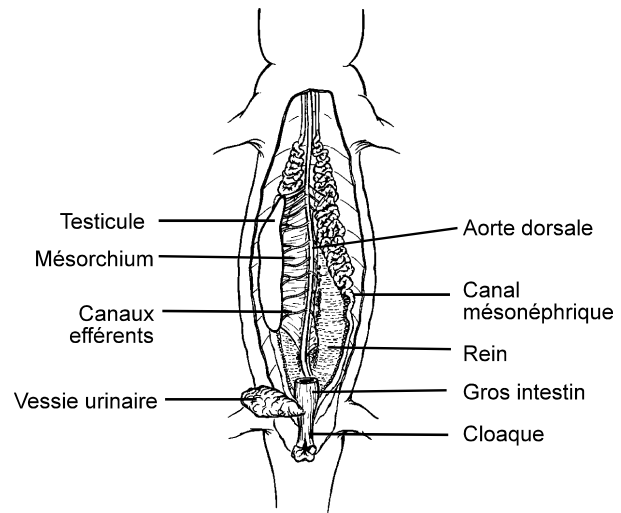
**Figure 103.** Système urogénital d'une femelle



#### **Les organes reproducteurs mâles (Fig. 104)**

Les testicules sont allongés et sont attachés à la paroi dorsale de la cavité abdominale par le mésorchium (un mésentère). Le sperme est drainé du testicule par l'intermédiaire de canaux efférents distribués dans le mésorchium et qui passe dans les canaux de la portion génitale des reins. Le sperme peut être entreposé dans ces canaux efférents et dans la région génitale du rein. Au besoin, le sperme passera dans le canal mésonéphrique en route vers le cloaque où il y aura formation d'un spermatophore. Ce spermatophore est le résultat d'un mixage entre le sperme et la sécrétion gélatineuse de glandes cloacales. Chez le necture, ce spermatophore est déposé directement dans le cloaque de la femelle. Chez la plupart des salamandres, le spermatophore est déposé sur le substrat avant d'être pris par la femelle. Le transfert indirect des gamètes mâles par l'intermédiaire d'un spermatophore est une caractéristique exclusive aux salamandres. Les mâles peuvent parfois avoir des oviductes vestigiaux le long du bord extérieur de reins.

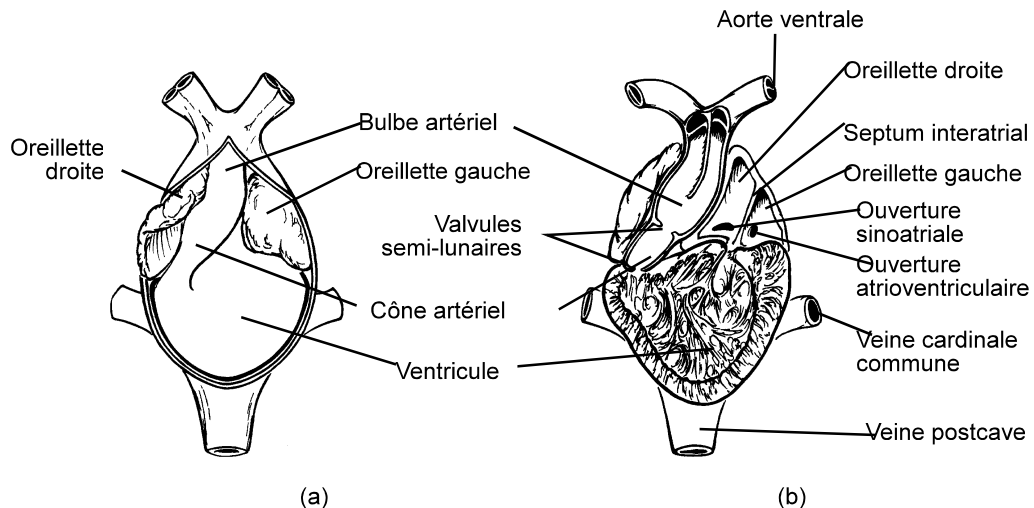
Figure 104. Système urogénital d'un mâle



