

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université 8 MAI 1945 GUELMA

Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

2^{eme} année licence SNV



Support de cours du module:

Zoologie

Présenté par :

Dr. SANSRI Soraya

Année universitaire : 2016-2017

Table des matières

Chapitre I Présentation du règne animal	1
I.1. La diversité animale.....	1
I.2. Importance numérique du regne animale.....	2
I.3. Les bases de classification.....	3
I.3.1. Classification traditionnelle ou classique.....	3
I.3.2. Classification phylogénétique.....	5
I.4. Nomenclature zoologique.....	6
I.4.1. Suffixes indiquant le rang taxinomique.....	6
I.4.2. Taxonomie (ou taxinomie).....	8
I.5. Les cinq Règnes.....	8
II Sous -regnes des Protozoaires.....	11
II.1.1. Embranchement des Sarcomastigophora.....	11
II.1.2. Embranchement des Ciliophora.....	15
II.1.3. Embranchement Apicomplexa.....	16
II.1.4. Embranchement Cnidosporidies.....	16
• Locomotion et support.....	16
• Respiration et circulation.....	17
• Alimentation et digestion.....	17
• Excrétion et osmorégulation.....	19
• Reproduction.....	20
• Défenses.....	22
• Écologie.....	22

Table des matières

III. Sous regne des Metazoaires.....	24
3.1. Les Spongiaires « Les Porifères ».....	24
• Architecture et classification.....	25
• Respiration et circulation.....	32
• Alimentation et digestion.....	32
• Excrétion	34
• Reproduction.....	34
• Défenses.....	36
• Écologie.....	37
3.2. Embranchement des Cnidaires.....	37
• Architecture et classification.....	38
• Locomotion et support.....	40
• Respiration et circulation.....	41
• Alimentation et digestion.....	41
• Excrétion et osmorégulation.....	42
• Sens et système nerveux.....	42
• Reproduction.....	43
• Défenses.....	45
• Écologie.....	45
3.3 .Embranchement des Plathelminthes.....	46
• Architecture et classification.....	46
• Locomotion.....	47

Table des matières

•	Respiration et circulation.....	47
•	Alimentation et digestion.....	47
•	Excrétion et osmorégulation.....	48
•	Reproduction.....	49
•	Défenses et adaptations.....	50
3.4	Embranchement des Nématodes.....	50
•	Architecture et classification.....	50
•	Locomotion.....	51
•	Respiration et circulation.....	52
•	Alimentation et digestion.....	53
•	Excrétion.....	54
•	Reproduction.....	54
•	Écologie.....	54
3.5	Embranchement des Mollusques.....	55
•	Architecture et classification.....	55
•	Locomotion.....	62
•	Respiration et circulation.....	63
•	Alimentation et digestion.....	64
•	Reproduction.....	65
•	Défenses.....	66
•	Écologie.....	66
3.6	Embranchement des Annélides	67
•	Architecture et Classification.....	67
•	Locomotion.....	70

Table des matières

• Respiration et circulation.....	73
• Alimentation et digestion.....	73
• Excrétion et osmorégulation.....	74
• Système nerveux.....	75
• Reproduction.....	75
• Écologie.....	78
3.7 Embranchement des Arthropodes.....	78
• Architecture et classification.....	79
• Locomotion.....	84
• Respiration et circulation.....	85
• Alimentation et digestion.....	88
• Excrétion et osmorégulation.....	89
• Cycle biologique.....	89
• Défenses.....	90
• Écologie.....	90
III.8. Embranchement des Échinodermes.....	91
• Architecture et classification.....	92
• Locomotion.....	94
• Respiration et circulation.....	94
• Alimentation et digestion.....	95
• Excrétion et osmorégulation.....	95
• Sens et système nerveux.....	96
• Reproduction.....	96
• Défenses et adaptations à la vie sessile.....	96

Table des matières

• Écologie.....	97
3.9. Embranchement des Chordés.....	98
1. Les vertébrés.....	98
1.1. Les poissons.....	99
• Classification.....	99
• Locomotion.....	100
• Respiration et circulation.....	102
• Osmoregulation.....	103
• Sens et système nerveux.....	103
• Écologie.....	103
1.2. les amphibiens.....	104
• Classification.....	104
• Locomotion.....	105
• Respiration.....	105
• Alimentation et digestion.....	105
• Excrétion et osmorégulation.....	106
• Reproduction.....	106
1.3. Les reptiles.....	107
• Respiration et circulation.....	109
• Defense.....	109
• Système nerveux.....	109
1.4. Les oiseaux.....	110
• Respiration.....	111
• Alimentation.....	111

Table des matières

• Excretion.....	111
• Système nerveux.....	111
1.5 Les mamiferes.....	112
• Locomotion.....	113
• Respiration.....	113
• Alimentation.....	115
• Excretion.....	116
• Système nerveux.....	116

Liste des figures

II. Sous -regnes des Protozoaires.....	11
Figure 1. L'amibe.....	13
Figure2. Structure d'un Euglène.....	14
Figure 3. Paramécie.....	15
Figure 4. Mouvement amiboïde.....	17
Figure 5. Phagoytose chez l'amibe.....	18
Figure 6. Structure de la vacuole contractile d'une paramécie.....	19
Figure7 :Scissiparité chez une bactérie.....	21
Figure 8. Dinoflagellé <i>Ceratium</i> . Ce sont des flagellés apparentés à ce genre qui sont responsables de plusieurs empoisonnements alimentaires chez les amateurs de mollusques.....	23
III. Sous règne des Métazoaires	
3.1. Les Spongiaires « Les Porifères ».	
Figure 1. Choanocyte d'une éponge. C'est le battement du flagelle des choanocytes qui fait circuler l'eau dans les éponges. Les particules entraînées par le mouvement de l'eau sont capturées dans la collerette.....	25
Figure 2. Éponge.....	27
Figure 3. Éponge de type ascon. L'eau entre par les pores inhalants formés par les porocytes, passe dans le spongiocoele et ressort par l'oscule.....	28

Liste des figures

Figure 4. Éponge de type sycon. L'eau entre par un pore inhalant, passe dans un canal radial où sont les choanocytes, puis dans le spongiocoele pour être expulsée par l'oscule.....	29
Figure 5. Éponge de type leucon. L'eau entre par un pore inhalant, passe par une chambre contenant des choanocytes pour ressortir par un oscule.....	30
Figure6 :les trois formes des eponges calaires.....	31
Figure 7. Alimentation des éponges. Les particules capturées dans la collerette sont ingérées par les choanocytes, empaquetées dans des vacuoles, puis transférées aux amibocytes où elles sont digérées pour ensuite être transportées aux autres cellules.....	33
Figure8 : Processus de nutrition par filtration de l'eau d'une éponge syconoïde ou leuconoïde (a : pore inhalant ; b : particule organique ; c : particule inorganique ; d et f : amibocyte (phagocyte) ; e : choanocyte ; g : vacuole digestive ; h : corbeille vibratile ; i : pore exhalant).....	34
Figure9 : la reproduction chez l'éponge.....	36
 3.2. Embranchement des Cnidaires	
Figure1 : méduse et polype.....	39
Figure2. Détail de l'ombrelle d'une méduse montrant les statocystes et les photorécepteurs.....	43
Figure 3: La reproduction chez les cnidaires	44

3.3. Embranchement des Plathelminthes

Liste des figures

Figure1.Système digestif d'un ver plat libre.48

Figure2.Détail de l'anatomie interne d'un ver plat.....49

Figure3.Système reproducteur d'un ver plat libre.....50

3.4. Embranchement des Nématodes.

Figure1.Détail de la paroi corporelle d'un Nématode.....51

Figure2.Coupe transversale d'un Nématode.....53

3.5 Embranchement des Mollusques.

Figure 1. Caractéristiques des Mollusques. Les caractéristiques ancestrales sont: coquille et manteau entourant la masse vicérale dorsale, pied ventral cilié, radula, et cténidie dans la cavité du manteau (cavité palléale).....56

Figure2.Vue latérale de l'anatomie interne d'un chiton.....58

Figure3.Anatomie d'un Gastéropode.....59

Figure4 :les Palourdes.....60

Figure 5. Schéma de l'anatomie interne de la palourde, un Bivalve. L'eau est aspirée par le siphon inhalant, filtrée par les cténidies, puis expulsée par le siphon exhalant.....61

Figure 6. Anatomie interne du calmar.....62

Figure 7. Détail de l'appareil digestif d'un Bivalve illustrant le style cristallin et le moulin gastrique.....65

3.6.Embranchement des Annélides.

Liste des figures

Figure1.Segmentation du corps du ver de terre, <i>Lumbricus terrestris</i> (Oligochaete).....	69
Figure2 :Morphologie d'un ver de terre.....	70
Figure 3 : Mouvement péristaltique chez un Oligochaete.....	71
Figure 4. Locomotion chez la sangsue (Hirudinae).....	72
Figure5. Coupe latérale du lombric illustrant les différentes parties du tube digestif.....	74
Figure 6 : Accouplement chez le ver de terre.	76
Figure 7 : deux cocons de ver (<i>Lumbricus terrestris</i>).....	77
 3.7. Les Arthropodes.	
Figure 1. La cuticule des Arthropodes. La mince épicuticule est imprégnée de cires qui l'imperméabilisent.....	80
Figure 2. Tagmes d'un Chelicerate.	81
Figure 3. Tagmes d'un Crustacé.	82
Figure 4. Tagmes d'un Insecte.	83
Figure5. Patte d'un Arthropode illustrant les plans de flexion de chaque articulation.....	84
Figure 6 : Le système trachéen d'un insecte.....	87
Figure7.Anatomie interne de l'écrevisse.....	88

Liste des figures

3.8. Embranchement des Échinodermes.

Figure 1. Anatomie externe de deux étoiles de mer : l'une vu de dessus, l'autre de dessous.
.....92

Figure 2 . Photo et schéma des composantes du système aquifère d'une étoile de mer.....93

3.9.Embranchement des Chordés.....98

- **Les poissons**

Figure1 :Morphologie d'un poisson osseux.....100

Figure2 : Caractéristiques des Chondrichthyens.....101

Figure3. Parties du corps utilisées par différents poissons osseux (Osteoichthyens) pour se propulser.....102

- **Les mammifères**

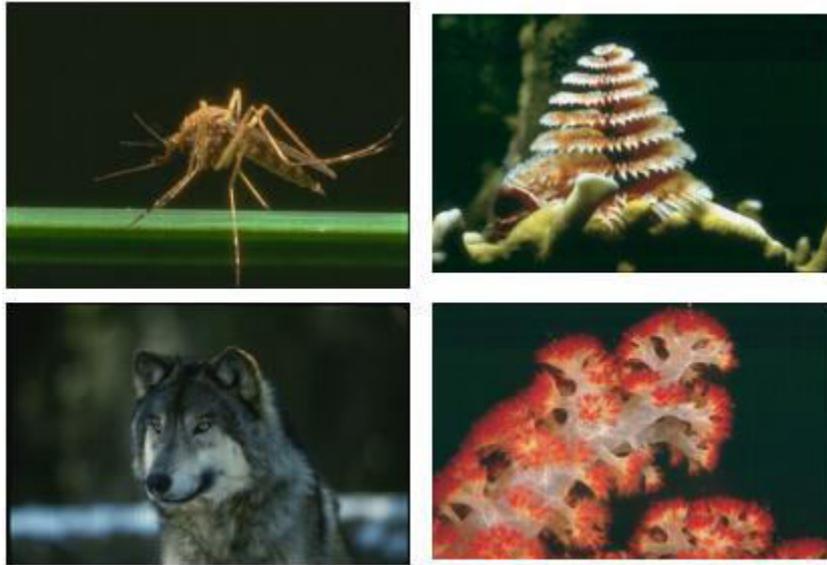
Figure1.Système respiratoire et alvéoles pulmonaires d'un humain.....114

Figure2. Articulation de la mâchoire d'un Mammifère carnivore et chez un herbivore.....11

Liste des tableaux

Tableau 1. Nombre d'espèces vivantes dans les principaux embranchements.....	2
---	----------

Chapitre I: Présentation du règne animal



La diversité des animaux est incroyable. En taille, les animaux peuvent varier de 0.1 mm à quelques dizaines de mètres. Certains ne vivent que quelques jours, d'autres plus d'un siècle. On retrouve des animaux dans tous les habitats, allant des fosses abyssales aux pics des plus hautes montagnes. Pourtant, malgré leurs nombreuses différences, tous ces organismes ont plusieurs choses en commun. Ils proviennent vraisemblablement d'un même ancêtre, ont fondamentalement les mêmes besoins, et font face aux mêmes contraintes imposées par le milieu dans lequel ils vivent.

I.1. La diversité animale

Les zoologistes regroupent les animaux multicellulaires en 32 embranchements. Chaque embranchement est caractérisé par une architecture particulière et une série de propriétés biologiques qui le distingue de tous les autres.

Le nombre d'espèces dans chacun de ces groupes donne une idée de leur importance actuelle. Les Arthropodes sont actuellement le groupe qui a le plus de succès, et ce succès s'explique par celui des Insectes. Certains autres embranchements dominent: les Mollusques (moules, escargots, pieuvre), les Nématodes et les Chordés .

I.2. Importance numérique du règne animal

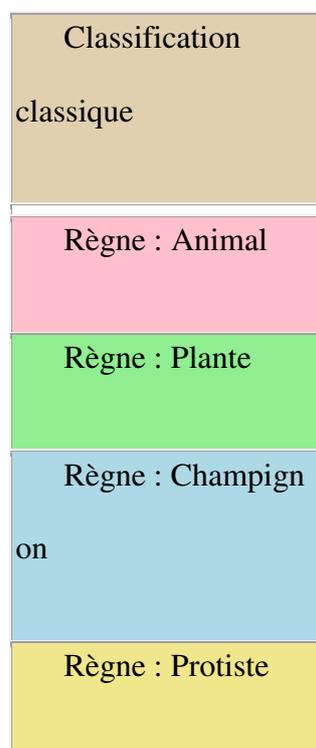
Tableau 1. Nombre d'espèces vivantes dans les principaux embranchements.

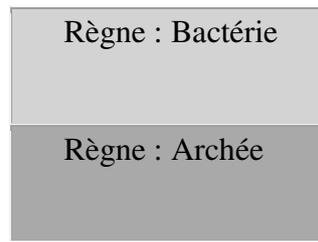
Embranchement	Nombre d'espèces
<u>Arthropoda</u>	1,200,000
<u>Mollusca</u>	110,000
<u>Nematoda</u>	90,000
<u>Chordata</u>	47,200
<u>Apicomplexa</u>	20,000
<u>Platyhelminthes</u>	15,000

<u>Annelida</u>	15,000
<u>Ciliophora</u>	7,500
<u>Echinodermata</u>	6,000
<u>Sarcomastigophora</u>	4,500
<u>Porifera</u>	4,300

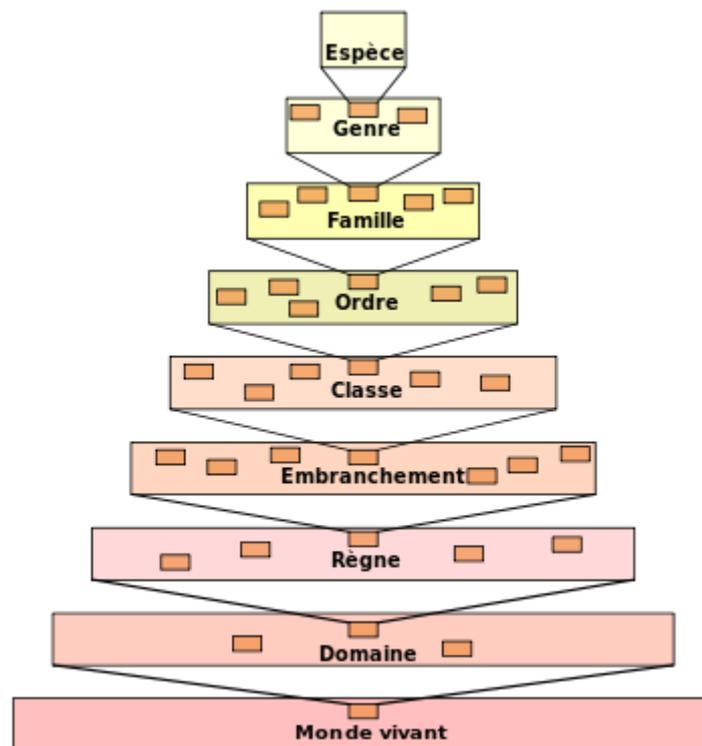
I.3. Les bases de classification

I.3.1. Classification traditionnelle ou classique





La classification traditionnelle est telle que **six règnes** divisent le monde vivant :



La classification traditionnelle repose sur une hiérarchie fixe de catégories (les rangs de taxon), définie de la façon suivante :

(vivant) → règne → embranchement → classe → ordre → famille → genre → espèce

À titre d'exemple, pour l'espèce humaine (*Homo sapiens*) :

(vivant) → règne animal → embranchement des vertébrés → classe des mammifères → ordre des primates → famille des hominidés → genre *Homo* → espèce *Homo sapiens*.

Un moyen mnémotechnique connu permettant de retenir cette classification est le suivant : « **Reste En Classe Ou Fais Grandes Études** ». La première lettre de chacun des mots permet de retrouver respectivement :

reste → règne ;

en → embranchement ;

classe → classe ;

ou → ordre ;

fais → famille ;

grandes → genre ;

études → espèce.

I.3.2. Classification phylogénétique

Depuis la seconde moitié du XX^e siècle, la classification traditionnelle s'est vue de plus en plus remplacée par la classification phylogénétique, qui est uniquement fondée sur le modèle évolutif et la notion d'ascendance commune (ou phylogénie). Cette nouvelle classification ne valide que des groupes monophylétiques (ceux qui incluent un ancêtre et tous ses descendants) et permet de mieux visualiser les embranchements du vivant constitués par différenciations successives au cours du temps.

attribuant aux anciens rangs taxinomiques (ou même en créant de nouveaux) les nouveaux taxons obtenus par la méthode de la classification phylogénétique.

I.4. Nomenclature zoologique

I.4.1. Suffixes indiquant le rang taxinomique

La nomenclature de la classification classique a établi une terminologie codifiée qui permet, au vu de la seule terminaison (ou suffixe) d'un taxon quelconque.

Domaine \ Empire	Procaryote	Eucaryote			
Rang \ Règne	<u>Bactéries</u> et <u>Arc</u> <u>hées</u> <i>Bacteria</i> et <i>Archaea</i>	<u>Pla</u> <u>ntes</u> <i>Plantae</i>	<u>Algu</u> <u>es</u> <i>Algae</i>	<u>Champig</u> <u>nons</u> <i>Fungi</i>	<u>Anim</u> <u>aux</u>⁴ <i>Animalia</i>
<u>Embranchement, Divi</u> <u>sion</u> ou <u>Phylum</u>	...	-phyta		-mycota	...
<u>Sous-</u> <u>embranchement, Sous-</u> <u>division</u> ou <u>Sous-phylum</u>	...	-phytina		-mycotina	...
<u>Classe</u>	...	-	-	-mycetes	...

		opsida	phyceae		
<u>Sous-classe</u>	...	- idae	- phycidae	-mycetidae	...
<u>Super-ordre</u>	...	-anae	
<u>Ordre</u>	-ales				...
<u>Sous-ordre</u>	-ineae				...
<u>Infra-ordre</u>	...	-aria	
<u>Super-famille</u>	...	-acea		...	-oidea
<u>Famille</u>	-aceae				-idae
<u>Sous-famille</u>	-oideae				-inae
<u>Tribu</u>	-eae	-eae, ae			-ini
<u>Sous-tribu</u>	-inae				-ina
<u>Genre</u>	-us, -a, -um, -is, -os, -ina, -ium, -ides, -ella, -ula, -aster, -cola, - ensis, -oides, -opsis...				

1.4.2. Taxonomie (ou taxinomie)

On nomme les espèces en utilisant la nomenclature binomiale (genre et espèce). Chaque espèce a un nom latin, formé de deux mots. Le premier mot est le genre (généralement un nom), et le second l'espèce (généralement un adjectif qualificatif). Par exemple, le nom scientifique du ver de terre est *Lumbricus terrestris* (le lombric terrestre).

I.5. Les cinq Règnes

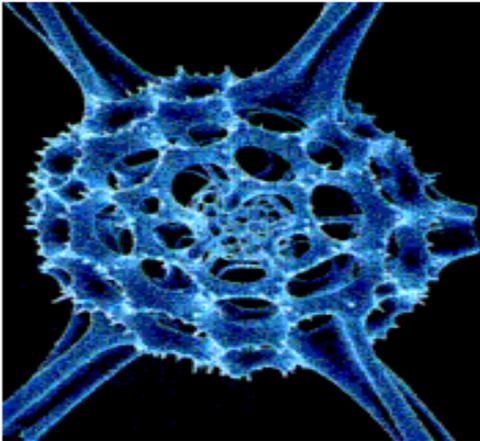
Les organismes vivants sont désormais généralement regroupés en cinq grands groupes (règnes): Monera (bactéries), Protocista (Protozoaires), Plantae (plantes), Fungi (champignons) et Animalia (animaux).

Tableau 2. Caractéristiques des 5 règnes.

Règne	Caractéristiques
Monera	Procaryotes (pas de noyau ni organelles)
Protoctista	Eucaryotes (noyau et organelles présents)
Plantae	Eucaryotes Multicellulaires Autotrophes Paroi cellulaire de cellulose
Fungi	Eucaryotes Hétérotrophes saprophytes Paroi cellulaire de chitine
Animalia	Eucaryotes Multicellulaires Hétérotrophes

	Pas de paroi cellulaire
--	-------------------------

II. Sous -règne des Protozoaires



BIOIDAC • J. Houssman

Les Protozoaires sont des organismes unicellulaires et ne sont pas à proprement parler des animaux. Ces organismes font partie d'un règne bien à eux.

II. 1. Classification

Les Protozoaires sont divisés en trois embranchements principaux.

II.1.1. Embranchement Sarcomastigophora

Les Sarcomastigophores (sarkodes=charnu, mastigos=fouet, phoros=qui porte) comprennent les amibes et les Flagellés qui se déplacent à l'aide de mouvements amiboïdes ou

à l'aide d'un flagelle. Certaines amibes du sol sont couvertes d'une coquille, le test qui permet de résister à la dessiccation (**Figure 1 et 2**).

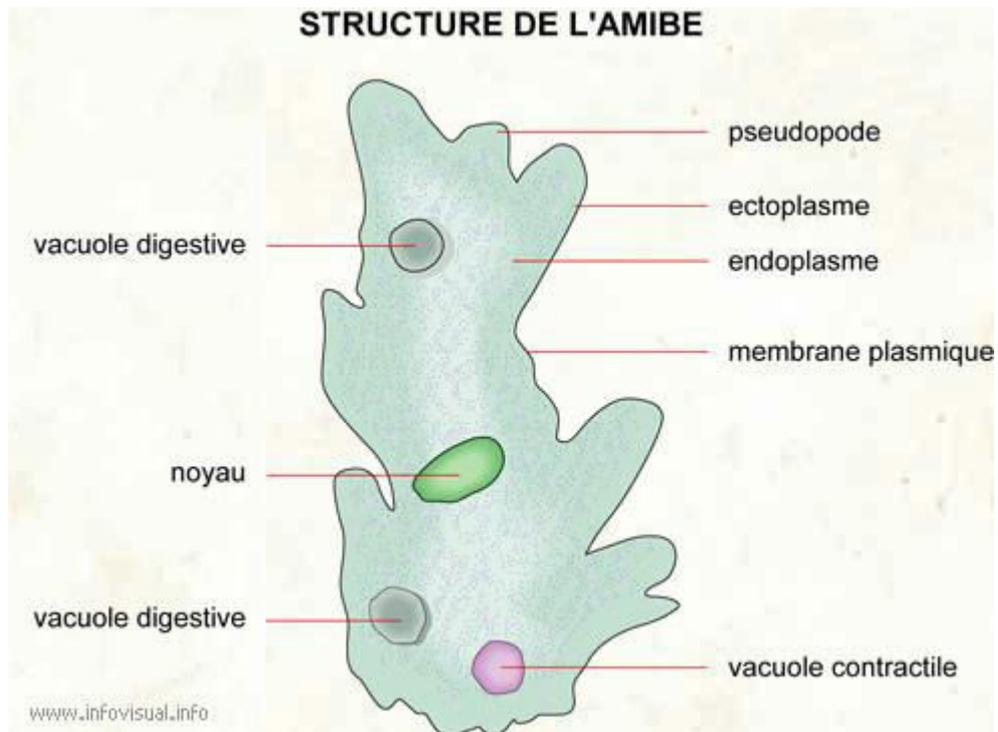


Figure 1. L'amibe [1].

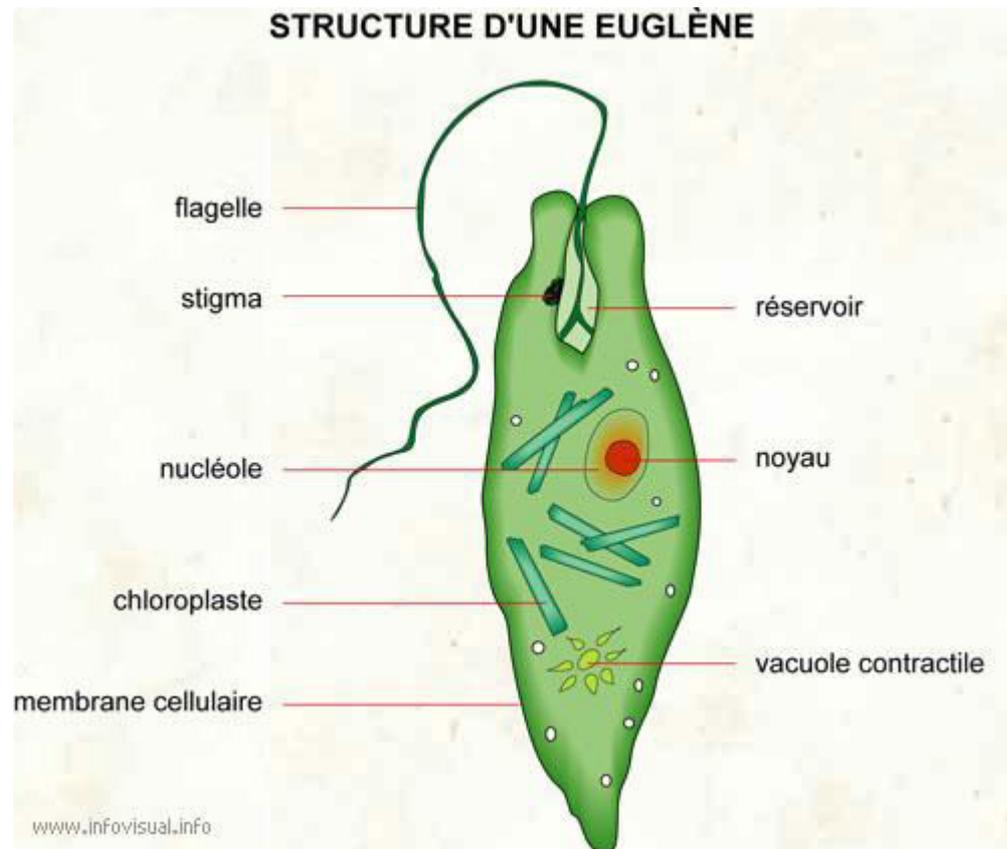


Figure.2 Structure d'un Euglène [2].

II.1.3. Embranchement Apicomplexa

Les Apicomplexes (embranchement Apicomplexa) sont des parasites possédant une combinaison caractéristique d'organelles appelée complexe apical.

