



# ZOOLOGIE

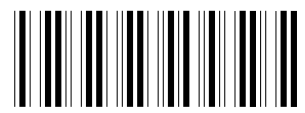
Invertébrés

Université Tahri Mohamed Bechar  
Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie.  
Département De La Biologie

**Deuxième année sciences  
biologique**

Abrégé de zoologie

Dr. Boulanouar Ali



B A 1 1 2 7 7

## Sommaire

Introduction	.....	1
Le règne animal et sa composition	.....	3
Embranchement des Protozoaires	.....	10
Embranchement des Porifères	.....	20
Embranchement des cnidaires	.....	30
Embranchement des plathelminthes	.....	38
Embranchement des némathelminthes	.....	46
Embranchement des annélides	.....	52
Embranchement des mollusques	.....	62
Embranchement des arthropodes	.....	67

## INTRODUCTION

---

**L**a zoologie a pour objet l'étude des animaux qu'elle considère de points de vue très divers. Quand elle s'intéresse aux structures, elle devient selon les techniques adoptées, l'anatomie macroscopique, l'anatomie microscopique la cytologie, mais elle ne s'en tient pas la description des formes, elle s'applique à déterminer les fonctions propres aux divers groupes d'animaux ; on la qualifie alors soit de zoologie physiologique, soit de physiologie comparée. La science qui étudie les rapports existant entre l'être vivant et son milieu constitue l'Ecologie. L'étude des mœurs ou du comportement des animaux a donné naissance à l'Ethologie. Dans la zoologie s'intègrent encore la Bio-géographie, la systématique et diverses disciplines annexes.

Dans un précis de zoologie, dont l'entendue est par définition limitée, il convient d'exposer plus de particulièrement les données fondamentales, qui concernent l'anatomie et la systématique. Ce document présente donc les grandes architectures animales, les structures cladiques et expose les principaux linéaments de la systématique. Mais des aperçus d'Ethologie, d'Ecologie et de physiologie ont été insérés dans chaque chapitre

L'importance de la zoologie parmi les sciences biologiques est primordiale. C'est d'elle que dépendent les disciplines concernant les phénomènes vitaux essentiels :

Biologie et physiologie générale. Méconnaître sa valeur expose à commettre de graves erreurs et prive de la découverte du matériel adéquat aux recherches.

Durant le XIX<sup>e</sup> siècle sont apparus les champs disciplinaires spécialisés selon le groupe animal étudié. Les principales sont :

- l'entomologie, l'étude des insectes
- l'herpétologie, l'étude des reptiles et amphibiens
- l'ichtyologie, l'étude des poissons
- la mammalogie, l'étude des mammifères
- l'ophiologie, l'étude des serpents
- l'ornithologie, l'étude des oiseaux
- la malacologie, l'étude des mollusques
- l'arachnologie, l'étude des arachnides
- la carcinologie, l'étude des crustacés

Des spécialistes institutionnels étaient formés pour étudier de tel groupe animal, d'en identifier les espèces, d'en élaborer ou d'en revoir la classification... Aujourd'hui, ces distinctions ne sont plus aussi claires. Ces termes sont davantage devenus la description d'un domaine de l'érudition, les spécialistes deviennent très rares. Ceux-ci, qui utilisent les

## INTRODUCTION

---

techniques et conceptuels les plus modernes (biologie moléculaire, analyses phylogénétiques...), ne se réclament plus guère de ces appellations. Ils seront spécialistes de taxinomie numérique, biologistes de l'évolution. En d'autres mots, sauf exception, ce n'est plus le matériel (insecte, poisson, champignon, oiseau...) qui sert à définir la discipline, mais les questions biologiques que ce matériel permet de poser et éventuellement résoudre.

- anatomie comparée, étude de la structure des animaux.
- La physiologie des animaux, domaine qui inclut les champs disciplinaire comme l'anatomie et l'embryologie
- La génétique et les mécanismes du développement étudié au sein de la biologie moléculaire, génétique moléculaire et biologie du développement
- l'éthologie et l'étude du comportement animal.
- l'écologie qui recouvre entre autres l'écologie comportementale et l'écologie évolutive
- la biologie de l'évolution qui étudie l'évolution, la génétique des populations, l'hérédité, la reproduction, la sélection naturelle, l'étude de la diversité génétique et les contraintes écologiques.
- la systématique, la cladistique, la phylogénétique, la phylogéographie, biogéographie et taxonomie qui classifie les espèces et les groupes d'espèces vivante ou disparue et les relations qui lient ces espèces.
- Paléontologie, incluant tout ce qui concerne et qui permet de comprendre la zoologie passée comme par exemple la Paléoclimatologie.

### **La diversité animale**

Il y a présentement environ 1,500,000 espèces animales qui sont connues. On soupçonne que les espèces vivant actuellement, mais qui n'ont pas encore été décrites, sont au moins aussi nombreuses, sinon de cinq à trente fois plus nombreuses que les espèces connues. Le nombre d'espèces qui ont vécu sur la terre mais qui ont maintenant disparu est fort probablement beaucoup plus grand que celui des espèces vivant aujourd'hui.

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. Presque tous ces embranchements sont les survivants d'un groupe plus grand de près d'une centaine d'embranchements qui existaient sur Terre il y a 600 millions d'années lors du Cambrien. Il s'est alors produit une grande

## INTRODUCTION

---

diversification de la faune, sans doute l'évènement évolutionnaire le plus important de l'histoire de la vie animale. Au cours d'une période de quelques millions d'années, toutes les architectures animales existant aujourd'hui, et une multitude maintenant disparues et connues seulement par les fossiles, sont apparues.

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 dominant : les Mollusques (moules, escargots, pieuvre), les Nématodes et les Chordés (dont nous faisons partie, mais dont plus de la moitié des représentants sont des poissons).

**Tableau .1 : Nombre d'espèces vivantes dans les principaux embranchements (2003)**

Embranchements	Nombre
Arthropoda	1,200,000
Mollusca	110,000
Nematoda	90,000
Chordata	47,200
Apicomplexa	20,000
Platyhelminthes	15,000
Annelida	15,000
Ciliophora	7,500
Echinodermata	6,000
Sarcomastigophora	4,500
Porifera	4,300

**D**u latin « regnum », au pluriel « regna ») est, dans la taxonomie linnéenne (qui organise la biodiversité en fonction des caractères communs partagés), le plus haut niveau de classification des êtres vivants. Dans les classifications les plus récentes, le règne n'est plus que le deuxième niveau de classification après le domaine ou bien l'empire.

Chaque règne est divisé en embranchements (ou parfois divisions en botanique) que l'on nomme également phylum en latin comme en anglais. Les principaux niveaux de la classification taxonomique sont le monde vivant, l'empire ou le domaine, le règne, l'embranchement ou la division, la classe, l'ordre, la famille, le genre et l'espèce.

Une révision controversée de la classification a été proposée par Carl Woese en 1990 après avoir observé ce qui semblait être de grandes différences au niveau moléculaire chez les bactéries et les archées en dépit du fait que les deux groupes sont composés d'organismes procaryotes. Woese a alors entrepris d'établir un système de classification à trois domaines : les bactéries, les archées et les eucaryotes (ce troisième domaine regroupant les plantes, les animaux, les protistes et les champignons). L'utilisation actuelle du système à sept règnes constitue un compromis entre le système classique à cinq règnes de Whittaker et le système à trois domaines de Woese. Ce système à sept règnes où les procaryotes sont scindés en bactéries et archées est devenu le standard dans de nombreux travaux.

### **I.1 Classification scientifique traditionnelle**

La classification traditionnelle de Linné (1735) en deux groupes (végétal / animal) a évolué pour aboutir à la constitution des six règnes du vivant selon la biologie :

- les archées ou formellement Archea (procaryotes unicellulaires à histones) ;
- les bactéries ou formellement Bacteria (procaryotes unicellulaires sans histone) ;
- les protistes ou formellement Protista (eucaryotes unicellulaires), ancien règne classique dont avaient ensuite été retirés les procaryotes (archées et bactéries formant leur propre règne), et aujourd'hui divisé entre protozoaires (ou formellement Protozoa) et chromistes (ou formellement Chromista, incluant les algues brunes) ;
- les végétaux ou formellement Plantae (eucaryotes multicellulaires avec une vacuole, incluant également les algues vertes) ;
- les mycètes ou formellement Fungi, communément les champignons (eucaryotes multicellulaires pour la plupart mais unicellulaires pour certains, hétérotrophes et osmotrophes), qui ont été retirés de l'ancien règne végétal ;
- les animaux ou formellement Animalia (eucaryotes multicellulaires).

D'après la classification en six règnes (Carl Woese, 1977), est prise en considération, sur la base de l'analyse des séquences d'ARN ribosomique (16S ou 18 S), la proposition de diviser le monde vivant en trois « règnes primaires », ceux des archéobactéries, des eubactéries et des eucaryotes . Il s'est produit, au cours de l'évolution cellulaire des organismes, une coupure fondamentale qui distingue le groupe des eucaryotes et celui des procaryotes



Tableau.2 : affiliation des embranchements animaux				
Embranchement	Sous-embran	Super-classe	classe	Sous-classe
Protozoaires (unicellulaires)				
Zooflagellés				
Protozoaires	Rhizoflagellés	Rhizopodes	Lobosa	
			Filosa	
	Actinopodes		Granuloreticulosa	
			Acanthaires	
Sporozoaires		Radiolaires		
		Héliozoaires		
Myxozoaires	Microsporidies		Grégarinomorphes	
			Coccidiomorphes	
	Infusoire-ciliés		Microsporidies	
			Myxosporidies	
			Actinomyxidies	
Métazoaires (pluricellulaires)				
Diploblastiques et Acéphales				
Songiaires				
Cnidaires				
Cténaires				
Triploblastiques				
Acéломates				
Plathelminthes			Turbellariés	
			Cestodaires	
			Monogéniens	
			Cestodes	
Incertae sedis			Trématodes	
			Acanthocéphales	
Mésozoaires			Priapuliers	
			Orthonectides	
Némertiens			Dicyémides	
Némathelminthes			Nématodes	
Nématorhynques			Nématomorphes	
			Gastérotiches	
Rotifères			Echinodères	
Kamptozoaires				
Céломates				
Annélides			Polychètes	
			Oligochètes	
			Achetés	
			Sipunculiens	
			Echiuriens	
Lophophoriens			Phoronidiens	
			Ectoproctes	
			Brachiopodes	
Mollusques			Aplacophores	
			Polyplacophores	
			Monoplacophores	
			Gastéropodes	
			Scaphopodes	
			Bivalves	
		Céphalopodes		

Le règne animal et sa composition

Arthropodes	Trilobitomorphes		Trilobites	
			Mérostomoïdes	
	Chélicérates		Marellomorphes	
			Pseudocrustacés	
			Mérostomacés	
			Arachnides	
			Pycnogonides	
	Mandibulates	Crustacés		
		Uniramés	Myriapodes	
			Insectes	
Chétognathes				
Deutérostomiens épithélioneuriens				
Echinodermes		Pelmatozoaires	Cystides	
			Blastoïdes	
			Crinoïdes	
			Holothuries	
		Eleutherozoaires	Echinides	
			Astérides	
			Ophiurides	
Stomocordés			Entéropeustes	
			Ptérobranches	
			Graptolites	
Pogonophores				
Deutérostomiens épineuriens (cordés)				
Tuniciers			Thaliacés	
Urocordés			Appendiculaires	
			Ascidies	
Céphalocordés				
Vertébrés	Agnathostomes		Cyclostomes	Céphalaspidoforme Ptéraspidoforme Thélodontes
	Gnathostomes	Poissons	Acanthodiens Placodermes Chondrichthyens Ostéichthyens	Actinoptérygiens Brachioptérygiens Dipneustes Crossoptérygiens Stégocéphales Urodèles Apodes Anoures Diadectomorphes Ichthyoptérygiens Synptosauriens Chéloniens Lépidosauriens Archosauriens Captorhinomorphes Pélicosauriens Déinocéphales Anomodontes Thériodontes Archéornithes Néornithes Allothériens Protothériens Thériens
			Amphibiens	
			Reptiles	
			Oiseaux	
			Mammifères	

## **I. 2 Evolution du règne animal**

Comme tous les organismes vivants, les animaux ont besoin d'eau, d'un comburant qui est exclusivement le dioxygène pour ces espèces, et de matières organiques provenant d'autres organismes car ils ne peuvent pas la produire par eux-mêmes à partir de molécules ne provenant pas du vivant. On dit qu'ils sont chimio-organotrophes. Cette nourriture répond à trois objectifs : fournir les substances qui servent à créer d'autres cellules ; produire des substances utiles à créer des molécules et structures de l'organisme (os, poils, larmes, odeurs, etc.), et surtout fournir de l'énergie.

Comme pour tous les organismes vivants, l'eau est l'élément dont les animaux ont le plus de mal à se passer. En plus du fait que les cellules sont essentiellement constituées d'eau, l'eau est nécessaire à la plupart des réactions biochimiques où elle sert de solvant. Mais, en outre, elle sert à l'évacuation des déchets azotés produits par le métabolisme des protéines qui doivent être éliminées. Les animaux sont, comme les autres espèces même non aquatiques, également confrontés aux problèmes liés à l'osmorégulation. Le besoin en eau implique d'avoir un système de régulation osmotique.

Ils ont besoin de se procurer leur nourriture en se déplaçant ou en l'attrapant, et grâce à un système digestif, de dissocier les organismes en substances nécessaires qui leur sont utiles, puis de les assimiler. L'acquisition de dioxygène sert à oxyder des hydrates de carbones pour produire de l'énergie chimique, est donc aussi une priorité pour la plupart des animaux. La plupart des espèces disposent d'un système respiratoire pour absorber le dioxygène. Le dioxygène, l'eau et les diverses substances sont amenées vers les cellules, et les sous-produits inutiles sont évacués (excrétion) grâce à divers systèmes circulatoires. Les problèmes posés par les différents milieux supposent des adaptations spécifiques. Ainsi l'acquisition de dioxygène pour un organisme terrestre est moins difficile que l'acquisition de l'eau. L'inverse est vrai dans un milieu aquatique. Pour acquérir ces substances essentielles à la vie, la plupart des animaux utilisent des organes de perception. Ils utilisent également leurs sens pour fuir leurs prédateurs. Pour assimiler les substances nécessaires à sa vie qu'il puise dans d'autres organismes vivants, l'animal a le plus souvent besoin d'un système digestif et donc d'un système d'excrétion.

Les fonctions de reproduction sont également importantes chez les animaux qui sont principalement sexués, mais certaines espèces comme l'hydre peuvent aussi se reproduire d'une manière asexuée (par bourgeonnement dans son cas). L'appareil de reproduction est vital à l'espèce seulement, sans quoi, inévitablement celle-ci disparaîtrait après un certain temps.

Les animaux possèdent également des systèmes très divers de locomotion, de perception.

En outre, ils possèdent divers systèmes de circulation de fluide à l'intérieur du corps et de coordination des différentes cellules. Le vieillissement ne semble pas faire partie des caractéristiques fondamentales, car certaines espèces d'éponges ne vieillissent pas.



# *Les protozoaires*

**L**es protozoaires sont des organismes unicellulaires microscopiques ayant leur propre règne celui des Protistes (en grec protos = premier). Se sont également des cellules eucaryotes. Les Protozoaires sont généralement cosmopolites et peuplent les milieux les plus divers. : Eaux douces stagnantes ou courantes, eaux saumâtres, ‘ salées et sur salées, tourbières, mousses et sphaignes (dans la mince couche d’eau qui entoure la plante) et même la terre humide et même les milieux biologiques. Ce sont des organismes mobiles, leurs déplacements se fait grâce à des Cils, flagelles, ou à l’aide de pseudopodes.

Ce sont des organismes hétérotrophes dépourvus de chlorophylle (tirent leur énergie de composés organiques). Les éléments nutritionnels sont absorbés soit à l’état dissout (protozoaires osmotrophes) ; soit à l’état figuré (protozoaires phagotrophes) . Il existe aussi de nombreuses formes parasites et symbiotiques. Se multiplient par mitose (asexuée) ou sexuellement (intervention des gamètes).

Étant des Organismes unicellulaires, ils présentent des caractères structuraux des cellules (cytoplasme. appareil de golgi, organites. ...). Mais ils peuvent se distinguer par certaines particularités :

- Noyau : Certains protozoaires ne possèdent pas un seul noyau mais plusieurs. Ces noyaux sont soit tous identique (Exemple : Opalines et Diplomonadines), soit différents (exp : infusoires cillés) chez lesquels on reconnaît un gros noyau le macronucléus et un petit noyau le micronucléus qui peut être unique ou plusieurs.

Le Macronucléus assure toutes les fonctions d'un noyau lors de la croissance et la reproduction non sexuée du Protozoaire.

Le Micronucléus n'intervient que lors de .la transmission des caractères héréditaires.

-Mitochondrie : est le lieu de transformation de l'énergie au sein de la cellule et cette énergie est utilisée par les battements des flagelles de protozoaires.

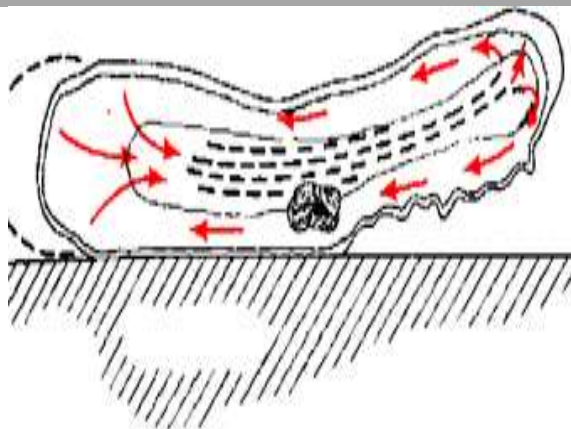
- vacuoles : En plus des vacuoles digestives qui reçoivent les enzymes nécessaires à la lyse des aliments. On trouve aussi des vacuoles pulsatiles comme c'est le cas chez les infusoires. Ce sont des permanentes qui occupent des positions fixes. Ces vacuoles qui se contractent selon un rythme variable avec les conditions du milieu, participent aux rejets des déchets du métabolisme et à la régulation de la pression osmotique.

**I. Origines locomotrices** : Le déplacement des protozoaires se fait grâce aux battements continus de cils ou de flagelle, Il existe une membrane externe chez les protozoaires qui est constituée d'éléments cytosquelettiques qui donnent la forme et la rigidité des protozoaires, les microtubules

de protéine (tubuline) sont des éléments de base de ce cytosquelette. Il existe trois types d'organelles locomotrices chez les Protozoaires.

**I.1 Les pseudopodes** : principal moyen de locomotion des amibes, le mouvement caractéristique produit par les pseudopodes est appelé mouvement amiboïde ce mouvement est possible par la présence de 2 types de cytoplasme l'ectoplasme qui a la texture d'un gel, et l'endoplasme granulaire qui est plus fluide, ces mouvements impliquent des microfilaments d'actine et de myosine (contractions musculaires). Ces pseudopodes se présentent sous plusieurs formes :

- Lobopodes : forme de digitation arrondie.
- Filopodes : digitations plus minces et présentant des ramifications.
- Reticulopodes : pseudopodes très fin et très ramifiés s'anastomosent pour former une sorte de filet pour la capture des proies cas des Foraminifères.



Le flux du cytoplasme qui permet la formation des pseudopodes, de l'extérieur( ectoplasme) vers l'intérieur (endoplasme)

**Figure.2 : Mouvement amiboïde.**

**I. 2 Les flagelles et les cils** : même structure interne que les pseudopodes, les mouvements sont alimentés par des molécules d'ATP, les flagelles ont une forme de fouet, ils peuvent réaliser une grande variabilité de mouvements et propulse les protozoaires, il existe un ou plusieurs flagelles. Par contre les Cils sont plus court, plus nombreux que les flagelles, sont alignés selon des rangées, ces cils peuvent fusionner pour former une membranelle dans d'autre cas les cils s'agglutinent pour constituer des touffes en forme de poils de pinceau on les appelle les cirres.