### Le coeur (Fig. 105)

Le coeur du necture est fait d'un ventricule, de deux oreillettes incomplètement divisées et d'un sinus veineux. L'oreillette droite reçoit le sang du corps entier via le sinus veineux. L'oreillette gauche reçoit le sang des poumons par la petite veine pulmonaire. Les deux oreillettes se contractent simultanément, pompant le sang oxygéné et le sang désoxygéné par l'ouverture atrioventriculaire vers le ventricule. Ensuite, le ventricule pompe le sang dans l'aorte ventrale en passant par un cône artériel et un bulbe artériel. Identifiez les structures indiquées sur le diagramme présentant le coeur. Identifiez les principaux vaisseaux sanguins émergeant du coeur et indiquez la direction des flots sanguins artériel et veineux.

Figure 105. Vues ventrales (a) d'un coeur et (b) d'un coeur sectionné



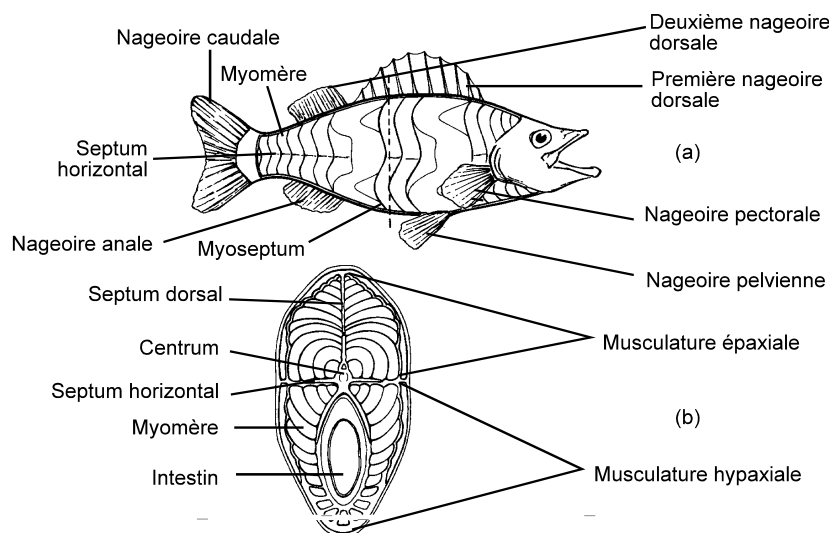
## Étude comparative des vertébrés

### Le système musculo-squelettique

Examinez la musculature et le squelette du poisson en démonstration (la perchaude). Comme les poissons vivent dans un milieu 800 fois plus dense que l'air, on pourrait penser que les mouvements y sont de ce fait considérablement gênés. Il n'en n'est rien. L'extrême densité a sa contrepartie avantageuse: l'eau soutient, porte en quelque sorte les corps immergés. La propulsion du poisson se fait par l'intermédiaire d'ondulations du corps. Les nageoires (pectorales, pelviennes, anale et dorsale) sont responsables des différentes manoeuvres (changement de direction, freinage, etc.). Par conséquent, la masse musculaire est principalement associée avec le squelette axial; la masse musculaire appendiculaire étant minimale.

Examinez la musculature de la perchaude (voir le spécimen en démonstration) et remarquez l'importance de la musculature axiale par rapport à la musculature appendiculaire (Fig. 106). Examinez la coupe transversale de la perchaude au niveau de l'abdomen (Fig. 106) et de la queue (en démonstration). Combien y a-t-il de faisceaux musculaires (groupes de myomères)? Ceux-ci sont séparés par des septums (singulier: septum). Puisque l'impact de la force gravitationnelle est faible en milieu aqueux, la colonne vertébrale est souple et permet les mouvements latéraux associés avec les ondulations du corps.