II.1.4. Embranchement Cnidosporidies

Les cnidosporidies sont des parasites de l'intestin des reptiles, des amphibiens, ou des poissons. Leur nature plurinucléée mais syncytiale en fait des métazoaires et la formation de spores des champignons. Ils présentent des affinités morphologiques avec les cellules urticantes (cnidoblastes) du tissu épidermique des Cnidaires.

- **Locomotion et support**

Leur mouvement est principalement limité par la cohésion des molécules d'eau. Le gros du travail à effectuer sert à vaincre cette cohésion. En pratique, cela implique qu'ils ne peuvent se déplacer que si ils battent continuellement de leurs cils ou de leur flagelle et que leur déplacement n'entraîne que très peu les molécules d'eau dans leur sillage.

La locomotion des Protozoaires nécessite donc beaucoup de travail, mais ce travail serait inutile si le protozoaire ne pouvait maintenir sa forme. En effet, le battement des cils ou flagelles ne ferait que déformer l'animal sans le déplacer (imaginez vous en train de pousser un ballon mou au travers de la mélasse...). La membrane externe des Protozoaires doit donc être renforcée pour permettre le mouvement: ce sont les éléments cytosquelettiques qui donnent la forme et la rigidité des Protozoaires. Les microtubules de protéine (tubuline) sont les éléments de base de ce cytosquelette.

On retrouve trois types d'organelles locomotrices chez les Protozoaires.

Les pseudopodes sont le principal moyen de locomotion des amibes. Le mouvement caractéristique produit par les pseudopodes est appelé mouvement amiboïde **Figure 4**.

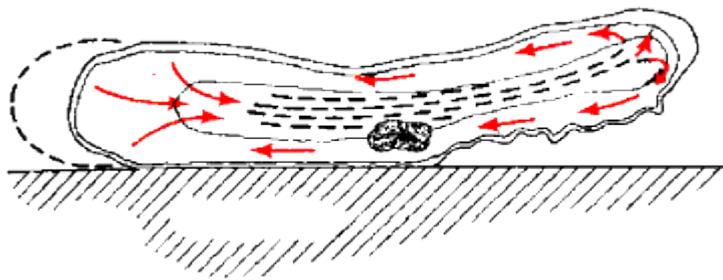


Figure 4. Mouvement amiboïde [4].

- **Respiration et circulation**

Les Protozoaires dépendent exclusivement de la diffusion pour la respiration et la circulation de l'oxygène et des éléments nutritifs. La pellicule doit donc être perméable, ce qui empêche les Protozoaires de coloniser les milieux terrestres à moins que l'air soit continuellement saturé d'humidité.

- **Alimentation et digestion**

Les Amibes se nourrissent de deux façons. La première, la phagocytose, permet à l'amibe d'ingérer des particules. Les pseudopodes entourent la particule qui est incorporée au cytoplasme entourée d'une membrane formant une vacuole. Cette vacuole se fusionne ensuite à un ou plusieurs lysosomes qui contiennent les enzymes digestives permettant de dégrader les hydrates de carbones et les protéines **Figure5**. La deuxième, la pinocytose, permet aux amibes d'ingérer des liquides ou des éléments nutritifs dissous.

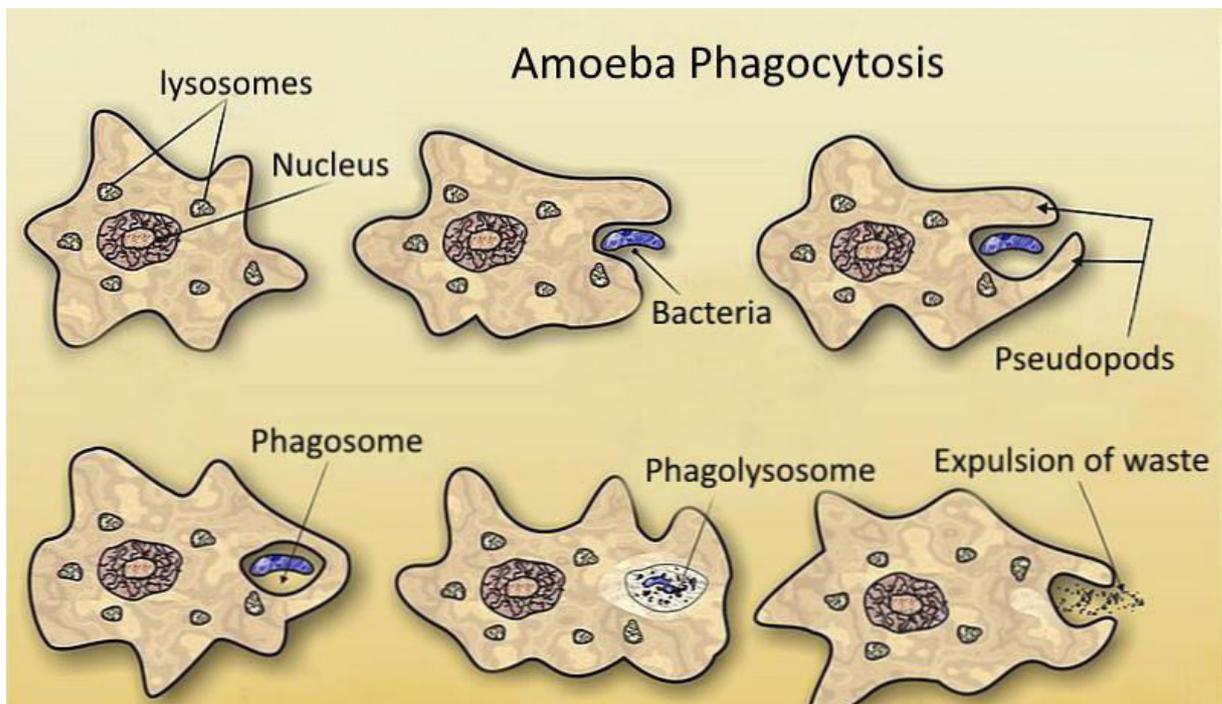


Figure 5. phagoytose chez l'amibe [5].

Chez la Paramécie, un cilié, l'ingestion a lieu dans une zone spécialisée de la pellicule appelée le cytostome. Le matériel ingéré est inséré dans une vacuole, puis combiné à des lysosomes. L'élimination des éléments indigestibles se fait également dans une zone spécialisée: le cytostome.

- **Excrétion et osmorégulation**

Les Protozoaires éliminent leurs déchets azotés sous forme d'ammoniac par diffusion. La diffusion de l'ammoniac est également facilitée par les mouvements internes du cytoplasme.(**Figure 6**).

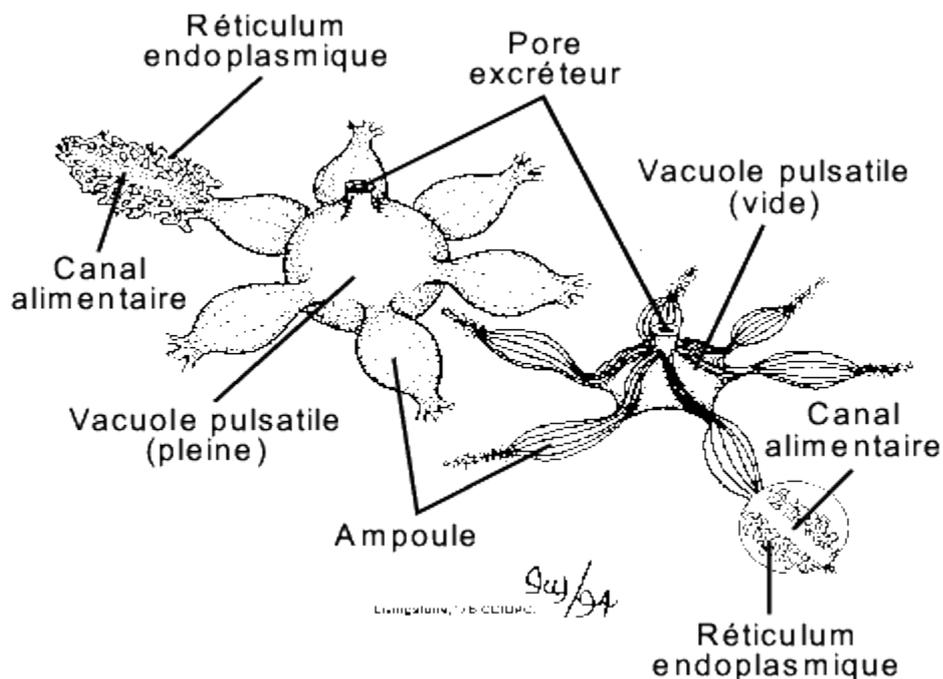


Figure 6. Structure de la vacuole contractile d'une paramécie [6].

- **Reproduction**

Le mode principal de reproduction chez les Protozoaires est la reproduction asexuée, mais la reproduction sexuée est également commune. La reproduction asexuée est avantageuse car elle est énergétiquement plus économique. Cependant, elle maintient une faible variabilité génétique à l'intérieur des lignées, ce qui réduit la rapidité avec laquelle les lignées peuvent évoluer.

La reproduction asexuée peut être :

1) une fission binaire, au cours de laquelle l'individu se sépare littéralement en deux pour produire deux individus identiques et de même taille (**Figure 7**).

2) un bourgeonnement au cours duquel une extension de l'organisme se sépare et produit un nouvel individu.

3) une fission multiple où le parent multinucléé se divise en plusieurs cellules de taille semblable.

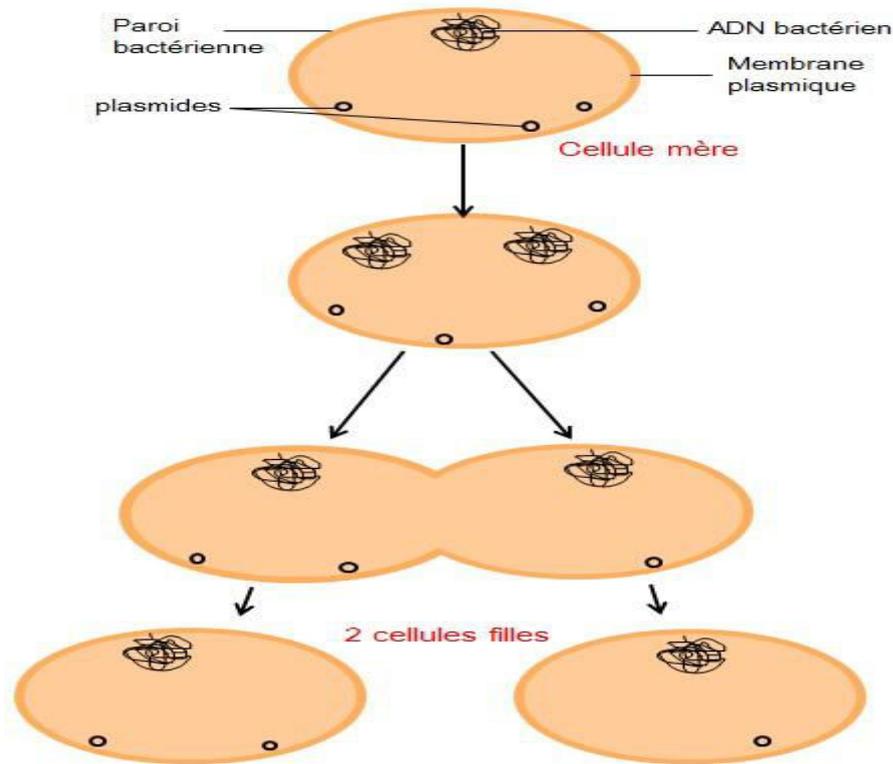


Figure7 : Scissiparité chez une bactérie [7].

La reproduction sexuée implique généralement la formation de gamètes mâles et femelles (gamétogénèse), mais, chez les Ciliés, il existe un mécanisme spécial d'échange de matériel génétique qui ne fait pas intervenir des gamètes: c'est la conjugaison. Les Ciliés ont des noyaux dimorphes: un macronoyau polyploïde qui contrôle le fonctionnement cellulaire et un ou plusieurs micronoyaux qui sont impliqués dans la reproduction sexuée. Une méiose produit d'abord des micronoyaux haploïdes, et ce sont ces micronoyaux haploïdes qui sont transférés entre partenaires sexuels.

- **Defense**

Les amibes qui vivent dans le sol produisent des kystes lorsque les conditions deviennent difficiles. Ces kystes sont résistants à la dessiccation et au gel. De nombreux Ciliés possèdent des trichocystes qui ressemblent à de petits harpons et sont souvent enduits de substances paralysantes. Ces trichocystes sont utilisés pour immobiliser les proies et sont déchargés lorsque un prédateur touche au cilié. Le Flagellé responsable de la maladie du sommeil (*Trypanosoma*) se protège des attaques du système immunitaire en modifiant continuellement son glycocalyx de manière à rendre les anticorps inopérants.

- **Écologie**

Les Protozoaires jouent un rôle écologique important dans les milieux aquatiques et les sols. Ceux qui font de la photosynthèse fournissent évidemment le carburant aux niveaux trophiques plus élevés, cependant leur rôle principal est celui de décomposeurs: ils contribuent largement à retourner les éléments nutritifs vers les producteurs primaires. Les Protozoaires parasites causent également de nombreux problèmes aux organismes qu'ils infectent. La malaria est l'une des maladies les plus répandues dans le monde et affecte toujours des millions d'êtres humains. La maladie du sommeil, causée par des trypanosomes transmis par la mouche tsé-tsé, affecte principalement le bétail et réduit le succès de son élevage dans certaines régions.

Certains Flagellés **Figure 8** aquatiques produisent des toxines qui peuvent causer la mort des poissons. Les mollusques filtreurs comme les moules et les huîtres peuvent ingérer de grandes quantités de ces flagellés sans en être affectés. Toutefois, les toxines accumulées peuvent causer des intoxications sévères chez les amateurs de fruits de mer.

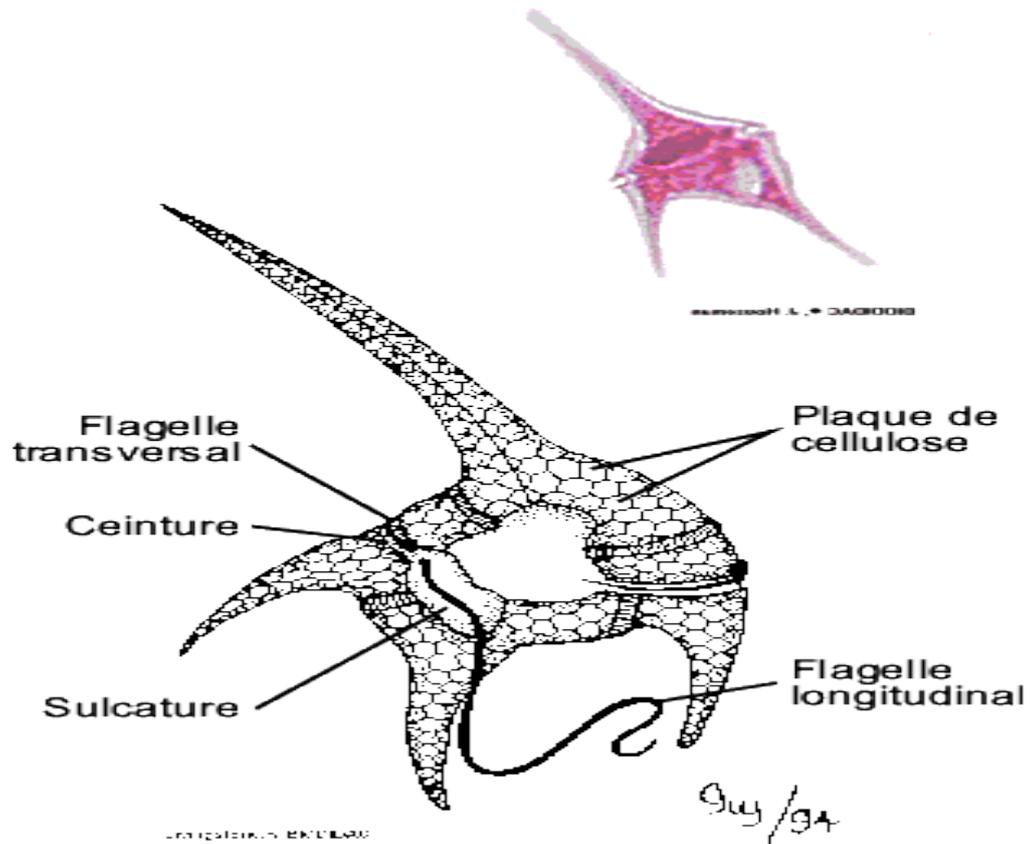


Figure 8. Dinoflagellé *Ceratium*. Ce sont des flagellés apparentés à ce genre qui sont responsables de plusieurs empoisonnements alimentaires chez les amateurs de mollusques [8].

III. Sous règne des Métazoaires

3.1. Les Spongiaires « Les Porifères ».



Les éponges, de l'embranchement des Porifères, sont des organismes pluricellulaires peu complexes chez lesquels il n'y a pas de véritables tissus ni d'organes. sont des organismes aquatiques filtreurs, sessiles, sans plan de symétrie bien défini (asymétriques), et caractérisés par la présence des choanocytes. Les éponges sont spécialisées pour pomper l'eau et capturer les particules en suspensions qui s'y trouvent. Cette filtration est faite par les choanocytes (**Figure 1**) qui peuvent se retrouver, dépendamment de l'architecture des éponges, dans le spongiocoele, les canaux radiaux, ou les chambres choanocytaires. L'architecture plus complexe des éponges de type sycon ou leucon permet une filtration plus efficace. La plupart des éponges ont une architecture de type sycon.

Les éponges sont supportées par un endosquelette formé de spicules composées de calcium, de silice, ou de spongine (protéine). Quoiqu'elles forment un groupe très ancien, les éponges forment un chaînon important des écosystèmes marins

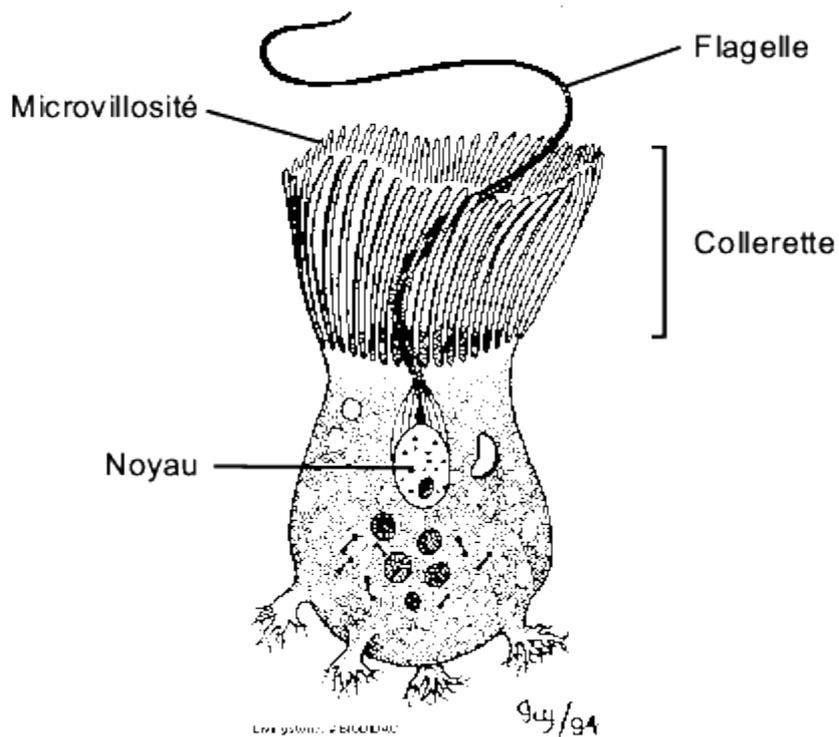


Figure 1. Choanocyte d'une éponge. C'est le battement du flagelle des choanocytes qui fait circuler l'eau dans les éponges. Les particules entraînées par le mouvement de l'eau sont capturées dans la collerette [1].

- **Architecture et classification**

Dans leur architecture la plus simple, les éponges ne sont constituées que de deux feuillets cellulaires qui épousent la forme d'un sac double. Le feuillet externe, le pinacoderme, est percé d'ouvertures qui permettent à l'eau de pénétrer vers l'intérieur de l'animal, le spongiocoel. Le feuillet interne est tapissé de cellules à collerette munies d'un flagelle, les choanocytes. C'est le battement de ces flagelles qui provoque l'entrée de l'eau et des particules alimentaires par les pores du pinacoderme et sa sortie par l'ouverture du sac, l'osculum. Entre les deux feuillets se trouve une matrice gélatineuse appelée mésoglée qui contient des cellules amiboïdes, les amibocytes. La mésoglée contient également des spicules de calcaire ou de silice ou des fibres de spongine sécrétées par les amibocytes. La mésoglée, renforcée par les spicules, forme donc un squelette interne (un endosquelette) qui permet aux éponges d'épouser des formes précises et d'atteindre une taille respectable (**Figure 2**).

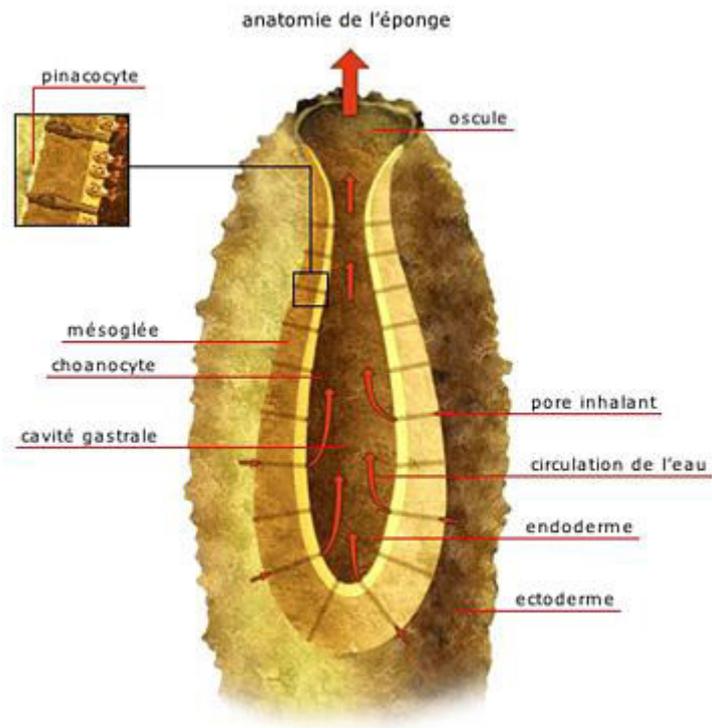


Figure 2. Eponge [2].

Cette architecture simple en forme de sac est de type asconoïde (ou ascon) (**Figure 3**). C'est une architecture peu efficace car la surface de contact entre les choanocytes et l'eau qui pénètre dans l'éponge est assez réduite. De plus, comme l'eau et les particules entrent directement dans le spongiocoele, il y a un mélange entre cette eau et celle qui a déjà été filtrée et qui est chargée des déchets métaboliques.

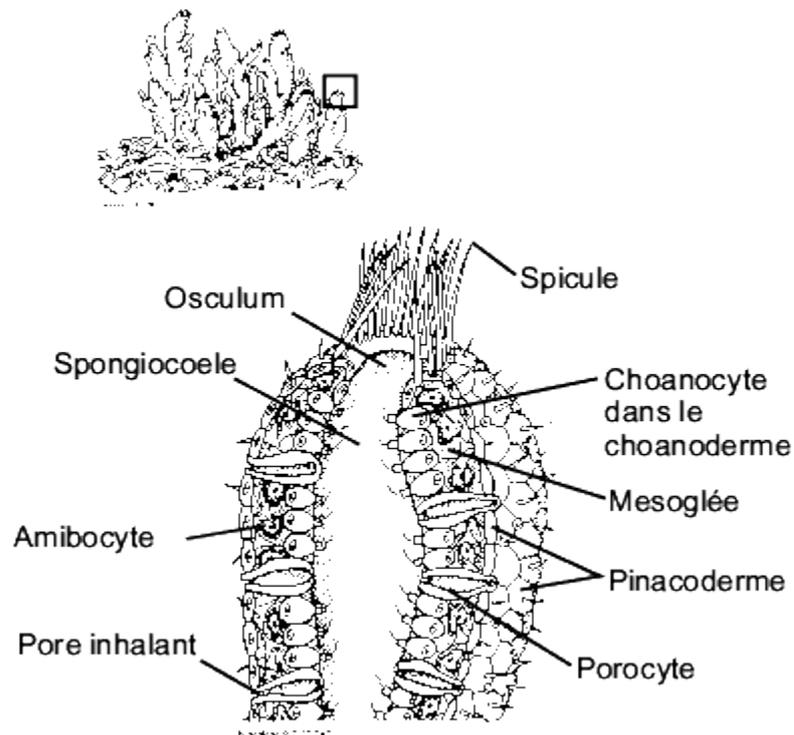


Figure 3. Éponge de type ascon. L'eau entre par les pores inhalants formés par les porocytes, passe dans le spongicoele, et ressort par l'oscule [3].

Au cours de l'évolution des différents groupes d'éponges, cette architecture simple a été remplacée par deux types d'architecture plus complexes et qui permettent une filtration plus efficace. Chez les éponges de type syconoïde (ou sycon), il y a toujours une grande cavité centrale, mais les choanocytes sont situés dans les canaux qui mènent au spongicoele, permettant ainsi la filtration avant que l'eau nouvellement aspirée vers l'intérieur de l'éponge se mélange à celle qui est déjà filtrée (**Figure 4**).