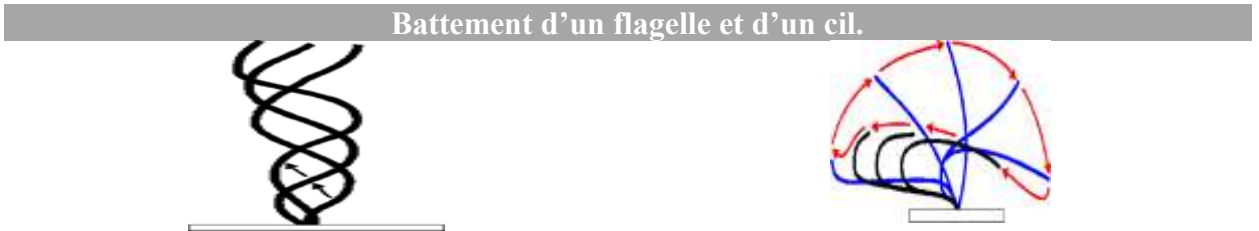
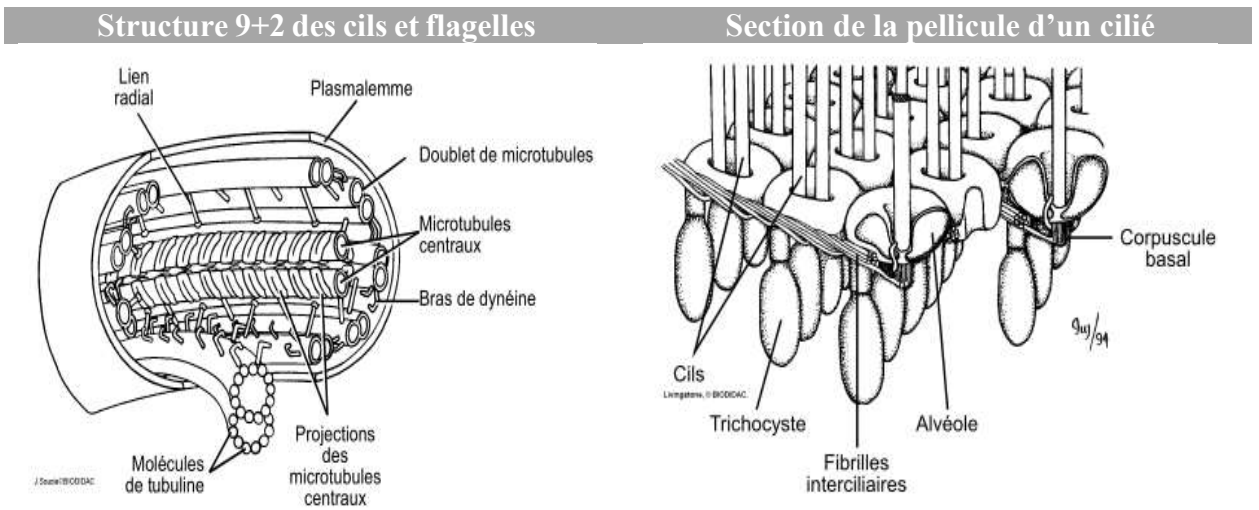


Figure.3 : structure des flagelles et des cils et mode de vibration

**II. Mode de nutrition :**

- a- Osmotrophe : la nourriture (petites molécules minérales) traverse la membrane cellulaire par simple phénomène d’osmose.
- b- Saprotrophe : se nourrit de molécules organiques (plus importante dans le poids) par pinocytose.
- c- Phagotrophe: ingère des particules plus ou moins grosses et même des proies (Bactérie...), cet apport alimentaire ce fait au niveau des vacuoles digestives où à l’intérieur desquelles divers enzymes intervient successivement.

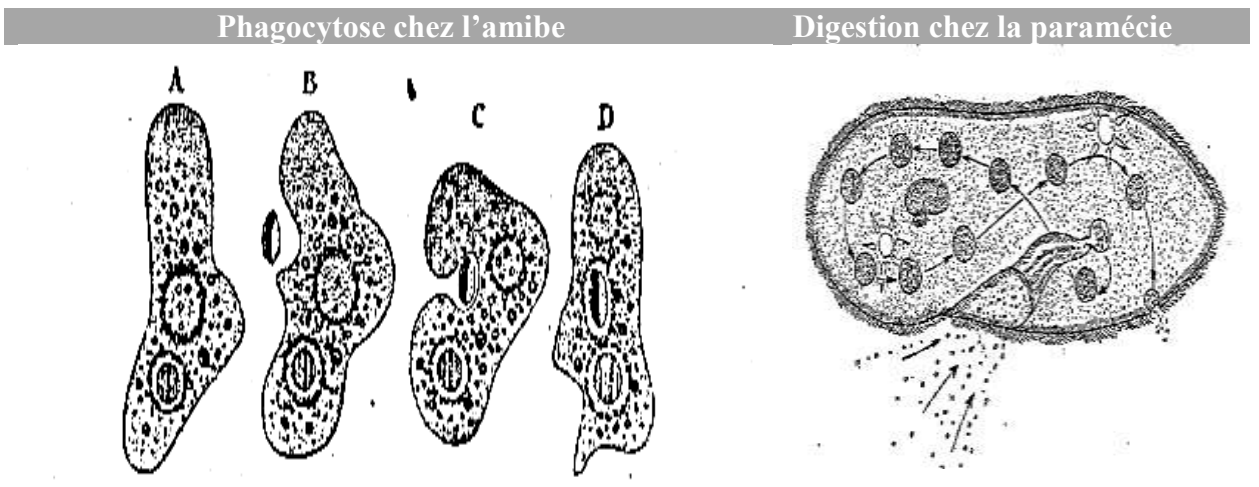


Figure.4 : mode de digestion chez les protozoaires

### III. Excrétion et osmo-régulation :

La digestion et la dégradation des protéines par les animaux produisent des déchets contenant de l'azote, ces déchets azotés doivent être éliminés (toxiques).

Les Protozoaires éliminent ces déchets par diffusion, qui est facilitée par les mouvements internes du cytoplasme.

Les Protozoaires qui vivent en eau douce font face à des problèmes osmotiques, leurs fluides internes ont une pression osmotique supérieure à celle de leur milieu (on dit qu'ils sont hypertoniques à leur milieu). L'eau entre continuellement à l'intérieur de la cellule par osmose pour éliminer le surplus d'eau, ces organismes dulcicoles sont munis d'une structure spécialisée : La vacuole contractile. Un transport actif des sels minéraux vers l'intérieur de la cellule permet de plus à l'organisme de maintenir son équilibre osmotique.

Les protozoaires marins ont une pression osmotique interne à peu près égale à celle de l'eau de mer, ils sont iso osmotiques à l'eau de mer.

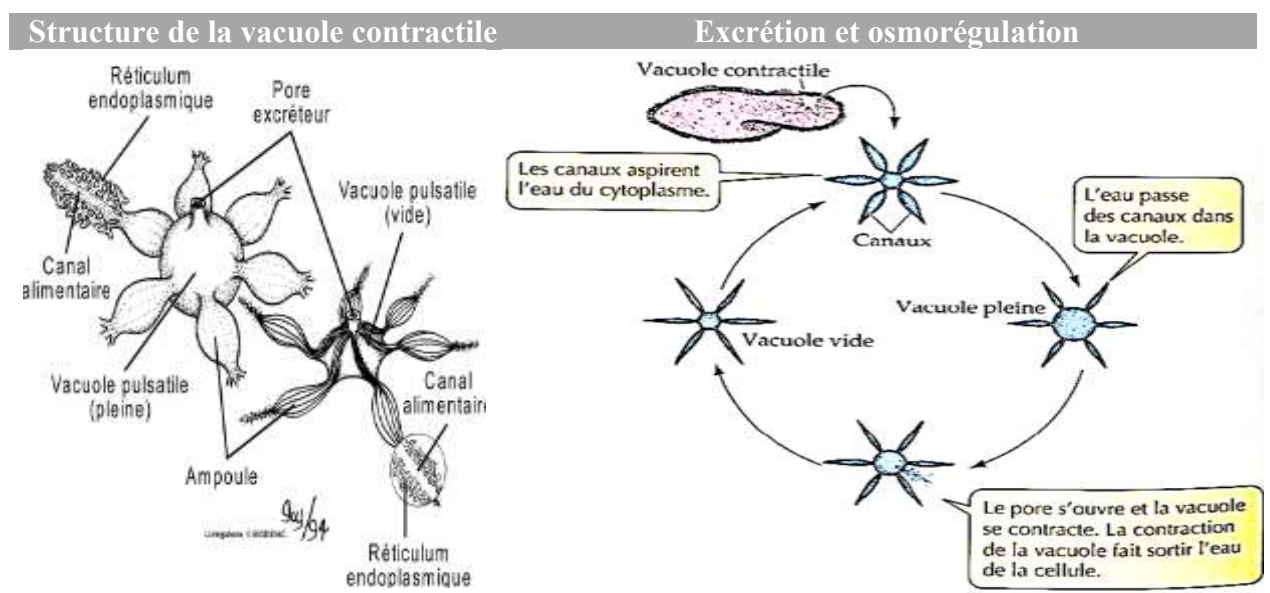


Figure.5 : excrétion et osmorégulation chez les protozoaires

### IV. Respiration et circulation

Les Protozoaires dépendent exclusivement de la diffusion pour la respiration, la circulation de l'oxygène. La pellicule doit donc être perméable cela empêche les protozoaires de coloniser les milieux terrestres. Les besoins d'oxygène augmentent avec un accroissement de la température. Cependant, la solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente.

Le déplacement permet un certain renouvellement de l'eau au contact de la pellicule externe, ce renouvellement couplé aux mouvements du cytoplasme de l'intérieur de la cellule permet de

maintenir un gradient de concentration et d'oxygène de chaque côté de la membrane, et donc de faciliter l'entrée d'oxygène par diffusion.

## **V. 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. Les Protozoaires qui ne se reproduisent qu'asexuellement dépendent entièrement des mutations pour modifier leur patrimoine génétique.

Seul leur grand pouvoir reproductif et leur cycle de vie rapide leur permet de s'adapter assez rapidement pour ne pas être éliminés par sélection naturelle.

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;
- 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.

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.

Le protozoaire causant la malaria, Plasmodium, est un Apicomplexe qui illustre divers types de reproduction asexuée et la reproduction sexuée.

## **VI. Défenses**

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.

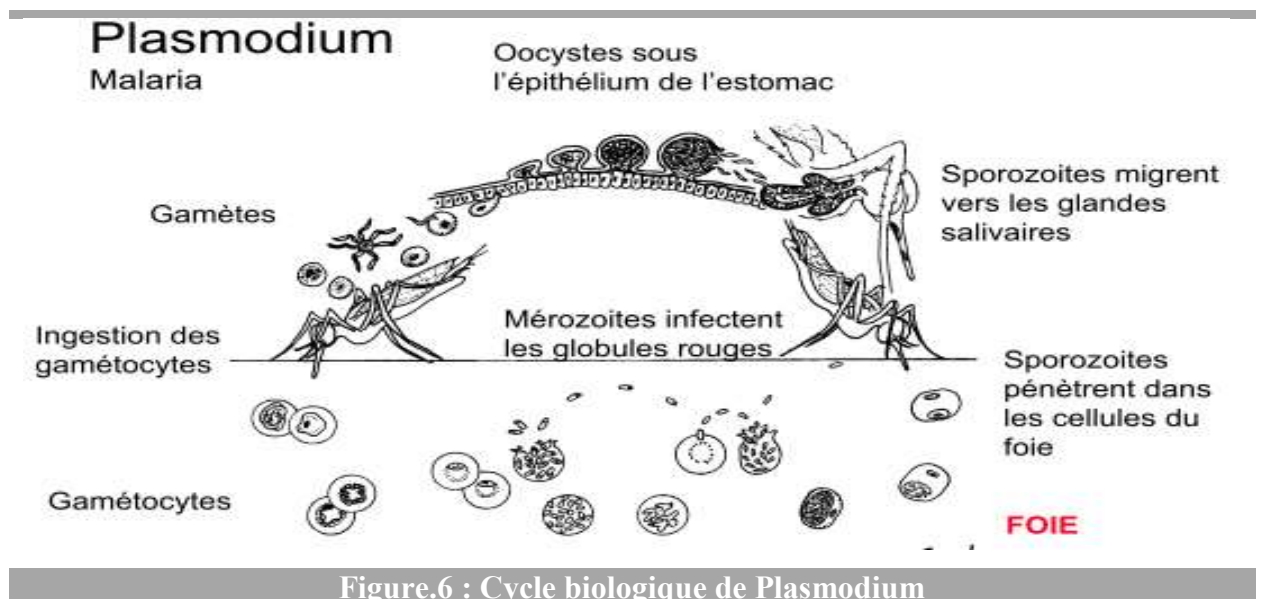
De nombreux Ciliés possèdent des trichocystes qui ressemblent à de petits harpons et sont souvent enduits de substances paralysantes. Ces trichocystes sont utilisés pour immobiliser les proies et sont déchargés lorsque un prédateur touche au cilié.

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.

## VII. 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 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.



## VIII. Classification des Protozoaires

La systématique des Protozoaires est basée sur : La nature de l'appareil locomoteur et les caractères du cycle de développement. Ces critères permettent de distinguer 5 sous- embranchements.

## 1. Sous Embranchement des Rhizoflagellés

Cet embranchement est représenté par des Protozoaires pourvus à l'état végétatif pendant une partie du moins de leur cycle soit des flagelles, soit des pseudopodes, soit les deux simultanément ou successivement.

### 1.1 Classe des Flagellés ou zooflagellés

Ex : Trypanosome (maladie du sommeil)

«Porteurs de fouets», vivants dans les endroits humides et dans toutes les mers, le corps des flagellés est large en son milieu et effilé à ses extrémités (forme de fusée), à l'une des extrémités du corps (vers l'avant de l'animal), présente une dépression dans laquelle sont insérés les flagelles dont le nombre varie de 1 à 4 et qui peut être de 8 ou plus (Exemple : Euglène). Les flagellés représentent le seul groupe du règne végétal et du règne animal qui utilise les 3 modes de nutrition fondamentaux : Photosynthèse, saprophytisme et ingestion d'aliments solides. Les flagellés qui se nourrissent comme les plantes par photosynthèse, contiennent tous un pigment vert : la chlorophylle). Les flagellés parasites sont entièrement saprozoïtes (absorbent à travers la surface de leur corps en solution des molécules organiques qu'ils trouvent dans leur environnement ou phagocytent leur proies), les autres flagellés se nourrissent d'aliments solides, ils se reproduisent asexuellement (division binaire) et rare par voie sexuée. Exemple : *Trypanosoma gambiense* agent de la maladie du sommeil chez l'homme, Il mesure 15 à 20  $\mu\text{m}$  de long. Il possède un flagelle unique dirigé vers l'avant qui lui permet de nager activement dans le sang de son hôte ou le liquide céphalorachidien de divers Vertébrés, Il se reproduit par division binaire longitudinale (mitose). *Trypanosoma gambiense* est transmis à l'homme par la piqûre de la mouche tsé-tsé *Glossina palpalis*. La mouche s'infeste en aspirant le sang d'un homme parasité.

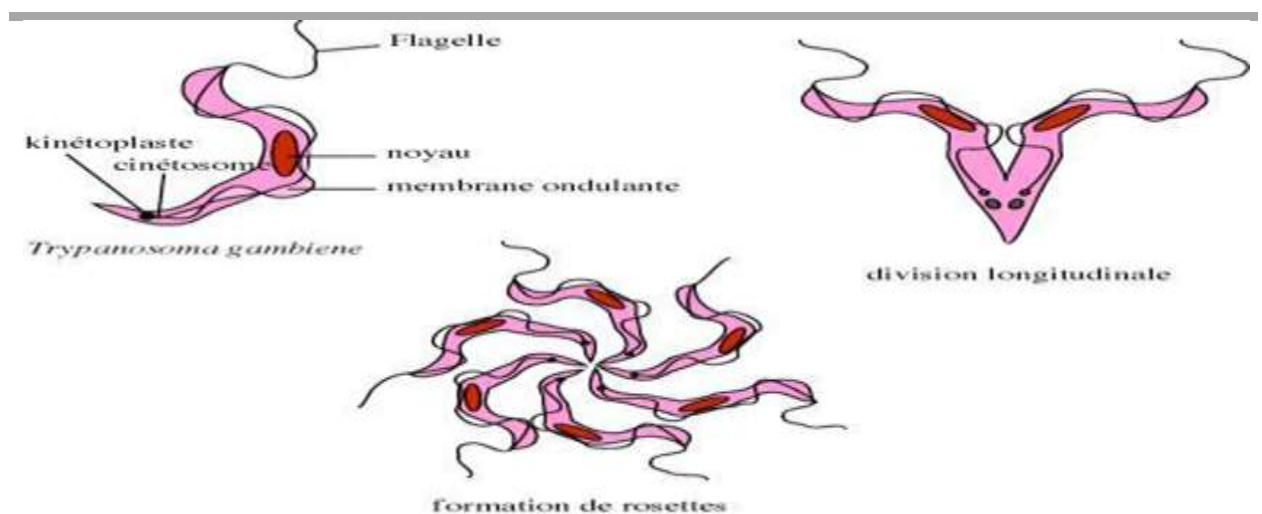


Figure.7 : cycle de vie du trypanosome

## 1.2 Classe des Rhizopodes :

Ex Amibes et Foraminifères

Les Rhizopodes sont des organismes détritivores, bactériovores vivant dans des milieux riches en matières organiques comme le sol et tous les milieux aquatiques (notamment en eau douce). Ce sont des Protozoaires qui ne possèdent pas des organes de locomotion permanents. Ils se caractérisent par la présence de pseudopodes, expansions protoplasmiques assurant aussi bien la locomotion que l'alimentation (hétérotrophique).

Ces Rhizopodes ne présentent pas de forme définie, leur cytoplasme est constitué d'un endoplasme riche en inclusions et un ectoplasme hyalin. Il existe un ou plusieurs noyaux pourvus d'un nucléole central. Peuvent s'enkyster lorsque les conditions deviennent défavorables.

Exemple de l'Amibe *Entamoeba histolytica*,

L'amibe est de forme indéfinie et essentiellement variable, les Amibes se montrent soit inactives (contractées en boule) soit en déplacement, projetant des pseudopodes digitiformes.

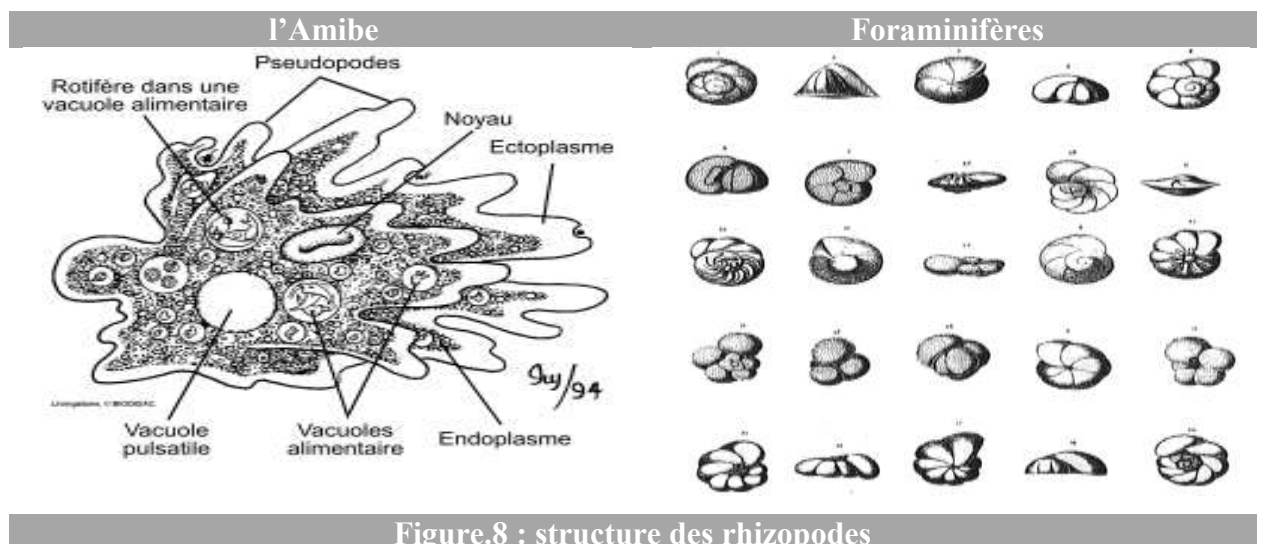


Figure.8 : structure des rhizopodes

## 2. Sous Embranchement des Actinopodes :

Actinopoda signifie pied en rayon, fait référence aux pseudopodes minces appelés axopodes qui augmente la surface cellulaire en contact avec l'eau qui l'entoure, favorisant la flottaison et permettent à la cellule de se nourrir de petits protistes et d'autres microorganismes restent pris entre les axopodes et sont phagocytés par la mince couche de cytoplasme. La plupart des actinopodes sont des composants du plancton, la plupart vivent en eau douce (béliozaaires).

## 3. Sous Embranchement des Sporozoaires ou Apicomplexes

(Ex Plasmodium responsable du paludisme)

Ce sont des protozoaires parasites d'animaux dépourvus d'organites locomoteurs, généralement immobiles où se déplaçant lentement (Exemple : Plasmodium falciparum) agent responsable du paludisme chez l'homme, leur cycle de reproduction présente une phase de gamogonie et une phase de schizogonie. Plasmodium est un parasite extrêmement fuyant, puisqu'il vit la plupart du temps à l'abri du système immunitaire dans le foie et les globules rouges.