**Figure 106.** (a) Vue latérale de la musculature axiale chez un poisson. (b) Coupe transversale montrant l'arrangement de la musculature et des septums au niveau de la cavité abdominale



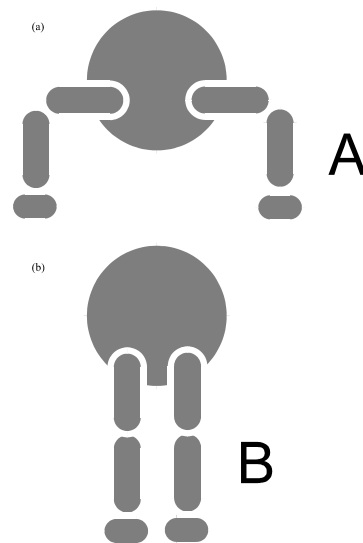
En milieu terrestre, la situation est nettement différente. La propulsion du corps ne se fait plus par des mouvements ondulatoires du corps puisque l'air, de faible densité, ne peut servir de point d'appui.

La force gravitationnelle est plus perceptible en milieu terrestre qu'en milieu aquatique. Les poumons, par exemple, seraient écrasés si le corps n'était soulevé de terre par des membres, ou s'ils n'étaient pas protégés par la cage thoracique (sternum et côtes). On peut spéculer que les nageoires paires des premiers vertébrés terrestres ont été modifiées pour soulever le corps.

Examinez la position des membres d'un amphibien ou d'un reptile. Les membres (par exemple les membres antérieurs de *Necturus* ou les quatre membres d'un reptile) sont orientés latéralement, et le segment proximal (humérus et fémur) est perpendiculaire au corps (Fig. 107). Pour avancer, l'animal doit soulever son corps ("push-up") et faire une torsion latérale du corps pour avancer un membre. Ce mode primitif de locomotion tétrapode est énergétiquement inefficace.

Les mammifères (ainsi que certains grands dinosaures) ont modifié ce système de locomotion en déplaçant les membres sous le corps par une rotation du coude vers l'arrière et une rotation des genoux vers l'avant (Fig. 107, voir aussi le squelette du chat pour bien visualiser ces rotations). Les membres deviennent donc des colonnes de support pour le corps. Il s'agit d'un système relativement passif, donc très économique au niveau énergétique. Par conséquent, les restrictions fonctionnelles sur la taille de ces animaux sont moindres. De plus, chez certains groupes, l'allongement des membres a permis des enjambées plus longues et des déplacements plus rapides nécessitant moins d'énergie par unité de distance.

**Figure 107.** Orientation des membres: (A) chez les amphibiens et les reptiles, (B) chez les mammifères et les gros dinosaures



Examinez le squelette d'un mammifère et d'un reptile ou d'un amphibien et comparez l'orientation des membres par rapport au corps.

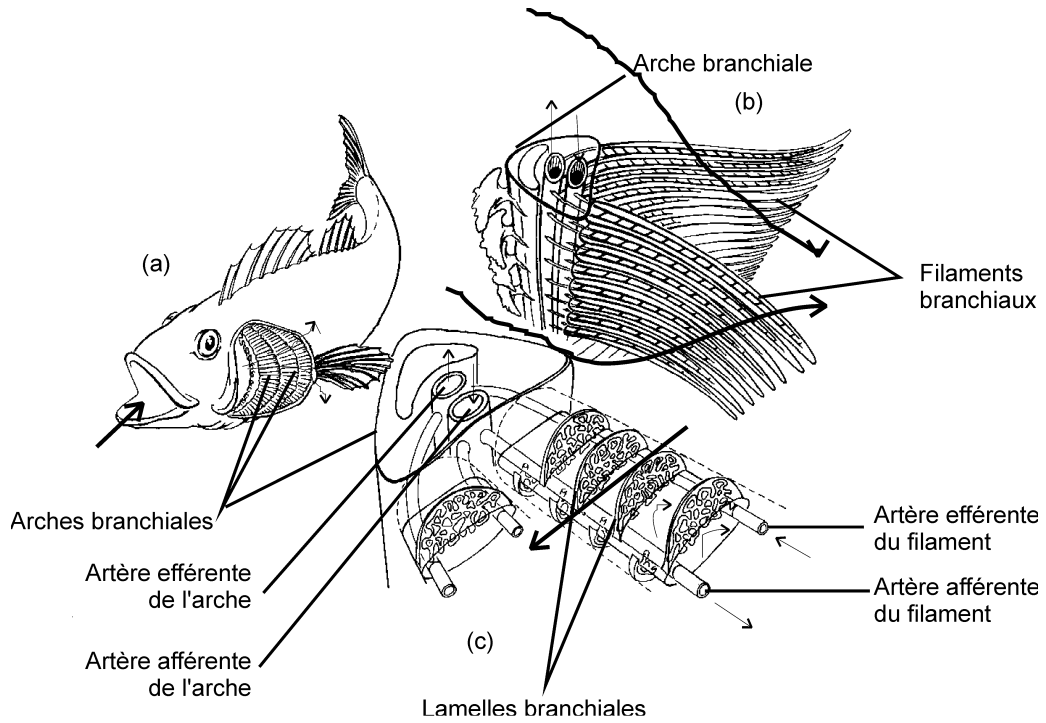
Chez les animaux terrestres, ce sont principalement les membres antérieurs et postérieurs qui doivent transférer la force de propulsion au reste du corps. Donc contrairement aux animaux aquatiques, la musculature appendiculaire gagne en importance par rapport à la musculature axiale. De plus, comme le corps n'est plus supporté par l'eau, la colonne vertébrale est nettement plus rigide et supporte toutes les viscères. Étant plus rigide, la musculature axiale dorsale est réduite, car la rigidité de la colonne vertébrale rend superflue la présence de gros muscles dorsaux comme chez les poissons.