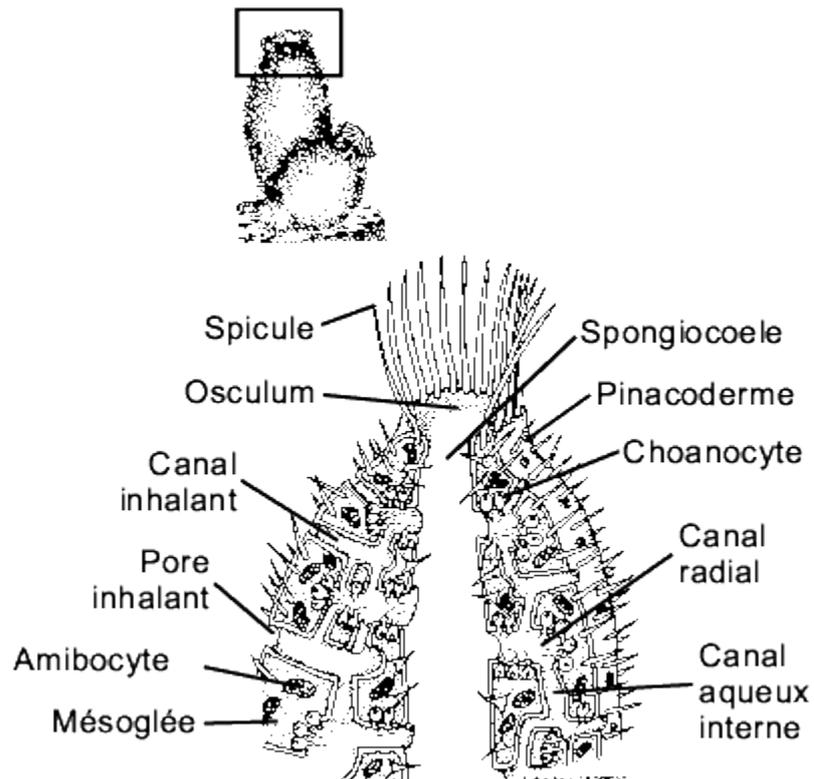
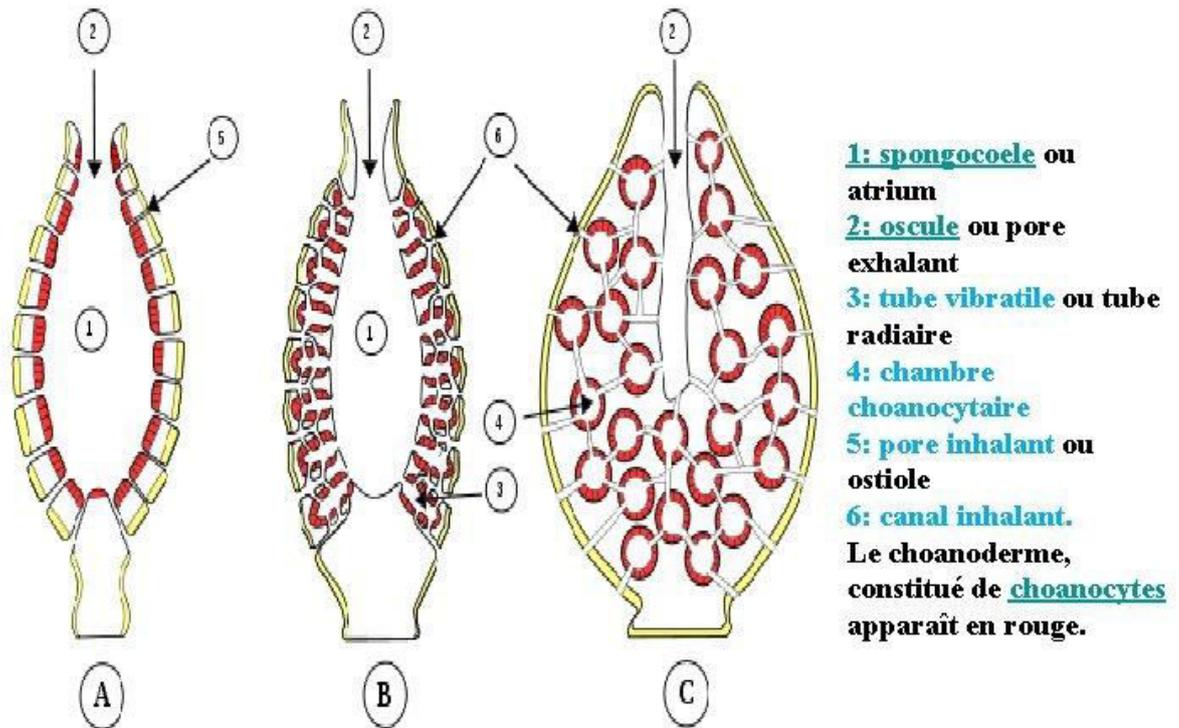


Figure 4. Éponge de type sycon. L'eau entre par un pore inhalant, passe dans un canal radial où sont les choanocytes, puis dans le spongiocoele pour être expulsée par l'oscule [4].

Finalement, chez les éponges leuconoïdes (ou de type leucon) (**Figure 5**) le spongiocoele disparaît presque entièrement pour être remplacé par un réseau de canaux (**Figure 6**).



Figure 5. Éponge de type leucon. L'eau entre par un pore inhalant, passe par une chambre contenant des choanocytes pour ressortir par un oscule [5].



Les trois formes des éponges calcaires;
 Ascon(A), Sycon(B), Leucon (C).

Figure 6 : les trois formes des éponges calcaires [6].

1: spongocoele ou atrium 2: oscule ou pore exhalant 3: tube vibratile ou tube radiaire 4: chambre choanocytaire 5: pore inhalant ou ostiole 6: canal inhalant. Le choanoderme, constitué de choanocytes apparaît en rouge. Les trois formes des éponges calcaires; Ascon(A), Sycon(B), Leucon (C).

- **Respiration et circulation**

Les éponges dépendent de la diffusion pour obtenir l'oxygène dont elles ont besoin. La diffusion d'oxygène est facilitée par le mouvement de l'eau créé par l'action des choanocytes. L'animal étant formé en fait de deux feuillets minces qui sont en contact avec l'eau, la diffusion suffit à la respiration. Les amibocytes situés dans la mésoglée obtiennent aussi leur oxygène par diffusion.

- **Alimentation et digestion**

Les particules en suspension qui pénètrent dans l'éponge sont filtrées par les choanocytes. Le battement des flagelles crée un courant qui amène les particules au contact de la collerette des choanocytes où elles se collent à du mucus. Ce mucus chargé de particules est ingéré par phagocytose par le choanocyte. La digestion est intracellulaire, mais elle n'a pas lieu dans le choanocyte. La vacuole digestive contenant le mucus et les particules est plutôt transférée à un amibocyte. C'est à l'intérieur de l'amibocyte que cette vésicule se fusionne à un lysosome et que la digestion a lieu. Les éléments nutritifs sont redistribués par les amibocytes qui se déplacent soit vers la paroi extérieure pour nourrir les cellules du pinacoderme, soit vers la paroi interne pour nourrir les choanocytes (**Figure 7 et 8**).

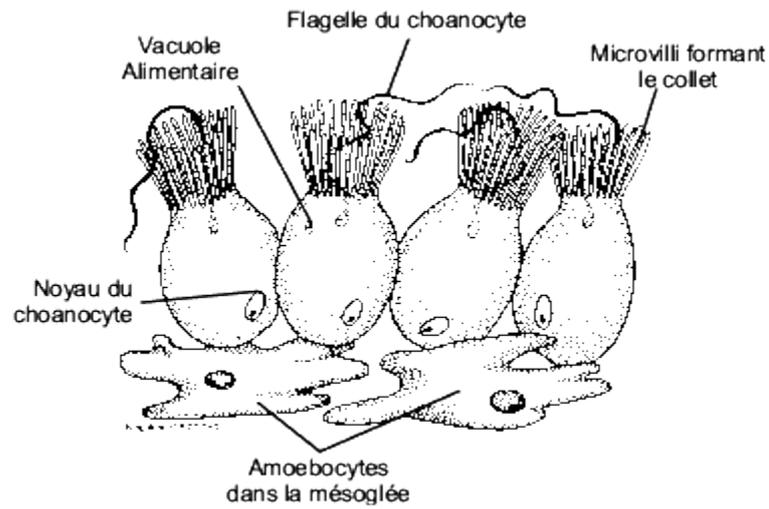


Figure 7. Alimentation des éponges. Les particules capturées dans la collerette sont ingérées par les choanocytes, empaquetées dans des vacuoles, puis transférées aux amibocytes où elles sont digérées pour ensuite être transportées aux autres cellules [7].

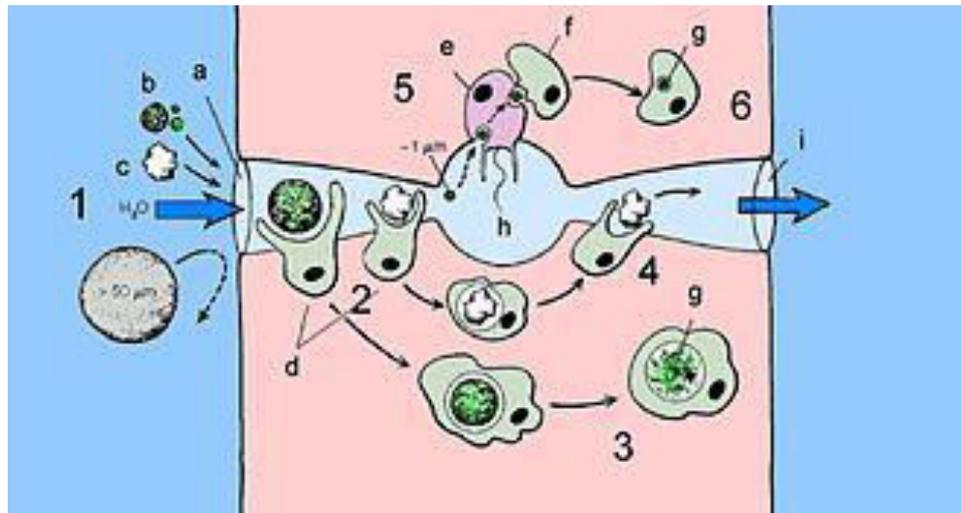


Figure 8 : Processus de nutrition par filtration de l'eau d'une éponge syconoïde ou leuconoïde (a : pore inhalant ; b : particule organique ; c : particule inorganique ; d et f : amibocyte (phagocyte) ; e : choanocyte ; g : vacuole digestive ; h : corbeille vibratile ; i : pore exhalant) [8].

- **Excrétion**

l'élimination des déchets métaboliques se fait par diffusion . Les déchets azotés sont éliminés sous forme d'ammoniac.

- **Reproduction**

Les éponges peuvent se reproduire asexuellement et sexuellement (**Figure 9**) ; de plus, elles possèdent un grand pouvoir de régénération. les cellules d'une éponge écrabouillée vont se regrouper pour former une nouvelle éponge. Par contre, Les éponges peuvent aussi se reproduire par bourgeonnement.

Les éponges sont hermaphrodites et donc monoïques. Un individu produit à la fois les gamètes mâles et les gamètes femelles. Le sperme des éponges, produit par les amibocytes, est relâché dans le spongiocoele, expulsé par l'osculum, et entre dans la colonne d'eau. Éventuellement, un spermatozoïde est capté par un choanocyte d'une autre éponge, et pénétrera dans la mésoglée pour rejoindre l'oocyte où aura lieu la fécondation de l'ovule. Le zygote se développe en larve ciliée qui sera elle aussi expulsée par l'osculum. Cette larve est dotée de tropismes lorsque elle est jeune, elle est attirée par la lumière (phototropisme positif) et a un géotropisme négatif. Arrivée à maturité, les tropismes sont renversés et la larve est repoussée par la lumière et attirée par le fond, où elle se fixera éventuellement.

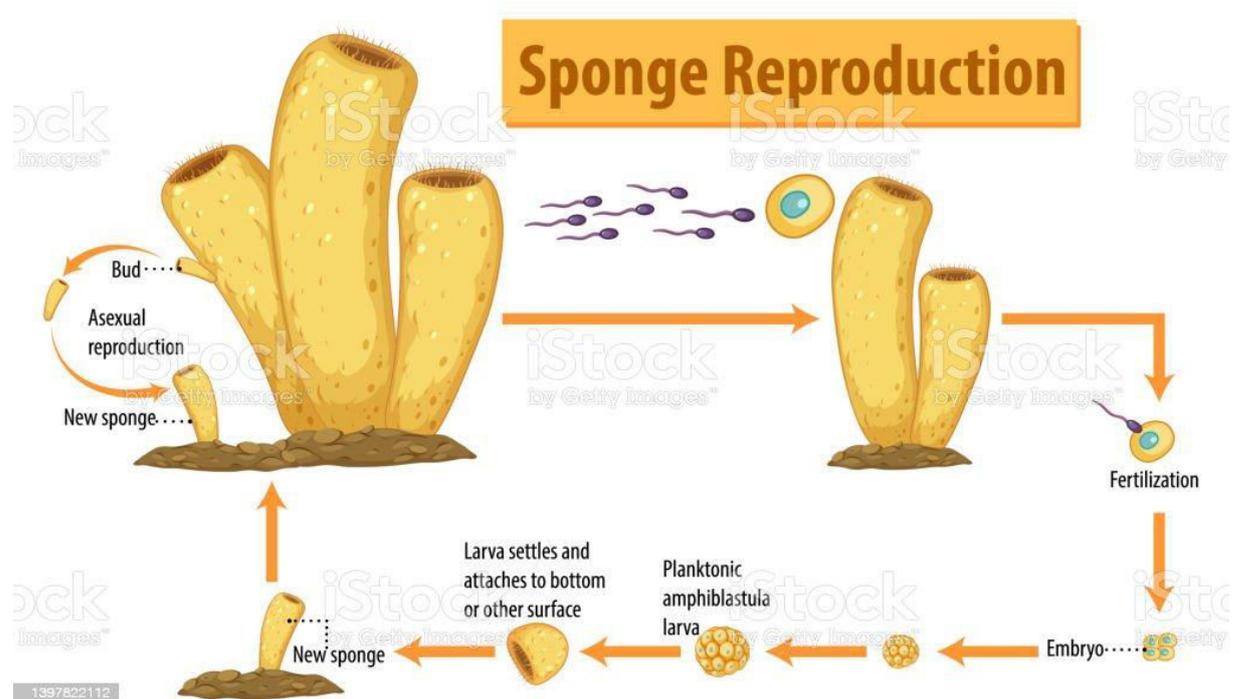


Figure 9 : la reproduction chez l'éponge [9].

- **Defenses**

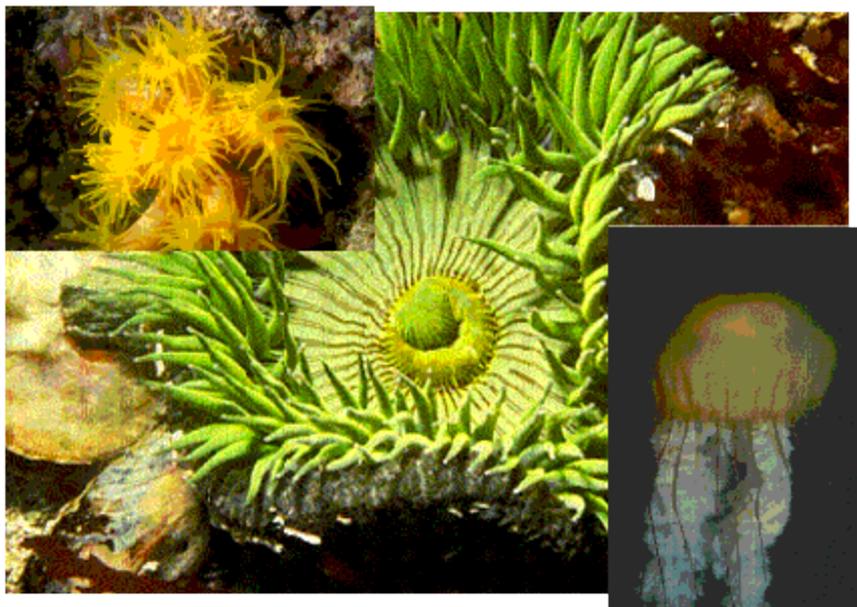
Les spicules des éponges les protègent en partie des gros prédateurs qui n'apprécient généralement pas leur pointes parfois acérées. Plusieurs éponges produisent en plus des composés organiques (terpènes, benzoquinones, bromines) qui leur donnent mauvais goût et qui, dans certains cas, vont inhiber la croissance d'autres organismes comme les coraux. Ces

inhibiteurs de croissance peuvent permettre aux éponges de monopoliser l'espace qui est souvent un facteur limitant dans les zones littorales des océans.

- **Écologie**

Les éponges habitent généralement les zones littorales et sublittorales où la nourriture (phytoplancton, bactéries) est abondante. Elles filtrent d'énormes quantités d'eau et contribuent à réduire la turbidité de l'eau. Leur abondance est souvent limitée par la disponibilité de silice ou de calcium. Certaines éponges peuvent décomposer les roches ou coquilles calcaires et jouent un rôle important dans le cycle biogéochimique du calcium dans les océans. Cette capacité de dégrader les coquilles calcaires les pousse parfois à décimer les populations d'huîtres et de palourdes. Les éponges servent d'abris pour de multiples animaux et sont mangées par certains poissons.

3.2. Embranchement des Cnidaires



- **Architecture et classification**

Les Cnidaires (du grec knide= ortie et du latin aria= qui ressemble, comme) tiennent leur nom de cellules caractéristiques retrouvées à la surface de leur corps: les cnidocytes (ou cnidoblastes). Ce sont des animaux à symétrie radiale ou biradiale dont la paroi corporelle est formée de deux feuillets (ectoderme et endoderme) séparés par la mésoglée (ou mésenchyme, ou mesohyl). L'architecture générale des Cnidaires n'est pas sans rappeler celle des éponges de type asconoïde. Les deux feuillets cellulaires prennent la forme d'un sac double, les deux épaisseurs du sac étant reliées par la mésoglée. Contrairement aux éponges cependant, les Cnidaires ont de véritables tissus.

La bouche des Cnidaires est généralement entourée de tentacules. Cette bouche mène à la cavité gastro-vasculaire. La plupart des Cnidaires ont deux stades: un stade méduse généralement planctonique, et un stade polype généralement benthique et sessile (**Figure1**).

Les méduses sont nageuses et ont la forme d'une ombrelle. La bouche est orientée vers le bas et est suspendue par le manubrium. La cavité gastro-vasculaire est ramifiée dans l'ombrelle qui est bordée de tentacules. Les cnidoblastes sont concentrés sur les tentacules. C'est au stade méduse qu'a généralement lieu la reproduction sexuée. Les polypes ont généralement un corps cylindrique et s'attachent au substrat par leur disque pédieux. La bouche est généralement orientée vers le haut, et est entourée de plusieurs tentacules.

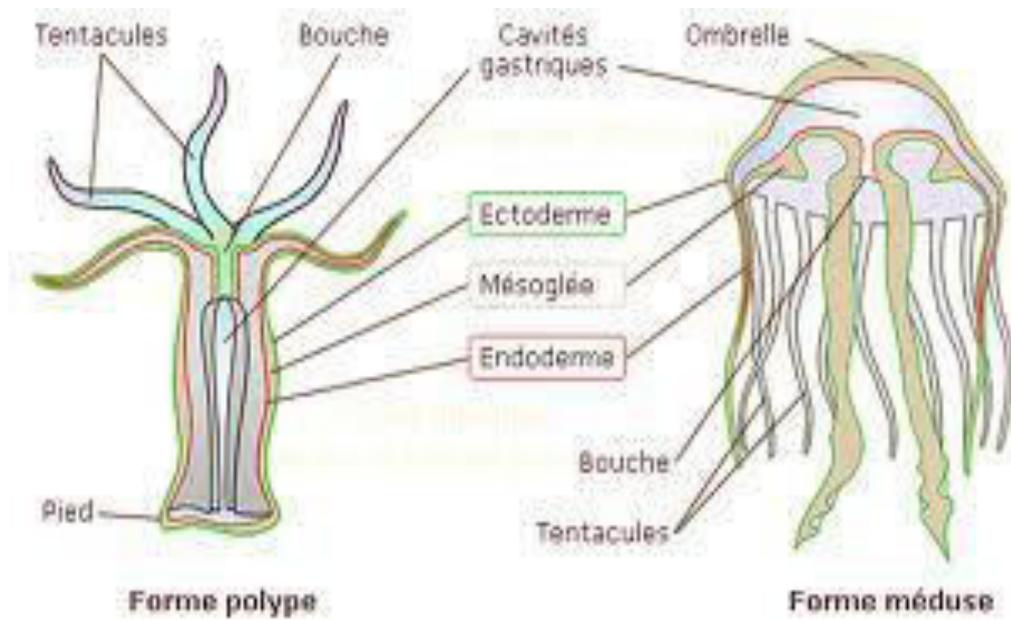


Figure1 : méduse et polype [1].

Les trois classes principales de Cnidaires se distinguent, entre autres, de par l'importance relative des deux formes de vie dans le cycle biologique.

Chez les Hydrozoaires (du grec hydra= serpent de mer), les deux formes corporelles sont généralement présentes et sont à peu près d'égale importance (sauf chez l'hydre d'eau douce) ; Chez les Scyphozoaires (du grec skyphos= tasse) le stade méduse domine et il y a de très petits polypes qui passent souvent inaperçus, alors que chez les Anthozoaires ; (du grec anthos= fleur), c'est le stade polype qui domine et il n'y a généralement pas de stade méduse. Les coraux et les anémones de mer sont des Anthozoaires. La quatrième classe de Cnidaires (celle des Cubozoaires), est considérée par certains zoologistes comme un ordre de Scyphozoaires. Elle est caractérisée par des méduses ayant une ombrelle cubique et des tentacules groupés aux quatre coins inférieurs de l'ombrelle.

- **Locomotion et support**

Les méduses sont loin d'être d'excellentes nageuses. Les courants marins sont en fait leur principal mode de locomotion. Elles doivent toutefois se maintenir dans la colonne d'eau. Elles y parviennent de façon passive et active. Passivement, les méduses ont une densité très proche de celle de l'eau de mer; elles "coulent" donc lentement. De plus, leur corps en forme d'ombrelle ralentit leur chute vers le fond. Plus activement, elles peuvent nager en contractant leur épiderme, ce qui referme l'ombrelle en repoussant l'eau vers le bas et propulse la méduse vers le haut.

- **Respiration et circulation**

Les Cnidaires dépendent principalement de la diffusion pour obtenir l'oxygène dont ils ont besoin. Leur corps étant très souvent formé de deux couches de cellules, l'une à l'extérieur, l'autre tapissant la cavité gastro-vasculaire, ils n'ont pas vraiment besoin de système circulatoire. Les cellules amiboïdes de la mésoglée s'occupent du transport des éléments nutritifs des cellules du gastroderme vers celles de l'épiderme.

- **Alimentation et digestion**

Les Cnidaires sont, la plupart, des carnassiers qui se nourrissent de plancton, de protozoaires, et de petits poissons. Ils capturent et immobilisent leurs proies à l'aide des cnidoblastes de leurs tentacules. Souvent ces cnidoblastes contiennent des toxines qui paralysent la proie. La proie est transportée vers la bouche à l'aide des tentacules.

La digestion est à la fois extracellulaire et intracellulaire chez les Cnidaires. Les cellules du gastroderme sécrètent du mucus et des enzymes digestives qui sont relâchées dans la cavité gastro-vasculaire. Les cellules du gastroderme sont flagellées, et le battement des flagelles permet de mélanger l'eau, la nourriture, et les enzymes contenues dans la cavité. Les particules alimentaires partiellement digérées sont ensuite absorbées par phagocytose, et la digestion est complétée à l'intérieur des vacuoles digestives.

La bouche est à la fois l'anus chez les Cnidaires. Il n'y a qu'une seule ouverture au tube digestif, et on dit de cet arrangement que c'est un tube digestif incomplet.

- **Excrétion et osmorégulation**

Les Cnidaires marins sont isotoniques à l'eau de mer, et n'ont donc pas de problèmes d'osmorégulation. Les déchets azotés sont éliminés sous forme d'ammoniac. L'hydre, qui est dulcicole, est hypertonique par rapport à son milieu. Les surplus d'eau sont éliminés activement par le gastroderme, et les protéines de la membrane des cellules du gastroderme transportent activement les ions pour compenser la diffusion.

- **Sens et système nerveux**

Il n'y a pas de tête ni de cerveau chez les Cnidaires. Le mode de vie sessile ou planctonique implique que l'animal peut venir en contact avec des proies ou de prédateurs dans toutes les directions. Une concentration des fibres nerveuses dans une région du corps n'est donc pas particulièrement avantageuse.

Les Cnidaires ont un système nerveux primitif (réseau nerveux) composé d'environ 100,000 neurones en réseau qui est en contact avec les cellules contractiles de l'épiderme et du gastroderme, et qui forment des extensions au travers de l'épiderme et du gastroderme. Ces cellules nerveuses transmettent les messages aux cellules contractiles. Il y a deux types de réponses musculaires, des réponses lentes et des réponses rapides qui sont obtenues par des nerfs de diamètres différents.

Les Cnidaires possèdent des cellules sensorielles qui réagissent aux stimuli chimiques et tactiles dans l'épiderme et le gastroderme. Les polypes n'ont généralement pas d'organes sensoriels, mais les méduses ont souvent des cellules photoréceptrices (**Figure 2**) et des

groupes de cellules permettant de détecter la gravité: les statocystes. Ces structures sont, dans leur forme la plus simple, un petit sac de cellules ciliées contenant du liquide et des statolithes de sulfate de calcium. Les cellules ciliées sont sensorielles et permettent à l'animal de distinguer la direction du fond et celle de la surface.

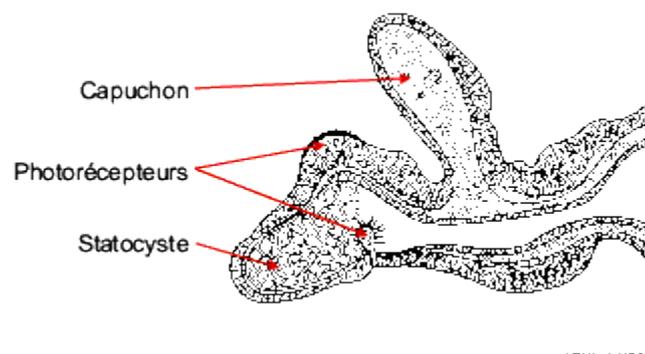


Figure 2. Détail de l'ombrelle d'une méduse montrant les statocystes et les photorécepteurs [2].

- **Reproduction**

Typiquement, il y a une phase sexuée et une phase asexuée chez les Cnidaires. La méiose a lieu lors de la production des gamètes, donc les méduses et les polypes sont diploïdes.

Les polypes se multiplient de façon asexuée par bourgeonnement, fission binaire et régénération. Chez certaines espèces, la spécialisation cellulaire est réversible. Les méduses se multiplient de façon sexuée en produisant des gamètes qui sont relâchés dans l'eau. La fertilisation est donc externe. Le zygote se développe en larve planule qui est ciliée et planctonique (**Figure 3**).

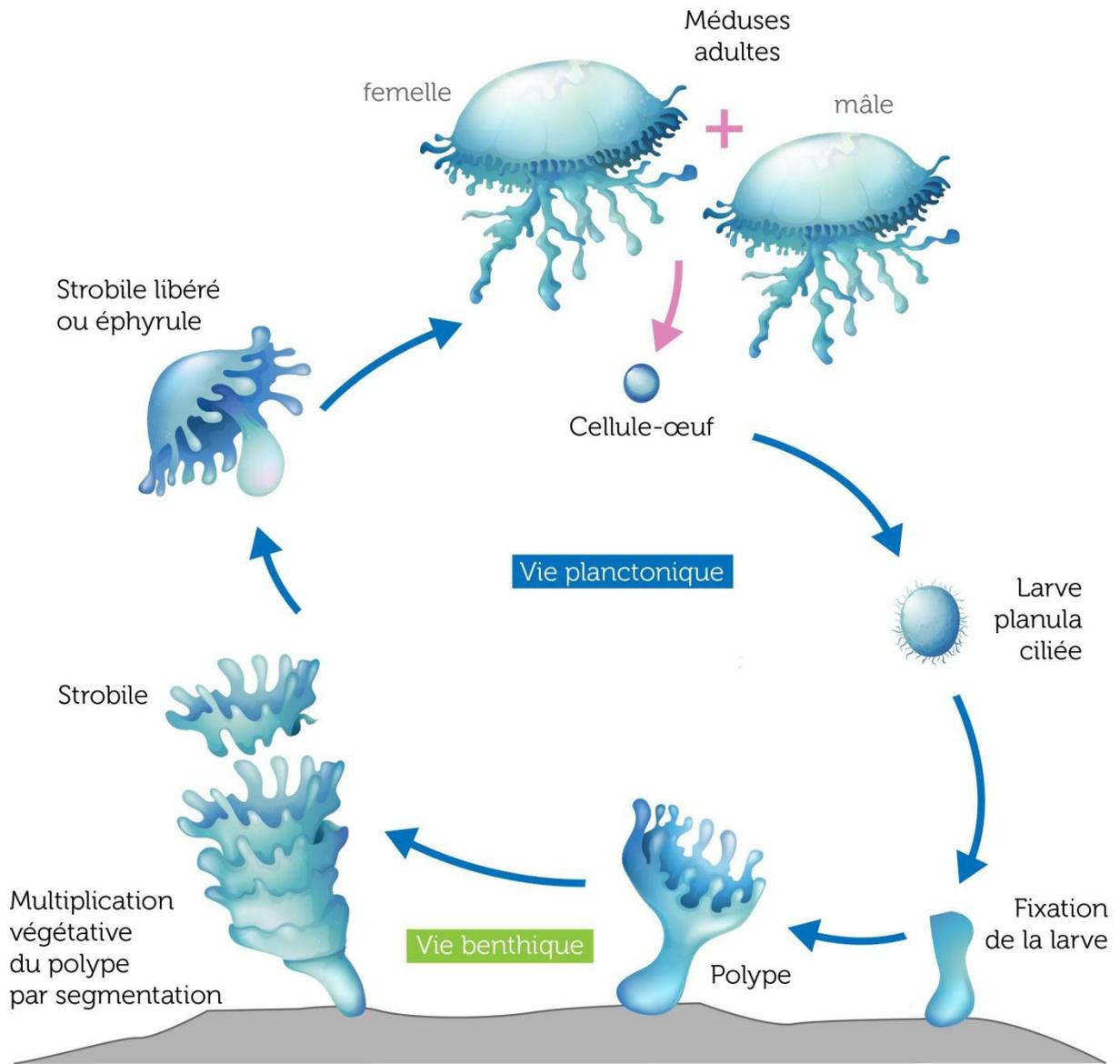


Figure 3: La reproduction chez les cnidaires [3] .