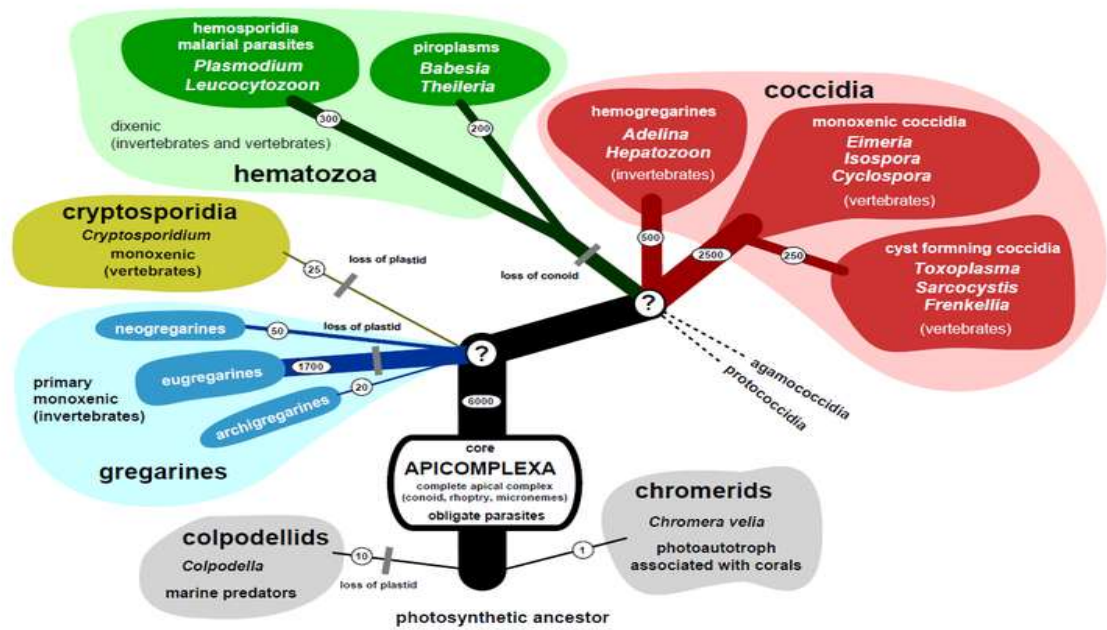


Figure.9 : Arbre hypothétique d'Apicomplexa

#### 4. Sous Embranchement des Myxozoaires ou Cnidosporidies

Protozoaires parasites d’Invertébrés et de Poissons réunis autrefois au Sporozoaires, leur cycle de développement commence sous la forme d’un petit germe amiboïde (Sporoplasme) dont l’accroissement entraîne la formation au stade final d’une spore volumineuse pourvue d’un filament formant ainsi des plasmodes plurinucléés à l’origine de tumeurs de l’hôte. A l’intérieur de ces plasmodes se différencient des spores complexes.

#### 5. Sous Embranchement des Ciliophores (Infusoires)

Ils ont des cils vibratiles au cours d’un stade au moins de leur cycle de développement. Leur cytoplasme présente une différenciation extrême. L’appareil nucléaire est constitué de deux noyaux (macronucléus et micronucléus). La multiplication asexuée s’effectue par division binaire transversale tandis que la reproduction sexuée se déroule par un mode de fécondation caractéristique appelé conjugaison. Ils sont en majorité hétérotrophes libres. Certains ciliés sont symbiotes commensaux dans la panse des ruminants.

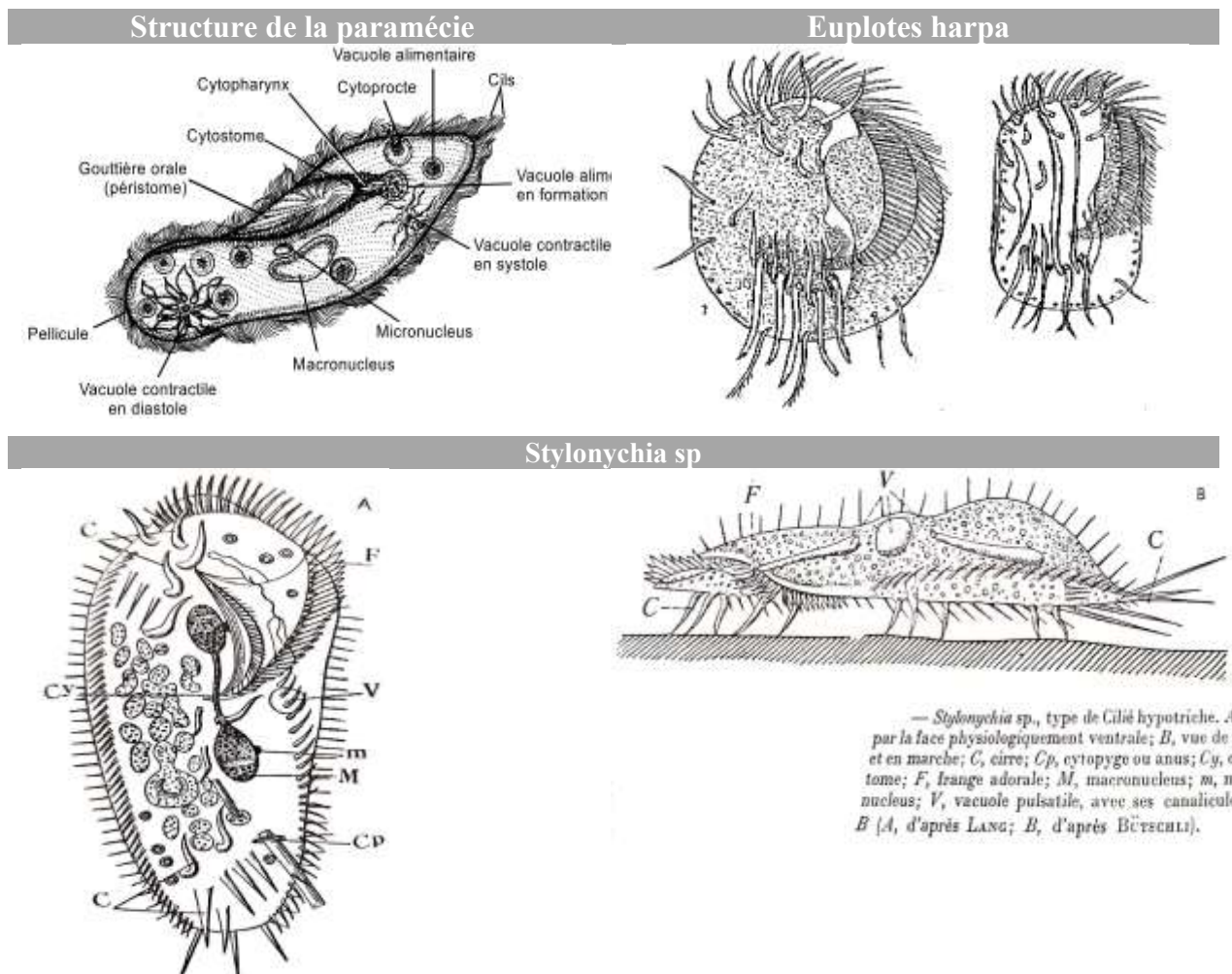


Figure.10 : sous embranchement des Ciliophores



# *Les Porifères*



**L**es spongiaires plus connus sous le nom d'éponges, constituent l'embranchement le moins évolué des métazoaires, à la frontière entre le monde des protozoaires et le véritable monde des métazoaires (animaux pluricellulaires). Apparues il y a probablement près de 700 millions d'années, au Précambrien, Les Spongiaires (porifères) sont les premiers métazoaires (pluricellulaires), les cellules ne sont pas réunies en une simple masse mais il existe une certaine organisation, l'absence de vrai tissu les fait classer dans le groupe des Parazoaires (stade intermédiaire entre les Protozoaires et les Métazoaires), on parle d'état atissulaire animaux diploblastiques (2 feuillettes), fixés (sessiles) dont les seuls mouvements résident dans des contractions locales ou générales et dans l'occlusion des pores, aquatiques, longtemps pris pour des végétaux, le statut d'animaux leur a été définitivement attribué par Dujardin 1841.

Ce sont des animaux archaïques, essentiellement filtreurs qui s'alimentent en pompant l'eau de leur milieu de vie pour en absorber les particules nutritives vivantes et inertes.

Les Spongiaires peuvent vivre en eau douce tout comme en eau salée mais 98% sont marins, organismes benthiques, vivant à toute les profondeurs et à toutes les températures.

Le corps des éponges, de forme très variable, mais ne présente pas de symétrie (asymétrique) encore visible, creusé de cavité (stade le plus simple *Ascon*) ou d'un système plus ou moins complexe de cavités et de canaux (stades plus complexes *Sycon* et *Leucon*), que parcourt constamment l'eau ambiante. Toutes les éponges présentent une surface totalement criblée de multiples trous ou pores inhalants par lesquels l'eau pénètre chargée de particules alimentaires et d'oxygène avant de ressortir par un orifice unique appelé oscule.

La circulation d'eau qui traverse une éponge est considérable (plusieurs dizaines à centaines de litres d'eau par jour selon la taille). Cette circulation permet à l'éponge de respirer et de se nourrir.

Bien que ne possédant pas de mobilité, les éponges disposent d'un système nerveux rudimentaire qui leur permet de se contracter sur elles-mêmes et / ou d'ouvrir ou de fermer leurs pores d'entrée ou leur oscule. Les éponges possèdent aussi un squelette diffus qui leur permet de garder leur forme. Ce squelette (les spicules) est constitué de millions d'éléments microscopiques de nature calcaire, siliceuse ou fibreuse. Chaque spicule est indépendant des autres juste dispersé dans la mésogée contenue entre les deux feuillettes endodermique et ectodermique.

Dans sa forme la plus simple, c'est un gobelet (jarre) et l'intérieur de la jarre ou atrium ou encore Spongocoèle, correspond à une cavité gastrique, il communique avec le milieu extérieur par l'oscule, qui fait office de pore exhalant. Les parois de cette jarre sont percées

de pores inhalants qui communiquent plus ou moins directement avec la cavité gastrique (cavité gastrale). Les parois sont constituées de deux couches cellulaires: à la différence des autres animaux diploblastiques, les feuilletts sont ici imparfaits.

-le **feuillet extérieur** joue le rôle de revêtement, protection (ectoderme).

-le **feuillet intérieur** (endoderme), tapisse la cavité centrale son rôle principal est la nutrition. Il contient des **choanocytes** (cellules à collerette flagellés), qui absorbent l'oxygène et les particules alimentaires (Ont pour rôle de déterminer un courant d'eau constant pénétrant par les pores inhalants, apportant des matières alimentaires au contact des cellules et sortant par l'oscule).Elles sont séparées par une masse gélatineuse amorphe d'origine ectodermique, la **mésoglée** ou **mésohyle**, cette couche intermédiaire contient plusieurs types de cellules.

**I. Organisation du squelette (spicules) :** Leur forme est souvent utilisée dans la reconnaissance systématique. Chez les Spongiaires on trouve un squelette qui est diffus, ce sont les spicules disséminés dans les tissus. Mais sa présence est nécessaire à la bonne tenue de l'animal, ces spicules présents dans la mésoglée peuvent être secondés par la spongine, une protéine fibreuse sorte de collagène, qui fournit à l'éponge des propriétés d'élasticité et de souplesse. La mésoglée sert de support aux feuilletts cellulaires et intervient comme tissu de soutien.

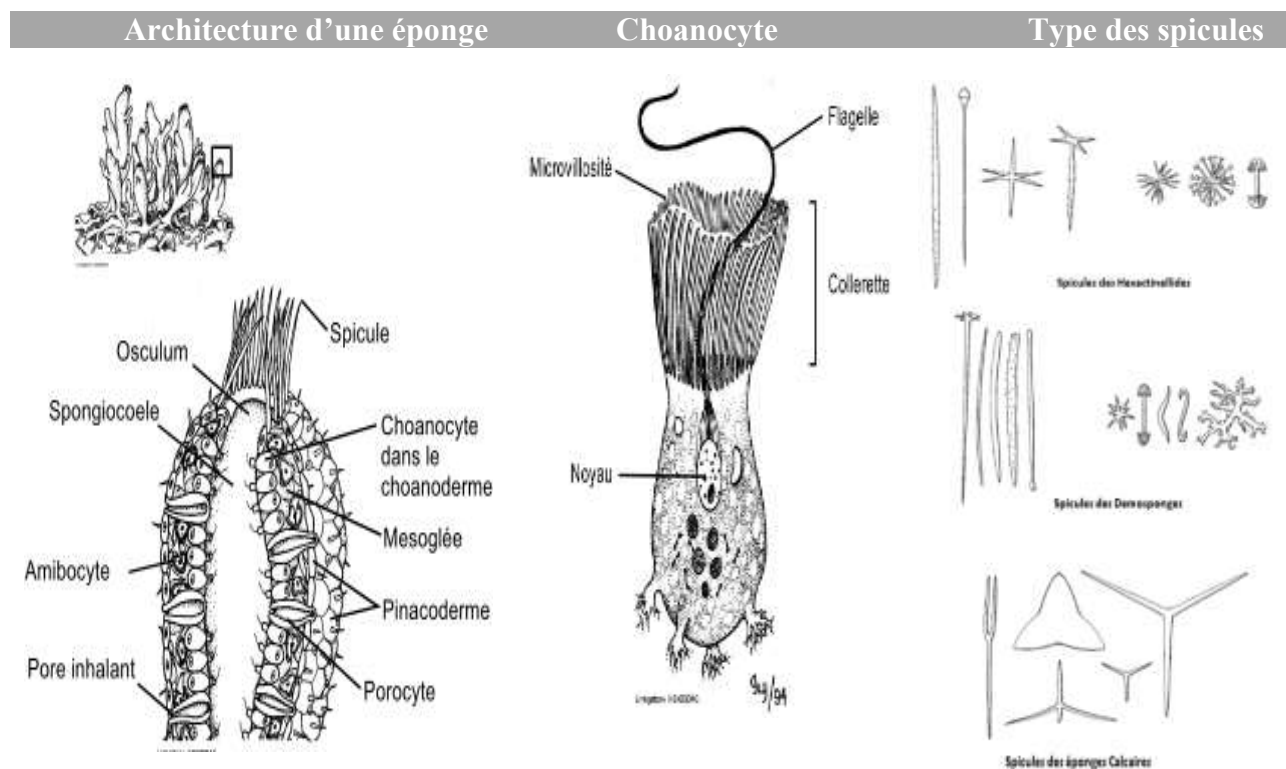


Figure.11 : physiologie des Porifères

## II. Organisation générale d'une éponge calcaire

La paroi du corps assez interrompue par les pores, présente une couche cellulaire externe, une couche cellulaire interne et une couche moyenne sorte de gelée est la mésoglée.

**a- couche cellulaire externe** : elle est composée de cellules aplaties, les pinacocytes qui forment la paroi du corps et sont revêtues d'une mince cuticule. Entre les pinacocytes s'ouvrent les pores inhalants formés de cellules tubulaires, les porocytes.

**b-Couche cellulaire interne** : endoderme est formé de cellules flagellés à collerette, les choanocytes (ce sont les éléments cellulaires les plus caractéristiques des Spongiaires) et tapissent la cavité gastrale, ce sont des cellules pourvues d'un long flagelle, les mouvements conjugués des flagelles créent le courant d'eau dans la cavité gastrique; les débits d'eau à travers la paroi du corps est extrêmement important et varie avec le nombre de choanocytes. De plus ce sont des cellules qui phagocyte les particules alimentaires entrainées par l'eau (bactéries) sont absorbées par une région du cytoplasme située à la base de la collerette (présence de vacuoles digestive et pulsatile).

C- couche moyenne (Mésoglée) : gelée de nature polysacharidique au sein de laquelle sont présents de nombreux types de cellules qui proviennent tous d'un même type: amibocytes.

C-1-Scléroblastes : cellules sécrétrices des spicules, (d'origine ectodermique, mais qui peuvent s'enfoncer dans le mésenchyme pour la formation toujours des spicules). Ces spicules sont issues des pinacocytes : 3 pinacocytes émigres de la couche externe s'accolent en laissant entre eux une cavité ; ils sécrètent une masse centrale de calcaire ou se marque déjà la forme tri radiée du spicule, puis chaque cellule se divise en une cellule basale, qui assure l'épaississement de l'une des branches du spicule, et une cellule distale qui assure son allongement

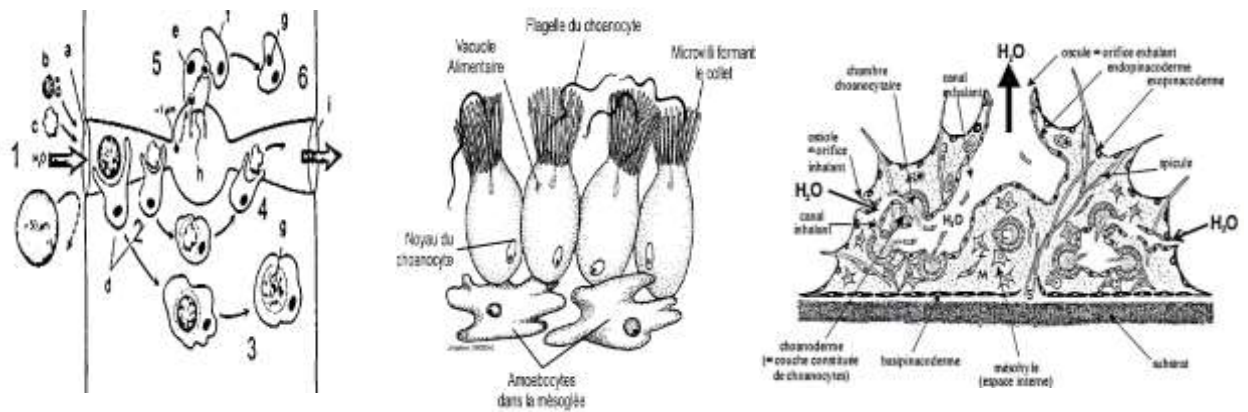
C-2-Porocytes : cellules arrondies, également dérivées des pinacocytes (ce sont des cellules allongées granuleuses reliant la surface dermique à la cavité gastrale et fonctionnent comme paroi des pores inhalants). A un moment donné, les porocytes s'approchent de la surface, s'insinuent entre les pinacocytes, s'invaginent en forme de coupe et finissent par se percer d'un pore inhalant, entièrement creusé dans la cellule et entouré par elle il débouche à l'intérieur dans la cavité gastrovasculaire.

C-3-Cellules amiboïdes (amibocytes) : De type variés, mais dérivant toutes des choanocytes ; les unes, renfermant des inclusions digestives, ce sont des choanocytes transformés ayant quitté la couche gastrale, d'autres, les collencytes, sécrètent une substance interstitielle gélatineuse. Il existe d'autres cellules musculaires (myocytes), nerveuses dans la couche moyenne de certaines éponges ces cellules nerveuses proviennent d'amibocytes et ont sans doute conservé la faculté de devenir amiboïde.

### III. La nutrition des Spongiaires,

Les chambres choanocytaires tolèrent un courant d'eau grâce au battement de leur flagelle. Le dioxyde et les particules alimentaires (dinoflagellés, bactéries, particules organiques détritiques...) sont capturés par ces choanocytes, les particules se collent au mucus des choanocytes, le mucus transportant à son tour les particules est les enferment par phagocytose dans le choanocyte.

La digestion est intracellulaire mais elle n'a pas lieu dans les choanocytes. La vacuole digestive contenant le mucus et les particules alimentaires (vésicule) est transférée à l'amibocyte, à l'intérieur duquel cette vésicule se fusionne à un lysosome où la digestion a lieu. Les éléments nutritifs sont redistribués par les amibocytes, qui se déplacent soit vers la paroi extérieure pour nourrir les pinacocytes soit vers la paroi interne pour nourrir les choanocytes. Les déchets sont évacués au niveau de pores exhalant



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.

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.

Les flèches épaisses et évidées indiquent le sens du courant d'eau dans le système aquifère.

Figure.12 : processus de nutrition par filtration de l'eau d'une éponge

### IV. Respiration et osmorégulation des Spongiaires

Les éponges n'étant constituées que de deux couches de cellules, l'approvisionnement des cellules en oxygène est assuré par simple diffusion à travers les parois cellulaires. Les éponges ne disposent d'aucun système respiratoire. De même les déchets issus du métabolisme de l'éponge (CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, etc..) sont évacués par diffusion. Il n'existe pas de système excréteur.

### V. Reproduction des Spongiaires

#### 1. reproduction sexuée :

La grande majorité des éponges sont hermaphrodites (présence chez un même individu des organes reproducteurs des 2 sexes, cas des éponges siliceuses) mais pour certaines elles sont gonochoriques

(les gamètes mâles et femelles sont produits par 2 individus distincts, le cas des éponges calcaires), les cellules sexuelles qui subissent la gamétogénèse pour donner des ovules ou des spermatozoïdes tirent leur origine d'amibocytes se trouvant dans la mésoglée. Après la maturation de ces cellules sexuelles, le comportement des ovules et des spermatozoïdes est différent. Alors que les ovules restent dans la mésoglée, les spermatozoïdes se frayent un chemin entre les cellules de l'éponge et sont libérés en plein eau. Si un spermatozoïde vient à être entraîné dans une éponge par les courants d'eau, il sera d'abord considéré par celle-ci comme une simple proie et sera phagocyté par un choanocyte qui l'envacuole et qui perd alors son flagelle et sa collerette. Le spermatozoïde n'est pas digéré par le choanocyte, il se protège grâce à une enveloppe kystique: le spermiokyste.

Le choanocyte qui contient le spermiokyste et qui a perdu son flagelle et sa collerette, devient alors amiboïde et pénètre dans la mésoglée. Il a donc ainsi assuré le transport du gamète mâle d'où son nom de cellule charriante qui circule dans la mésoglée à la recherche d'un ovule mûr. Lorsqu'il se rencontre les deux gamètes s'accolent et le gamète mâle injecte le spermiokyste à l'intérieur de l'ovule où il va s'ouvrir et ce n'est qu'à ce moment-là qu'il y a fécondation qui donnera un œuf dans l'épaisseur de l'éponge.