Examinez les spécimens dépouillés de la grenouille, du poisson et du necture (voir les spécimens en démonstration). À partir de la forme des membres et de l'importance relative de la musculature axiale et appendiculaire, que pouvez-vous déduire au sujet du mode de locomotion du necture?

### **Le système respiratoire**

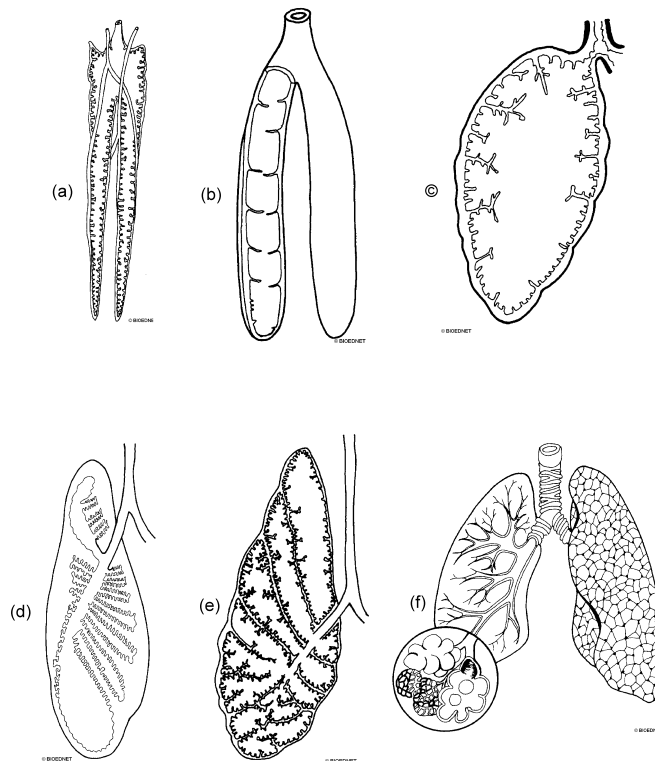
Le passage de la respiration en milieu aqueux à la respiration en milieu aérien est une des transformations morphologiques les plus spectaculaires de l'évolution des vertébrés. Les poissons respirent à partir de branchies situées dans la région postérieure de la cavité buccale, le pharynx. L'eau qui pénètre par la bouche passe par un tamis de capillaires sanguins à paroi très mince, les lamelles branchiales, situées sur les filaments branchiaux eux-mêmes attachés sur une série d'arcs branchiaux osseux (Figs. 108). Après le passage dans les lamelles branchiales, l'eau est expulsée par la fente operculaire. Les échanges gazeux se font au niveau des lamelles. Ce mécanisme d'écoulement à contre-courant est le système respiratoire le plus efficace chez les vertébrés en ce qui a trait à l'extraction de l'oxygène du milieu ambiant. Près de 80 % de l'oxygène de l'eau qui passe par les branchies est absorbé. Cette efficacité est vitale puisque la concentration de l'oxygène est beaucoup plus faible dans l'eau que dans l'air.