- **Défenses**

Les cnidoblastes des Cnidaires sont un excellent moyen de défense. Les toxines relâchées par les cnidoblastes peuvent provoquer des brûlures douloureuses. Les amateurs de plongée sous-marine qui connaissent les désagréments causés par ces brûlures se munissent d'enzymes protéolytiques (comme les attendrisseurs de viande) comme antidote aux toxines.

L'endosquelette calcaire des coraux leur assure une protection contre les poissons trop voraces.

- **Écologie**

Les Cnidaires sont typiquement carnivores, mais certaines anémones de mer produisent des cellulases qui leur permettent de digérer le matériel végétal. Ils sont à leur tour des proies pour certains poissons, mollusques et crustacés. Les polypes produisent une quantité phénoménale de mucus pour nettoyer leur surface des particules qui sédimentent, et de nombreux poissons coralliens se nourrissent de ce mucus. Certains vers plats digèrent des polypes sans affecter les cnidoblastes et arrivent à intégrer ces cnidoblastes à leur épiderme pour assurer leur propre protection.

L'anémone et le poisson-clown forment un exemple classique de symbiose. Le poisson s'enrobe du mucus de l'anémone, ce qui empêche l'anémone de le reconnaître comme une proie. L'anémone assure protection au poisson qui se nourrit des déchets rejetés par l'anémone. En contrepartie, le poisson sert de leurre pour attirer d'autres proies vers l'anémone.

Plusieurs coraux possèdent des algues photosynthétiques dans des vacuoles. Les algues produisent des sucres qui sont assimilés par les coraux, et débarrassent les coraux des déchets azotés.

3.3. Embranchement des Plathelminthes

- **Architecture et classification**

Les Plathelminthes (du grec platys= plat et helmins= vers) sont des animaux bilatéraux qui possèdent trois véritables feuilletts cellulaires: l'ectoderme, le mésoderme, et l'endoderme. Comme leur nom l'indique, ils sont généralement aplatis ce qui augmente leur rapport surface/volume. Les vers plats peuvent avoir un mode de vie libre, comme le planaire, mais la majorité d'entre eux (environ 85%) sont parasites. Les trois classes principales de Plathelminthes sont les Turbellariés, les Cestodes, et les Trématodes.

Les Turbellariés sont des prédateurs ou des détritivores et ont donc un mode de vie libre. Le tube digestif, incomplet, est digité, en forme de sac ou avec trois poches. Les Trématodes sont des parasites qui ont typiquement deux hôtes, un hôte intermédiaire (mollusque) et un hôte définitif (vertébré). Ce groupe renferme plusieurs parasites de l'homme, comme les schistosomes, la douve du foie (*Fasciola hepatica*), et *Clonorchis sinensis* illustré ci-dessous. Les Cestodes sont des parasites du tube digestif qui ont un corps très long et aplati comme un ruban. Le ver solitaire (*Taenia*) fait partie des Cestodes.

- **Locomotion**

La locomotion de vers plats libres est basée sur un mouvement ciliaire. L'épiderme de la face ventrale de ces animaux contient de nombreuses cellules glandulaires qui produisent du mucus. Ce mucus sert à lubrifier le substrat et à faciliter le mouvement de l'animal. Près de 50% des dépenses énergétiques de ces animaux viennent de la production de mucus.

- **Respiration et circulation**

Les vers plats dépendent uniquement de la diffusion pour la respiration. Il n'y a pas de véritable système circulatoire. Les déplacements de l'animal agitent les fluides interstitiels et favorisent la diffusion. L'absence de système circulatoire est sans doute un des facteurs qui limitent l'épaisseur des vers plats. Les Cestodes qui vivent dans l'intestin des Vertébrés ont un métabolisme anaérobie (glycolyse) et des enzymes spéciales qui leur permettent de pallier la rareté de l'oxygène dans leur milieu. Les vermifuges utilisés pour traiter les infestations de vers intestinaux sont typiquement des inhibiteurs de ces enzymes.

- **Alimentation et digestion**

Le système digestif est ramifié dans toutes les parties du corps, permettant ainsi à l'animal de nourrir toutes ses cellules malgré l'absence d'un système circulatoire. Le tube digestif des vers plats, lorsque présent, est incomplet (**Figure 1**). Il est ramifié dans toutes les parties du corps de manière à augmenter les surfaces de contact et réduire les distances entre les éléments nutritifs et les cellules du corps. Comme chez les Cnidaires, la digestion est à la fois extracellulaire et intracellulaire. Le bol alimentaire est agité par des cils à l'intérieur du tube digestif. Le pharynx produit les enzymes digestives et peut être évaginé pour commencer la

digestion à l'extérieur du tube digestif. Chez les espèces parasites, le tube digestif est souvent absent. Les éléments nutritifs sont absorbés par diffusion au travers de l'épiderme.

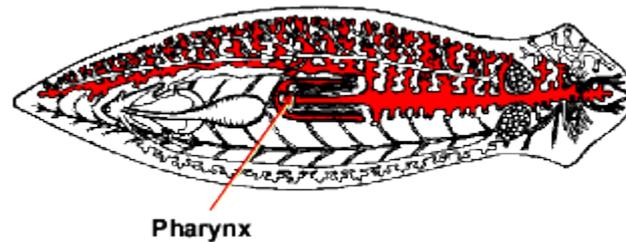


Figure 1. Système digestif d'un ver plat libre. Remarquez que le tube digestif n'a qu'une seule ouverture [1].

- **Excretion et osmorégulation**

Il consiste en un réseau de tubules qui mène à l'extérieur de l'animal par les néphridiopores (**Figure 2**). Le fluide interstitiel est aspiré dans les tubules par l'action des cils dans les cellules à flamme. Les éléments nécessaires sont réabsorbés au travers les parois des tubules. Ce système n'est utilisé que pour l'osmorégulation. Les déchets métaboliques (comme l'ammoniac) diffusent simplement vers l'extérieur de l'organisme.

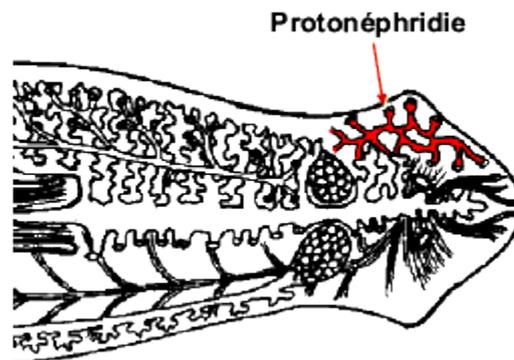


Figure 2. Détail de l'anatomie interne d'un ver platn[2]

- **Reproduction**

Les Plathelminthes peuvent se reproduire asexuellement et sexuellement. La reproduction asexuée peut se faire par fission transversale. De plus, les vers plats ont une capacité de régénération considérable. La plupart des vers plats sont hermaphrodites, mais la fertilisation est généralement croisée. La copulation permet à deux vers d'emmagasiner le sperme de l'autre individu. La fertilisation a lieu après la copulation. Les gamètes mâles sont donc produits avant les ovules (protandrie) (**Figure 3**), ce qui permet de réduire les chances d'autofertilisation.

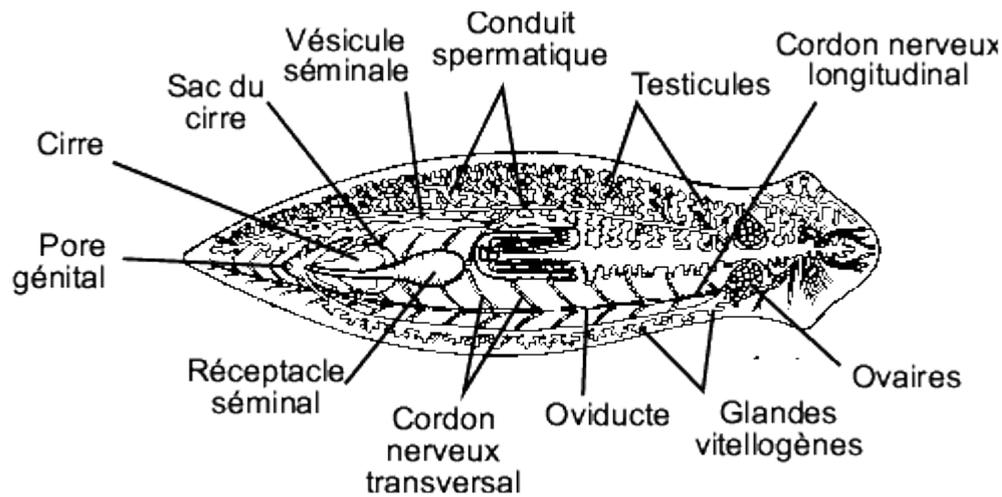


Figure 3. Système reproducteur d'un vers plat libre [3].

- **Défenses**

Les vers plats libres ont peu de prédateurs car ils sécrètent des substances répulsives.

3.4. Embranchement des Nématodes

- **Architecture**

Les Nématodes sont les premiers animaux qui possèdent l'architecture d'un tube à l'intérieur. Le tube interne est le tube digestif qui est complet avec une bouche et un anus, avec une digestion plus efficace.

Le corps des Nématodes est recouvert d'une cuticule relativement imperméable, ce qui leur permet de coloniser l'environnement terrestre, spécialement les sols. Il y a une caractéristique unique chez les Nématodes: le nombre de cellules est fixe pour chaque espèce (eutélie). Les divisions cellulaires (mitose) arrêtent très tôt au cours du développement embryonnaire, et la croissance de ces vers est due à une croissance de leurs cellules plutôt que par un accroissement du nombre de cellules (**Figure 1**).

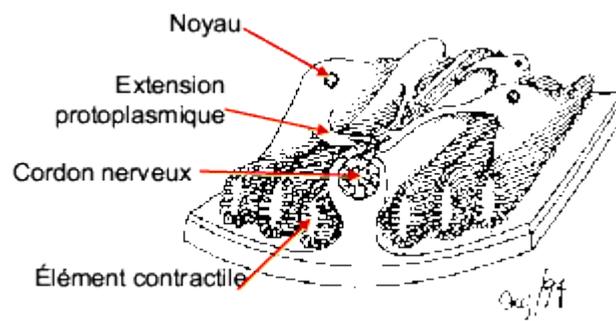


Figure 1. Détail de la paroi corporelle d'un Nématode [1].

- **Locomotion**

Les Nématodes ont un squelette hydrostatique à haute pression. La cuticule sécrétée par l'épiderme syncytial est formée de plusieurs couches de fibres de collagène disposées en spirale et, sans être élastique, peut être déformée. Ils ne possèdent que des muscles longitudinaux, pas de muscles circulaires. L'action de ces muscles longitudinaux permet aux Nématodes de se déplacer en ondulant rapidement. Ce déplacement n'est pas particulièrement efficace dans l'eau, mais est facilité par la présence de particules sur lesquelles le ver peut prendre appui. Les mouvements de locomotion font circuler le fluide du pseudocoelome. La

forte pression du fluide et la petite taille (moins de 1 mm) de la majorité des Nématodes font qu'ils sont presque impossible à écraser.

- **Respiration et circulation**

Il n'y a pas de système respiratoire ni circulatoire chez les Nématodes. La respiration se fait par diffusion au travers de pores qui percent la cuticule imperméable. Quoique les Nématodes peuvent vivre en milieu terrestre, ils résistent assez mal à la dessiccation (leurs pores laissent échapper l'eau) et on les retrouve principalement dans les sols humides en milieu terrestre. Le fluide contenu dans le pseudocoelome (**Figure 2**) favorise la circulation. Les Nématodes qui parasitent le tube digestif (comme *Ascaris*), ont un métabolisme anaérobique.

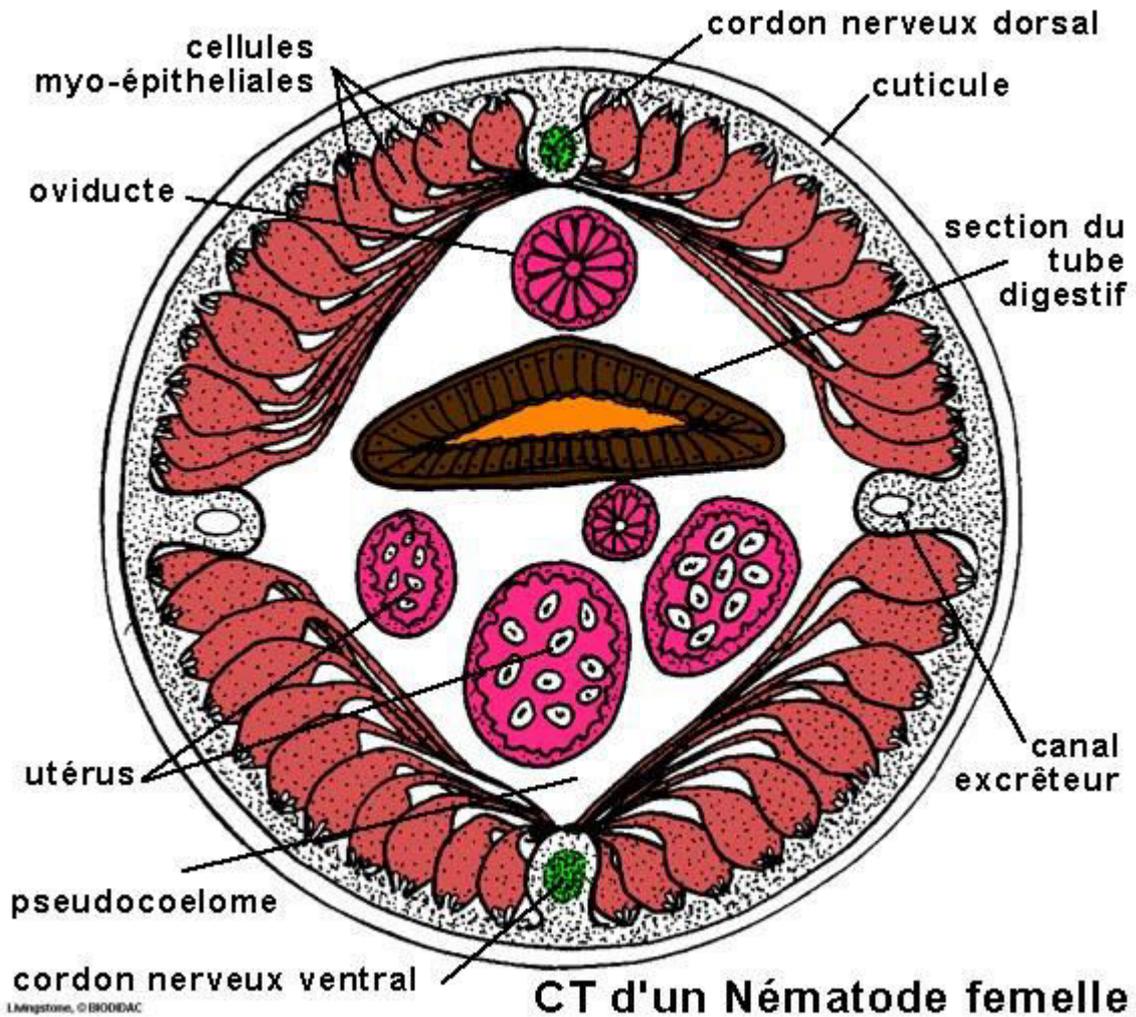


Figure 2. Coupe transversale d'un Nématode [2] .

- **Alimentation et digestion**

Le tube digestif des Nématodes est un simple tube sans muscles sauf aupharynx et au rectum. Ces puissants muscles qui entourent le tube digestif (sphincters) permettent aux Nématodes d'ingérer de la nourriture malgré la forte pression hydrostatique, et de déféquer une petite partie du contenu du tube digestif. La bouche des Nématodes libres comporte

typiquement trois lèvres. Les Nématodes prédateurs possèdent un stylet dont ils se servent pour transpercer l'épiderme de leurs proies pour ensuite sucer leurs fluides.

- **Excrétion**

Il n'y a pas de protonéphridies chez les Nématodes. Chez certains d'entre eux on retrouve des cellules de Rénette, dont le fonctionnement n'est pas bien connu. Les déchets azotés sont rejetés sous forme d'ammoniac chez les formes parasites, et sous forme d'urée ou d'acide urique chez les Nématodes du sol.

- **Reproduction**

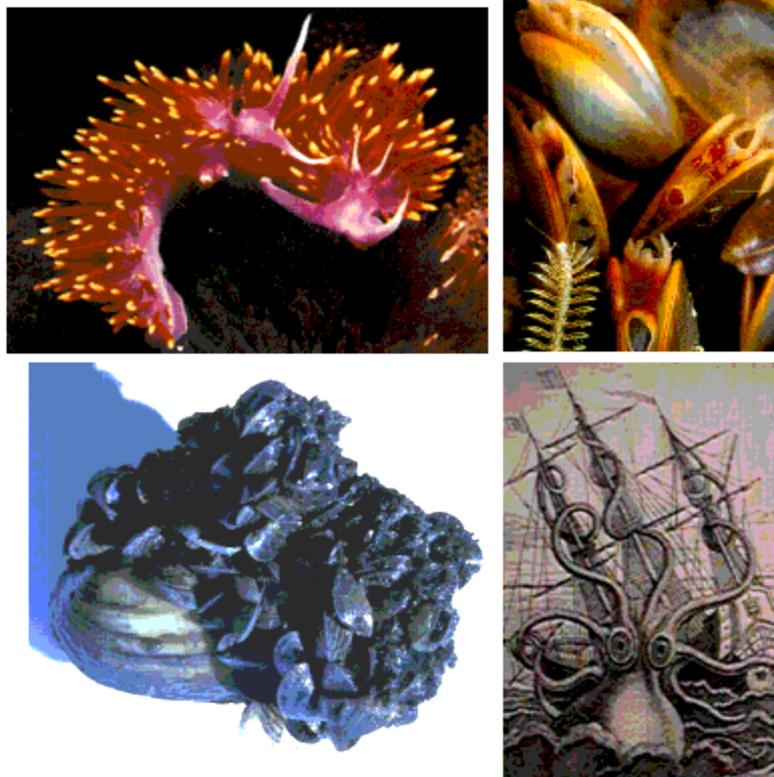
Les Nématodes sont dioïques. Le mâle possède des spicules pour garder ouvert le pore anal de la femelle lors de l'accouplement. Le système reproducteur et le tube digestif des mâles et des femelles débouchent tous deux dans le cloaque. Les spermatozoïdes n'ont ni flagelle ni de cils chez les Nématodes (spermatozoïdes amiboïdes).

- **Écologie**

Les Nématodes sont un des embranchements qui ont le plus de succès, mais notre connaissance de ces animaux est très limitée. Morphologiquement, c'est un groupe très homogène. La grande similarité et la petite taille des espèces décrites laisse croire à certains spécialistes qu'il pourrait exister près d'un million d'espèces de Nématodes. Nématodes du sol causent chaque année de lourds dommages aux plantes cultivées par l'homme ; les nématicides sont employés pour réduire les dommages causés au maïs, au blé et au tabac. Les Nématodes parasites causent également des problèmes à l'homme. *Onchocerca volvulus* est un nématode transmis par les mouches noires en Afrique de l'Ouest et en Amérique Centrale et

qui cause de douloureuses démangeaisons et éventuellement la cécité. Les dommages sont causés par les larves qui s'accumulent dans les tissus de l'homme (microfilaires) et qui causent souvent une accumulation de fluides dans les membres (éléphantiasis).

3.5. Embranchement des Mollusques



- **Architecture et classification**

Derrière la grande diversité de leurs formes, les Mollusques ont des caractéristiques communes. Les Mollusques possèdent un pied ventral musculueux, souvent cilié, qui joue un rôle dans la locomotion. Ils ont un manteau qui enveloppe la masse viscérale dorsale et qui sécrète la coquille composée principalement de carbonate de calcium (CaCO_3). La coquille

forme l'armure de l'animal mais, contrairement aux Arthropodes, ne l'entoure pas entièrement. Le manteau forme généralement un repli vers l'intérieur de la coquille à la jonction du pied, la cavité formée par ce repli (cavité du manteau ou cavité palléale) renferme typiquement les organes respiratoires, les cténidies. Presque tous les Mollusques (sauf les Bivalves) possèdent une radula qui est une structure en forme de râpe utilisée pour l'alimentation (**Figure 1**).

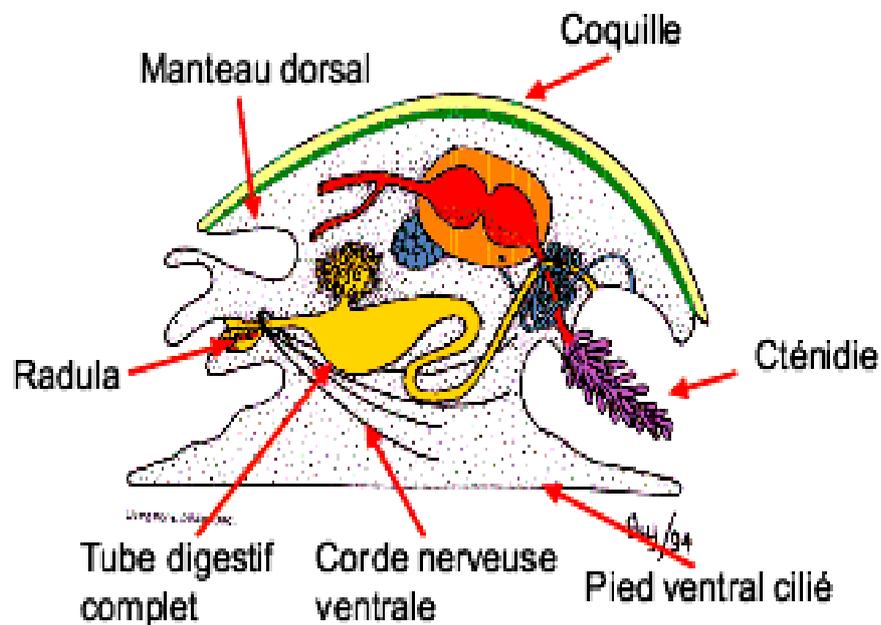


Figure 1. Caractéristiques des Mollusques. Les caractéristiques ancestrales sont: coquille et manteau entourant la masse vicérale dorsale, pied ventral cilié, radula, et cténidie dans la cavité du manteau (cavité palléale) [1].

Il y a sept classes de Mollusques, mais 99% des espèces vivant actuellement appartiennent aux Bivalves (huître, moule, palourde) et aux Gastéropodes (limace, escargot). Les Polyplacophores, des Céphalopodes (pieuvre, seiche, calmar) c'est le groupe le plus évolué. La grande diversité des formes chez les Mollusques est le résultat de modifications au niveau manteau, de la coquille, de la masse viscérale et du pied. L'existence des Mollusques sans coquille (la classe des Aplacophores), la ressemblance du développement embryonnaire des Annélides et des Mollusques, et la présence de structures pairées suggérant une métamérisation chez certains représentants de la classe des Monoplacophores.

Les Polyplacophores (chitons) sont des animaux marins benthiques des zones littorales et qui se nourrissent principalement d'algues microscopiques poussant sur les substrats durs. Leur architecture ressemble beaucoup à celle de l'ancêtre hypothétique. Leur forme aplatie et le pied bien développé leur permet de se déplacer sur le substrat et de résister à l'action des vagues. La coquille est toutefois modifiée; elle est formée de plusieurs plaques, les valves

(Figure 2).

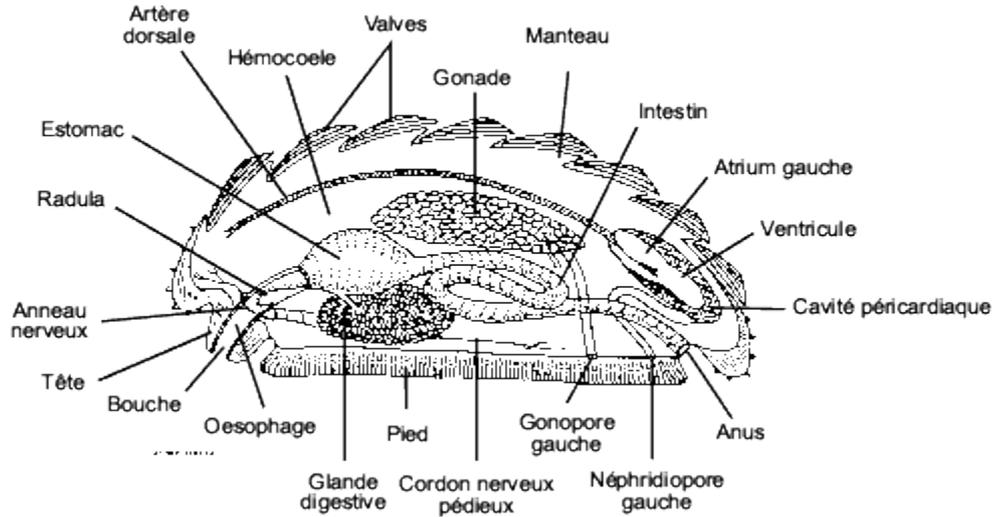


Figure 2. Vue latérale de l'anatomie interne d'un chiton.

Chez les Gastéropodes (escargots, bigorneaux, limaces) Ils possèdent un pied et une tête distincts. Leur pied est aplati en une large sole ventrale, servant à la natation ou la reptation, tandis que leur tête comporte des yeux et une radula [2].

Gastropoda - ventre-pied

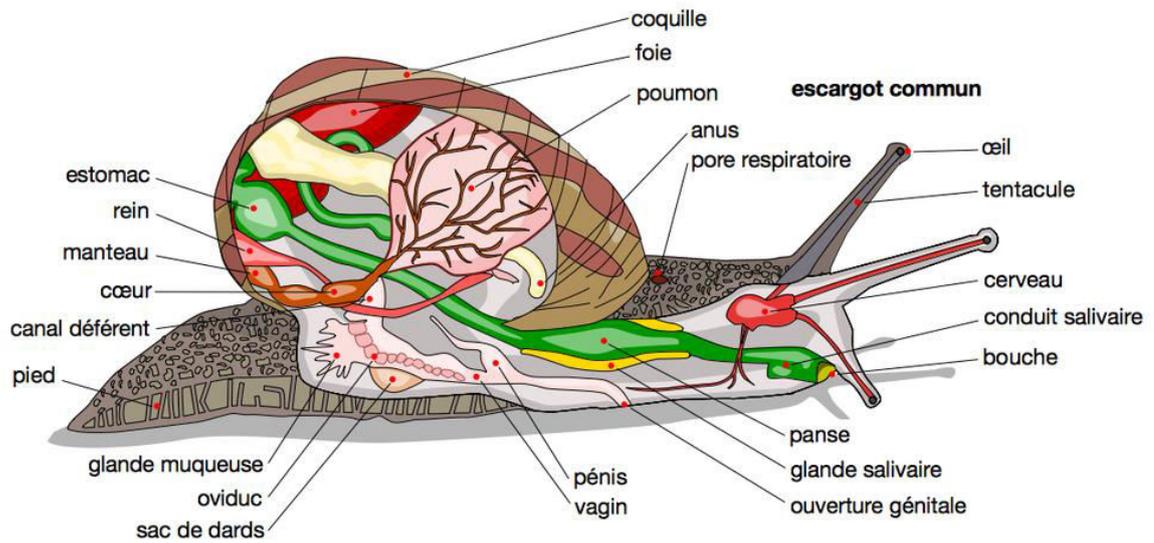


Figure 3. Anatomie d'un Gastéropode [3] .