Cet œuf subit la segmentation donnant la *Blastula* puis la *Gastrula* qui déchirera les parois de l'éponge pour se libérer en plein eau. Les cellules ectodermiques de cette larve *amphiblastula* sont ciliés ce qui lui permet de se déplacer pendant un certain temps dans l'eau puis elle se fixe et subit des transformations pour donner une éponge adulte.

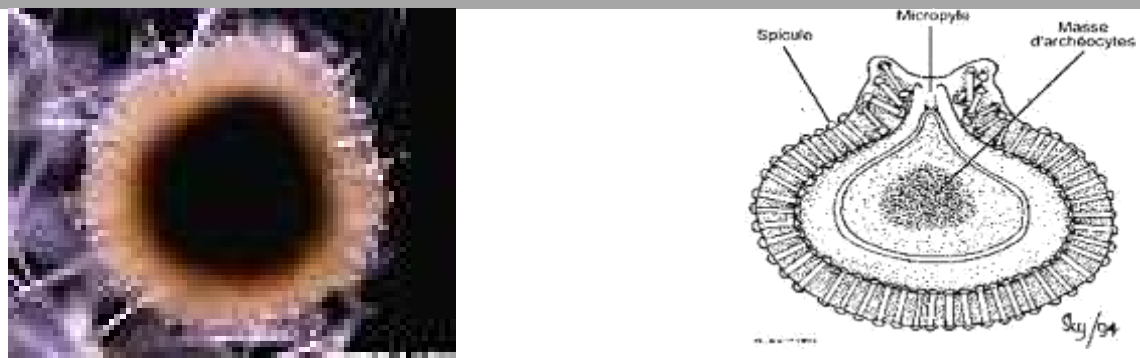
## 2. reproduction asexuée

Une reproduction par scissiparité et bourgeonnement et même végétative est également observée où des fragments d'éponge peuvent se détacher et être transportés ailleurs pour donner de nouvelles éponges.

Les cellules totipotentes (amibocytes) confèrent aussi aux éponges de grandes possibilités de multiplication par bourgeonnement externe et interne : formation de spongine au sein de l'adulte qui forment des gemmules (1), cellules amiboïdes chargées de nutriments (archéocytes) entourées de cellules épithéliales, qui peuvent jouer le rôle de « germe » pour de nouvelles éponges.

Les gemmules sont des structures composées de cellules totipotentes (archéocytes) munies de réserves nutritives et de spicules.

N.B : Les éponges possèdent une capacité de régénération une éponge entière remplace des parties perdues, et des fragments détachés peuvent reformer une éponge entière.



Gemmule d'une éponge d'eau douce du genre *Spongilla*. Les archéocytes contenus dans la gemmule sont totipotents et pourront se transformer en amibocytes, choanocytes ou en pinacocytes.

**Figure.13 : gemmule d'une éponge d'eau douce**

## VI. Classification des éponges

La morphologie extérieure très variable dans un même groupe, voire dans une même espèce, ne peut fournir de base à une classification, celle-ci repose entièrement sur l'organisation interne et sur le squelette développé dans le mésoderme. Celui-ci est composé de petites pièces (spicules) qui peuvent être calcaires (isolées); siliceux (isolés ou réunis) par des fibres appelé la spongine (protéine); comme le cas où le squelette peut manquer complètement.

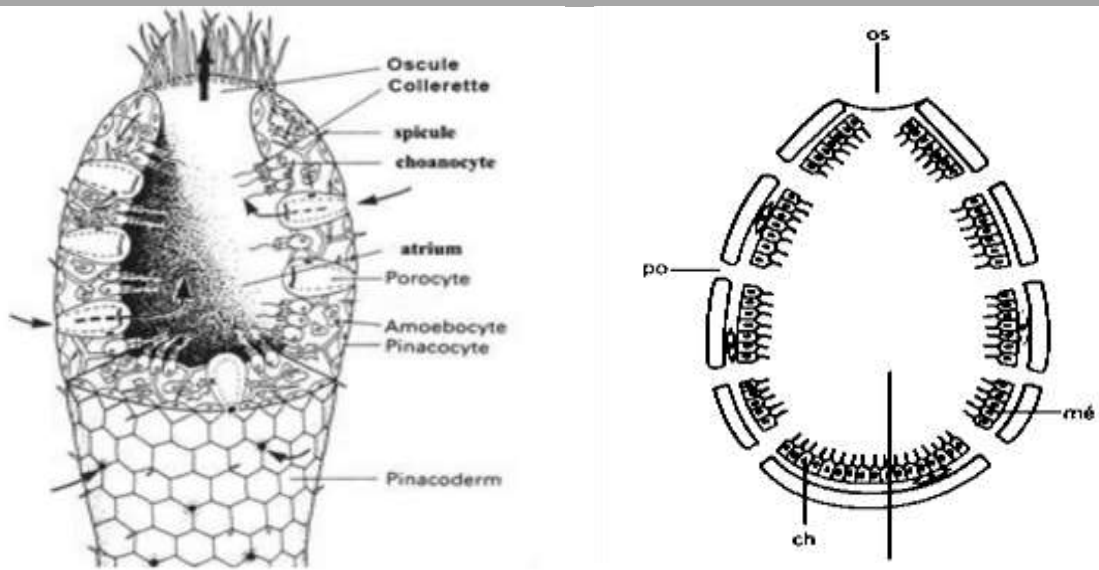
**1. Les éponges calcaires** sont exclusivement marines et la plupart appartiennent à la faune littorale (*Clathrina*, *Sycon*, *Grantia*). Elles possèdent des spicules calcaires, souvent en forme d'étoiles. Nécessitent un substrat dur pour se fixer, typiquement marines et vivent à 100 m de profondeur, elles sont en générale de petites tailles n'excédant pas une dizaine de cm, le squelette est formé de spicules calcaires (carbonates, calcites), disposés autour des pores inhalants, sécrétés par des cellules spéciales (calcoblastes).

Les éponges calcaires présentent les 3 stades *Ascon*, *Sycon* et *Leucon* et on distingue deux sous-classes :

a/Homocoeles : cavité gastrique entièrement tapissée de choanocytes (*Ascon*).

b/Hétérocoeles : forme complexe de type *Sycon* et *Leucon*.

**1.1. Stade Ascon** : La cavité gastrique se ramifie présentant des digitations nombreuses irrégulières, mais toute la cavité est tapissée par des choanocytes (forme homocoele) la paroi externe se plisse et s'étale, on peut avoir formation de nouveaux oscules quand des ramifications de la cavité gastrique débouchent à l'extérieur.

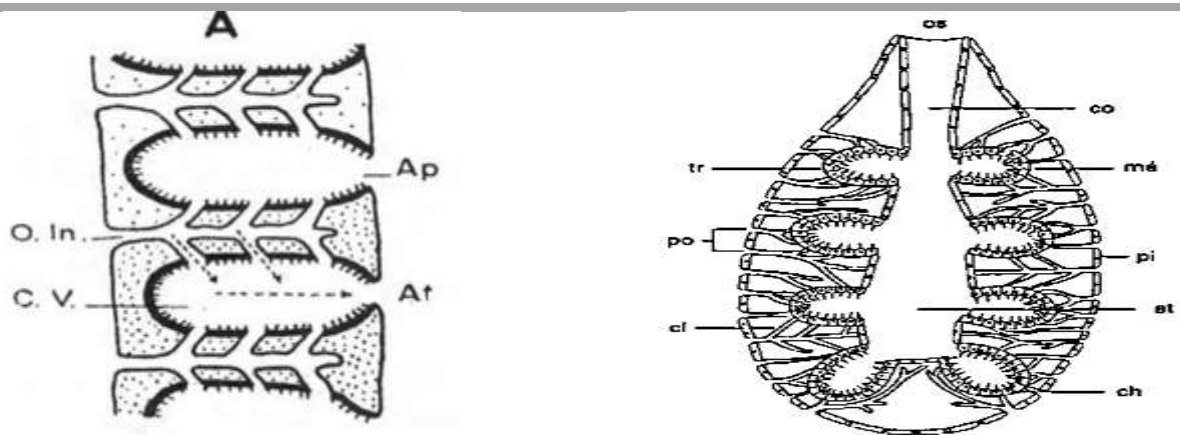


Organisation d'une éponge calcaire simple de type Ascon

Os : oscule, po :porocyte, at :atrium, ch:choanocyte,mé:mésoglée

Figure.14 : éponge de type Ascon

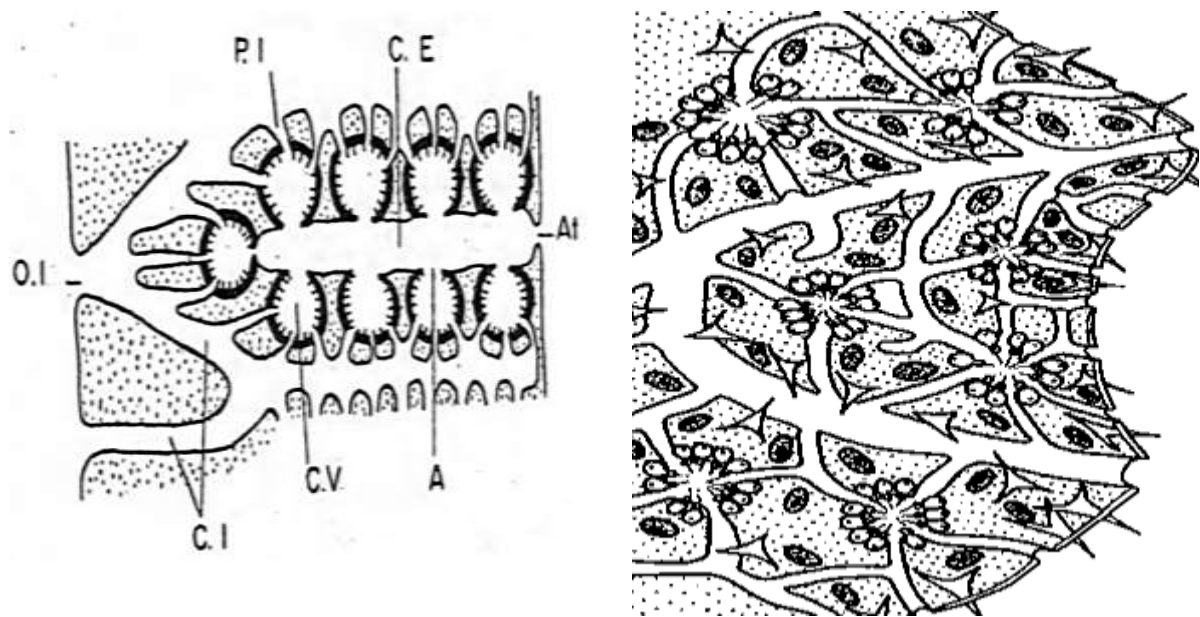
**1.2. Stade Sycon** : La cavité gastro-vasculaire émet des digitations ou se localisent les choanocytes, ce sont des chambres vibratiles, le reste de la cavité est tapissée par des pinacocytes, et la structure est dite hétérocère. Les digitations sont entourées par la couche moyenne qui épaissit et dans celle-ci se creuse un système de canaux mettant en relation les pores inhalants et les exhalants et les chambres vibratiles qui s'ouvrent directement dans-la cavité gastrique.



Organisation d'une éponge de type « Sycon » Les Éponges calcaires : Détails de la paroi au stade sycon At.: atrium; O.In.: orifice inhalant ; ch: corbeille vibratile ;O. In: Orifice inhalant, Ap :apopyle,Pi :pinacocyte ;

Figure.15 : éponge de type Sycon

**1.3. Stade Leucon** : La paroi est encore plus épaisse, et les chambres vibratiles se sont subdivisées en petites **corbeilles vibratiles** groupées.



Les Éponges calcaires : Détails de la paroi au stade Leucon At.: atrium; A. : apopyle ,O.I: orifice, C.I : Canal inhalant ,C.E :Canal exhalant, C. V: corbeille vibratile ;P.I :pore inhalant.

Figure.16 : éponge de type leucon

**2. Les hexactinellides ou éponges de verre** éponges ayant des spicules en silice, creux et en forme d'étoile à 6 branches. Certaines éponges de très grande taille (*Monographis*) peuvent posséder des spicules de près de 60 cm de long et de plus d'un centimètre de diamètre. Ce sont plutôt des animaux des mers chaudes, vivant à des profondeurs importantes (le plus souvent entre 500 et 5000 mètres).

**3. Les démosponges** ne présentent pas de formes régulières, représentent la plus grande majorité des éponges et sont présent dans les différents milieux, de la zone de balancement des marées jusqu'aux abysses (8600m). Possèdent un squelette de spongine, une protéine de type kératine, des spicules siliceuses peuvent également avoir des spicules composés .Toutes les Demosponges sont du type *Leucon* et *Raghon* (le type le plus complexe des éponges). Parmi les démosponges, on trouve les éponges utilisées pour la toilette (*Spongia officinalis*)

## VI. Défenses

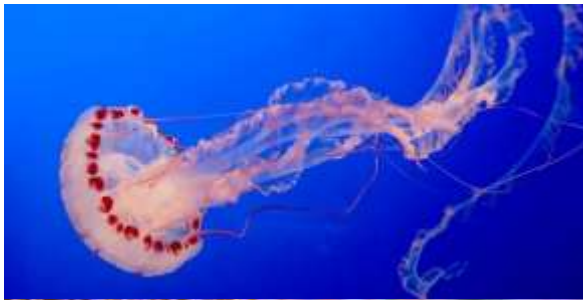
Les **spicules** des éponges les protègent en partie des gros prédateurs qui n'apprécient généralement pas leur pointes parfois acérées. Plusieurs éponges produisent en plus des composés organiques (terpènes, benzoquinones, bromines) qui leur donnent mauvais goût et qui, dans certains cas, vont inhiber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

## **VII. 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.



## *Les cnidaires*



**L**es Cnidaires forment un groupe charnière entre les premiers organismes multicellulaires et ceux qui sont apparus après. Ils sont également intéressants à étudier à cause de certaines caractéristiques propres à cet embranchement. Leur architecture basée sur une symétrie radiale impose des contraintes importantes sur leur mode de vie. Par exemple, ils n'ont pas de système nerveux centralisé parce qu'ils ne se déplacent pas dans une direction particulière. Les Cnidaires sont diploblastiques et sont formés de deux couches de tissus: l'ectoderme et l'endoderme. Ils représentent les premiers organismes au niveau d'organisation cellules-tissus. La symétrie radiale et la présence de deux couches de tissus semblent être apparues simultanément, et il n'y a pas d'organismes diploblastiques à symétrie bilatérale.

Les Cnidaires sont des prédateurs qui utilisent toute une variété de cellules caractéristiques (les cnidoblastes) pour accrocher, harponner et engluer leurs proies. Leur cycle biologique est également unique avec une alternance de générations (cycle vital dimorphe) entre le stade polype et le stade méduse. Les différentes classes de Cnidaires se distinguent par l'importance relative de ces deux stades.

### **I. Architecture**

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 mésoglyée (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 mésoglyée. 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.

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.

Les Cnidaires sont à symétrie radiaire à laquelle peut se superposer chez certains cnidaires une symétrie bilatérale (octocoralliaires, hexacoralliaires).

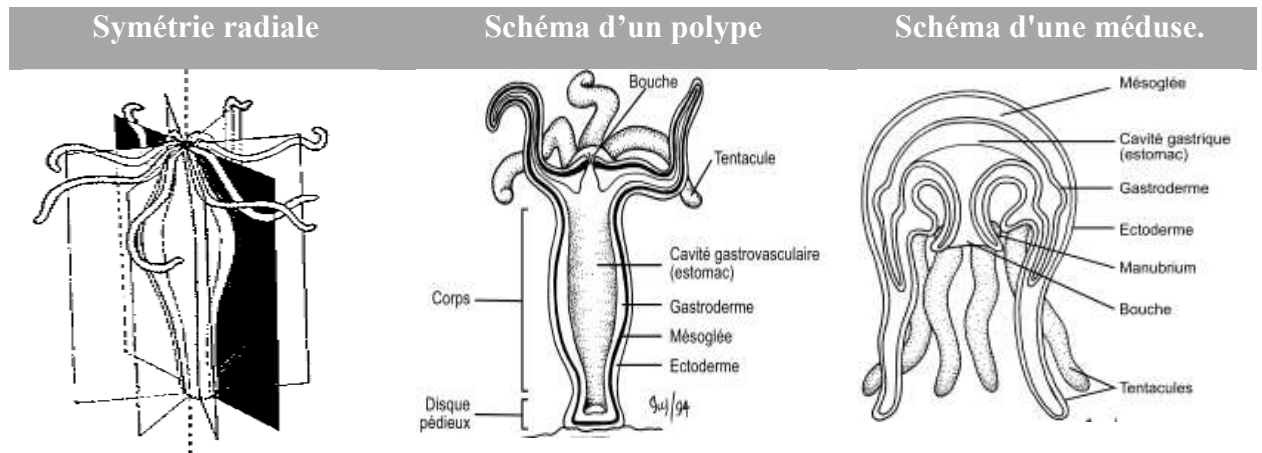


Figure.16 : anatomie des cnidaires

## II. 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.

Chez certains Cnidaires coloniaux, comme la galère portugaise (*Physalia*), la colonie de polypes (ou zoécie) n'est pas sessile, mais flotte à la dérive à la surface de l'eau. Ces animaux forment une colonie très complexe où certains individus se spécialisent pour la reproduction (les gonozoécies) et d'autres pour les fonctions somatiques (les autozoécies). La galère portugaise possède un flotteur rempli de gaz qui lui permet de flotter à la surface, et qui lui sert également de voile.

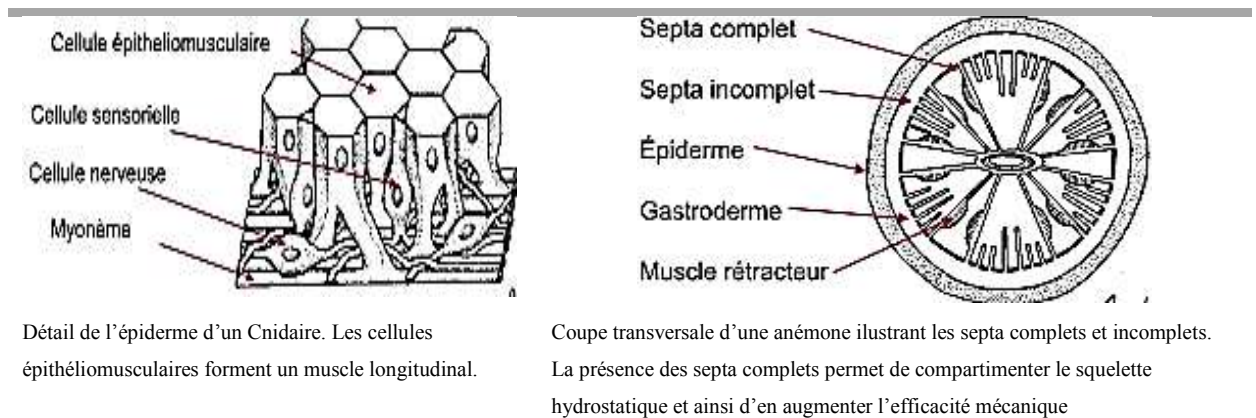
La présence de la cavité gastro-vasculaire et d'une bouche qui peut se fermer (contrairement à l'osculum des éponges) permet aux Cnidaires d'avoir un squelette hydrostatique. Ce "squelette" est en fait formé de l'eau qui emplit la cavité gastro-vasculaire et des parois corporelles musculuses de l'animal. L'eau étant incompressible, le volume de l'animal ne peut changer lorsque sa bouche est fermée. La contraction des cellules épithéliomusculaires de l'épiderme, qui forment des muscles longitudinaux, permet à l'animal de rétrécir et raccourcir ses tentacules. Les cellules du gastroderme forment un muscle circulaire qui, lorsque contracté, permet à l'animal de s'allonger ou d'étirer ses tentacules. La présence de muscles antagonistes (les muscles longitudinaux et

circulaires) permet d'étirer activement chaque muscle après sa contraction au lieu d'attendre l'étirement physiologique des fibres musculaires qui est beaucoup plus lent.

Chez certains Anthozoaires, comme l'anémone de mer, la cavité gastro-vasculaire est subdivisée par des septa. Cette division de la cavité permet d'augmenter l'efficacité du squelette hydrostatique puisque les contractions antagonistes des muscles qui permettent le mouvement peuvent être confinées à une région de l'animal plutôt que de faire intervenir tous les muscles du corps.

Les cellules glandulaires du disque pédieux des polypes sécrètent une substance adhésive qui permet à l'animal de se fixer. Cependant, les hydres et les anémones de mer vont fréquemment se détacher du substrat et faire des culbutes pour se déplacer vers des endroits plus favorables. Dans certains cas, ils vont accumuler une bulle de gaz dans la cavité gastro-vasculaire et flotter entre deux eaux, se laissant amener par les courants marins vers d'autres lieux. Certaines anémones arrivent même à nager en ramant à l'aide de leurs tentacules.

Les coraux utilisent à la fois un squelette hydrostatique pour animer leurs tentacules, et un endosquelette calcaire pour soutenir la colonie.