**Figure 108.** Structures respiratoires d'un poisson: (a) circulation d'eau, (b) structure branchiale et (c) mécanisme d'écoulement à contre-courant



Quelques poissons (les dipneustes et le poisson-castor, par ex.), ont développé un système respiratoire adapté à un milieu aquatique pouvant se dessécher selon la saison. Chez ces poissons, la paire de vessies gazeuses est liée à l'intestin antérieur par un canal dit "pneumatique" (Fig. 109a).

**Figure 109.** La diversité des structures respiratoires parmi les vertébrés à respiration aérienne. (a) un dipneuste (b) une salamandre (c) une grenouille (d) un lézard (e) un alligator et (f) un mammifère



En milieu aérien, l'épithélium fragile des branchies est inadéquat car il n'est pas suffisamment rigide pour résister à la force gravitationnelle. Comme les échanges gazeux se font uniquement sur des surfaces respiratoires humides, il est essentiel que celles-ci soient protégées contre la dessiccation; un problème majeur en milieu terrestre.

Les amphibiens sont un groupe transitoire au niveau du système respiratoire. Le necture a trois surfaces respiratoires: la peau, les branchies et les poumons. Comme le necture tacheté vit exclusivement dans l'eau, ses branchies externes et sa peau sont les organes respiratoires; les poumons sont présents (Fig. 109b) mais pas fonctionnels. Par contre, chez d'autres salamandres qui ont une phase terrestre, la respiration pulmonaire ou la respiration cutanée peut alors être utilisée.

La grenouille respire par la peau et par ses poumons. Ses poumons sont des sacs relativement simples et présentent peu de compartiments (alvéoles) internes (Fig. 109c). Tel est le cas pour tous les amphibiens avec poumons et la plupart des reptiles (Fig. 109d). Chez les plus gros reptiles, l'alligator par exemple, les poumons ont une compartimentation plus développée (présence de septums incomplets, Fig. 109e). Celle-ci accentue la surface d'échange gazeux.

Puisque ce sont des organismes à sang froid (hétéothermes), leurs besoins métaboliques de base sont faibles, spécialement si on les compare avec ceux d'un animal à sang chaud (homéotherme: mammifère

et oiseau). Ce dernier doit maintenir sa température interne constante et doit donc brûler une grande quantité d'énergie pour ce faire. Les poumons des homéothermes doivent donc être plus efficaces que ceux des hétérothermes.

Tous les vertébrés terrestres possèdent, toute proportion gardée, des poumons ayant un volume relativement constant. Les modifications se sont faites principalement par l'évolution d'une tuyauterie intrapulmonaire (bronches et bronchioles) de plus en plus complexe et d'une compartimentation intensive de l'intérieur du poumon résultant d'un grand nombre d'alvéoles. Comparez, par exemple, le poumon d'un homme (Fig. 109f) avec celui de l'amphibien. Notez la texture plus ou moins spongieuse du poumon du rat par rapport à la grenouille. Remarquez également l'attachement des bronches (extrapulmonaires seulement) chez la grenouille. Chez les mammifères, les bronches s'attachent près du centre du bord interne du poumon, et se subdivisent intrapulmonairement en un système complexe de tubes qui fait que l'air oxygéné, toujours humide, arrive sur toutes les surfaces à l'intérieur du poumon au même moment. L'augmentation de la compartimentation ou la création d'alvéoles de plus en plus petites sert à augmenter la surface de contact entre l'air qui entre dans les poumons et les surfaces où les échanges gazeux se font. Par conséquent, l'efficacité respiratoire est grandement accrue.

Examinez les spécimens représentatifs en démonstration. Mettre en corrélation les structures respiratoires des différents animaux avec leurs habitats.