Les Bivalves (moule, huître, coquille Saint-Jacques) ont, comme leur nom l'indique, une coquille divisée en deux valves reliées par une charnière dorsale. Ce sont des animaux sédentaires qui se nourrissent en filtrant l'eau. Le manteau des Bivalves a des extensions, les siphons, qui servent à aspirer et expulser l'eau de sa cavité. La radula, par contre, ayant peu d'utilité pour ces filtreurs, est absente (**Figure 4 et 5**).

LES PALOURDES



PALOURDE ROSE
(*VENERUPIS RHOMBOÏDES*)



LAVIGNON
(*SCROBICULARIA PLANA*)



PALOURDE POULETTE
(*VENERUPIS CORRUGATA*)



PALOURDE JAUNE / CLOVISSE JAUNE
(*VENERUPIS AURÉA*)



PALOURDE GRISE CROISÉE D'EUROPE
(*RUDITAPES DECUSSATUS*)



PALOURDE CROISÉE JAPONAISE
(*RUDITAPES PHILIPPINARUM*)

ILLUSTRATION : FRUITSDELAMER.COM

Figure 4 : les Palourdes [4].

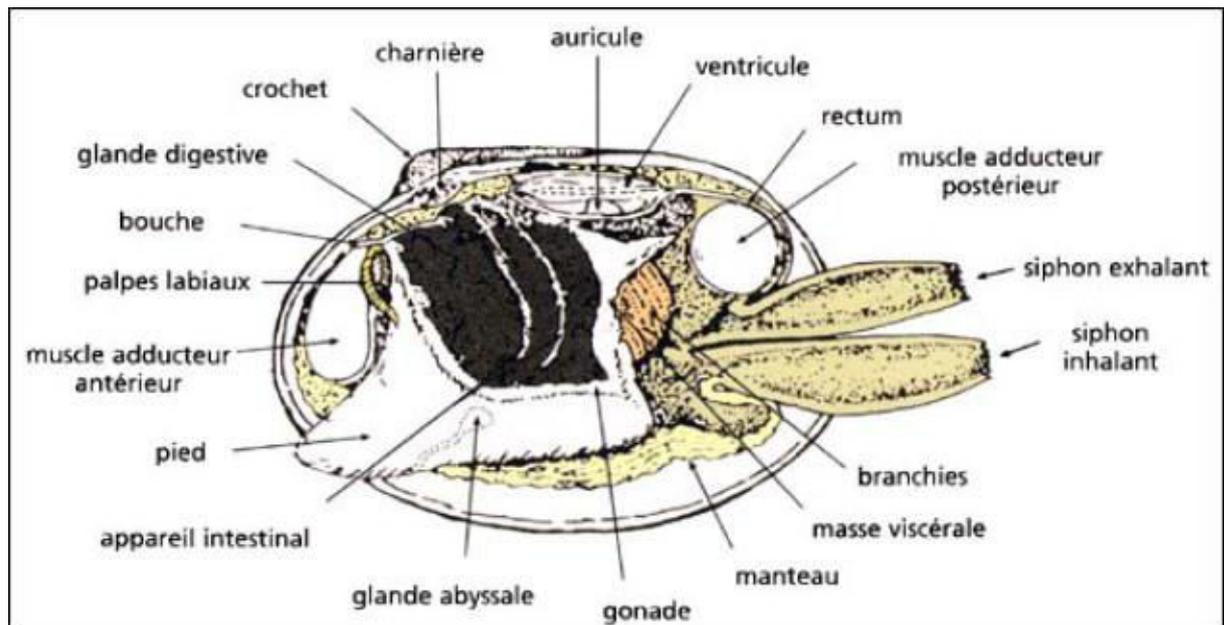


Figure 5. Schéma de l'anatomie interne de la palourde, un Bivalve. L'eau est aspirée par le siphon inhalant, filtrée par les cténidies, puis expulsée par le siphon exhalant [5].

Les Céphalopodes sont des animaux très mobiles, chez qui la coquille a perdu de l'importance, et peut être entièrement recouverte par le manteau (comme chez la seiche). Ce sont des prédateurs actifs, capables d'une locomotion rapide, et dotés de structures leur permettant de détecter et de capturer des proies mobiles. Leur architecture et leur morphologie interne, très différentes de celles des autres Mollusques, sont le reflet de leur mode de vie (Figure 6).

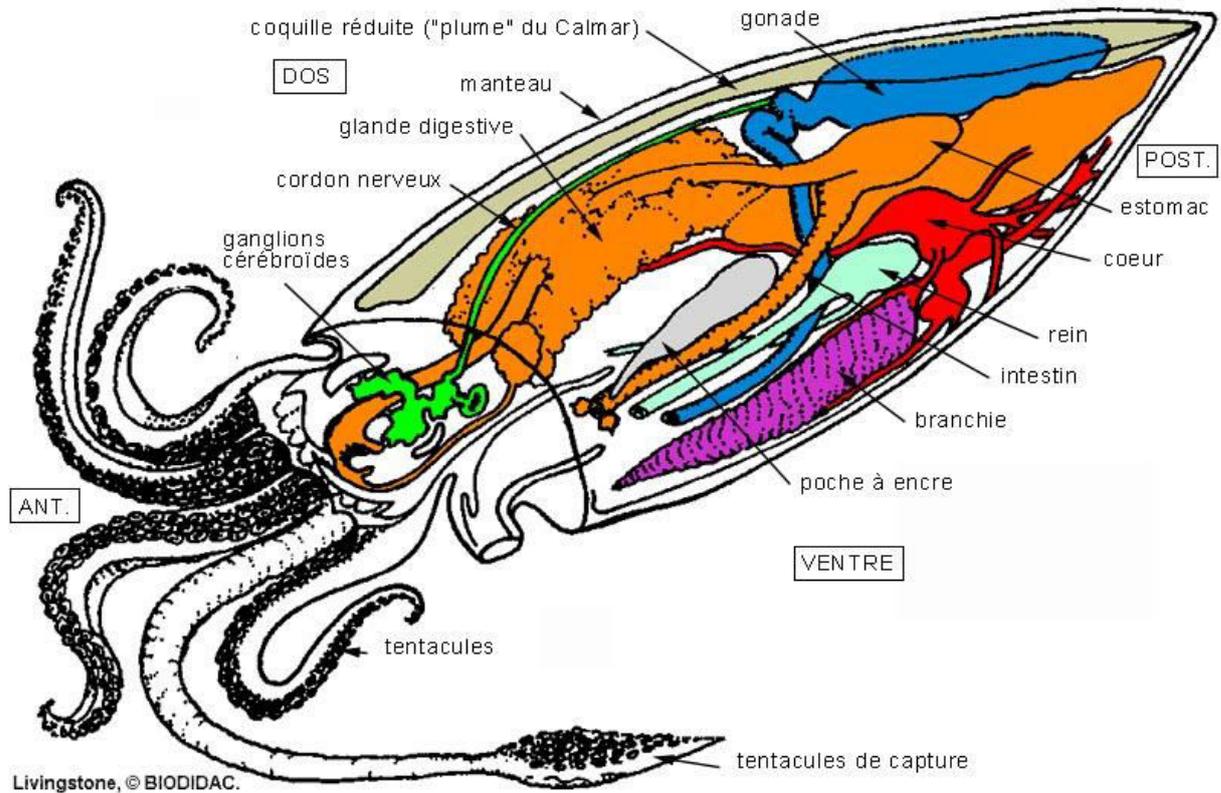


Figure 6. Anatomie interne du calmar [6].

- **Locomotion**

Les cils et le mucus jouent un rôle dans la locomotion des chitons et des Gastéropodes, comme chez les vers plats qui ont un mode de vie libre. Plusieurs Bivalves ne se déplacent pas du tout, et leur pied est transformé en filaments collants (les byssus) qui servent à attacher l'animal au substrat. Les Bivalves qui vivent dans les sédiments doivent toutefois se déplacer

pour éviter d'être enfouis. Leur pied musculeux est utilisé pour tirer l'animal. Le squelette hydrostatique permet de modifier la forme du pied qui peut alors pénétrer dans les sédiments, puis servir de point d'ancrage pour que la contraction des muscles permettent à l'animal de se tirer vers l'avant. Les Céphalopodes se déplacent principalement en projetant l'eau contenue dans la cavité du manteau par un siphon, un peu à la manière des moteurs à réaction. L'eau est expulsée lors de la contraction des muscles du manteau, et le siphon peut être orienté de manière à diriger l'animal vers l'endroit voulu.

- **Respiration et circulation**

Tous les Mollusques aquatiques ont des cténidies. La ventilation de ces organes respiratoires est assurée par le mouvement de l'eau qui est provoqué par l'action des cils ou la contraction des muscles de la cavité du manteau. Les Gastéropodesterrrestres ont un poumon, qui est une simple invagination du manteau avec une petite ouverture vers l'extérieur afin de limiter les pertes d'eau. Le système circulatoire de la plupart des Mollusques est ouvert et ressemble à celui des Arthropodes. Le sang pénètre dans le cœur par les ostia et est pompé dans les diverses régions du cœur le long d'artères. Ce sang baigne les tissus et revient dans la cavité qui entoure le cœur, la cavité péricardique pour être pompé à nouveau.

Les Céphalopodes ont cependant un système circulatoire fermé qui est beaucoup plus efficace et peut supporter les taux métaboliques élevés associés à la nage rapide. Ces animaux ont deux cœurs, un cœur branchial qui pompe le sang vers les cténidies pour y être oxygéné, et un cœur systémique qui repompe le sang dans toutes les régions du corps. Cet arrangement permet de maximiser la redistribution de l'oxygène en éliminant le mélange de sang oxygéné avec celui qui est chargé de gaz carbonique.

- **Alimentation et digestion**

La radula est impliquée dans l'alimentation de tous les Mollusques, sauf évidemment chez les Bivalves qui en sont dépourvus. Cette structure en forme de râpe est bien adaptée au broutage des algues sur les substrats durs. Chez les Gastéropodes prédateurs, elle est transformée, et peut servir de lance. Chez les Bivalves, les particules filtrées par les cténidies sont imbibées de mucus et acheminées vers la bouche sous l'action de mouvements ciliaires. Dans l'estomac, elle sont triées et exposées à l'action des enzymes digestives. On retrouve chez les Bivalves un stylet cristallin qui n'est autre chose qu'un cône d'enzyme digestives cristallisées. Ce stylet est mis en mouvement par l'action des cils, et est lentement râpé sur une structure semblable à une meule, le moulin gastrique (**Figure 7**).

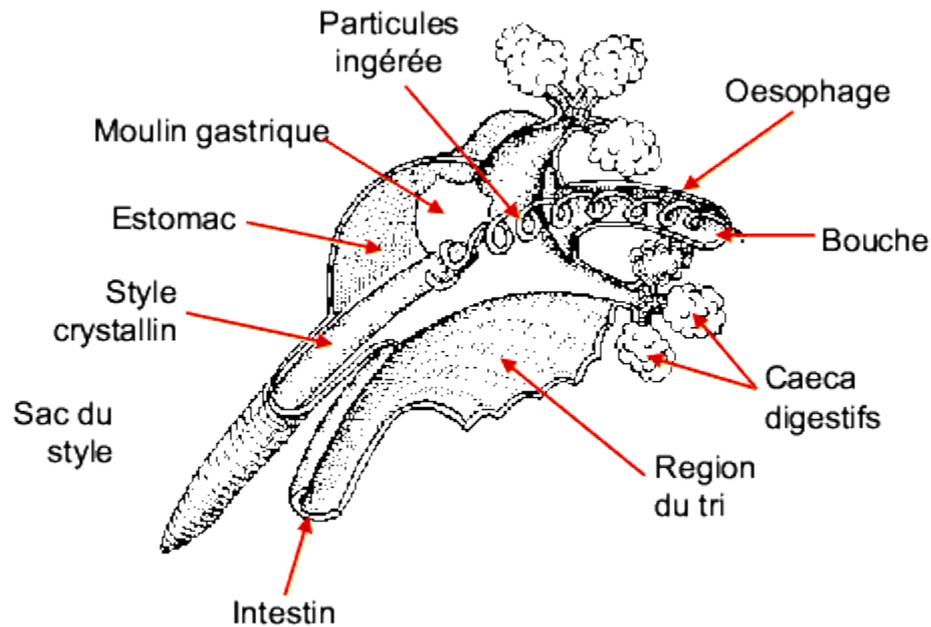


Figure 7. Détail de l'appareil digestif d'un Bivalve illustrant le style cristallin et le moulin gastrique [7].

- **Reproduction**

La reproduction est sexuée chez les Mollusques. La plupart sont dioïques, mais plusieurs Bivalves et Gastéropodes sont hermaphrodites. Les gonades se développent dans la cavité péricardique. La plupart des Bivalves n'ont pas d'organes copulateurs et relâchent leur gamètes dans l'eau. Chez les Gastéropodes terrestres, la fécondation est toujours interne. Le zygote de plusieurs Mollusques se développe en larve trochophore semblable à celle de certains Annélides, puis en larve veliger qui est unique aux Mollusques.

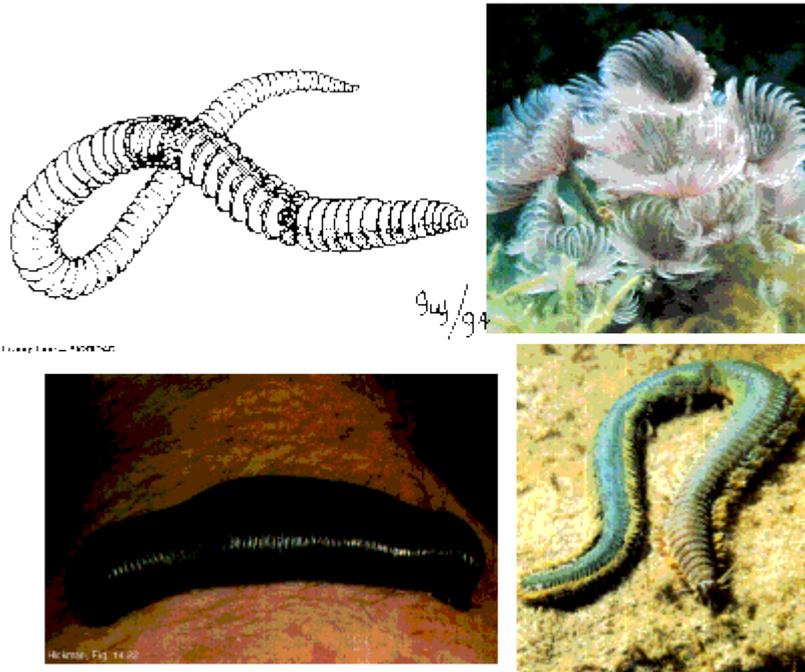
- **Défenses**

Les Mollusques des zones intertidales sont équipés pour résister à la dessiccation entre les marées hautes (opercule des Gastéropodes, valves des Bivalves). Les Gastéropodes pulmonés peuvent sceller leur coquille et entrer en dormance pour survivre aux périodes sèches. Les pieuvres et les seiches peuvent relâcher de l'encre pour confondre leurs attaquants; cet encre forme un écran visuel et chimique qui leur laisse le temps de s'enfuir.

- **Écologie**

Les Mollusques sont présents dans tous les habitats marins et sont indispensables au maintien des réseaux trophiques. La moule zébrée, récemment introduite dans les grands lacs, cause présentement de graves problèmes aux canalisations d'eau potable. Relativement petite, sans prédateurs, elle connaît présentement une explosion démographique, et risque de complètement transformer le réseau trophique des Grands Lacs. Elle a été signalée dans le canal Rideau pour la première fois en 1990, et elle poursuit présentement la phase exponentielle de l'accroissement de son abondance.

3.6. Embranchement des Annélides



- **Architecture et Classification**

Les Annélides sont un des rares embranchements à avoir colonisé l'environnement marin, dulcicole et terrestre. C'est le groupe d'animaux vermiformes qui a en moyenne la plus grande taille. On attribue ce succès à la présence d'un coelome véritable. près de 90% des espèces vivant actuellement possèdent un véritable coelome (Annélides, Mollusques, Arthropodes, Chordés). Un autre facteur qui peut expliquer le succès des Annélides est la métamérisation, ou la division du corps en plusieurs unités (appelées des métamères ou segments).

Les Annélides ont un corps segmenté. Chez les membres les plus primitifs les métamères sont presque tous semblables. Ces métamères dérivent du mésoderme, et les organes

mésodermiques sont arrangés de façon métamérique: muscles, système circulatoire, système respiratoire, système osmorégulateur et les gonades. Par contre, les organes qui dérivent de l'endoderme, comme le tube digestif, ne sont pas métamériques.

Chez le lombric, ou ver de terre, chaque métamère est séparé par des cloisons d'origine mésodermique: les septa. Cette division du coelome en compartiments indépendants permet d'améliorer l'efficacité du squelette hydrostatique. Elle permet également à l'animal d'effectuer des ondulations lentes et un mouvement péristaltique. L'épiderme des Annélides forme également des soies ou des parapodes qui sont utilisées pour la locomotion.

Chez le lombric, les segments sont apparemment semblables extérieurement, sauf les deux premiers et le dernier. Le premier segment, situé devant la bouche, est appelé le prostomium. La bouche est située sur le deuxième segment, le péristomium. Le dernier segment, quant à lui, est appelé le pygidium (**Figure1 et 2**).

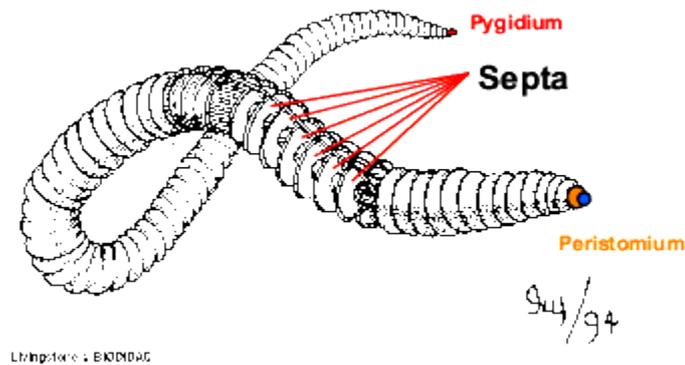


Figure1. Segmentation du corps du ver de terre, *Lumbricus terrestris* (Oligochaete)

[1]

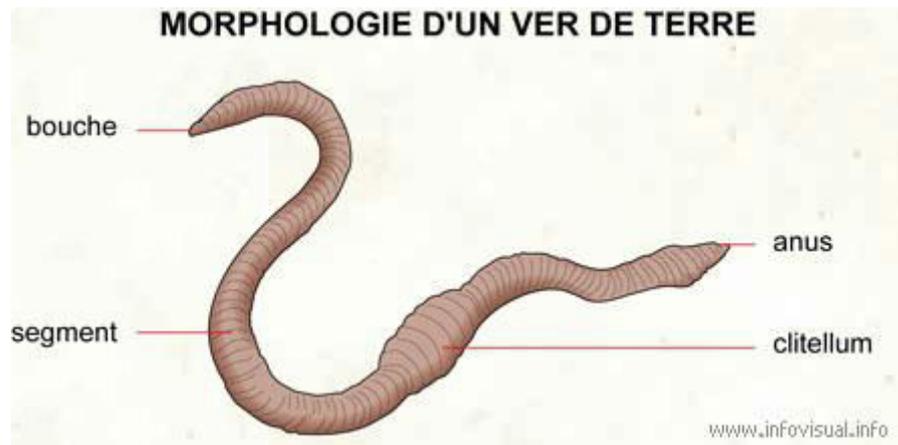


Figure2 : Morphologie d'un ver de terre [2].

La paroi corporelle des Annélides est formée de plusieurs couches. Il y a une cuticule sécrétée par l'épiderme sous-jacent. Sous l'épiderme se trouve une couche de muscles circulaires, et une couche de muscles longitudinaux.

Il y a trois classes principales d'Annélides. Les Polychètes (du grec polys= plusieurs, et chaete= soie ou long poil) sont caractérisés par la présence de nombreuses soies souvent portées sur des parapodes de formes très variables. Les Oligochètes (du grec oligos= peu) ont des soies réduites ou de très petite taille et ne possèdent pas de parapodes. Les Hirudinées (du latin hirudo= sangsue), ou sangsues, sont aplaties dorso-ventralement et ont des ventouses sur le prostomium et le pygidium.

- **Locomotion**

La métamérisation du coelome permet un nouveau type de mouvement: le mouvement péristaltique. L'acquisition de ce moyen de locomotion a permis aux premiers Annélides de coloniser un milieu auquel les autres organismes vermiformes n'avaient pas accès, soit les sédiments riches en matière organique, et pourrait être à l'origine de leur succès.

Le mouvement péristaltique fait intervenir le squelette hydrostatique et les soies (**Figure 3**).

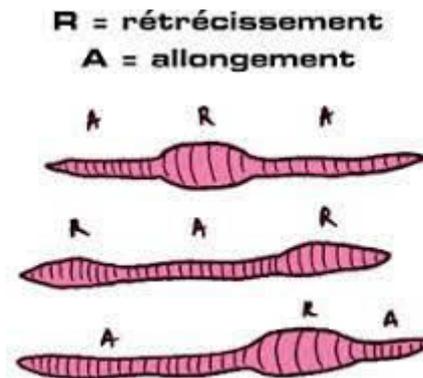


Figure 3 : Mouvement péristaltique chez un Oligochète [3].

La contraction des muscles circulaires d'un segment provoque son allongement et la rétraction des soies ce qui fait avancer l'extrémité antérieure du segment. Ensuite, les muscles longitudinaux se contractent. Cette action est accompagnée de l'extension des soies qui s'ancrent dans le substrat, et le segment se raccourcit en tirant vers l'avant l'extrémité postérieure du segment. Cette action se propage de l'avant vers l'arrière du ver lui permettant d'avancer. L'enfouissement est facilité par l'ingestion des sédiments.

Les parapodes des Polychètes errants leur permettent de marcher rapidement à la surface des sédiments et de se déplacer dans des tunnels. Les ondulations du corps permettent également de se servir des parapodes comme des rames et de nager. Les soies jouent un rôle important dans la locomotion et permettent à l'animal de s'ancreur pour exercer une poussée.

Les ventouses des Hirudinées leur permettent de ramper sur les substrats durs comme la chenille arpeuteuse. Les sangsues peuvent également nager en faisant onduler leur corps aplati (Figure 4).

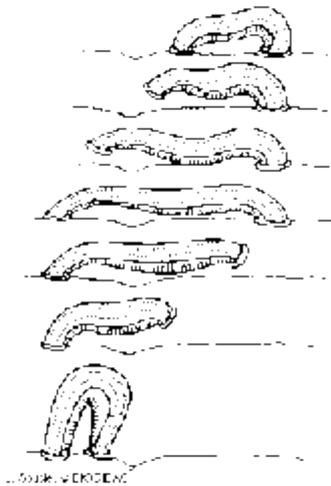


Figure 4. Locomotion chez la sangsue (Hirudinae) [4].

- **Respiration et circulation**

La respiration chez le lombric se fait par diffusion au travers de la cuticule perméable. Les glandes de l'épiderme produisent continuellement du mucus qui maintient la surface humide, et permet ainsi à l'oxygène de diffuser vers l'intérieur de l'animal.

La forme relativement massive des Annélides nécessite une circulation efficace de l'oxygène et des éléments nutritifs. Chez les lombrics, le système circulatoire fermé est formé de capillaires entourant le tube digestif, de vaisseaux sanguins longitudinaux qui parcourent tout le corps, et de coeurs latéraux qui pompent le sang dans le système circulatoire. Le sang des lombrics contient un pigment respiratoire qui augmente l'efficacité du transport de l'oxygène: l'hémoglobine. Ce pigment est en solution dans le sang, et n'est pas contenu dans des cellules spécialisées comme chez les vertébrés.

Les Polychètes marins qui vivent dans des terriers ou des tunnels ont plus de difficulté à se procurer de l'oxygène. Ils possèdent souvent des branchies, et la surface des parapodes est fréquemment impliquée dans les échanges respiratoires. Les mouvements du ver dans son tunnel font circuler l'eau et aident à renouveler l'oxygène.

- **Alimentation et digestion**

Les lombrics sont des détritivores qui ingèrent la terre et en retirent le matériel organique. Leur pharynx musculeux leur permet d'avalier la terre qui est par la suite broyée dans le gésier. Le bol alimentaire voyage le long du tube digestif grâce aux contractions des muscles entourant l'intestin qui provoquent le péristaltisme (**Figure 5**).

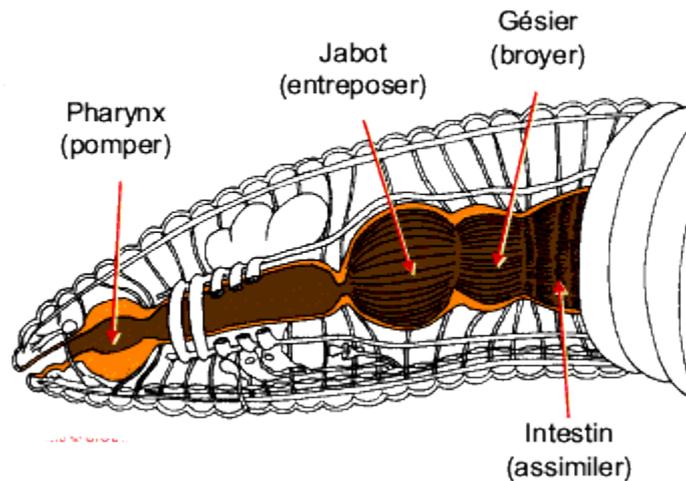


Figure 5. Coupe latérale du lombric illustrant les différentes parties du tube digestif [5].

Les Polychètes peuvent également être des détritivores fouisseurs, mais certains sont des suspensivores et d'autres des prédateurs. Les sangsues sont la plupart des détritivores et des prédateurs. Certaines se nourrissent du sang des vertébrés (elles sont hémato-phages). Ces dernières ont typiquement un jabotet de nombreux caeca qui servent à emmagasiner le sang dont elles se gorgent, ce qui leur permet de survivre entre deux repas éloignés.

- **Excrétion et osmorégulation**

La présence du fluide coelomique facilite l'excrétion des déchets métaboliques. Le fluide est constamment filtré par les métanéphridies. Les Annélides possèdent deux métanéphridies par segment. Chaque métanéphridie est composée d'un néphrostome cilié qui s'ouvre dans le segment précédent et qui fait circuler le liquide coelomique dans un tubule qui est entouré de capillaires. Chaque métanéphridie s'ouvre vers l'extérieur par un néphridiopore par lequel sont rejetés les déchets métaboliques. Chez le lombric, les déchets azotés sont rejetés principalement sous forme d'urée. Il y a réabsorption partielle des sels et de l'eau le long du tubule, mais les métanéphridies ne constituent pas un système osmorégulateur très efficace.

- **Système nerveux**

Le système nerveux des Annélides est bien développé avec une concentration de ganglions à l'extrémité antérieure (céphalisation) et une corde nerveuse ventrale qui se ramifie en nerfs segmentaires ou périphériques dans chaque segment.