**Figure.17 : les cellules épithéliomusculaires chez les cnidaires**

### III. Respiration et circulation

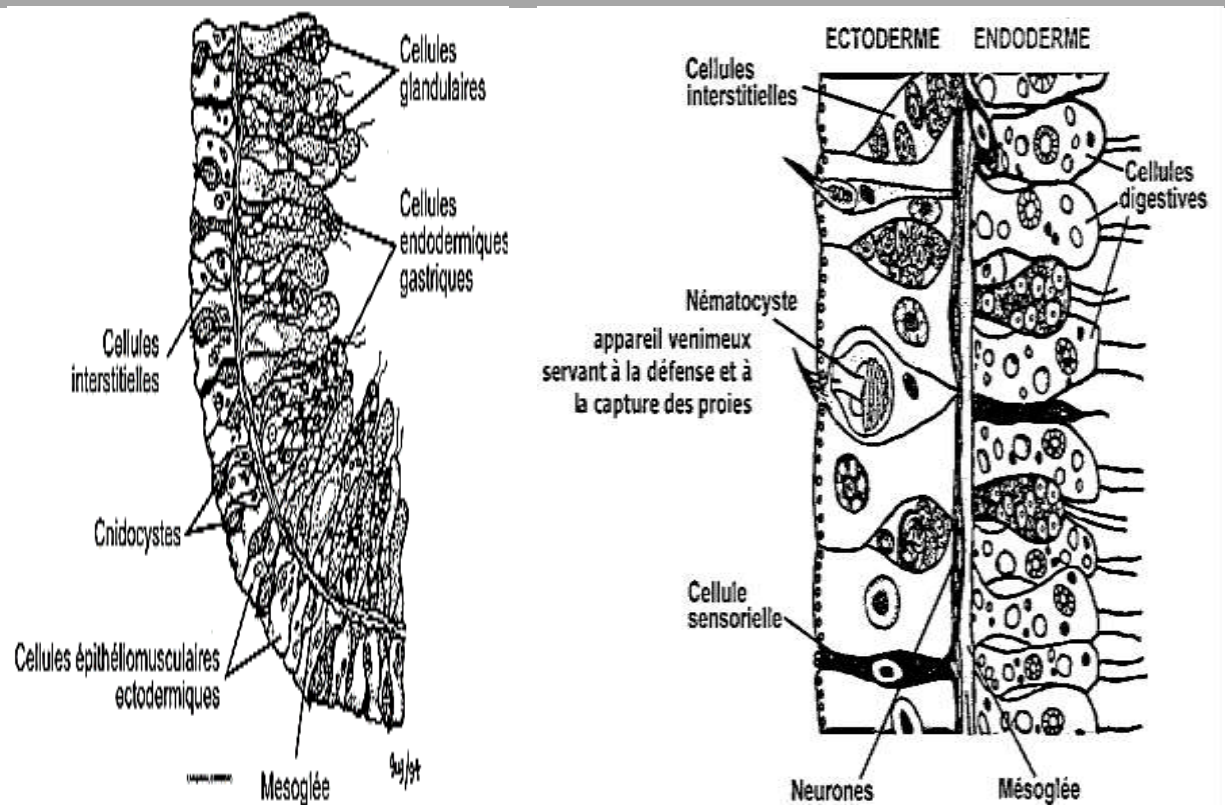
Les Cnidaires dépendent principalement de la diffusion pour obtenir l'oxygène dont ils ont besoin. Leur corps étant très souvent formé de deux couches de cellules, l'une à l'extérieur, l'autre tapissant la cavité gastro-vasculaire, ils n'ont pas vraiment besoin de système circulatoire. Les cellules amiboïdes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

### IV. 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.



Coupe transversale de la paroi corporelle d'une hydre.

Coupe transversale de la paroi corporelle des cnidaires

**Figure.18 : structure de la paroi d'un cnidaire**

Chez les Anthozoaires, il y a une structure unique, le siphonoglyphe, qui est une gouttière ciliée à chaque extrémité de la bouche allongée. Cette structure permet de faire circuler l'eau vers l'intérieur de la cavité gastro-vasculaire. Les cellules du siphonoglyphe sécrètent également du mucus qui sert à lubrifier la bouche et le pharynx et ainsi faciliter le passage de la proie vers la cavité gastro-vasculaire. La présence des septa, chez les anémones de mer augmente la surface de contact entre le contenu de la cavité et le gastro- derme.

Notez que 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. Cet arrangement n'est

pas très efficace car la nourriture partiellement digérée, les rebuts de digestion, et les proies nouvellement ingérées sont mélangées dans la cavité gastro-vasculaire. Il est donc difficile à ces animaux de digérer parfaitement leurs proies car les gradients de diffusion des substances nutritives et des déchets métaboliques de chaque côté des membranes des cellules du gastroderme ne peuvent être maintenus.

#### **V. 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.

#### **VI. 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.

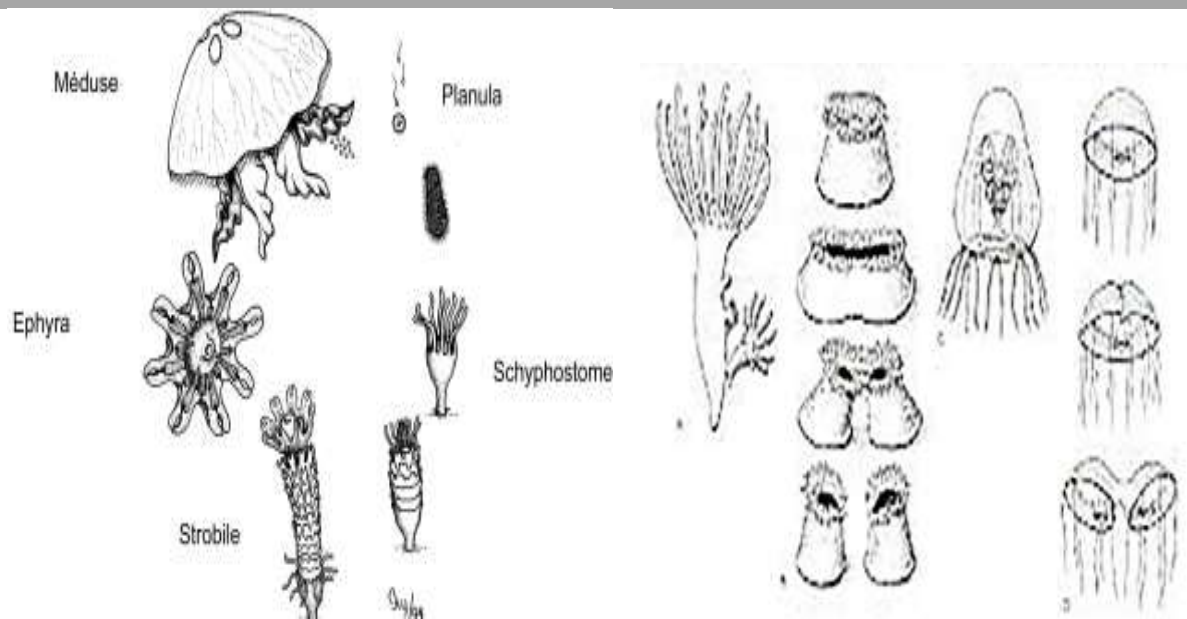
Les Cnidaires possèdent des cellules sensorielles qui réagissent aux stimuli chimiques et tactiles dans l'épiderme et le gastroderme. Les polypes n'ont généralement pas d'organes sensoriels, mais les méduses ont souvent des cellules photoréceptrices et des groupes de cellules permettant de détecter la 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.

#### **VII. Reproduction des cnidaires**

Le mode reproductif varie entre groupes depuis l'alternance stricte polype/méduse. Lorsque les conditions sont favorables, certain polypes se métamorphosent en méduses (classe des cubozoaires), et mènent une vie pélagique. Typiquement, il y a une phase sexuée et une phase asexuée chez les Cnidaires.

### 1. Asexuée

Les polypes se multiplient de façon asexuée par bourgeonnement, division longitudinale et transversale et régénération. Chez certaines espèces où la phase méduse est majoritaire (phase méduse dominante), il y a un phénomène de strobilation ou strobilisation (multiples étranglements du polype permettant de libérer les petites méduses : cas d'Aurelia).



Les polypes de petite taille ou scyphistomes assurent la multiplication asexuée par transversale ou strobilisation

bourgeonnement, division (longitudinale et transversale)

Figure.18 : reproduction asexuelle des cnidaires

**2. Sexuée :** les gamètes sont produits dans l'ectoderme, les sexes sont séparés en général. Les polypes relâchent leurs gamètes et après la fécondation on obtient une larve *planula* qui se déplace grâce à un épithélium cilié. Cette larve redonnera un **polype**. Ce mode de reproduction est simple, on le retrouve chez les Anthozoaires.

Chez les Schyphozoaires et les Hydrozoaires, la reproduction passe par un stade méduse qui porte les gamètes. Les polypes bourgeonnent et donne une forme méduse qui donne des gamètes qui donnent une larve planula qui donnera un nouveau polype.

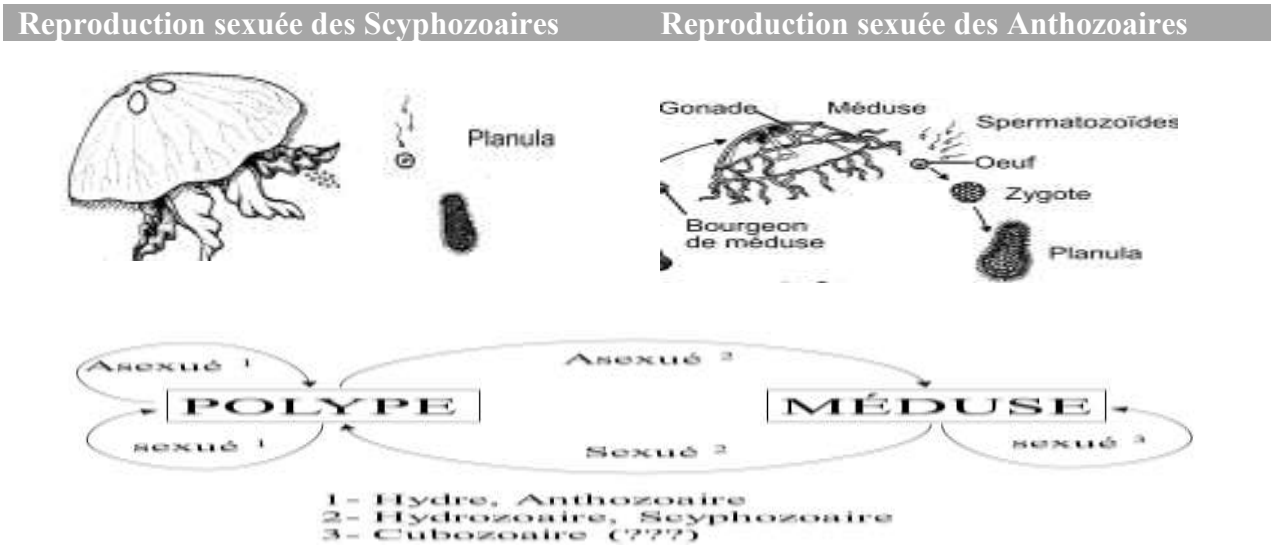
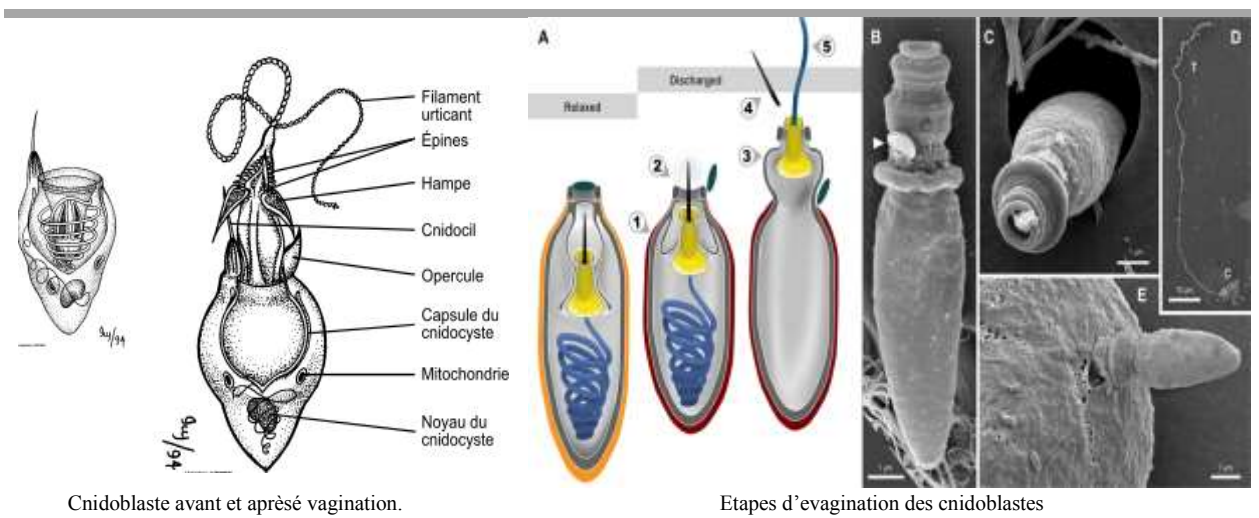


Figure.18 : reproduction sexuelle et asexuelle des cnidaires

**VIII. Défenses**

Le cnidoblaste contient un organe d'origine golgienne le cnidocyte, la plupart des cnidocytes injectent un venin toxique destiné à tuer les proies ou à fuir les ennemis alors que d'autres servent à capturer des proies en les ligotant. Le cnidocyte est une capsule remplie de liquide urticant dans lequel baigne un filament enroulé en spirale et bordé d'épines souples. Au moindre contact sur le cnidocil (prolongement excitable) la vacuole se décharge libérant le harpon et son filament qui se dévagine pénètre dans l'épiderme de la paroi et lui inocule le venin, cette toxine est active à faible dose. De nature différente selon les espèces, elle va tuer ou paralyser les proies (peut provoquer de violentes douleurs chez l'être humain). Le cnidocyte se dévagine une seule fois, il est remplacé par une cellule nouvellement formée.



Cnidoblaste avant et après évagination.

Étapes d'évagination des cnidoblastes

Figure.19 : mode de fonctionnement des cnidoblastes

## IX. 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.

## Classification

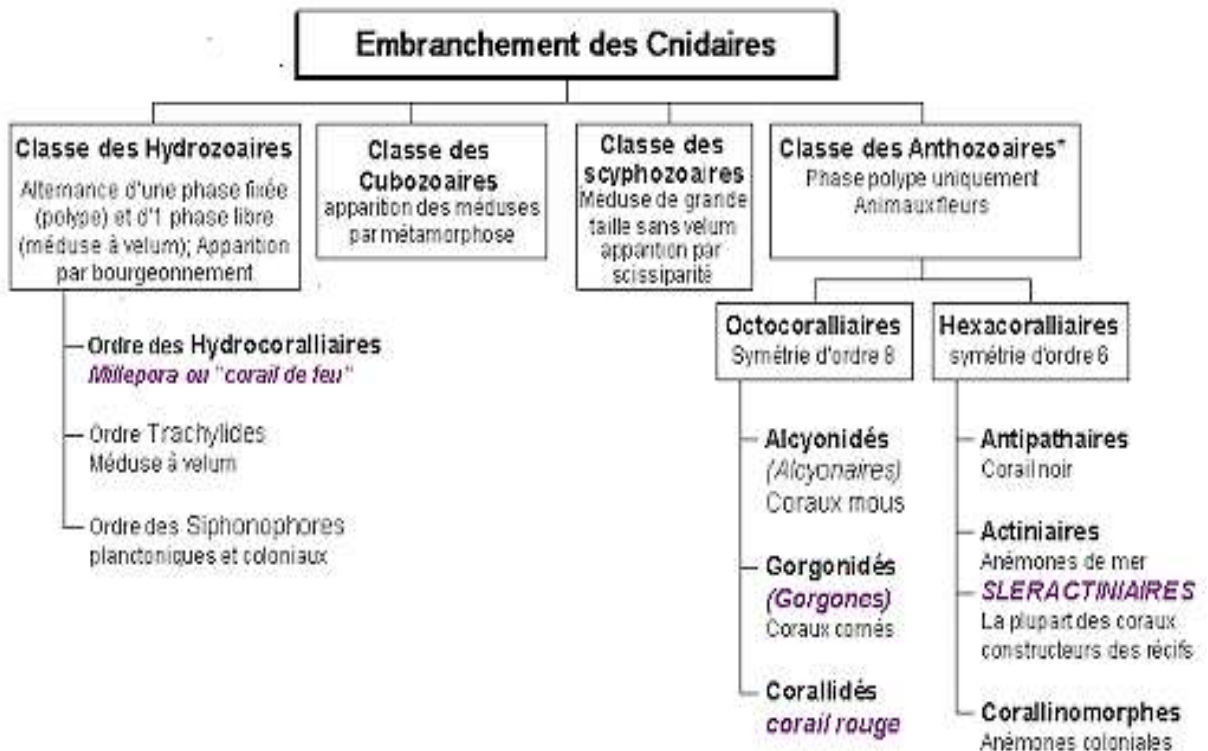


Figure.20 : systématique des cnidaires



## *Les Plathelminthes*



**L**es Plathelminthes sont les animaux triploblastiques les plus primitifs que nous étudierons. Ils possèdent trois couches de véritables tissus: ectoderme, endoderme, et mésoderme entre les deux autres. Cependant ils n'ont pas de cavité interne véritable (cœlome) et ce sont donc des acœlomates. Les premiers vers plats vivaient librement, mais suite à l'apparition d'animaux plus gros et complexes, les Plathelminthes se sont diversifiés en de nombreuses espèces de parasites, tirant profit de plusieurs de leurs caractéristiques les préadaptant à un mode de vie parasite. De nos jours, il y a plus d'espèces parasites que d'espèces vivant librement.

L'ancêtre était plat, et se déplaçait à l'aide de cils en rampant sur une couche de mucus produite par les cellules de l'épiderme. L'ouverture du tube digestif incomplet était placée au milieu du corps, et la matière organique récoltée était ingérée et transportée à l'aide de cils. Il avait une symétrie bilatérale, avec une concentration de structures sensorielles dans la partie antérieure (céphalisation).

L'aspect le plus remarquable des Plathelminthes actuels est le secret de leur survie jusqu'à aujourd'hui: l'adaptation au mode de vie parasite. Suite à l'évolution d'animaux mieux adaptés qu'eux au mode de vie libre, les vers plats ont tiré avantage de leur forme plate pour se cacher dans les cavités internes de leurs hôtes. Des transformations à l'épiderme sécréteur leur ont permis de développer des crochets pour s'accrocher et un tégument pour les protéger du système de défenses de leur hôte.

La survie des vers plats libres jusqu'à aujourd'hui repose sans doute en partie sur la présence des rhabdites, qu'on croit jouer un rôle défensif en sécrétant un mucus au goût désagréable pour leurs prédateurs.

### **I. Architecture**

Les Plathelminthes (du grec *platys*= plat et *helmins*= vers) sont des animaux bilatéraux qui possèdent trois véritables feuillettes 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 espèces parasites sont plus évoluées que les espèces qui ont un mode de vie libre, et elles ont subi toute une série de transformations. Ce sont les Plathelminthes au mode de vie libre qui illustrent le mieux les caractéristiques de l'embranchement.

L'épiderme des vers plats est cilié, et ce sont les cils de la surface ventrale qui assurent le mouvement. On retrouve entre les cellules de l'épiderme des cellules caractéristiques, les rhabdites.

Elles ont la forme de courtes tiges qui sont déchargées lorsque l'animal est dérangé. Sous l'épiderme se retrouvent deux couches de muscles, la première forme un muscle circulaire, la seconde un muscle longitudinal. Des muscles dorso-ventraux relient les deux faces de l'animal. Ces trois groupes de muscles permettent à l'animal de garder sa forme aplatie, et forment une partie du squelette hydrostatique.

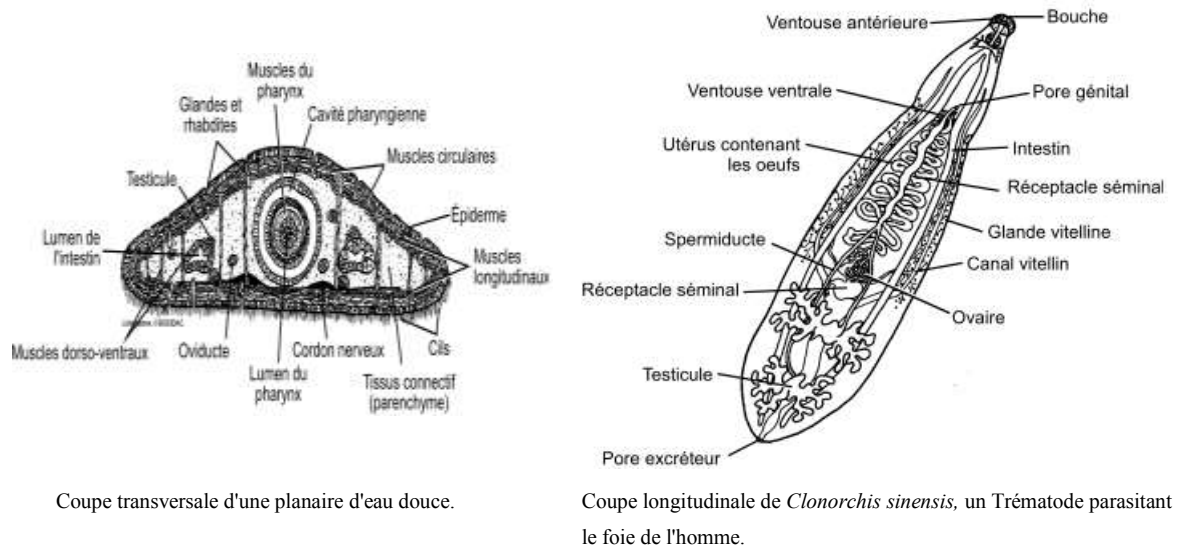


Figure.21 : anatomie des plathelminthes

## II. 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.

## III. Respiration et circulation

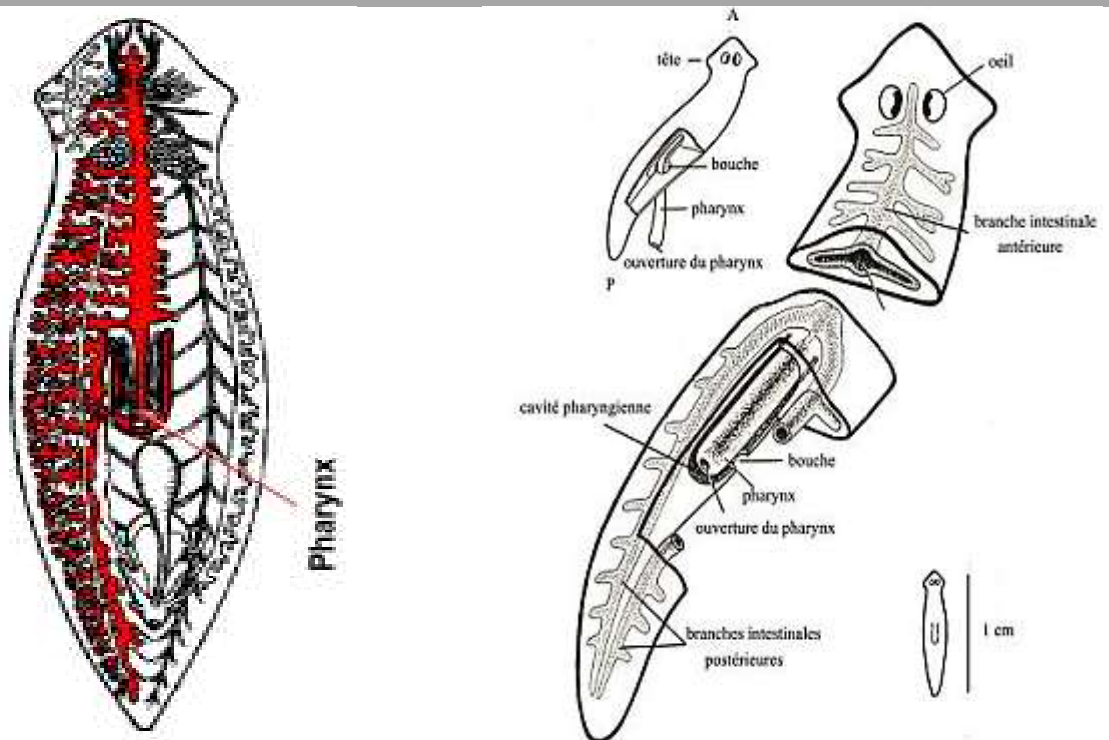
Les vers plats dépendent uniquement de la diffusion pour la respiration. Il n'y a pas de véritable système circulatoire. Les déplacements de l'animal agitent les fluides interstitiels et favorisent la diffusion. L'absence de système circulatoire est sans doute un des facteurs qui limitent l'épaisseur des vers plats.

Les Cestodes qui vivent dans l'intestin des Vertébrés ont un métabolisme anaérobique (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.

#### IV. Alimentation et digestion

Le tube digestif des vers plats, lorsque présent, est incomplet. 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.

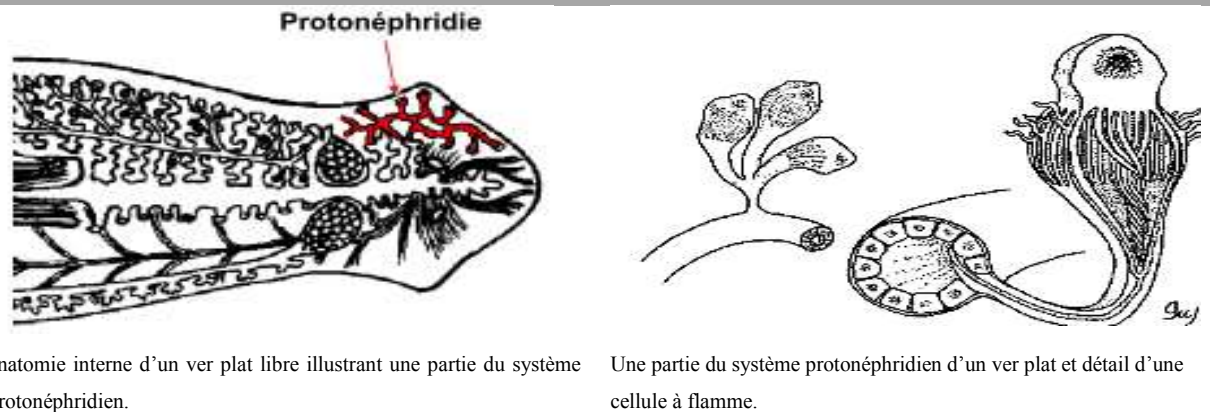


Système digestif d'un ver plat libre. Remarquez que le tube digestif n'a qu'une seule ouverture (on le qualifie d'incomplet) qui sert à la fois de bouche et d'anus. Le système digestif est ramifié dans toutes les parties du corps, permettant ainsi à l'animal de nourrir toutes ses cellules malgré l'absence d'un système circulatoire.

Figure.22 : tube digestive incomplet des plathelminthes

#### V. Excrétion et osmorégulation

C'est chez les vers plats qu'apparaît un des systèmes excréteurs les plus primitifs : le réseau protonéphridien. Ce système est commun chez les espèces dulcicoles et sert à éliminer les surplus d'eau.



anatomie interne d'un ver plat libre illustrant une partie du système protonéphridien.

Une partie du système protonéphridien d'un ver plat et détail d'une cellule à flamme.

Figure.23 : système protonéphridien

## VI. 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. Chez les espèces parasites qui ont plusieurs hôtes, et dont les chances de survie sont réduites par la faible probabilité de transmission d'un hôte à l'autre, il y a très souvent une multiplication de larves à plusieurs étapes dans le cycle vital (amplification larvaire).

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), ce qui permet de réduire les chances d'autofertilisation.

Les Cestodes parasites de l'intestin, comme le ver solitaire, ont rarement la chance de rencontrer un partenaire sexuel. Chez ces animaux, l'autofertilisation est courante. Les œufs fertilisés sont emmagasinés dans les segments postérieurs à la tête (proglottis), et, arrivés à maturité, ces segments sont relâchés avec les excréments de l'hôte. Il y a une croissance continue de segments au niveau du scolex pour remplacer ceux qui sont perdus.

## VII. Sens et système nerveux

Le système nerveux comporte une paire de ganglions cérébraux, deux cordons nerveux longitudinaux, et une série de nerfs transversaux. Les planaires ont des statocystes et typiquement des ocelles qui leur permettent de détecter la lumière. Il y a des chémorécepteurs dans la région céphalique. Leur mode de locomotion a favorisé une concentration des structures nerveuses et sensorielles dans la partie antérieure du corps. Chez les espèces parasites, les structures sensorielles sont typiquement réduites ou absentes.

On distingue plusieurs catégories d'organes sensoriels, qui ne sont pas nécessairement représentés chez le même animal :

- Les Tangorecepteurs : sensibles au contact de corps solides.
- Les Rheorecepteurs : qui sont stimulés par le déplacement des masses liquides.
- Les Chemorecepteurs : détectent les proies.
- Les Statocystes : assurent l'équilibration.
- Les Photorecepteurs ou Ocelles : sensibles à la lumière.

### VIII. Défenses et adaptations

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

Les espèces parasites doivent être à même de résister aux attaques du système immunitaire de l'hôte si elles sont endoparasites, ou de résister aux enzymes digestives et de s'accrocher si ce sont des parasites du tube digestif.

L'épiderme des endoparasites peut être camouflé en incorporant des antigènes des cellules de l'hôte de façon à confondre les anticorps. L'épiderme des Cestodes est souvent un syncitium, une masse continue de protoplasme qui est résistante aux enzymes digestives.

Ces mêmes Cestodes ont souvent une structure d'attachement spéciale, le scolex, qui leur permet de s'ancrer dans la paroi du tube digestif de leur hôte.

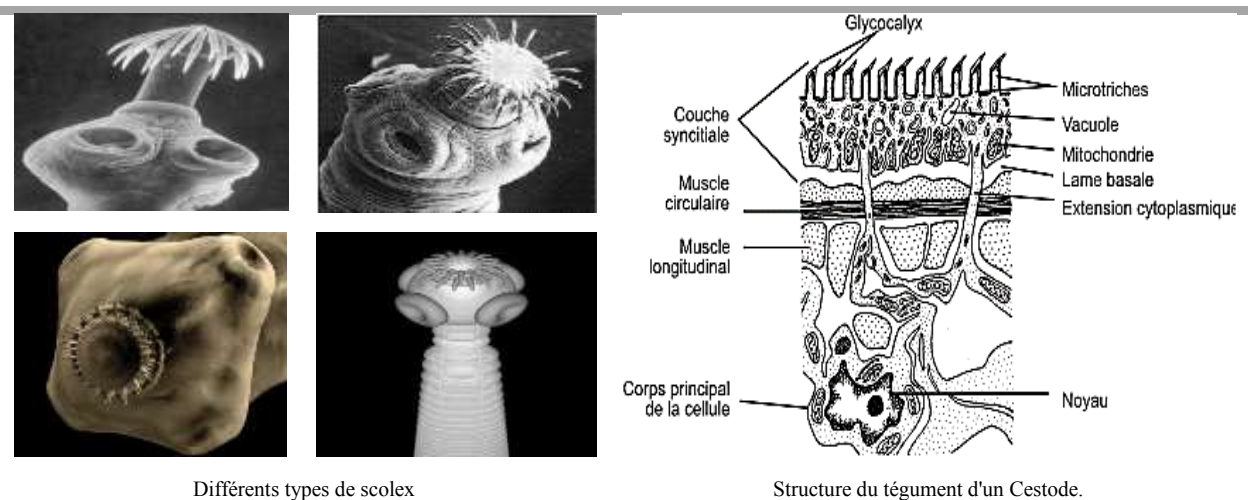


Figure.24 : défense chez les plathelminthes

### IX. Classification

La classification des Plathelminthes est variable selon les auteurs. Ce groupe se compose d'environ 20 000 espèces et comporte quatre classes qui correspondent à des adaptations à un milieu précis, ainsi on a :

1. Les Rhabditophora (anciennement « turbellariés ») comme la planaire ;
2. Les monogènes qui sont des parasites d'organismes aquatiques ;
3. Les trématodes (douve, digènes) qui sont des parasites comme la douve du foie ;

4. Les cestodes comme le ver solitaire ou ténia, ou les nombreux cestodes qui peuvent infecter les animaux, dont les oiseaux qui peuvent les transporter d'un continent à l'autre.

## **X. Exemples de plathelminthes**

### **1. La grande douve du foie (*Fasciola hepatica*)**

La douve du foie est un petit ver plat en forme de feuille, parasite interne des mammifères et de l'homme. Elle cause des maladies hépatiques appelées distomatoses. Il en existe plusieurs espèces dont les plus connues sont la grande douve du foie (*Fasciola hepatica*) et la petite douve du foie. Chaque douve a un hôte spécifique, mais peut aussi parasiter quelques espèces apparentées. Les douves possèdent une ventouse pour se fixer à leur hôte, un appareil digestif à deux branches intestinales (ou cæcums) et des organes sensoriels spécialisés. La majorité des espèces est hermaphrodite. La grande douve du foie est de couleur rouge foncé et peut mesurer de 2 à 3 cm de long. Elle se fixe, grâce à sa ventouse, aux parois des canaux biliaires du mouton dont elle aspire le sang. Les adultes pondent des œufs qui sont rejetés à l'extérieur avec les matières fécales du mouton. Ces œufs doivent obligatoirement tomber dans de l'eau douce afin de pouvoir libérer une larve ciliée, appelée miracidium. Cette larve nage jusqu'à ce qu'elle rencontre un petit escargot d'eau douce, la limnée. Elle infecte alors son poumon : la limnée devient un hôte intermédiaire du parasite. Le développement de la larve se poursuit dans le poumon de la limnée : le stade suivant est appelé sporocyste, car la cellule a une forme de spore. Il donne naissance, par bourgeonnement, à un nouveau stade, la rédie. Un seul sporocyste produit de nombreuses rédies. Ces dernières donnent elles-mêmes naissance à plusieurs cercaires. Une seule larve peut ainsi produire, en plusieurs étapes, un nombre très élevé de cercaires, et cela tant que la limnée reste en vie. Les cercaires quittent la limnée pour se fixer sur une plante aquatique. Elles s'enferment dans une coque, le kyste. Les cercaires enkystées atteignent finalement leur hôte définitif, le mouton, lorsque celui-ci mange les plantes aquatiques qui portent les kystes. La jeune douve est alors libérée de son kyste par les sucs digestifs, traverse la paroi intestinale et va directement s'installer dans les canaux biliaires de son hôte. Elle devient adulte au bout de trois mois. Les douves perturbent le bon fonctionnement du foie et occasionnent des crises de coliques hépatiques qui affaiblissent considérablement leur hôte. La grande douve du foie peut vivre plus de dix ans et pondre chaque année près d'un million d'œufs. Mais moins d'un œuf sur un million parvient à l'âge adulte.



- 1 - Adulte (vivant dans les canaux biliaires du mouton)
- 2 - Oeuf avec opercule ouvert livrant passage au miracidium
- 3 - Limnée (*Limnea trunculata*)
- 4 - Sporocyste avec balles cellulaires et rédies
- 5 - Rédie renfermant des cercaires et des balles cellulaires
- 6 - Cercaires
- 7 - Métacercaires
- 8 - Métacercaire sur une feuille aquatique qui, mangée par le mouton infestera celui-ci.

Figure.25 : cycle biologique de la grande douve

## 2. Le ténia

Les ténias, dont certains types sont couramment appelés vers solitaire, sont des vers plats (cestode) de taille variable, de quelque millimètre à plusieurs mètres de long. Leur extrémités antérieure, appelée scolex, porte des ventouses et parfois des crochets, servant d'organes de fixation sur la muqueuse de l'intestin grêle. Le corps est formé de segments plus ou moins rectangulaires contenant les organes génitaux mâles et femelles (les vers sont hermaphrodites). Le nombre de segments variable suivant les ténias. On distingue deux principaux types de ténias, selon l'espèce de ténia en cause :

-*Taenia saginata*, très fréquent en France, est transmis par l'ingestion de viande de bœuf.

-*Taenia solium* est transmis par l'ingestion de viande de porc .

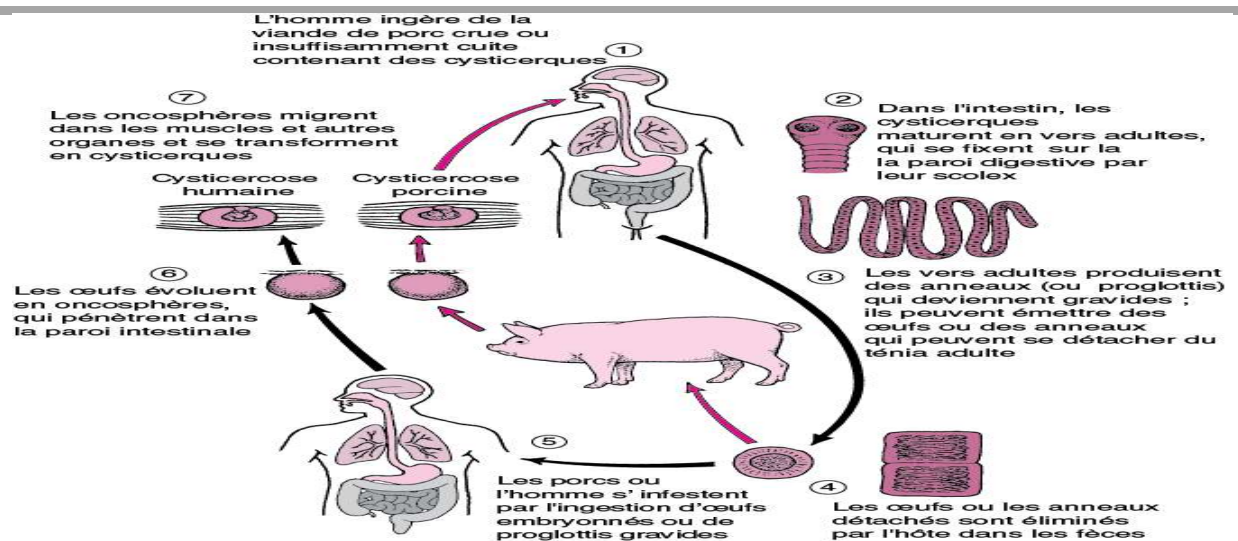


Figure.26 : cycle biologique du Ténia

### 3. Schistosomiase (bilharziose)

Maladie causée par les parasites Trématodes du genre *Schistosoma* présents partout dans le monde. Différentes espèces sont responsables de diverses maladies, depuis la dermatite commune des nageurs jusqu'à la schistosomiase, qui affecte plus de 200 millions de personnes.

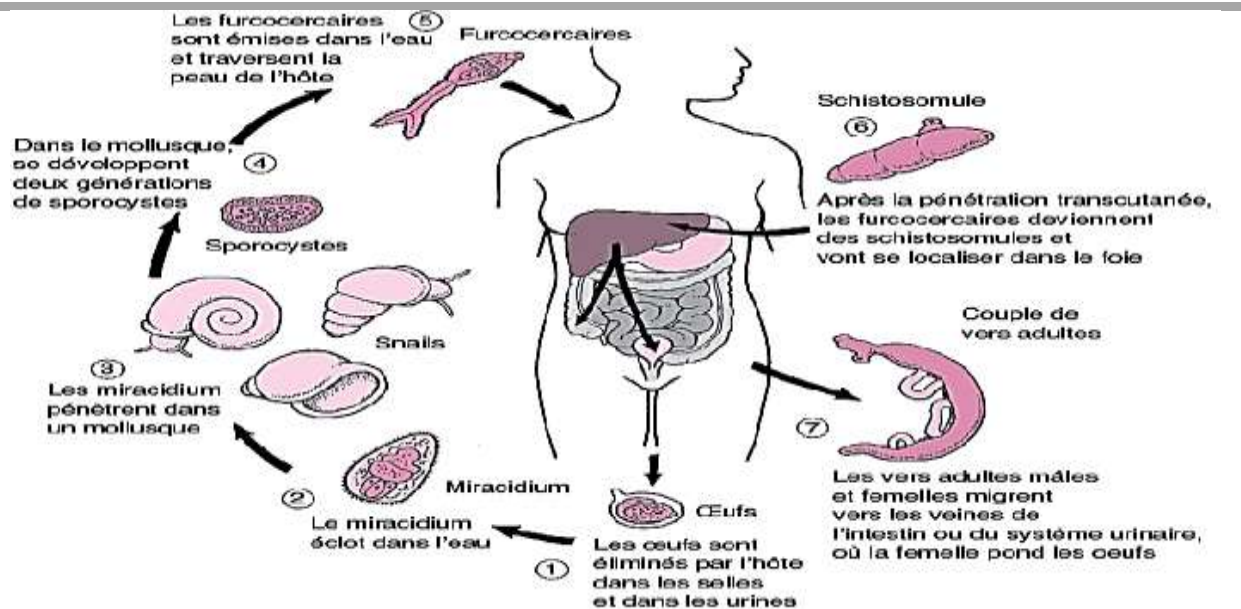


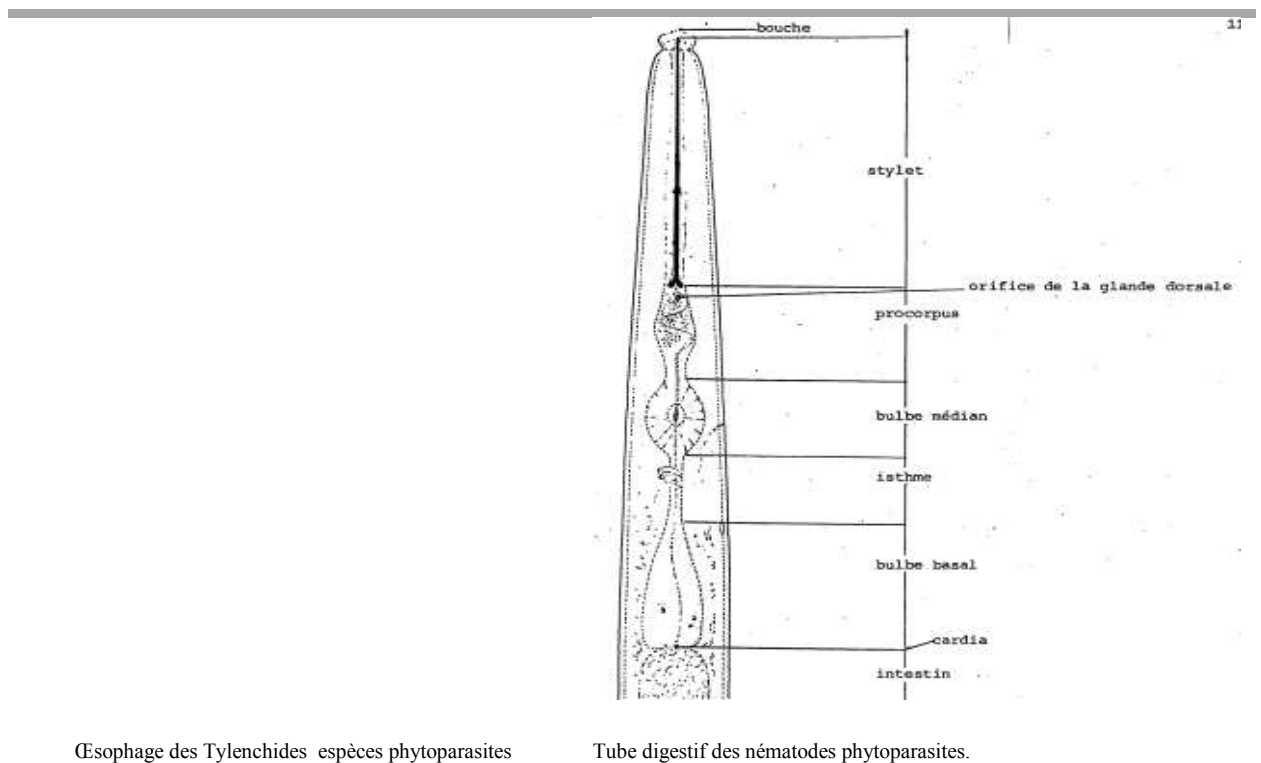
Figure.27 : cycle biologique de la *Schistosoma*



# *Les Némathelminthes*



Les Nématodes, ou vers ronds, sont un embranchement qui est regroupé avec plusieurs autres embranchements mineurs pour former les animaux pseudocoelomates, les animaux qui possèdent un pseudocoelome. Ces animaux ont trois feuilletts cellulaires (ils sont triploblastiques), possèdent une cavité interne, mais cette cavité n'est pas entièrement entourée de mésoderme. Les Nématodes ont un squelette hydrostatique à haute pression. Leur cuticule de collagène est imperméable, mais elle est percée de pores pour permettre les transferts gazeux. Ils ne possèdent que des muscles longitudinaux. Les Nématodes sont à la fois diversifiés et abondants. Plusieurs se nourrissent des racines des plantes cultivées et certains sont des parasites s'attaquant à l'être humain.