Les structures sensorielles sont réduites chez le lombric, mais comprennent des organes photorécepteurs. La base des soies est fréquemment innervée et ces structures servent également d'organes mécanorécepteurs. Les Polychètes prédateurs, tels *Nereis*, ont des yeux mieux développés.

- **Reproduction**

La reproduction chez les Annélides est sexuée, et ces animaux sont généralement hermaphrodites. Le système reproducteur est bien développé et comprend plusieurs testicules et ovaires. Lors de l'accouplement, le sperme est transféré d'un individu à l'autre et stocké dans le réceptacle séminal où il est entreposé. La fertilisation des oeufs a lieu après l'accouplement. Le transfert du sperme se fait le long de deux sillons formés par des replis de la cuticule ce qui réduit les chances d'autofertilisation.

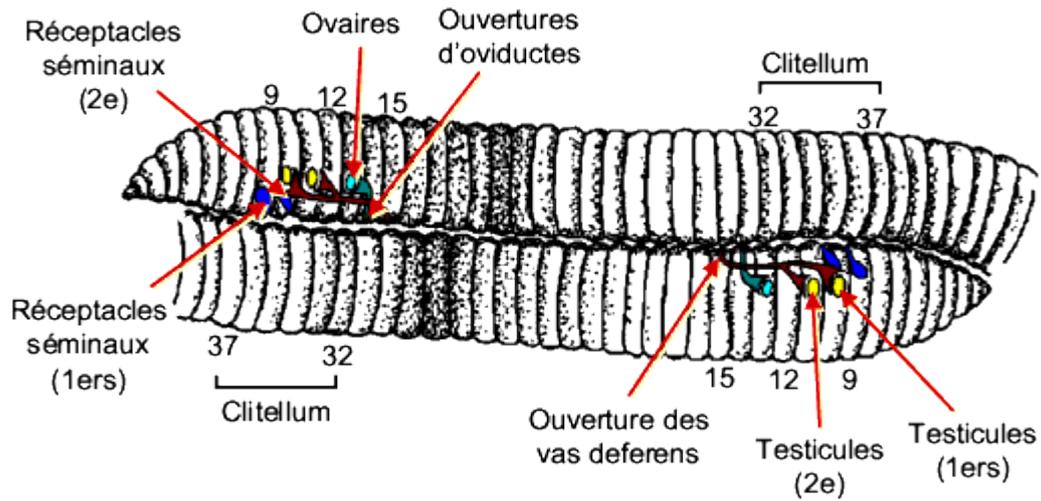


Figure 6 : Accouplement chez le ver de terre[6].

Chez les Oligochètes et les Hirudinées, les oeufs sont relâchés dans un cocon secrété par le clitellum. Le sperme est alors relâché dans le cocon et la fertilisation y a lieu. Le cocon, où éclosent les oeufs, glisse ensuite vers la tête avec un tube de mucus. Lorsqu'il y a une larve dans le cycle vital, elle est de type trocophore (**Figure 7**).



Figure 7 : deux cocons de ver (*Lumbricus terrestris*) [7].

- **Écologie**

Les Annélides sont très abondants et servent de proies pour de multiples organismes (poissons, oiseaux, rongeurs, amphibiens, et de nombreux invertébrés). Les lombrics aident à décomposer la matière organique et à aérer le sol, augmentant ainsi sa fertilité. Les pâturages supportent typiquement une biomasse plus importante de vers de terre que de bétail.

Les Polychètes sédentaires se nourrissent des particules qui sédimentent. Leur forme, leurs tentacules, et leur mode d'alimentation sont analogues à ceux des concombres de mer. C'est un bon exemple de structures analogues et de convergence.

3.7. Embranchement des Arthropodes



- **Architecture et classification**

Traditionnellement, les arthropodes ont été classés en quatre sous-phylums, qui sont :

1. **Trilobites** : exclusivement marins, ces animaux sont aujourd'hui éteints. Ils étaient constitués de trois lobes, à savoir la tête, le thorax et l'abdomen, et leurs appendices étaient biramus (deux branches).
2. **Chélicérés** : les premiers appendices de ces animaux ont été modifiés en chélicères (pièces buccales). Ils possèdent une paire de pédipalpes (deuxième paire d'appendices) et quatre paires de pattes. Ils sont dépourvus d'antennes et de mandibules et ont généralement un céphalothorax et un abdomen non segmentés.
3. **Uniramés** : caractérisés par la présence d'appendices à axe unique, d'une paire d'antennes et de mandibules, et de nombreux segments corporels.
4. **Crustacés** : principalement aquatiques, ils possèdent généralement une carapace dorsale et les appendices biramés ont été modifiés pour remplir diverses fonctions. Ils ont deux paires d'antennes et une paire de mandibules.

La cuticule, qui est sécrétée par l'épiderme, est rigide. Elle est composée de deux couches principales: l'épicuticule et la procuticule (subdivisée en exocuticule et endocuticule). La rigidité de la cuticule provient de la procuticule composée de chitine (hydrate de carbone similaire à la cellulose) dans une matrice de protéines. L'ensemble est durci (tanné) par l'action de phénols oxydés en quinones qui reliait la matrice de fibrilles de chitine aux autres protéines de l'endo et exocuticule. Cette réaction est appelée sclérification. Chez les Crustacés s'ajoutent des dépôts de carbonate de calcium et de phosphate de calcium. L'épicuticule est formée de protéines et de cires hydrophobes (surtout chez les Insectes); son rôle est d'imperméabiliser la cuticule (**Figure1**).

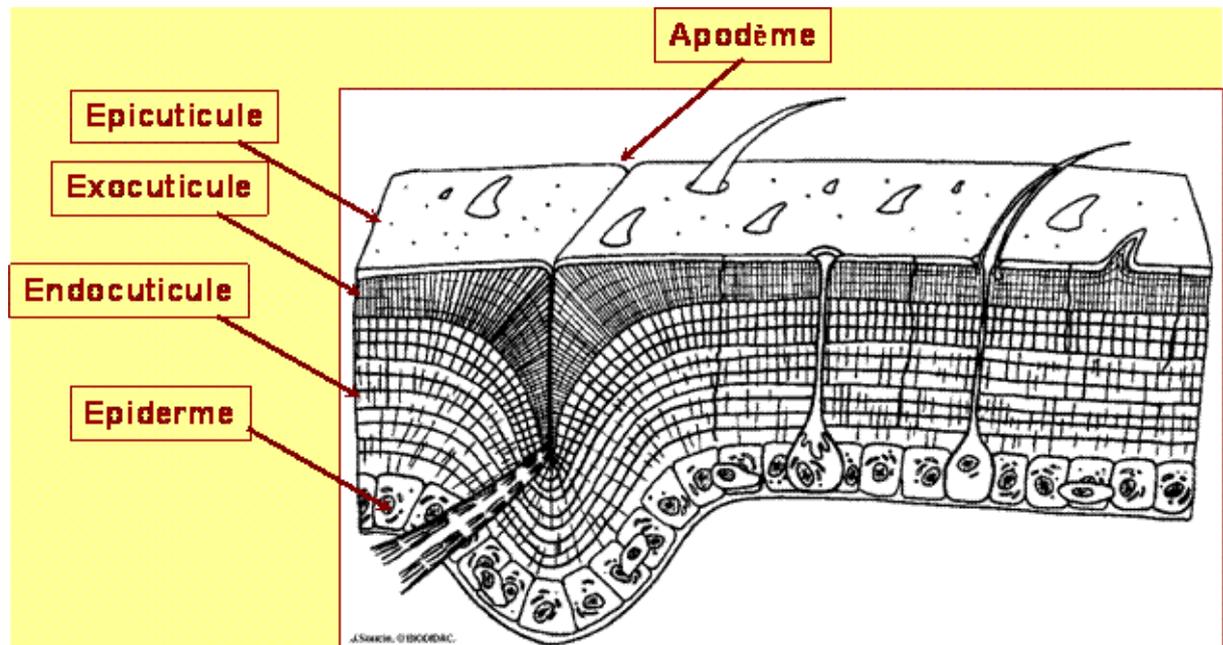


Figure 1. La cuticule des Arthropodes. La mince épicuticule est imprégnée de cires qui l'imperméabilisent [1].

La sécrétion de la cuticule exige un investissement d'énergie considérable, et le squelette ajoute beaucoup de poids à l'animal. La présence d'un exosquelette ne permet pas une croissance continue; les Arthropodes doivent donc muer.

Les Arthropodes ont en commun une organisation métamérique avec une spécialisation de certaines régions du corps (tagmose), la présence d'appendices pairés et de pattes articulées.

Les Chélicérates sont représentés par la classe des Arachnides (araignée, scorpion, tique, limule). Ces animaux n'ont pas d'antennes et sont munis de chélicères qui portent un croc qui sert à injecter le venin. Leur corps est divisé en deux parties: le prosome (tête et thorax)

et l'opisthosome (abdomen) reliés par un rétrécissement du corps, le pédicelle. Les Arachnides ont 4 paires de pattes uniramées (**Figure 2**).

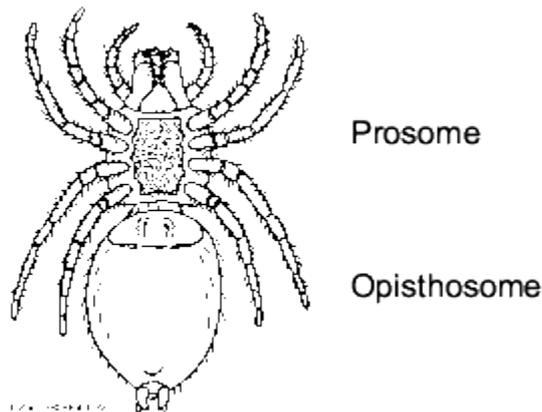


Figure 2. Tagmes d'un Chélicérate [2].

Les Crustacés (homard, copépode, balane) sont les maîtres du milieu marin. Leurs corps est généralement divisé en deux tagmes: le céphalothorax et l'abdomen. Ils possèdent deux paires d'antennes, des mandibules, deux paires de maxilles et des branchies sur les segments de l'abdomen. Leurs appendices sont biramés et sont souvent similaires sur la majorité des segments (homologie sérielle) (**Figure3**).

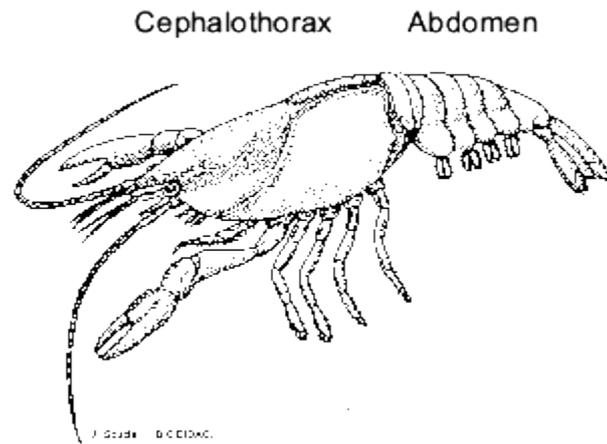


Figure 3. Tagmes d'un Crustacé [3].

Les Insectes font partie du sous-embranchement des Uniramés, avec les millipèdes et centipèdes. Ils sont caractérisés par la présence d'une seule paire d'antennes, de mandibules, de une ou deux paires de maxilles, et de trois paires de pattes. Leur corps est divisé en trois tagmes: la tête, le thorax, et l'abdomen. La plupart des Insectes ont deux paires d'ailes sur le thorax (**Figure 4**).

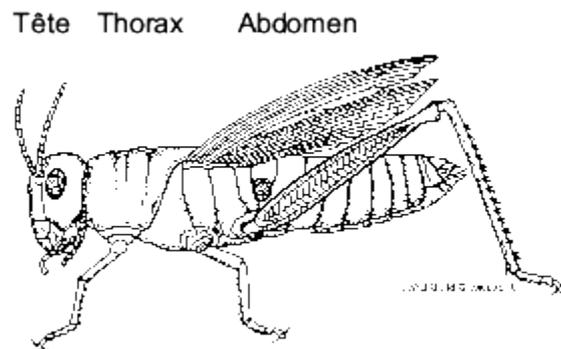


Figure 4. Tagmes d'un Insecte[4].

- **Locomotion**

Les appendices sont composés de plusieurs unités dont les articulations sont orientées dans différents plans ce qui permet de déplacer l'extrémité de l'appendice dans toutes les directions (**Figure 5**).

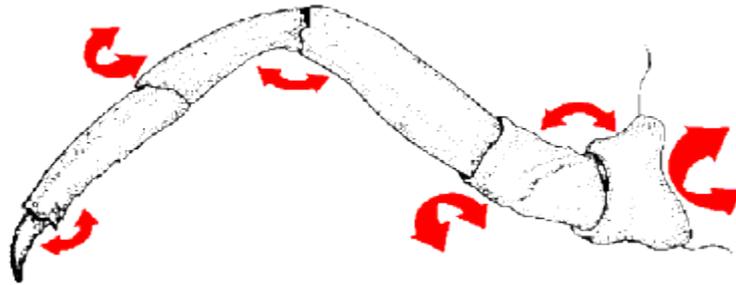


Figure 5. Patte d'un Arthropode illustrant les plans de flexion de chaque articulation[5].

Les insectes qui ont des ailes (ptérygotes) ont un grand avantage car ils peuvent se déplacer rapidement sur de grandes distances. Les insectes les plus primitifs (comme les libellules) se servent de muscles antagonistes et de leviers pour mouvoir leurs ailes . Les insectes les plus évolués (les mouches et les abeilles) utilisent des muscles qui ne sont pas directement attachés à l'aile, mais plutôt au thorax. Leur action entraîne une déformation du

thorax qui actionne les ailes. L'avantage de cette approche est que le système entre en résonance et réduit ainsi la dépense musculaire.

- **Respiration et circulation**

La cuticule réduit énormément les échanges gazeux ou osmotiques au niveau de l'épiderme. Les Arthropodes sont donc munis d'organes spécialisés pour acquérir de l'oxygène.

1. Les araignées ont un poumon interne qui est composé de feuillets de tissus disposés comme les feuilles d'un livre, ce qui permet d'augmenter la surface de contact. Le poumon est ventilé par les mouvements de l'abdomen et l'action du squelette hydrostatique interne.
2. Les Crustacés ont des branchies protégées par la carapace qui forme une chambre branchiale. Les crabes terrestres ont des branchies beaucoup plus petites que ceux qui sont aquatiques, ce qui leur permet de réduire les pertes d'eau. Ces crabes ne peuvent toutefois vivre dans l'eau, leurs branchies ne leur permettant pas d'extraire suffisamment d'oxygène.

3. Les Insectes ont un système respiratoire unique et extrêmement efficace: le système trachéen (**Figure 6**). La cuticule est percée de pores, les spiracles munis de poils hydrophobes. Ces pores mènent à un réseau de trachées et de trachéoles qui peuvent occuper près de 50% du volume interne de l'insecte. Les trachéoles se ramifient en tubules qui entourent les muscles et les organes. Ces tubules sont remplis de fluide trachéolaire. La ventilation est assurée par des sacs aériens qui pompent ou expulsent l'air suivant les mouvements et contractions de l'animal. Dans les tissus très actifs, comme les muscles alaires, les métabolites sécrétées font augmenter la pression osmotique entre les cellules. Le fluide contenu dans les tubules est aspiré par osmose dans les tissus, ce qui crée une pression négative dans les trachéoles qui vont aspirer l'air de l'extérieur. Le fluide permet les échanges gazeux et augmente l'efficacité du système.

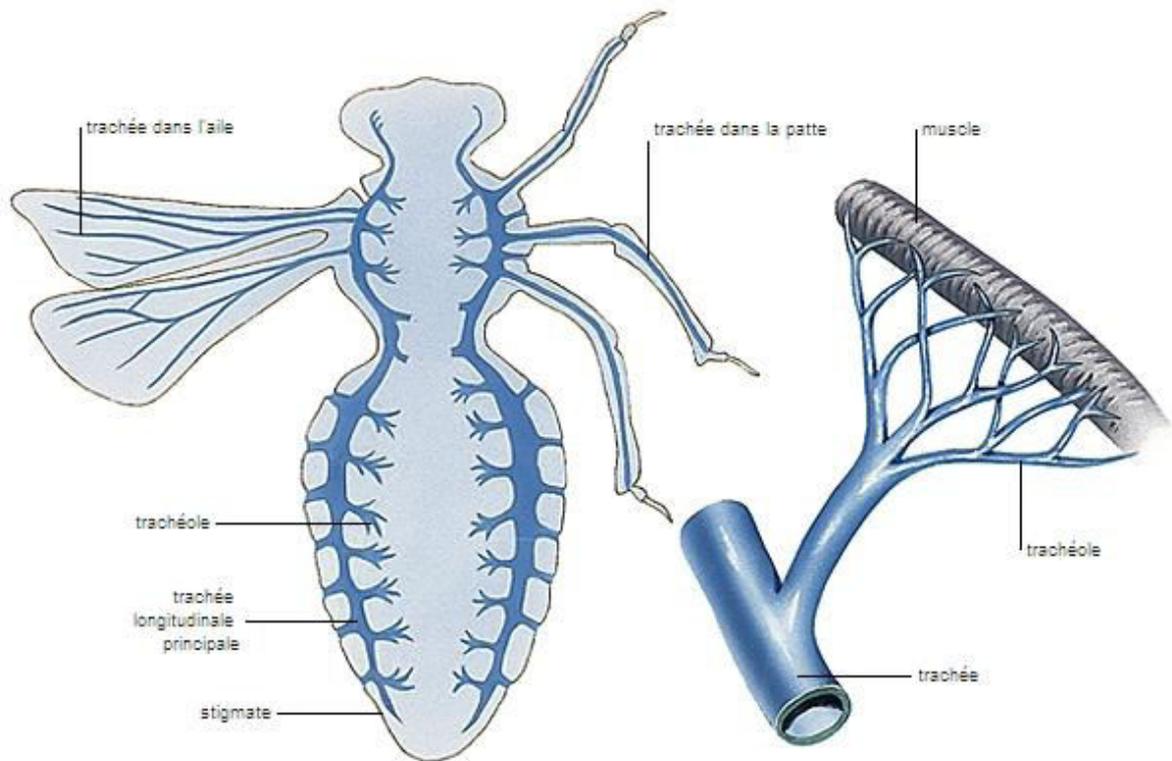


Figure 6 : Le système trachéen d'un insecte[6].

Les Arthropodes ont un système circulatoire ouvert, leur sang n'est donc pas continuellement dans les vaisseaux sanguins mais baigne les organes internes. Le coeur pompe le sang (hémolymph) contenu dans la cavité péricardique par les ostia et le propulse vers les différentes régions du corps. La cavité interne est divisée par des diaphragmes, ce qui induit des courants et réduit le mélange du sang nouvellement pompé et celui déjà présent dans la cavité interne (**Figure 7**).

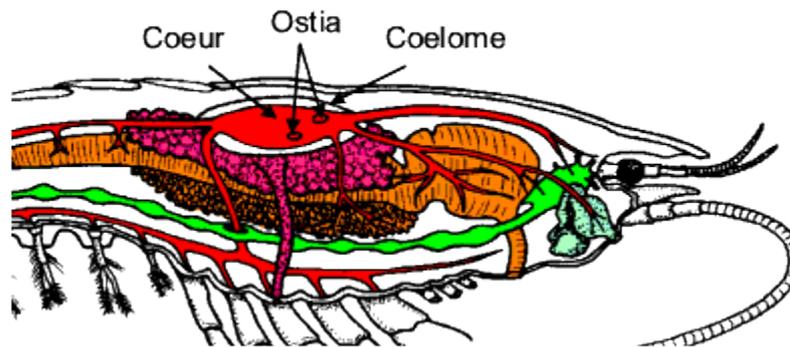


Figure 7. Anatomie interne de l'écrevisse[7].

L'hémolymphe des Arthropodes peut contenir des pigments respiratoires qui augmentent l'efficacité du transport de l'oxygène et du gaz carbonique vers les organes respiratoires. Les insectes n'ont typiquement pas de pigments respiratoires; leur système trachéen est suffisamment efficace pour qu'ils puissent s'en passer.

- **Alimentation et digestion**

1. Les araignées sont des prédateurs qui paralysent leurs proies à l'aide de venin injecté par les crocs des chélicères. Elles injectent alors leurs enzymes digestives dans la proie et sucent ensuite le liquide produit. Elle peuvent emmagasiner la nourriture dans des caeca.
2. Les Crustacés sont typiquement filtreurs (zooplancton) ou détritivores (écrevisse, homard). Leurs appendices servent à créer un courant qui amène les particules à la bouche.

3. Les pièces buccales des insectes sont modifiées, parfois de façon surprenante, selon le type d'alimentation. Par exemple, la sauterelle est un brouteur qui possède de fortes mandibules très sclérifiées qui résistent à l'abrasion causée par la silice contenue dans les tissus de nombreuses plantes. Le moustique possède une trompe piqueuse qui lui permet d'injecter un anticoagulant et d'aspirer le sang. Le papillon a une longue trompe suceuse.

- **Excrétion et osmorégulation**

L'excrétion se fait par des organes spécialisés, et la forme sous laquelle les déchets azotés sont éliminés est généralement liée à l'environnement où l'animal vit. Les araignées ont des glandes coxales et éliminent leurs déchets sous forme d'urée ou d'acide urique. Les Crustacés ont des glandes antennaires et éliminent leurs déchets azotés sous forme d'ammoniac.

Les Insectes ont un organe caractéristique: les tubes de Malpighi. Les déchets azotés sont rejetés sous la forme de cristaux d'acide urique qui précipitent dans l'intestin à cause du faible pH. Ils peuvent donc éliminer les déchets azotés avec un minimum de pertes d'eau.

- **Cycle biologique**

La reproduction chez les Arthropodes est sexuée et les animaux sont dioïques. Il y a généralement plusieurs stades larvaires dont la morphologie et l'écologie diffèrent de celles du stade adulte (métamorphose).

Chez les Insectes, la métamorphose peut être complète ou incomplète. Chez les sauterelles, par exemple, la métamorphose est incomplète et les larves ressemblent beaucoup aux adultes (moins les ailes et les organes génitaux). Par contre, chez les mouches et les papillons, la métamorphose est complète. La larve est très différente de l'adulte, et il y a un stade pupue au cours duquel la métamorphose s'effectue.

- **Défenses**

L'exosquelette est la première ligne de défense des Arthropodes. Leur petite taille et leur agilité peut également servir à tromper leurs prédateurs. En fait, tous les moyens sont bons et se retrouvent chez certains représentants du groupe: mimétisme, venin, acides, mauvais goût, épines, etc.

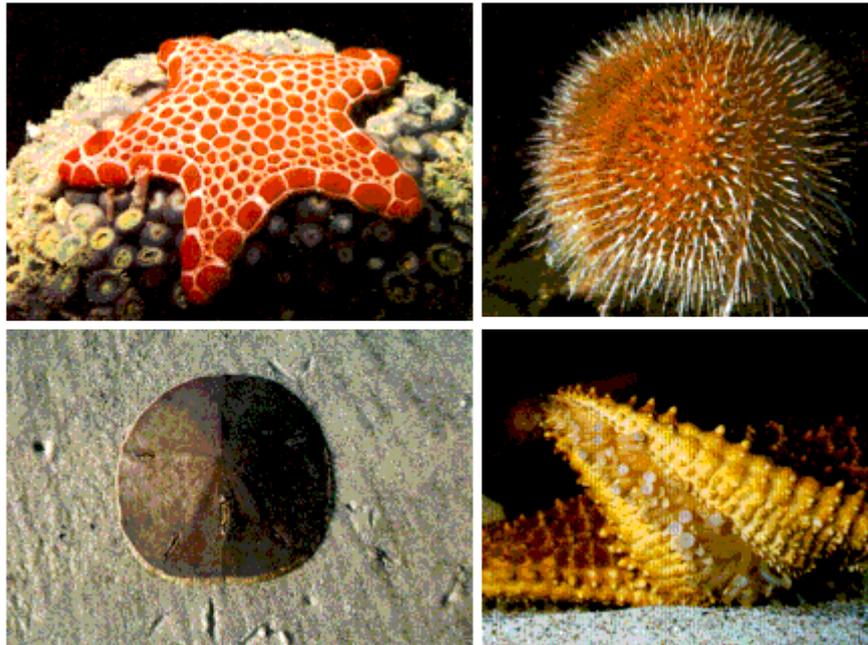
- **Écologie**

Les Arthropodes jouent un rôle important dans les chaînes alimentaires de tous les habitats. En milieu aquatique, les Crustacés planctoniques permettent les transferts d'énergie des plantes aux poissons. En milieu terrestre, les Insectes ycompétitionnent avec l'Homme pour la nourriture et sont vecteurs de multiples parasites, comme Plasmodium l'agent responsable de la malaria .

Le grand succès des insectes peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Leur petite taille leur permet de coloniser des microhabitats. Le vol est un moyen de défense et leur permet de se disperser facilement pour trouver de la nourriture ou exploiter des ressources temporaires. Leur exosquelette imperméable (grâce à l'épicuticule cireuse) offre protection contre les prédateurs et contre la dessiccation, et offre un support qui permet une locomotion efficace.

La métamorphose et les différences entre les larves et les adultes permettent de réduire la compétition intraspécifique pour des ressources limitées. La grande fécondité et la multiplication rapide des Insectes leur permet d'exploiter les ressources alimentaires rapidement avant que d'autres animaux en bénéficient, augmentant ainsi les chances de survie de l'espèce. Enfin, leur association avec les plantes à fleur et la coévolution de ces deux groupes leur a permis d'exploiter une source de nourriture abondante et variée.

3.8. Embranchement des Échinodermes



- **Architecture et classification**

Les Échinodermes ont une symétrie radiale d'ordre 5 (symétrie pentaradiale). Comme tous les animaux à symétrie radiale. Par contre, ils ont une face orale (où se trouve la bouche) et une face aborale (à l'opposé de la bouche) (**Figure 1**). L'étoile de mer illustre bien les principales caractéristiques de l'embranchement.

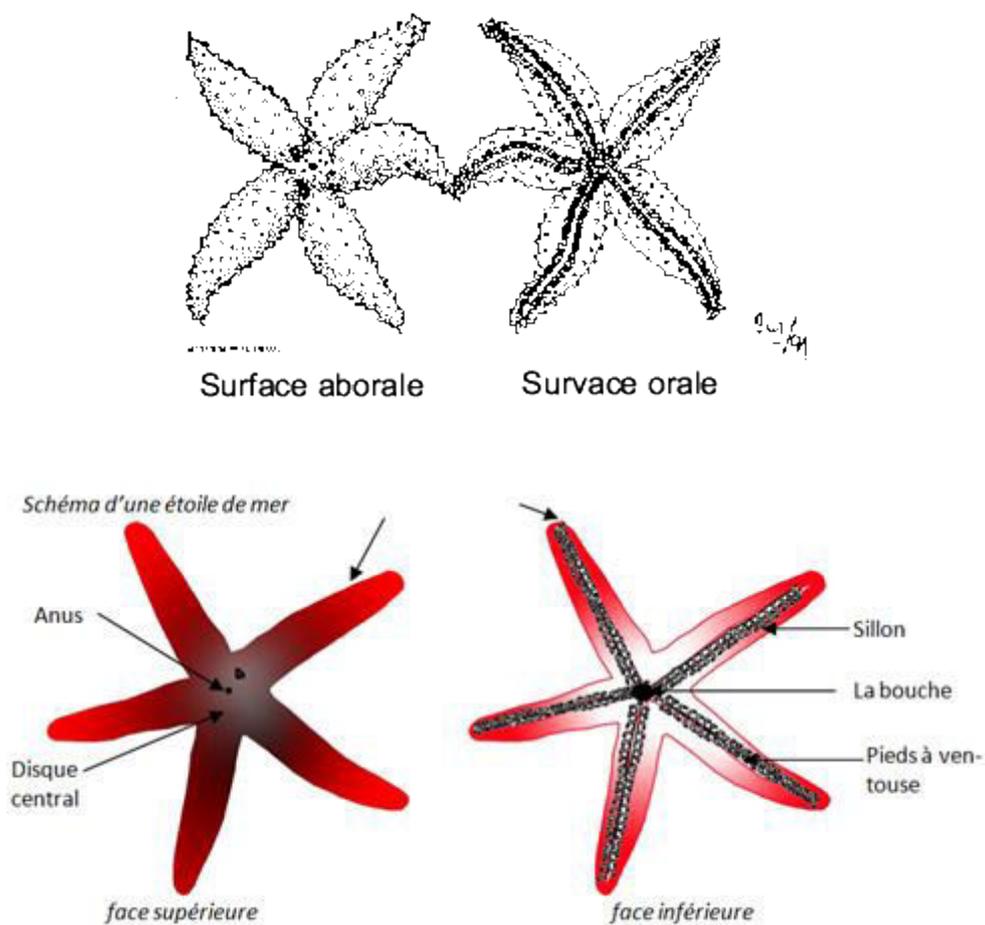


Figure 1. Anatomie externe de deux étoiles de mer : l'une vu de dessus, l'autre de dessous 1].

Les Échinodermes ont un endosquelette calcaire formé d'ossicules. Ces ossicules portent des épines qui dépassent de l'épiderme, et sont plus ou moins soudées de manière à permettre le mouvement. L'épiderme des Échinodermes est cilié.

Les Échinodermes possèdent une structure unique, le système aquifère qui est formé d'une série de canaux remplis de liquide et grâce auquel ils peuvent se mouvoir et capturer leur proies. Le système aquifère est rempli d'un liquide d'une composition très similaire à l'eau de mer, mais ayant une pression osmotique légèrement supérieure. Il s'ouvre vers l'extérieur par un pore (le madrépore ou madréporite). Ce réseau de tubules part du madrépore et rejoint le canal circulaire. De là, le canal circulaire se ramifie dans chacun des bras en canal radial. Tout le long des bras se trouvent de petits canaux, les canaux ambulacraires, qui mènent aux pieds ambulacraires (**Figure 2**).

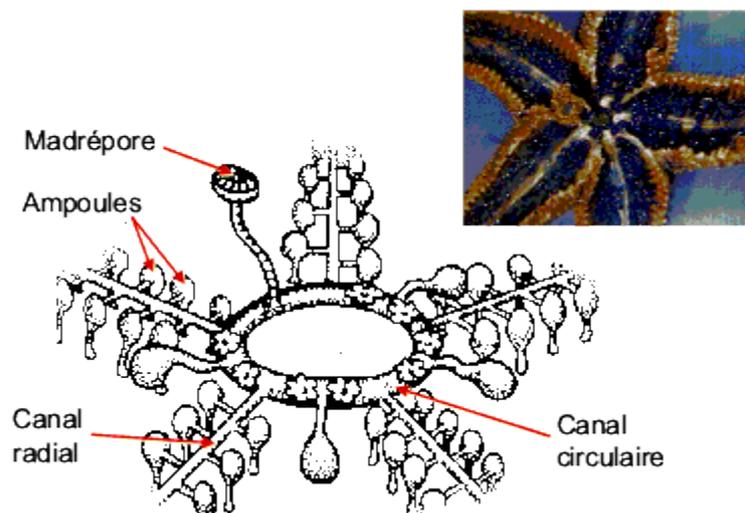


Figure 2 . Photo et schéma des composantes du système aquifère d'une étoile de mer[2].

Les étoiles de mer font partie de la classe des Astéroïdes. Les oursins et les dollars des sables font partie de la classe des Echinoïdes, caractérisée par la présence d'un test interne formé par la fusion des ossicules. Les concombres de mer, qui sont des suspensivores fort sympathiques, font partie de la classe des Holothuries. Ces derniers ont une forme cylindrique, un épiderme qui a l'apparence du cuir, et des ossicules réduits.

- **Locomotion**

Les pieds ambulacraires sont la principale structure locomotrice. À l'intersection du canal latéral et de l'ampoule se trouve une valve qui permet d'emprisonner l'eau dans le pied ambulacraire. Les muscles longitudinaux de l'ampoule permettent de pousser l'eau dans le pied, provoquant ainsi son extension. À l'extrémité de chaque pied se trouve une ventouse qui permet l'adhésion du pied ambulacraire sur le substrat. Finalement, la détente des muscles longitudinaux dans la paroi de l'ampoule permet la rétraction du pied. Le mouvement coordonné de centaines de pieds ambulacraires permet à l'étoile de mer d'avancer lentement. Le liquide contenu dans le système aquifère est légèrement hyperosmotique à l'eau de mer ce qui réduit les chances d'une perte de pression dans le système.

- **Respiration et circulation**

La diffusion joue un rôle important dans la respiration des Échinodermes. Le système aquifère, dont la surface interne est ciliée, sert de système circulatoire, permettant à l'oxygène, aux éléments nutritifs, et aux déchets de passer de l'épiderme aux tissus internes ou vice-

versa. Les concombres de mer ont des arbres respiratoires (organes arborescents) qui communiquent avec l'extérieur par le cloaque.

- **Alimentation et digestion**

Les étoiles de mer sont des prédateurs. Leurs déplacements lents ne leur permettent d'attraper que des proies qui sont encore plus lentes qu'elles, comme les moules et les huîtres. Elles arrivent à entrouvrir la coquille de ces mollusques en se servant de leurs pieds ambulacraires, et évaginent ensuite leur estomac cardiaque à l'intérieur de la coquille de leur proie. Les enzymes digestives produites par l'estomac digèrent et liquifient les tissus de la proie, et la "soupe" produite est aspirée à l'intérieur du tube digestif de l'étoile de mer où la digestion se poursuit (dans l'estomac pylorique et les caeca). Le tube digestif se ramifie dans les bras de l'étoile de mer, et cette ramification favorise le transport des éléments nutritifs vers toutes les parties de l'animal.

Les oursins, de la classe des Echinoïdes, sont des brouteurs qui se nourrissent des algues de la zone littorale des océans. Les concombres de mer sont benthiques et se nourrissent des particules qui sédimentent; ce sont des suspensivores.

- **Excrétion et osmorégulation**

Les Échinodermes n'ont pas de système excréteur et rejettent leurs déchets azotés directement sous forme d'ammoniac. Ce sont des animaux exclusivement marins, et on explique leur distribution par l'absence de système assurant l'osmorégulation.

- **Sens et système nerveux**

Les structures sensorielles des Échinodermes sont dispersées sur tout l'animal, le système nerveux est formé de deux éléments principaux: un anneau nerveux central et des nerfs radiaux. Les étoiles de mer possèdent également des structures permettant de percevoir la lumière à l'extrémité des bras. Ces structures leur permettent de détecter où se trouve la surface, un peu comme les statocystes des méduses.

- **Reproduction**

L'embryologie des membres de ce groupe donne des indices de son origine évolutive. La larve bilatérale planctonique se fixe éventuellement et devient un adulte. Les Échinodermes sont dioïques, quoique les mâles et les femelles soient morphologiquement similaires. Les gamètes sont relâchés dans l'eau de mer où a lieu la fertilisation.

Les Échinodermes ont une grande capacité de régénération. Les étoiles de mer peuvent facilement remplacer un bras qui a été coupé.

- **Défenses et adaptations à la vie sessile**

L'endosquelette calcaire, qui occupe une fraction importante de l'animal, assure une protection relative aux Échinodermes. Les épines servent également à repousser les prédateurs. De plus, plusieurs Échinodermes possèdent des pédicellaires, qui servent à pincer les intrus.

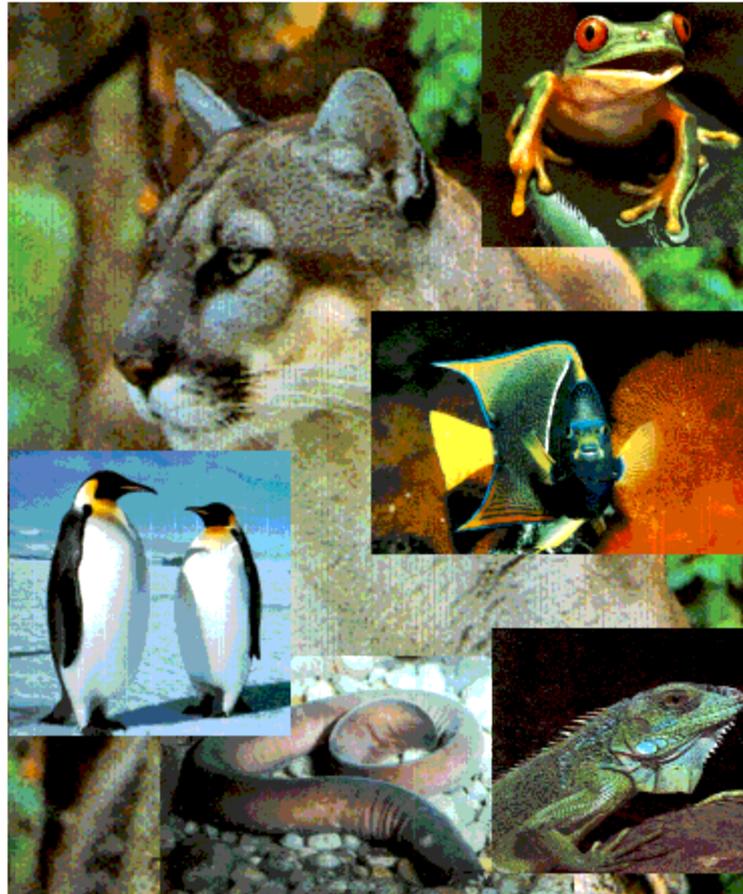
Les animaux sessiles et peu mobiles comme les Échinodermes, mais aussi les éponges et les polypes de Cnidaires, doivent faire face à trois problèmes: ils doivent se protéger des

prédateurs, éviter d'être enfouis par les particules qui sédimentent ou d'être recouverts par d'autres organismes sessiles, et avoir un moyen de se déplacer pour coloniser de nouveaux habitats et réduire ainsi la compétition intraspécifique ou interspécifique.

- **Écologie**

Prédateurs de Bivalves, les étoiles de mer peuvent réduire considérablement les populations d'huîtres et de moules, ce qui cause de sérieux problèmes aux aquiculteurs qui cultivent ces mollusques très prisés des gourmets. Les oursins jouent un rôle important dans les communautés littorales. La réduction du nombre de leurs prédateurs (loutres sur les côtes de Californie, phoques et poissons dans le Golfe du Saint-Laurent) a causé une augmentation de leur population. La surabondance d'oursins a lourdement taxé les peuplements d'algues qui servent de refuge à de nombreux autres organismes. La diversité des communautés côtières a été réduite, et l'abondance de certains organismes, comme le homard, a décliné fortement.

3.9. Embranchement des Chordés



L'embranchement des Chordés est subdivisé en trois sous-embranchements: les Urochordés, les Céphalochordés, et les Vertébrés.

1. Les Vertébrés

Les Vertébrés sont caractérisés par la présence d'une colonne vertébrale, formée de vertèbres métamériques, et par un crâne, qui donnent support et protection au tube neural

(la moelle épinière) et au cerveau. Le sous-embranchement des Vertébrés est divisé en 2 superclasses en se basant sur la présence d'une mâchoire: la superclasse des Agnathes (du grec a=sans et gnathos= mâchoire) et la superclasse des Gnathostomes. Les Vertébrés qui ont une mâchoire, les Gnathostomes, se divisent en six classes: les Chondrichthyens (requin, raie), les Osteoichthyens (tous les poissons qui ont des arêtes), les Amphibiens (grenouille, salamandre), les Reptiles (tortue, serpent, crocodile), les Oiseaux, et les Mammifères.

1.1. Les Poissons

- **Architecture et classification**

Dans la vie de tous les jours, on appelle poisson presque tous les Vertébrés aquatiques à sang froid. Ce vocable de poisson regroupe cependant 3 classes bien distinctes de Vertébrés: Les Agnathes ne possèdent pas de mâchoires. Comme l'ancêtre, ce sont généralement des animaux filtreurs, se nourrissant de petites particules organiques en suspension dans l'eau.

Les Chondrichthyens, ou poissons cartilagineux, possèdent un squelette plus développé, mais fait presque entièrement de cartilages, Les Osteoichthyens, ou poissons osseux (**Figure 1**).

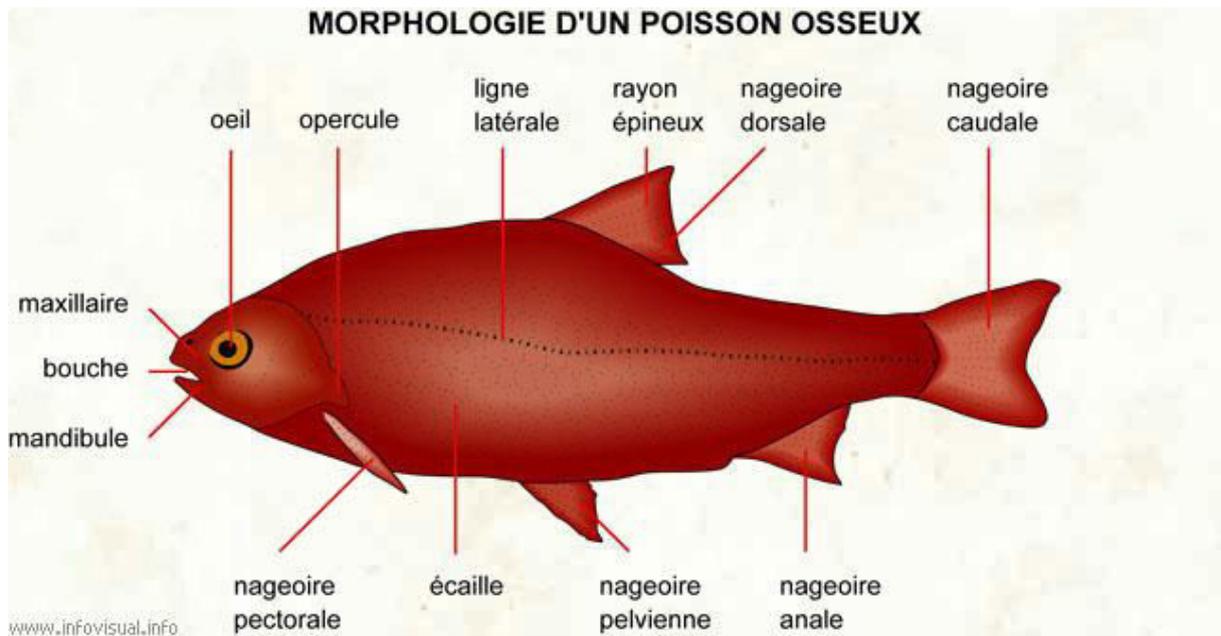


Figure1 : Morphologie d'un poisson osseux[1].

- **Locomotion**

L'arrangement en zigzag des myomères chez les poissons permet un contrôle plus précis des ondulations et donc un mouvement plus efficace.

Chez les Chondrichthyens comme le requin, ce sont les mouvements de la queue qui font avancer l'animal. Le passage de l'eau près des nageoires pectorales et pelviennes exerce une poussée vers le haut lorsque l'animal avance, et empêche le tangage. La nageoire dorsale (aileron) empêche le roulis. Ces animaux sont condamnés à nager continuellement, sinon ils coulent lentement. Les requins régularisent leur densité en accumulant une huile (le squalène) dans le foie, ce qui leur permet de réduire la dépense énergétique pour rester en suspension dans l'eau (**Figure 2**)

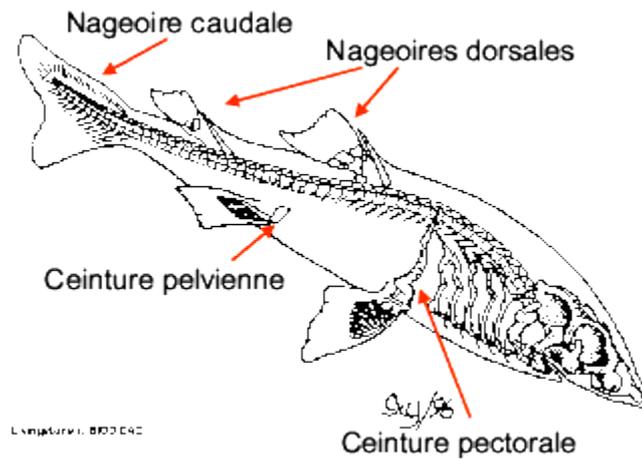


Figure 2 : Caractéristiques des Chondrichthyens[2] .

Chez les Osteichthyens, la position des nageoires pectorales et pelviennes, ainsi que leur articulation et leur fonction, changent. Les nageoires pectorales remontent vers l'arrière de l'opercule, et les nageoires pelviennes prennent la place qu'occupaient les nageoires pectorales. La nouvelle position des nageoires pectorales permet de mieux contrôler le mouvement à basse vitesse, d'effectuer des demi-tours rapides et de freiner (**Figure 3**).

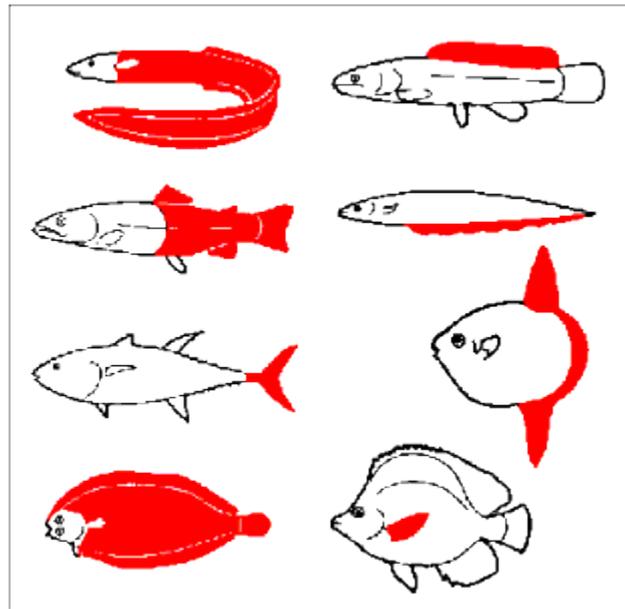


Figure 3. Parties du corps utilisées par différents poissons osseux (Osteoichthyens) pour se propulser[3].

- **Respiration et circulation**

Les poissons se procurent de l'oxygène à l'aide de branchies qui sont des structures très élaborées et fragiles. La ventilation des branchies est assurée par l'ouverture de la bouche et les mouvements des arches branchiales. La présence de l'opercule et d'une valve buccale permet aux Osteoichthyens de ventiler efficacement leurs branchies.

Les poissons, comme tous les Vertébrés, ont un système circulatoire fermé, et le système vasculaire est tapissé d'un endothélium non abrasif pour éviter d'endommager les cellules sanguines. Le coeur est formé d'une oreillette et d'un ventricule. Le sang désoxygéné

provenant du foie, du cerveau, et du reste du corps s'accumule dans le sinus veineux avant d'être pompé par le coeur. Du ventricule, il passe par l'aorte et est dirigé vers les branchies pour être oxygéné. De là, il est dirigé vers la tête et le corps. Entre le ventricule et l'aorte, il y a un renflement élastique, le bulbus arteriosus, dont la fonction est de régulariser la pression sanguine entre les battements du ventricule.

- **Osmorégulation et excrétion**

Les requins et les raies (Chondrichthyens) conservent leurs déchets azotés sous forme d'urée à haute concentration dans leurs fluides internes, ce qui augmente leur pression osmotique au-delà de celle de l'eau de mer. et les excès de sels absorbés avec la nourriture sont éliminés par la glande rectale qui excrète le chlorure de sodium (NaCl) dans la partie postérieure de l'intestin.

- **Sens et système nerveux**

L'olfaction est un sens très développé chez les poissons, et le bulbe olfactif du cerveau est généralement très bien développé. Le système acoustico-vestibulaire comprend les canaux semi-circulaires, remplis de fluide et de statolithes et tapissés de cellules ciliées, qui sont l'organe de l'équilibre. La ligne latérale est l'organe auditif.

- **Écologie**

La majorité des poissons marins vivent dans les eaux côtières qui sont les plus productives. La majorité sont des prédateurs, mais certains sont herbivores. La faune ichthyenne des eaux douces est très diversifiée. On attribue cette diversification à la grande diversité des habitats dulcicoles et aux plus grandes probabilités d'isolation génétique.

1.2. Les Amphibiens



- **Architecture et classification**

Les Amphibiens (du grec *amphi*= double et *bios*= vie) sont des vertébrés tétrapodes ectothermes qui ont typiquement une peau mince, sans écailles, mais avec des glandes produisant du mucus ou du venin. Leur cycle de vie a deux stades: une forme larvaire aquatique et une forme adulte qui peut être terrestre ou aquatique.

La classe des Amphibiens comprend les grenouilles, rainettes et crapauds (Ordre Anoures, qui veut dire sans queue), et les salamandres et tritons (Ordre Urodèles, qui veut dire queue visible).

Les Urodèles (salamandre) ont la même forme que les amphibiens primitifs qui sont éteints. On les retrouve principalement dans les milieux humides et frais sous les pierres ou les souches. Les Anoures (grenouille) ont une tête large, n'ont pas de queue, et ont des pattes postérieures et une ceinture pelvienne très développée qui leur permet de se déplacer en sautant.

- **Squelette et locomotion**

La colonne vertébrale des Amphibiens est plus rigide que celle des poissons, et les vertèbres possèdent des zygapophyses. Chez les Urodèles, la marche est accompagnée d'une ondulation du corps qui rappelle la nage des poissons.

- **Respiration et circulation**

Les formes aquatiques d'Amphibiens possèdent des branchies. Ces branchies peuvent être externes, comme chez le triton, ou internes, comme chez le têtard.

Chez la grenouille, la métamorphose du têtards en grenouille s'accompagne de changements respiratoires importants. Les branchies disparaissent, et sont remplacées par des poumons simples mais bien vascularisés.

- **Alimentation et digestion**

La plupart des Amphibiens adultes ont des dents qu'ils utilisent principalement pour retenir leurs proies qui sont avalées entières. Les grenouilles capturent leurs proies (généralement des insectes) à l'aide de leur langue qui est attachée à l'avant de la bouche et repliée vers l'arrière au repos. Lorsque la proie passe à proximité, la langue se déplie

rapidement, et se colle à l'insecte qui est ramené dans la bouche. Les grenouilles avalent leur proies en comprimant les muscles de leur gorge et en enfonçant leurs globes oculaires dans la cavité buccale, ce qui force la proie à pénétrer dans l'oesophage.

- **Excrétion et osmorégulation**

L'excrétion est accomplie par des reins. Les larves et les adultes aquatiques excrètent généralement de l'ammoniac. La plupart des adultes terrestres excrètent leurs déchets azotés sous forme d'urée. La métamorphose chez la grenouille s'accompagne de changements dans la physiologie du rein et d'un passage d'excrétion des déchets sous forme d'ammoniac à une excrétion d'urée.

- **Reproduction**

Les oeufs des Amphibiens ne peuvent résister à la dessiccation. La reproduction se fait donc en milieu aquatique, et la distribution de ces animaux est limitée par la disponibilité d'eau. Les gamètes sont relâchées dans l'eau et la fécondation est externe.

1.3. Les Reptiles



- **Respiration et circulation**

La présence d'une peau imperméable empêche la respiration cutanée chez les Reptiles. Cette perte est compensée par une amélioration de l'efficacité du poumon et du système circulatoire. La ventilation des poumons est assurée par la contraction des muscles intercostaux et abdominaux chez la majorité des Reptiles. Chez les tortues, la carapace dorsale et le plastron ventral empêchent le mouvement de la cage thoracique, et ce sont les mouvements des ceintures pectorale et pelvienne qui assurent l'inflation et la déflation des poumons.

La surface interne des poumons est augmentée par la présence de plusieurs cloisons. Certains caméléons possèdent de long diverticules aveugles qui s'étendent entre les viscères. Ces diverticules peuvent être gonflés d'air, ce qui augmente le volume du corps et peut effrayer les prédateurs.

- **Alimentation et digestion**

La majorité des Reptiles sont carnivores. Les adaptations principales sont les dents et les modifications de la mâchoire permettant d'avaler de grandes proies. Les crocodiles et la majorité des lézards ont de multiples dents semblables (ils sont homodontes). Chez les crocodiles, ces dents sont profondément ancrées dans la mâchoire, ce qui réduit les chances qu'elles soient arrachées lors d'un combat avec une proie. L'articulation de la mâchoire des lézards et des serpents est particulière et leur permet d'avaler des proies de taille disproportionnée. De plus, les deux moitiés de la mâchoire inférieures ne sont pas fusionnées, mais reliées par des ligaments élastiques.

Les serpents ont typiquement des dents sur le palais, et ces dents sont incurvées vers l'arrière ce qui empêche la proie de s'échapper. La plupart des serpents venimeux ont des crochets creux qui leur permettent d'injecter leur venin. Ces crochets peuvent être dépliés par l'action des muscles de la tempe. Le venin est souvent une neurotoxine qui attaque le système nerveux, mais la vipère et le serpent à sonnette produisent un venin hémotoxique qui détruit les érythrocytes et les vaisseaux sanguins

- **Excrétion et osmorégulation**

Les Reptiles excrètent leurs déchets azotés sous forme d'acide urique, ce qui leur permet de/ conserver l'eau si précieuse en milieu sec. Les reptiles marins ont des glandes à sel sur la tête pour se débarrasser du surplus d'ions.

- **Reproduction**

La fertilisation est interne chez les Reptiles. Les gamètes ne sont donc pas exposés aux rigueurs du milieu terrestre. Les Reptiles pondent des oeufs amniotiques. L'embryon est entouré d'une membrane (l'amnios) renfermant le liquide amniotique. Deux sacs membraneux sont rattachés à l'embryon: la vésicule vitelline et l'allantoïde. La vésicule vitelline contient le vitellus (jaune) qui nourrit l'embryon. L'allantoïde sert à entreposer les xtg jusqu'à l'éclosion. Le tout est entouré d'une autre membrane, le chorion, qui est perméable aux gaz, mais pas à l'eau. Le chorion est entouré d'une coquille souple chez les Reptiles.

- **Défenses et adaptations**

Les Reptiles sont des hétéothermes ectothermes (poïkilothermes). Leur température corporelle varie (hétéotherme), et ces variations de température sont reliées à celles de l'environnement (ectotherme). Ces animaux arrivent cependant à régulariser quelque peu leur température en modifiant leur comportement.

Certains biologistes croient que les plus gros dinosaures étaient homéothermes et endothermes, c'est-à-dire qu'ils maintenaient leur température constante en contrôlant leur métabolisme.

- **Système nerveux**

La langue d'un serpent n'est pas venimeuse. C'est plutôt un organe qui sert à capter les produits chimiques contenus dans l'air et à les amener jusqu'à l'organe de Jacobson, situé dans le plafond de la bouche. Certains serpents nocturnes ont, sur la tête, des organes

thermosensibles qui leur permettent de détecter les petits rongeurs nocturnes dont ils se nourrissent.

1.4. Les Oiseaux



Les Oiseaux peuvent presque être définis comme étant des Reptiles spécialisés car leur architecture est similaire à celle des Reptiles et les modifications peuvent être reliées au vol. Les oiseaux sont des homéothermes endothermes qui ont des plumes. Leurs membres antérieurs sont modifiés pour le vol, et leurs membres postérieurs pour la marche, la nage, ou pour se percher.

- **Respiration et circulation**

La présence de plumes réduit la ventilation de l'épiderme et empêche les oiseaux d'avoir une respiration cutanée. Leurs grands besoins métaboliques (de 6 à 10 fois ceux d'un reptile de taille similaire) ont entraîné des modifications au niveau des systèmes respiratoire et circulatoire.