Œsophage des Tylenchides espèces phytoparasites

Tube digestif des nématodes phytoparasites.

## Figure.28 : la physiologie des némathelminthes

### I. Architecture

Les Nématodes sont les premiers animaux qui possèdent l'architecture d'un tube à l'intérieur d'un tube. Le tube interne est le tube digestif qui est complet avec une bouche et un anus. Cet arrangement permet une spécialisation des diverses régions du tube digestif et 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.

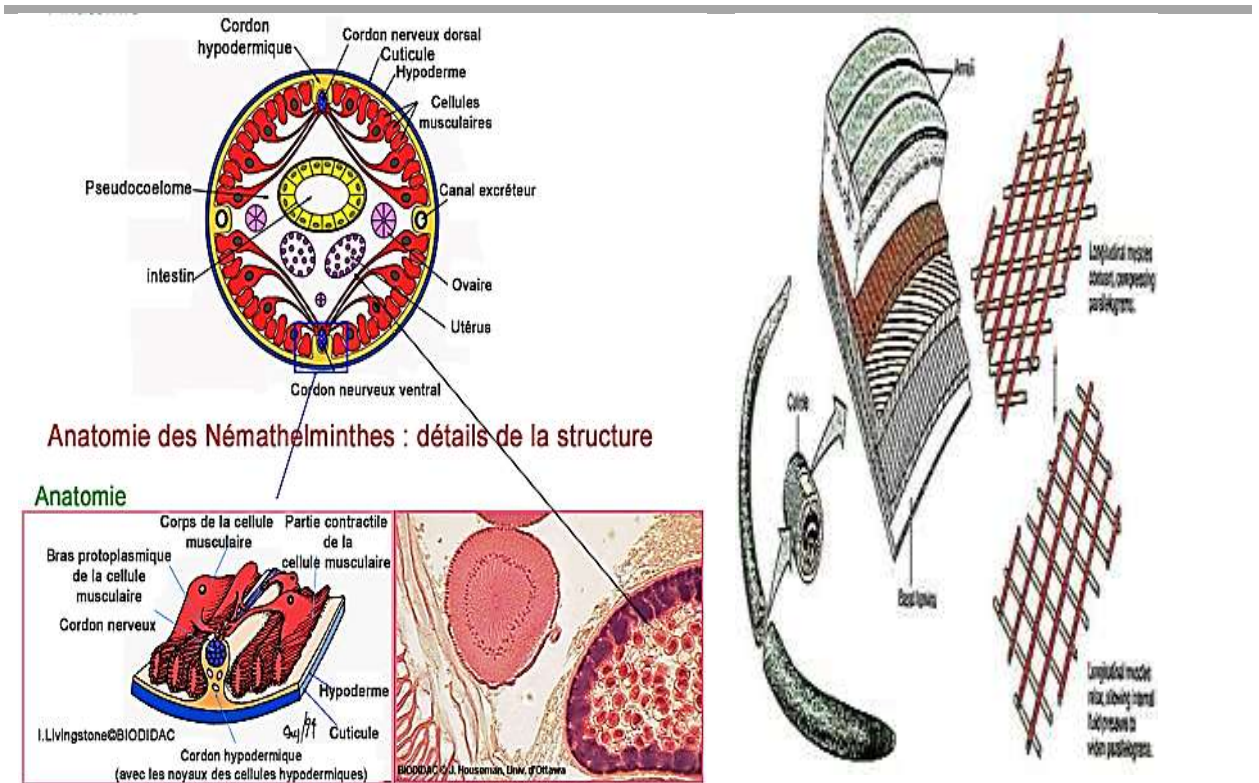
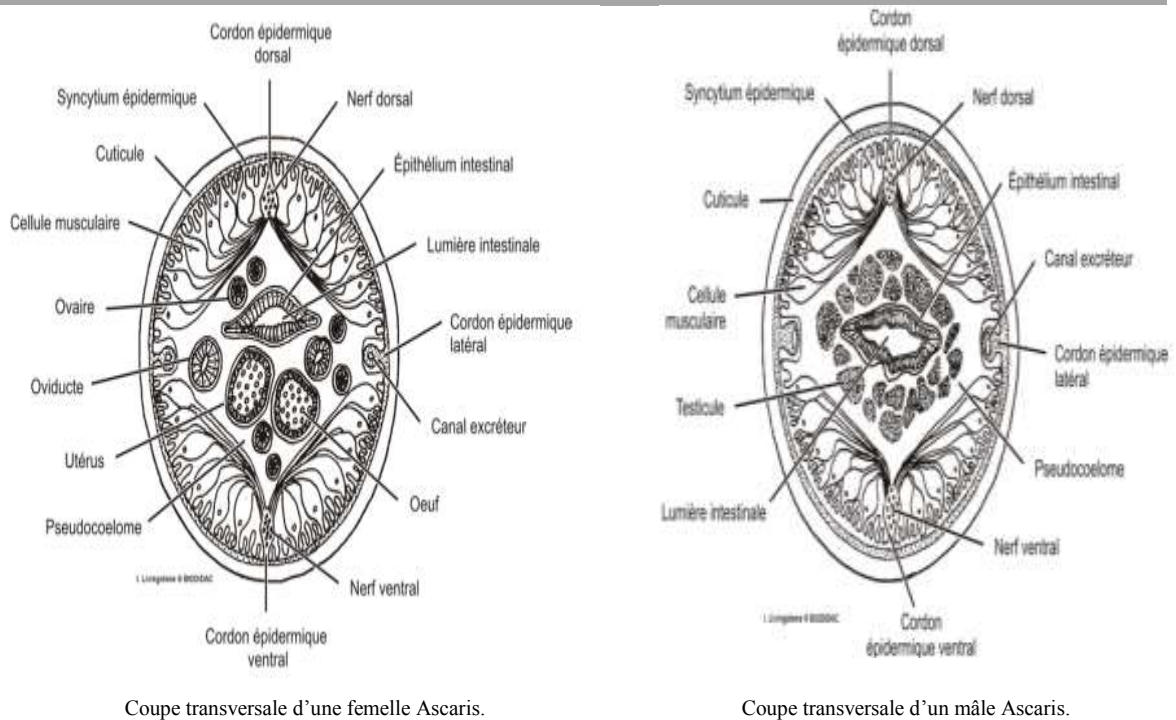


Figure.29 : la cuticule chez les némathelminthes

## II. 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 impossibles à écraser.



**Figure.29 : anatomie des némathelminthes (*Ascaris*)**

### III. 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 favorise la circulation. Les Nématodes qui parasitent le tube digestif (comme *Ascaris*), ont un métabolisme anaérobique.

### IV. Alimentation et digestion

Le tube digestif des Nématodes est un simple tube sans muscles sauf au pharynx 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.

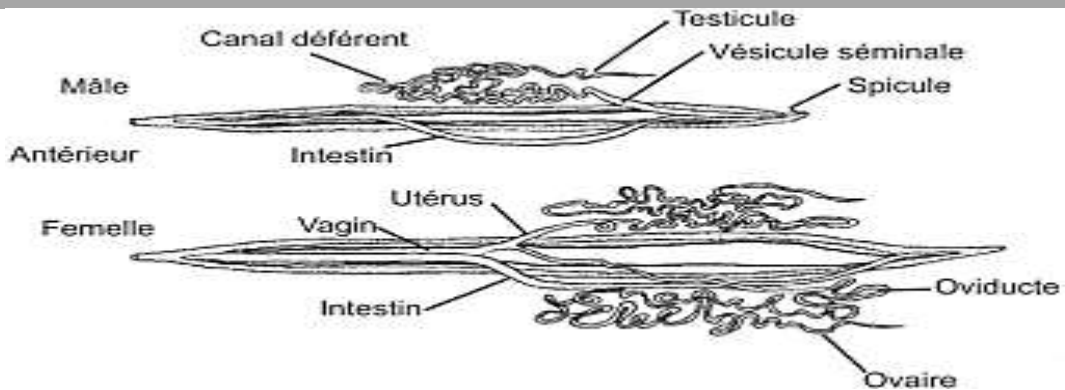
### V. Excrétion

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.

## VI. 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).



Anatomie interne d'une femelle et d'un mâle Ascaris.

Figure.30 : appareil reproductrice de l'Ascaris

## VII. 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.

Les Nématodes du sol causent chaque année de lourds dommages aux plantes cultivées par l'homme. On estime que chaque année aux États-Unis plus de 100 M \$ en 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.

## VIII. Classification

### 1. Classe des Nématodes

Ils ont tous les caractères de l'embranchement. Ils mènent une vie libre ou parasite (végétaux, animaux et homme)

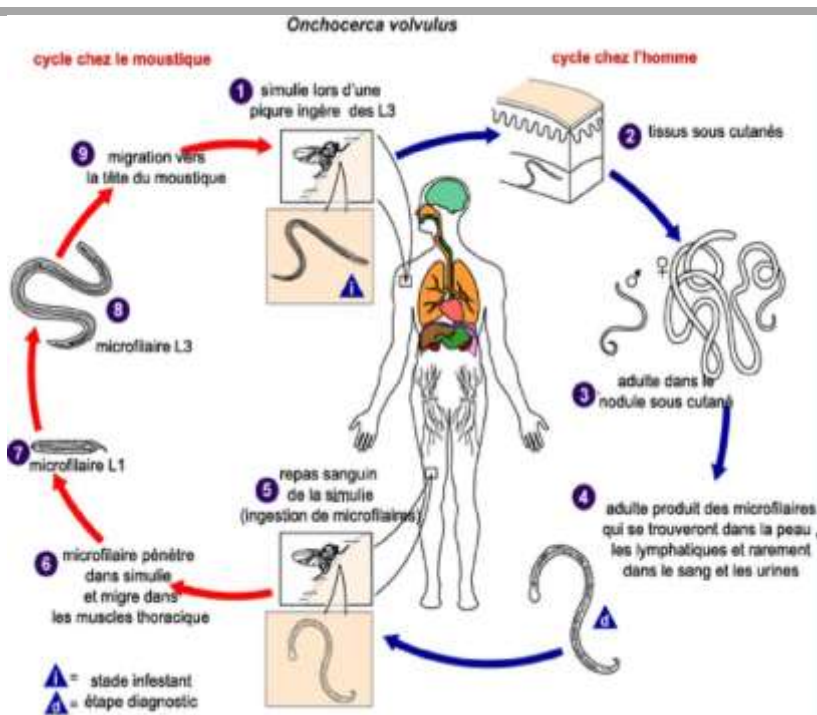
## 2. Classe des gordiacés

Se sont des némathelminthes très longs filiformes et cylindriques. Dépourvue d'organes excréteurs à tube digestive rudimentaire, ils sont parasites d'insectes en eau douce ou parasite des crustacés marins

### IX. Exemple des némathelminthes parasite de l'homme

#### 1. L'onchocercose *Onchocerca volvulus*

*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).



Cycle de vie de l'*Onchocerca volvulus* responsable de la maladie de L'onchocercose



Une mouche adulte (*Simulium yahense*) avec un parasite (*Onchocerca volvulus*) sur une de ses antennes, grossissement x100

Figure.31 : cycle de vie d'*Onchocerca volvulus* responsable de l'onchocercose

## 2. La dracunculose

La dracunculose, également appelée filariose de Médine, est une maladie parasitaire causée par un nématode. Le ver parasite responsable de cette maladie est appelé *Dracunculus medinensis*

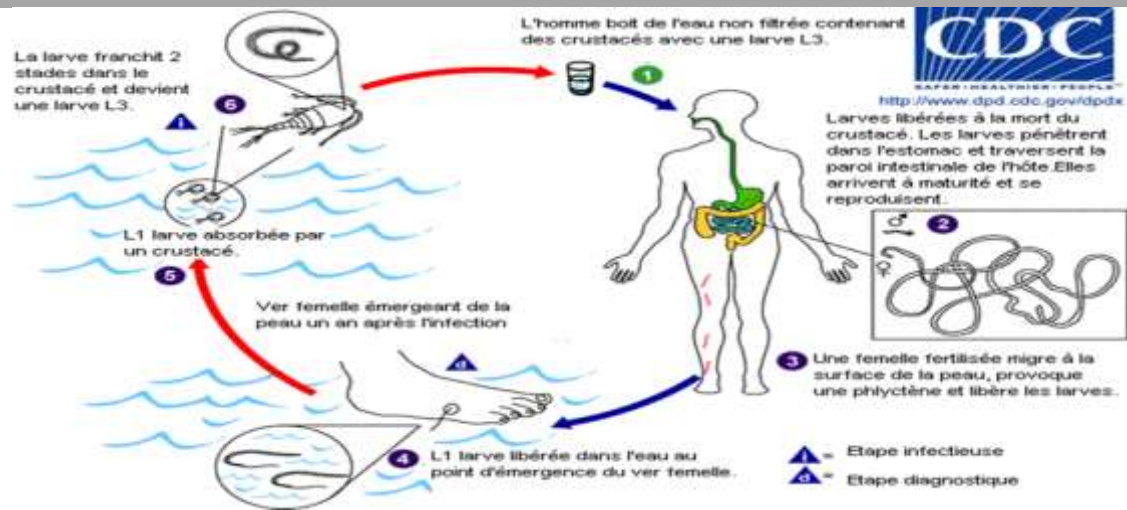


Figure.32: cycle de vie d' *Dracunculus medinensis* responsable de la dracunculose



# *Les annélides*



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

Au départ, Carl von Linné a classifié tous les animaux sans appendices dans l'embranchement Vermes et depuis ce temps, les taxinomistes continuent de subdiviser ce groupe artificiel en embranchements plus appropriés. On retrouve les vers annelés dans l'embranchement Annelida. Ces animaux se caractérisent par leur corps métamérique avec une série linéaire de cavités cœlomiques tapissées de mésoderme. Les vers ronds ou Nématodes sont, par contre, des animaux qui possèdent une cavité corporelle simple, le pseudocœlome. Les animaux dans ces deux embranchements se servent d'un squelette hydrostatique afin d'effectuer leurs mouvements. Ceci est un des sujets d'étude pour le labo de cette semaine. Vous verrez comment l'organisation des muscles varie entre le ver de terre, un Polychète marin, Nereis, une sangsue et le nématode Ascaris. Lorsque vous complétez vos observations, prenez le temps de réfléchir comment ces différences au niveau de la musculature et du squelette hydrostatique peuvent influencer la locomotion de chaque animal. Aujourd'hui vous disséquerez trois de ces vers : le ver de terre, Nereis et Ascaris. Parmi les Annélides, on vous demande d'observer l'organisation métamérique des organes mésodermiques et ectodermiques parce que les structures endodermiques ne montrent aucune indication de la métamérie. Puisque le liquide dans les cavités cœlomiques isolées sert de milieu hydraulique pour le mouvement, le sang remplace ce liquide cœlomique comme liquide circulatoire. Bien que les vaisseaux sanguins montrent une organisation métamérique, les vaisseaux dorsaux et ventraux assurent que toutes les parties du corps reçoivent du sang oxygéné et riche en nutriments. Chez les vers ronds, les liquides retrouvés dans le pseudocœlome sont le liquide circulatoire principal de l'animal. La plupart des Nématodes sont petits et il y a eu une simplification des organes internes. N'oubliez pas de faire attention à ce changement pendant votre dissection du ver rond. Au cours de ce laboratoire, vous examinerez quatre différentes architectures chez les vers annelés et le ver rond. À part de vos dissections, vous aurez aussi la chance d'observer des lames microscopiques de coupes transversales des mêmes animaux. Essayez de trouver les mêmes structures sur les lames et dans vos dissections. Finalement, vous examinerez l'arrangement des muscles chez chaque animal et tenterez de relier cet arrangement musculaire au mode de locomotion des quatre vers. Le lombric est l'Annélide qui vous est le plus familier mais il n'est pas nécessairement représentatif des formes variées chez les

différentes espèces dans l'embranchement. Les Annélides sont l'un des embranchements actuellement les plus diversifiés (le 7ième) et possèdent plusieurs adaptations importantes qui ont assuré leur succès. À l'image des membres de l'embranchement des Arthropodes, le plus diversifié actuellement, ils dérivent d'un ver plat. Leur caractéristique la plus évidente lorsque l'on examine leur anatomie externe est leur segmentation (métamérie ou métamérisation). Un examen attentif de l'anatomie interne révèle que les organes internes reflètent également cette segmentation et sont souvent répétés dans chaque segment ou métamère.

### **I. Quelques architectures d'Annélides**

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

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

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

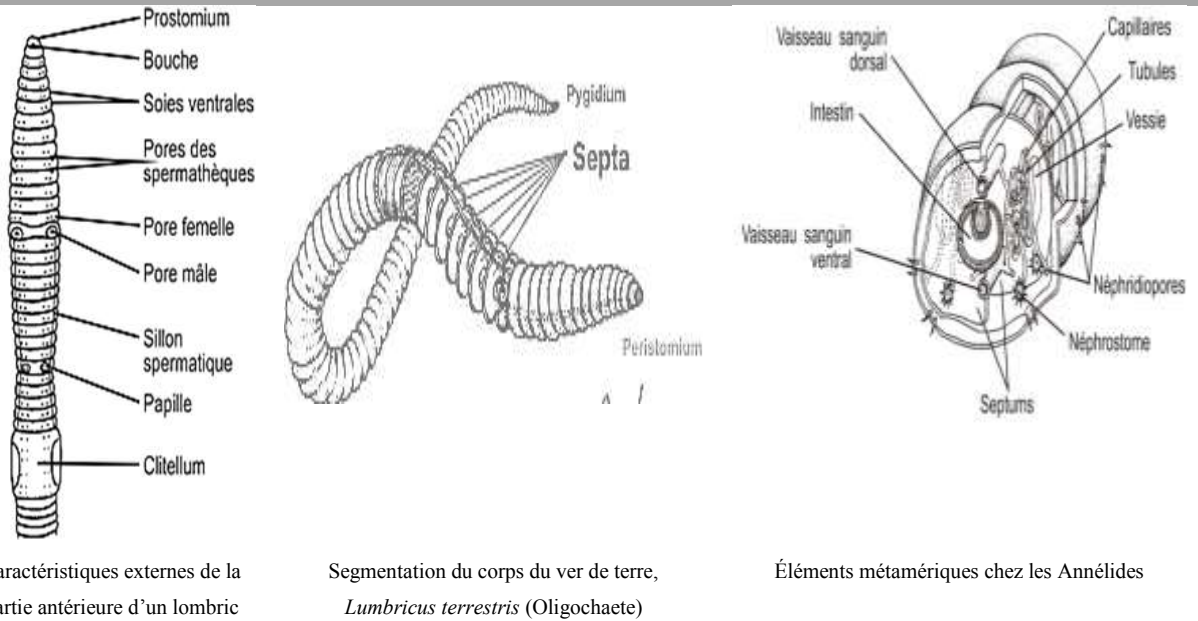
Les Annélides modifient l'architecture eucœlomate que nous avons découverte chez les Mollusques en la poussant un peu plus loin. Au lieu d'avoir un cœlome et toutes les structures qui lui sont associées, ils ont une série d'unités répétées qui contiennent chacune une cavité interne remplie de fluide. Cet arrangement d'unités répétées donne une apparence segmentée aux Annélides, une homologie sérielle. Cette transformation de l'architecture est appelée métamérisation, et chaque segment produit est un méta- mère.