- **Alimentation et digestion**

Les oiseaux ont des besoins métaboliques élevés et doivent donc se nourrir d'aliments riches. Les premiers oiseaux étaient sans doute des insectivores, mais le mode alimentaire des oiseaux actuels est très varié (granivores, piscivores, carnivores, nécrophages, frugivores). La spécialisation alimentaire s'accompagne de modifications au niveau du bec et du tube digestif. Par exemple, les oiseaux granivores, comme la poule, ont un bec robuste pour briser les graines, un jabot pour les entreposer, et un gésier qui contient typiquement des cailloux pour les broyer (les oiseaux n'ont pas de dents).

- **Excrétion et osmorégulation**

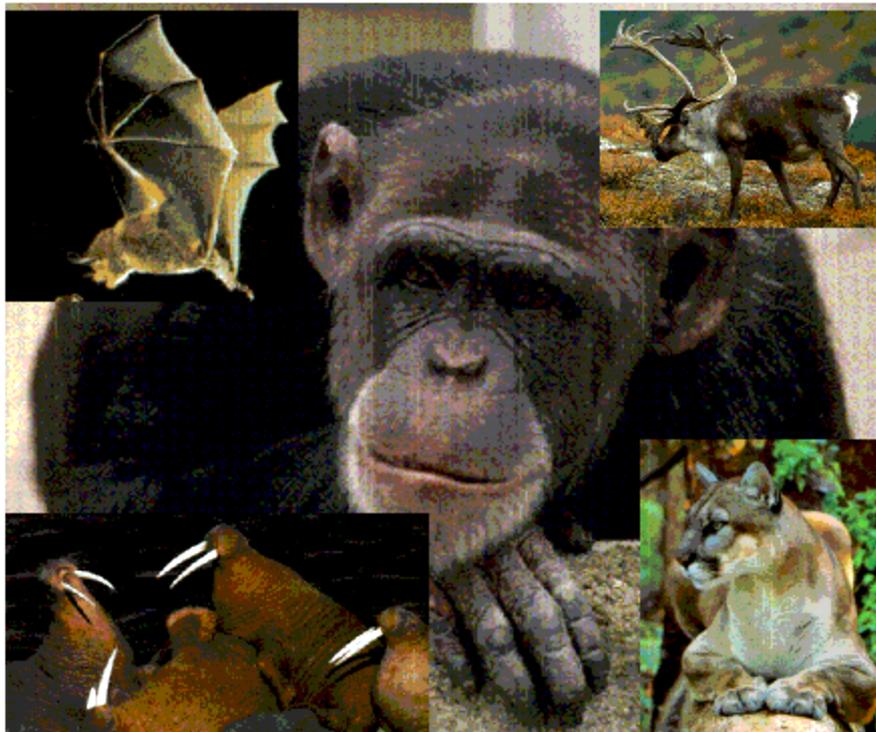
Les oiseaux marins ont des glandes à sel semblables à celles des iguanes pour excréter le surplus d'ions.

- **Système nerveux**

Le vol requiert une très bonne vision et une bonne coordination; les zones du cerveau responsables de ces aspects sont donc particulièrement développées chez les oiseaux.

Les yeux sont très développés, et leur position est reliée au régime alimentaire. Chez les oiseaux herbivores, les yeux sont disposés de chaque coté de la tête, ce qui leur permet d'avoir un très large champ de vision et de voir venir les prédateurs. Chez les rapaces, les yeux sont situés à l'avant, ce qui permet d'avoir une meilleure vision binoculaire et de mieux juger des distances et les vitesses.

1.5. Les Mammifères



Les Mammifères sont donc des Vertébrés endothermes, homéothermes, couverts de poils, et caractérisés par la présence de mamelles.

- **Locomotion**

Les membres locomoteurs des Mammifères ont une variété surprenante de formes. Les animaux fouisseurs, comme la taupe, ont des membres courts et puissants qui leur permettent de creuser dans le sol rapidement. Les animaux sauteurs, comme le kangourou, ont des pattes postérieures hypertrophiées. Les animaux coureurs ou ceux qui se déplacent beaucoup (caribou) ont des membres élancés qui leur permettent de faire des grands pas.

- **Respiration et circulation**

La peau des Mammifères est formée de plusieurs couches de cellules mortes, ce qui réduit les pertes d'eau en milieu terrestre, mais limite les échanges gazeux cutanés. L'air est aspiré dans les poumons sous l'action du diaphragme et des muscles intercostaux. L'air passe d'abord dans les fosses nasales où il est réchauffé et humecté, puis dans la trachée et les bronches recouvertes de cils qui repoussent les particules (**figure 1**).

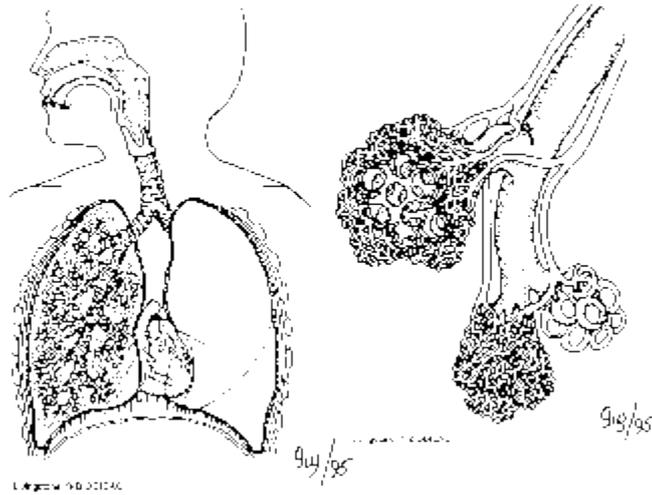


Figure 1. Système respiratoire et alvéoles pulmonaires d'un humain[1].

La surface des poumons est augmentée par la présence des alvéoles. La dilatation des poumons requiert un travail considérable car la tension superficielle qui colle les membranes alvéolaires est élevée. Pour faciliter la ventilation, on retrouve des surfactants qui réduisent la tension superficielle à la surface interne des alvéoles. La présence de ces surfactants réduit le travail nécessaire à la dilatation des poumons. Lorsque l'alvéole se dilate, la concentration des surfactants par unité de surface diminue, et la tension superficielle augmente, ce qui fait augmenter la résistance à la dilatation et protège contre l'éclatement.

Le coeur des Mammifères a quatre chambres, comme celui des Oiseaux. Le sang passe d'abord par les poumons avant d'être repompé dans le reste du corps. Ce circuit assure que le sang oxygéné (artériel) est à haute pression lors de sa distribution vers les organes. L'aorte est élastique et cette élasticité lui permet de tamponner les variations de pression entre les battements cardiaques.

- **Alimentation et digestion**

Le tube digestif des Mammifères est assez typique des Vertébrés mais c'est au niveau des dents et de la mâchoire que les Mammifères se distinguent.

Les Mammifères sont hétérodontes, et l'importance relative des divers types de dents varie selon le mode d'alimentation. Contrairement aux autres Vertébrés, les dents des Mammifères ne sont remplacées qu'une seule fois (dents de lait). Les dents se trouvent sur un seul os (l'os dentaire), ce qui renforce la mâchoire.

L'articulation de la mâchoire diffère chez les Mammifères carnivores et herbivores. Chez les carnivores, l'articulation se trouve au même niveau que les dents, ce qui permet aux prémolaires (on les appelle les dents carnassières chez les carnivores) de cisailer les chairs de la proie. Chez les herbivores, l'articulation est située au-dessus du niveau des dents, et l'action des muscles de la mâchoire fait que toutes les dents se referment en même temps, permettant ainsi de broyer la nourriture efficacement (**Figure 2**).

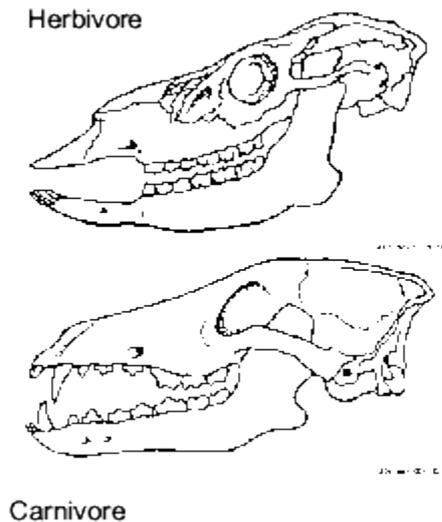


Figure 2. Articulation de la mâchoire d'un Mammifère carnivore et chez un herbivore [2].

- **Excrétion et osmorégulation**

L'excrétion des déchets azotés par le rein se fait généralement sous forme d'urée chez les Mammifères. Les Mammifères qui vivent en milieu très sec ont des boucles de Henle très longues ce qui leur permet de réabsorber une bonne partie de l'eau qui se retrouverait perdue dans l'urine.

- **Système nerveux**

La taille relative du cerveau des Mammifères est de cinq à dix fois celle des Reptiles. Comme chez les Oiseaux, le cervelet est bien développé, permettant une bonne coordination des membres locomoteurs. Contrairement aux Oiseaux cependant, le bulbe visuel est peu

développé, et c'est plutôt le bulbe olfactif qui est bien développé. Le néocortex, couche externe des hémisphères cérébraux ,se développe considérablement et permet d'intégrer l'information et les influx nerveux.

- **Adaptations**

Les adaptations comportementales des Mammifères peuvent dans bien des cas leur permettre d'assurer leur défense. Le contrôle de la température corporelle est l'une des priorités pour ces animaux. En climat froid, certains Mammifères vont hiberner durant l'hiver, alors que dans les déserts ils estiveront. Dans les deux cas, l'animal se roule en boule de manière à réduire son rapport surface:volume et conséquemment les pertes de chaleur ou d'eau.

Les animaux nordiques ont des appendices courts et souvent de couleur plus foncée que le reste du pelage de manière à capter le plus d'énergie calorifique possible. Ils tendent également à être plus gros que les espèces apparentées qui vivent plus au sud.

Lorsque la température est chaude, la transpiration est augmentée de manière à réduire la température corporelle. Comme le pelage réduit considérablement l'évaporation, il est fréquent d'observer un halètement lorsque les Mammifères tentent de se rafraîchir.

Webographie

II Sous -regnes des Protozoaires.

- [1] : Figure 1. L'amibe. <https://resources.profuturo.education/fr/ressource/amibe-dictionnaire-visuel/baea6b7d-ba77-439f-b8b7-48051ed75399>: (consulté le 13 avril 2017).....13
- [2] : Figure.2 Struture d'un Euglene <https://infovisual.info/fr/biologie-animale/euglene>: (consulté le 13 avril 2017).....14
- [3] : Figure 3. Paramécie. https://www.researchgate.net/figure/Le-filtre-de-Canny-applique-sur-limage-de-la-paramecie-pour-un-masque-5x5_fig20_340804180: (consulté le 13 avril 2017).....15
- [4] : Figure 4. Mouvement amiboïde <http://georges.crozet.free.fr/p4.htm>: (consulté le 13 avril 2017).....17
- [5] : Figure 5. phagoytose chez l'amibe <https://fr.sawakinome.com/articles/science/difference-between-phagocytosis-and-pinocytosis.html>. : (consulté le 13 avril 2017).....18
- [6] :Figure6. Structure de la vacuole contractile d'une paramécie <http://ssaft.com/Blog/dotclear/?post/2015/11/05/Eucaryotes-et-caetera-Si-Vis-Veto>
Paramecium : (consulté le 13 avril 2017).....19
- [7] :Figure7. Scissiparité chez une bactérie https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Mitose_simple.jpg: (consulté le 13 avril 2017).....21
- [8] : Figure 8. Dinoflagellé *Ceratium*. Ce sont des flagellés apparentés à ce genre qui sont responsables de plusieurs empoisonnements alimentaires chez les amateurs de mollusques :. <http://www.diatomloir.eu/Siteplancton/Phytoflagel.html>: (consulté le 13 avril 2017).....23

III. Les Métazoaires.

3.1. Les Spongiaires « Les Porifères ».

- [1] : Figure 1. Choanocyte d'une éponge. C'est le battement du flagelle des choanocytes qui fait circuler l'eau dans les éponges. Les particules entraînées par le mouvement de l'eau sont capturées dans la collerette. <https://www.biodeug.com/cours/balic/0234.jpg>: (consulté le 20 avril 2017).....25
- [2] : Figure 2. Eponge : <https://puteauxplongee.com/bio/qfiles.php?taxonref=21> (consulté le 20 avril 2017).....27
- [3] : Figure 3. Éponge de type ascon. L'eau entre par les pores inhalants formés par les porocytes, passe dans le spongiocoele, et ressort par l'oscule. <https://www.biodeug.com/cours/balic/0231.jpg>: (consulté le 20 avril 2017).....28
- [4] : Figure 4. Éponge de type sycon. L'eau entre par un pore inhalant, passe dans un canal radial où sont les choanocytes, puis dans le spongiocoele pour être expulsée par l'oscule. <https://quizlet.com/cdn cgi/image/f=auto,fit=cover,h=200,onerror=redirect,w=240/https://o.quizlet.com/NksXk50p2tEcJB5SEraNwg.png>: (consulté le 20 avril 2017).....29
- [5] : Figure 5. Éponge de type leucon. L'eau entre par un pore inhalant, passe par une chambre contenant des choanocytes pour ressortir par un oscule. https://slidetodoc.com/presentation_image_h/78d98403007332416c288780fc38f92b/image-15.jpg: (consulté le 20 avril 2017).....30
- [6] : Figure 6 : les trois formes des éponges calaires. <https://www.auxbulles.com/img/eponge-type-ascon-sycon-leucon-01.png>: (consulté le 20 avril 2017).....31

Webographie

[7] : Figure 7. Alimentation des éponges. Les particules capturées dans la collerette sont ingérées par les choanocytes, empaquetées dans des vacuoles, puis transférées aux amibocytes où elles sont digérées pour ensuite être transportées aux autres cellules
https://slidetodoc.com/presentation_image_h/10c629ae23d19460a0f76cb5d8bdaee8/image-69.jpg:(consulté le 20 avril 2017).....33

[8] : Figure 8 : Processus de nutrition par filtration de l'eau d'une éponge syconoïde ou leuconoïde (a : pore inhalant ; b : particule organique ; c : particule inorganique ; d et f : amibocyte (phagocyte) ; e : choanocyte ; g : vacuole digestive ; h : corbeille vibratile ; i : pore exhalant)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Esponjas_alimentacion.jpg?uselang=fr: (consulté le 20 avril 2017).....34

[9] : Figure 9 : la reproduction chez l'éponge. <https://media.istockphoto.com/vectors/diagram-showing-sponge-reproduction-vector-id1397822112?s=612x612>: (consulté le 20 avril 2017).....36

3.2. Embranchement des Cnidaires

[1] :Figure1 : méduse et polype.

https://www.clg-guehenno.ac-aix_marseille.fr/spip/sites/www.clg-guehenno/spip/local/cache-vignettes/L314xH161/meduse_1-3939f.jpg?1634907906: (consulté le 23 avril 2017).....39

[2] : Figure 2. Détail de l'ombrelle d'une méduse montrant les statocystes et les photorécepteurs <https://slideplayer.fr/slide/3035917/>:(consulté le 23 avril 2017).....43

[3] : Figure 3: La reproduction chez les cnidaires. <https://infovisual.info/fr/biologie-animale/cycle-vital-dune-meduse> :(consulté le 23 avril 2017).....44

3.3 Embranchement des Plathelminthes

[1] : Figure 1. Système digestif d'un ver plat libre
https://ressources.unisciel.fr/zoologie/Platyhelminthes/images/Turbellarie_geocities_g.jpg
(consulté le 23 avril 2017).....48

[2] : Figure 2. Détail de l'anatomie interne d'un ver plat.

https://ressources.unisciel.fr/zoologie/Platyhelminthes/images/Turbellarie_geocities_g.jpg:
(consulté le 23 avril 2017).....49

[3] : Figure 3. Système reproducteur d'un vers plat libre

<http://www.jeanduperrex.ch/Site/Vers.html>: (consulté le 23 avril 2017).....50

3.4 Embranchement des Nématodes

[1]. Figure 1. Détail de la paroi corporelle d'un Nématode.

<https://www.zoologie-uclouvain.be/syllabus-interactif.php?mode=&id=19>: (consulté le 30 avril 2017).....51

[2]. Figure 2. Coupe transversale d'un Nématode.

https://ressources.unisciel.fr/zoologie/theme_2_fixe_vs_mobile/Nemathelminthes.htm: (consulté le 30 avril 2017).....53

3.5 Embranchement des Mollusques

- [1] . Figure 1. Caractéristiques des Mollusques. Les caractéristiques ancestrales sont: coquille et manteau entourant la masse vicérale dorsale, pied ventral cilié, radula, et cténidie dans la cavité du manteau (cavité palléale)
https://slidetodoc.com/presentation_image_h/ee3b6eb444553cbb7198ddd20eccae80/image-5.jpg: (consulté le 5 Mai 2017).....56
- [2]. Figure2. Vue latérale de l'anatomie interne d'un chiton.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d0/Polyplacophora_ontogeny.jpg/1280px-Polyplacophora_ontogeny.jpg:(consulté le 8 Mai 2017).....58
- [3]. Figure 3. Anatomie d'un Gastéropode.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/68/Gastropoda_fr.png/1024px-Gastropoda_fr.png: (consulté le 8 Mai 2017).....59
- [4]. Figure 4 : les Palourdes
http://www.breizh-coquillages.fr/s/cc_images/cache_61732125.jpg?t=1486144037: (consulté le 8 Mai 2017)..... 60
- [5]. Figure 5. Schéma de l'anatomie interne de la palourde, un Bivalve. L'eau est aspirée par le siphon inhalant, filtrée par les cténidies, puis expulsée par le siphon exhalant.
http://www.breizh-coquillages.fr/s/cc_images/cache_61732106.jpg?t=1486143970: (consulté le 8 Mai 2017)..... 61
- [6].Figure6. Anatomie interne du calmar. https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTRzqWnF3AgiRgmyt411vbLz8M9_gxbSYVA9VQJ3O3a4DuXnfT9L03hw6S-4DxDEERR6Yc&usqp=CAU: (consulté le 8 Mai 2017)..... 62

Webographie

[7]. Figure 7. Détail de l'appareil digestif d'un Bivalve illustrant le style cristallin et le moulin gastrique : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Bivalvia>: (consulté le 8 Mai 2017).....65

3.6. Embranchement des Annélides

[1]. Figure1. Segmentation du corps du ver de terre, *Lumbricus terrestris* (Oligochaete) : <https://studylibfr.com/doc/897467/les-ann%C3%A9lides>..... 69

[2]. Figure2 :Morphologie d'un ver de terre https://infovisual.info/storage/app/media/02/img_fr/005%20Morphologie%20ver%20de%20terre.jpg: (consulté le 10 Mai 2017).....70

[3]. Figure 3 : Mouvement péristaltique chez un Oligochaete.
https://www.vigienature-ecole.fr/sites/default/files/styles/max_650x650/public/2019-08/vdt03.png?itok=ruVtxnii:(consultéle10Mai 2017).....71

[4].Figure4. Locomotion chez la sangsue (Hirudinae) https://inpn.mnhn.fr/fichesEspece/EspeciesMarines/Hirudo_medicinalis.pdf: (consulté le 10 Mai 2017).....72

[5]. Figure 5. Coupe latérale du lombric illustrant les différentes parties du tube digestif : <https://fsnv.univ-setif.dz/images/telecharger/EB/Merghem%20cours%20zoologie%203.pdf> (consulté le 10 Mai 2017).....74

[6]. Figure6 : Accouplement chez le ver de terre. <https://www.biodeug.com/cours/balic/4149.jpg>: (consulté le 13 Mai 2017).....76

[7].Figure7 : deux cocons de ver (*Lumbricus terrestris*) <https://c8.alamy.com/compfr/eb66/ver-de-terre-commun-ver-de-terre-ver-de-lob-rosee->

Webographie

worm-ver-squirreltail-twachel-lumbricus-terrestris-deux-cocons-de-ver-une-pluie-allemande-ebrb66.jpg: (consulté le 13 Mai 2017).....77

3.7. Les Arthropodes

[1]. Figure 1. La cuticule des Arthropodes. La mince épicuticule est imprégnée de cires qui l'imperméabilisent.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c0/Cuticule_chez_un_Arthropode.gif: (consulté le 13 Mai 2017).....80

[2]. Figure 2. Tagmes d'un Chelicerate.

<https://www.aquaportail.com/pictures1612/chelicerate-prosome-opisthosome-cheliceres.jpg> (consulté le 13 Mai 2017).....81

[3]. Figure 3. Tagmes d'un Crustacé.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/88/General_malacostracan_fr.svg/370px-General_malacostracan_fr.svg.png (consulté le 13 Mai 2017).....82

[4]. Figure4. Tagmes d'un Insecte.

https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTfkS_LPKejRXQts2q4v5ToGA8cbatCO4eHGkxZDZMYgBZZdK6RLtWoeCNIu04JpEb1xNg&usqp=CAU: (consulté le 13 Mai 2017).....83

[5]. Figure 5. Patte d'un Arthropode illustrant les plans de flexion de chaque articulation.

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bd/Pattedinsecte.GIF/180px-Pattedinsecte.GIF>: (consulté le 13 Mai 2017).....84

Webographie

[6]. Figure6 : Le système trachéen d'un insecte.
<https://www.larousse.fr/encyclopedie/data/images/1010135>
Syst%c3%a8me_respiratoire_des_insectes.jpg: (consulté le 13 Mai 2017).....87

[7]. Figure7. Anatomie interne de l'écrevisse.
https://static.gnoss.ws/didactalia/personalizacion/theme/recursos/Imagenes_InfoVisual/025-anatomie-interne-ecrevisse.jpg: (consulté le 13 Mai 2017).....88

3.8. Embranchement des Échinodermes

[1]. Figure 1. Anatomie externe de deux étoiles de mer : l'une vu de dessus, l'autre de dessous. http://vieocean.free.fr/EDDEN/biodiv/images/schema_etoile_corr.jpg: (consulté le 18 Mai 2017).....92

[2]. Figure 2 . Photo et schéma des composantes du système aquifère d'une étoile de mer.
<https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRA9rMFkRmKushkV3PuJcQCk6kL3S7G0ZAbuw&usqp=CAU>(consulté le 18 Mai 2017).....93

3.9. Embranchement des Chordés

- **Les Poissons**

[1]. Figure1 : Morphologie d'un poisson osseux
https://infovisual.info/storage/app/media/02/img_fr/032%20Morphologie%20poisson%20osseux.jpg.(consulté le 22 Mai 2017).....100

[2]. Figure 2 : Caractéristiques des Chondrichthyens.
<https://www.jlbphotobiosousmarine.fr/biologie/vert%C3%A9br%C3%A9s>: (consulté le 22 Mai 2017).....101

Webographie

[3]. Figure 3. Parties du corps utilisées par différents poissons osseux (Osteoichthyens) pour se propulser. <http://vdsciences.e-monsite.com/pages/sciences-biologiques/biologie-animale/histoire-des-vertebres/histoire-des-vertebres-2.html>:(consulté le 22Mai 2017).....102

- **Les Mammifères**

[1].Figure 1. Système respiratoire et alvéoles pulmonaires d'un humain.<https://fr.khanacademy.org/science/biologie-a-l-ecole/x5047ff3843d876a6:1er-degre-sciences-de-base/x5047ff3843d876a6:bio-1er-degre-les-systemes-circulatoire-et-pulmonaire/a/hs-the-respiratory-system-review.>:(consultéle23Mai 2017).....114

[2]. Figure 2. Articulation de la mâchoire d'un Mammifère carnivore et chez un herbivore.

<https://wamiz.com/chats/forum/qui-sait-de-quel-animal-s-agit-il-90331/4.html>: (consulté le 23Mai 2017).....116

References bibliographiques

- Babin, C. (1965). *Mollusques Bivalves et Céphalopodes du Paléozoïque Armoricaïn* (Doctoral dissertation, Université de Rennes).
- Bacescu, M. I. H. A. I. (1971). Les Spongiaires: un des plus intéressants biotopes benthiques marins. *Rapport et procèsverbaux des reunions. Conseil permanent international pour l'exploration scientifique de la Mer Méditerrané*, 20, 239-241.
- Bertrand, S., & Escrivà, H. (2007). Sur l'évolution du plan d'organisation des chordés.... *médecine/sciences*, 23(5), 468-469.
- Bordat, D., & Arvanitakis, L. (2004). Arthropodes des cultures légumières d'Afrique de l'Ouest, centrale, Mayotte et Réunion.
- Burgat, F. (2012). *Une autre existence: la condition animale*. Albin Michel.
- Campo-Paysaa, F. (2011). *Evolution du développement chez les Chordés: une histoire d'acide rétinoïque, de gènes hox et de microARNs* (Doctoral dissertation, Lyon, École normale supérieure).
- Chapouthier, G. (2004). L'animalité. *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 129(3), 299-305.

References bibliographiques

- Dauvin, J. C., Dewarumez, J. M., & Gentil, F. (2003). Liste actualisée des espèces d'Annélides Polychètes présentes en Manche. *Cahiers de Biologie Marine*, 44(1), 67-95.
- Dingle, C. (2008). Olivier Messiaen: Oiseaux Exotiques.
- Dragesco, J. E. A. N. (1980). Les protozoaires. *Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahelo-Soudanienne*. ORSTOM, Paris, 153-192.
- Dufour, H. (2007). *Evolution du système nerveux des chordés: étude chez l'urochordé Ciona intestinalis* (Doctoral dissertation, Paris 6).
- Durette-Desset, M. C., & Chabaud, A. G. (1981). Nouvel essai de classification des Nématodes Trichostrongyloidea. *Annales de Parasitologie humaine et comparée*, 56(3), 297-312.
- Emig, C. C. (1972). Reproduction asexuée chez *Phoronis psammophila*. *Marine Biology*, 13(3), 247-258.
- Hill, P. (2007). *Olivier Messiaen: oiseaux exotiques*. Ashgate Publishing, Ltd..

References bibliographiques

- Fautin, D. G. (2002). Reproduction of cnidaria. *Canadian Journal of Zoology*, 80(10), 1735-1754.
- Labarrière, J. L. (2004). *Langage, vie politique et mouvement des animaux: études aristotéliennes*. Paris: Vrin.
- Le Mao, P. (2009). Inventaire de la biodiversité marine dans le golfe normano-breton. Cnidaires.
- Lévi-Strauss, C. (2002). Guillaume Lecointe & Hervé Le Guyader, Classification phylogénétique du vivant. Illustrations de Dominique Visset. Publié avec le concours du Centre national du livre. Paris, Belin, 2001, 543 p., annexes, bibl., index, tabl. *L'Homme. Revue française d'anthropologie*, (162), 309-312.
- Manuel, M. (2001). *Origine et évolution des mécanismes moléculaires contrôlant la morphogenèse chez les Métazoaires: un nouveau modèle spongiaire, Sycon raphanus (Calcispongia, Calcaronea)* (Doctoral dissertation, Paris 11).
- Messiaen, O., Lorient, Y., & Rickenbacher, K. A. (1959). *Oiseaux exotiques*. Vienna: Universal Edition.

References bibliographiques

- Meyer, É., & Beisson, J. (2005). Épigénétique: la paramécie comme modèle d'étude. *M/S: médecine sciences*, 21(4), 377-383.
- Mulhauser, B. (2008). *La faune disparaît* (Vol. 54). Collection le savoir suisse.
- Poulet, A. R. (1972). Les mammifères. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, (3), 440-472.
- Uthicke, S. (2002). La reproduction asexuée par scission transversale chez *Stichopus chloronotus*. *La bêche-demer, bulletin de la CPS*, 14, 25-27.