Dans la forme ancestrale, tous les métamères sont semblables, et les structures dérivées de l'ectoderme et du mésoderme sont répétées dans chaque segment. On peut presque considérer chaque segment comme un organisme indépendant, avec son propre système excréteur, des muscles circulaires et longitudinaux servant à faire fonctionner le squelette hydrostatique, et un ganglion pour coordonner les influx nerveux dans le métamère. On retrouve également une paire de métanéphridies pour filtrer le fluide cœlomique et éliminer les déchets métaboliques, et des gonades pairées dans la paroi du septa de chaque métamère. Cependant, les structures dérivées de l'endoderme ne sont pas métamériques. L'apparition d'un tube digestif complet peut être considérée comme un grand progrès dans l'évolution animale car elle permet une spécialisation de différentes sections et une meilleure digestion. Toutefois, cela cause un problème potentiel pour les segments adjacents à la partie antérieure du tube digestif où la digestion n'est pas commencée, et pour les segments les plus postérieurs recevant une nourriture déjà complètement digérée et sans valeur nutritive. Le développement d'un système circulatoire fermé qui alimente toutes les parties du corps permet de résoudre ce problème.

Le succès des Annélides est attribué en grande partie à leur squelette hydrostatique segmenté. Chaque partie du corps peut changer de forme sans affecter les autres. Chez les vers de terre (Oligochaete), le diamètre et la longueur de chaque segment peut varier indépendamment. Chez les vers marins (Polychaetes) chaque côté peut bouger indépendamment.

## **II. 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 cœlome véritable. Notez que près de 90% des espèces vivant actuellement possèdent un véritable cœlome (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).



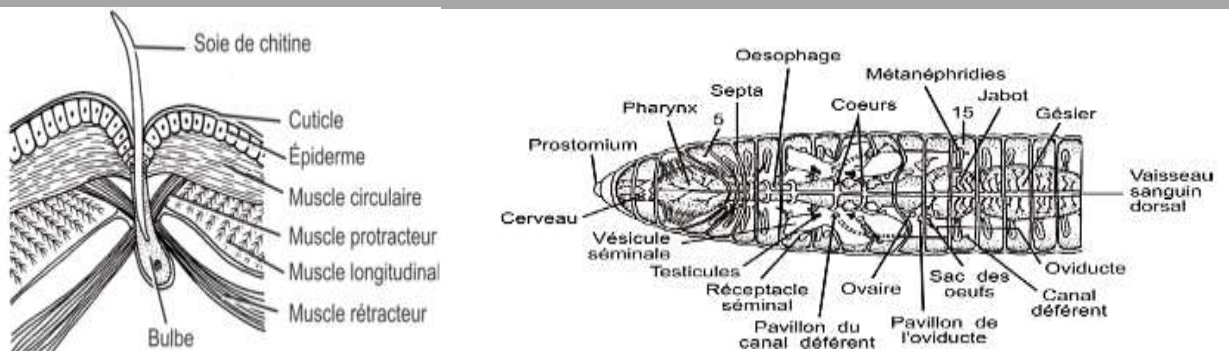
Caractéristiques externes de la partie antérieure d'un lombric

Segmentation du corps du ver de terre, *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta)

Éléments métamériques chez les Annélides

**Figure.33 : anatomie externe et composition d'un élément métamérique**

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 cœlome 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.



Détail d'une coupe dans la paroi du corps d'un lombric au voisinage d'une soie

Principales caractéristiques internes d'un lombric

**Figure.34 : anatomie interne des annélides**

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.

La paroi corporelle des Annélides est formée de plusieurs couches. Il y a une cuticule secrétée 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.

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'ancrer pour exercer une poussée.

### **III. 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.

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. Notez que la contraction des muscles circulaires provoque l'étirement des muscles longitudinaux et vice-versa. 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'ancrer pour exercer une poussée.

Les ventouses des Hirudinées leur permettent de ramper sur les substrats durs comme la chenille arpeuteuse (un mouvement qui rappelle celui du jouet Slinky). Les sangsues peuvent également nager en faisant onduler leur corps aplati.

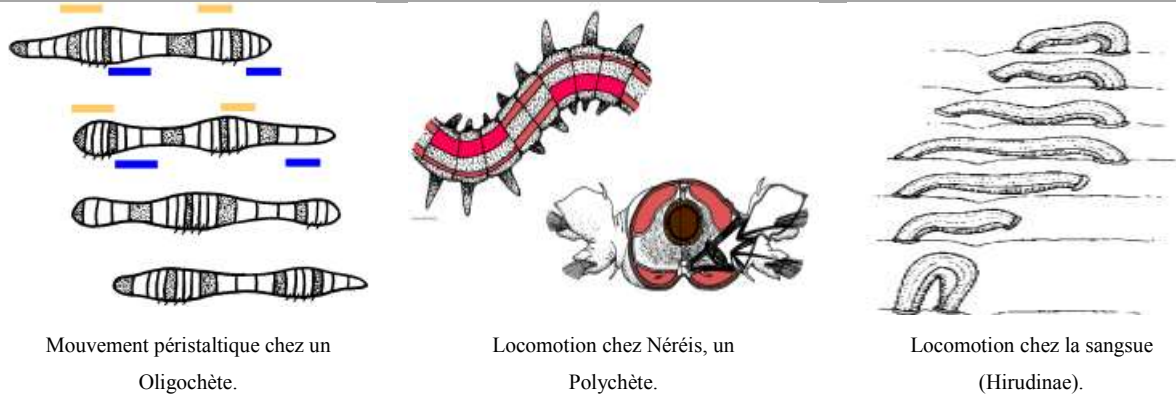


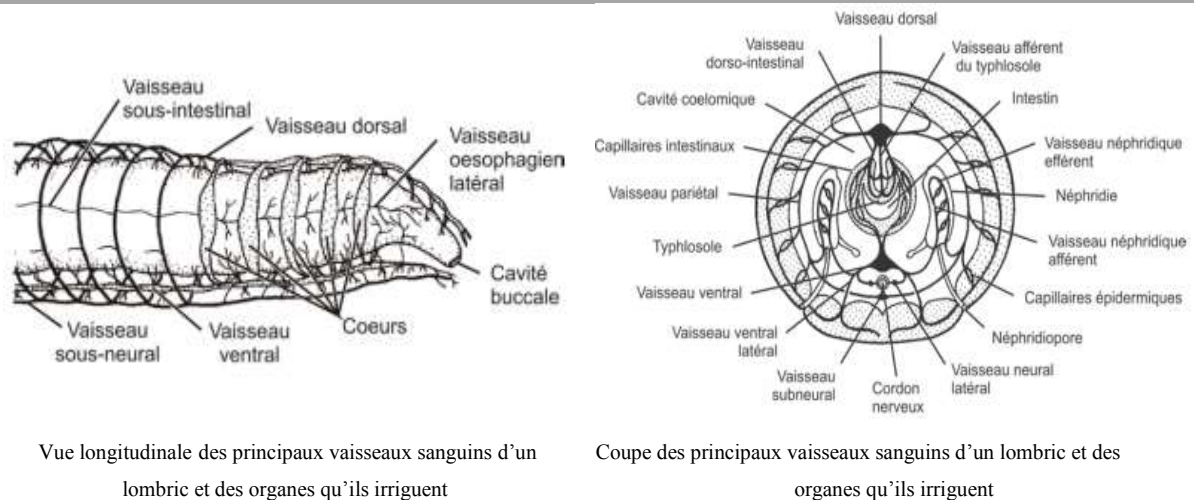
Figure.35 : locomotion et organes locomoteurs

#### IV. 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 branches, 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.



Vue longitudinale des principaux vaisseaux sanguins d'un lombric et des organes qu'ils irriguent

Coupe des principaux vaisseaux sanguins d'un lombric et des organes qu'ils irriguent

**Figure.36 : appareil circulatoire**

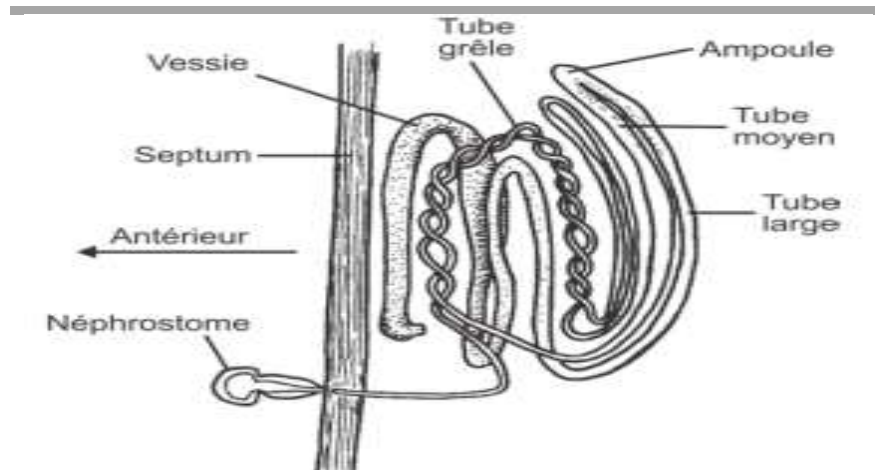
## V. Alimentation et digestion

Les lombrics sont des détritivores qui ingèrent la terre et en retirent le matériel organique. Leur pharynx musculueux leur permet d'avaler 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. La paroi du tube digestif forme un repli dorsal, le typhlosole, qui augmente la surface de contact entre les aliments ingérés et la surface de diffusion des aliments digérés.

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 hématophages). Ces dernières ont typiquement un jabot et de nombreux caeca qui servent à emmagasiner le sang dont elles se gorgent, ce qui leur permet de survivre entre deux repas éloignés.

## VI. Excrétion et osmorégulation

La présence du fluide cœlomique 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 cœlomique 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.



Structure d'une métanéphridie de lombric

Figure.37 : appareil excréteur de lombric

## VII. 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.

## VIII. 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 œufs 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.

Chez les Oligochètes et les Hirudinées, les œufs 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 œufs, 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.

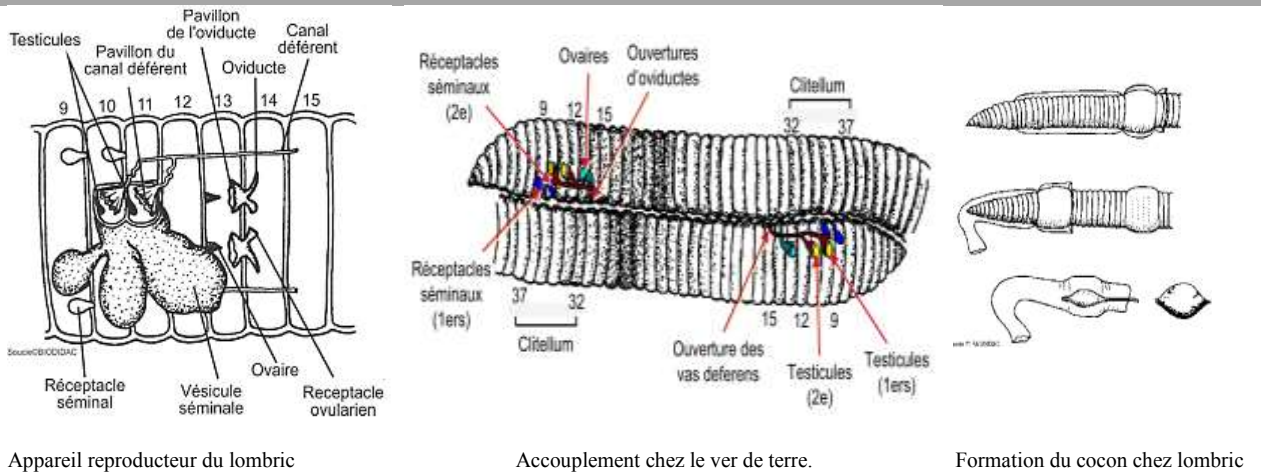


Figure.38 : la reproduction chez lombric

### IX. 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.

### X. Classification

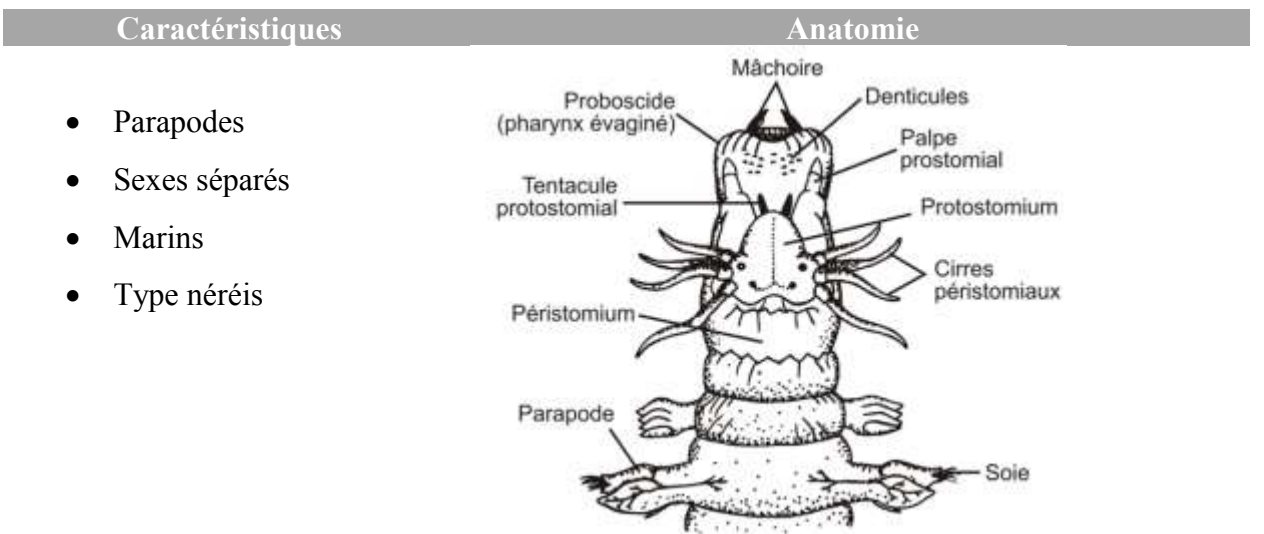


Figure.39 : les caractéristiques des polychètes (néréis)

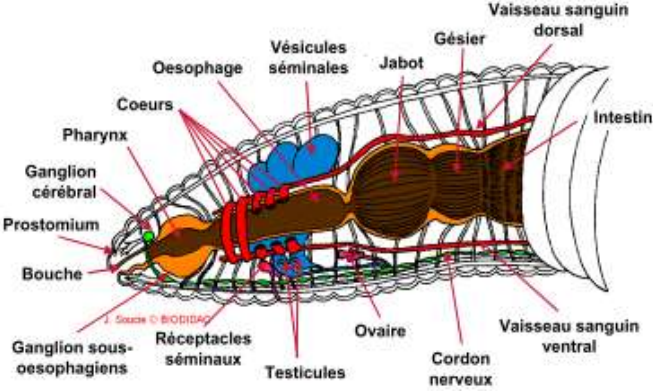
Caractéristiques	Anatomie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de parapodes</li> <li>• Quelques soies</li> <li>• Hermaphrodites</li> <li>• Aquatiques terrestres</li> <li>• Type lombric</li> </ul>	

Figure.40 : les caractéristiques des oligochètes (lombric)

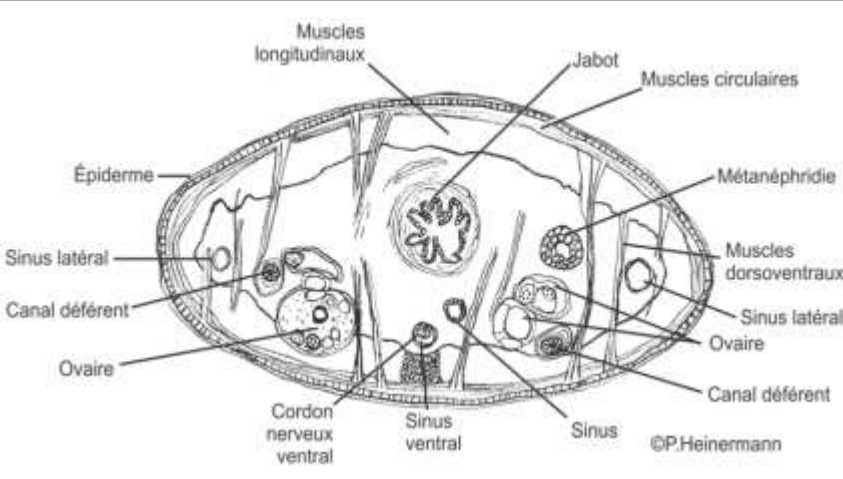
Caractéristiques	Anatomie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de parapodes</li> <li>• Pas de soies</li> <li>• Hermaphrodites</li> <li>• Aquatiques marécages</li> <li>• Type sangsue</li> </ul>	

Figure.41 : les caractéristiques des achètes (sangsue)



# *Les mollusques*



L'embranchement des Mollusques (du latin molluscus = mou), le deuxième embranchement le plus diversifié présentement, comprend plus de 100,000 espèces vivantes. Ses représentants habitent principalement le milieu marin, mais certains groupes ont colonisé avec succès les milieux dulcicoles et terrestres.

Les Mollusques comprennent des animaux qui ont des formes et des modes de vie très différents, comme l'huître, la limace et la pieuvre. C'est un groupe qui a subi une radiation adaptative prononcée, et qui a jadis dominé l'environnement marin.

### **I. Architecture et classification**

Derrière la grande diversité de leurs formes, les Mollusques ont des caractéristiques communes. Les Mollusques possèdent un pied ventral musculeux, 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 ( $\text{CaCO}_3$ ). 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.

Il y a sept classes de Mollusques, mais 99% des espèces vivant actuellement appartiennent aux Bivalves (huître, moule, palourde) et aux Gastéropodes (limace, escargot). À ces deux classes principales, s'ajoutent deux classes qui ont un intérêt particulier: celle des Polyplacophores parce que ses représentants ressemblent à l'ancêtre hypothétique du groupe, et celle des Céphalopodes (pieuvre, seiche, calmar) car 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.

Contrairement aux Annélides, aux Arthropodes, et aux Vertébrés, les Mollusques n'ont pas une organisation métamérique. On croit qu'ils dérivent d'animaux bilatéraux acéломates avec un épiderme cilié comme les Plathelminthes, qui auraient développé un cœlome mais pas de métamères. (Le cœlome des Mollusques est réduit, et au stade adulte est représenté par la cavité qui entoure le cœur, la cavité péricardique). La séquence évolutive depuis l'ancêtre ressemblant à un ver plat, telle que développée à partir des travaux de Yonge, aurait été la suivante. La concentration des cils sur la surface ventrale, aurait augmenté la distinction entre la face ventrale et dorsale de ces animaux vermiformes. L'existence de ces animaux dépendait également de la sécrétion de mucus par l'épiderme pour la locomotion et pour la protection. Le durcissement de la

couche de mucus sur la face dorsale aurait procuré une plus grande protection et donc un certain avantage face aux compétiteurs. Éventuellement, l'intégration de composés de calcium (abondants dans l'eau de mer) aurait permis de renforcer la couche de mucus dorsale et d'assurer encore plus de protection. Toutefois, cette nouvelle coquille réduit les surfaces d'échange, et pour compenser cette réduction, il y aurait eu un repli de l'épiderme vers l'intérieur au bord de la coquille et le développement d'organes respiratoires protégés par la coquille. Cette séquence aurait produit l'ancêtre des Mollusques actuels.

Cette hypothèse séduisante est maintenant sérieusement remise en question. Il existe encore plusieurs points obscurs, entre autres 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, Gastéropodes, Bivalves, et Céphalopodes représentent des variations de l'architecture de l'ancêtre hypothétique.

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, et permet de mieux épouser le contour de substrats inégaux. Les cténidies sont disposées de chaque côté de l'animal. Chez les Gastéropodes (escargots, bigorneaux, limaces) il y a, par rapport à l'architecture de l'ancêtre hypothétique, une torsion des organes internes qui amène les cténidies et l'anus au dessus de la tête. Les facteurs qui ont pu donner un avantage aux animaux ayant cette torsion demeurent obscurs. Ce pourrait être pour empêcher le colmatage de la cténidie par les particules resuspendues par les déplacement de l'animal, ou encore pour concentrer les structures importantes là où elle peuvent être bien protégées. Il est possible que se soit au stade larvaire que cette torsion procure un avantage. 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. Les cténidies sont hypertrophiées et transformées en organes de filtration. La radula, par contre, ayant peu d'utilité pour ces filtreurs, est absente.

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.

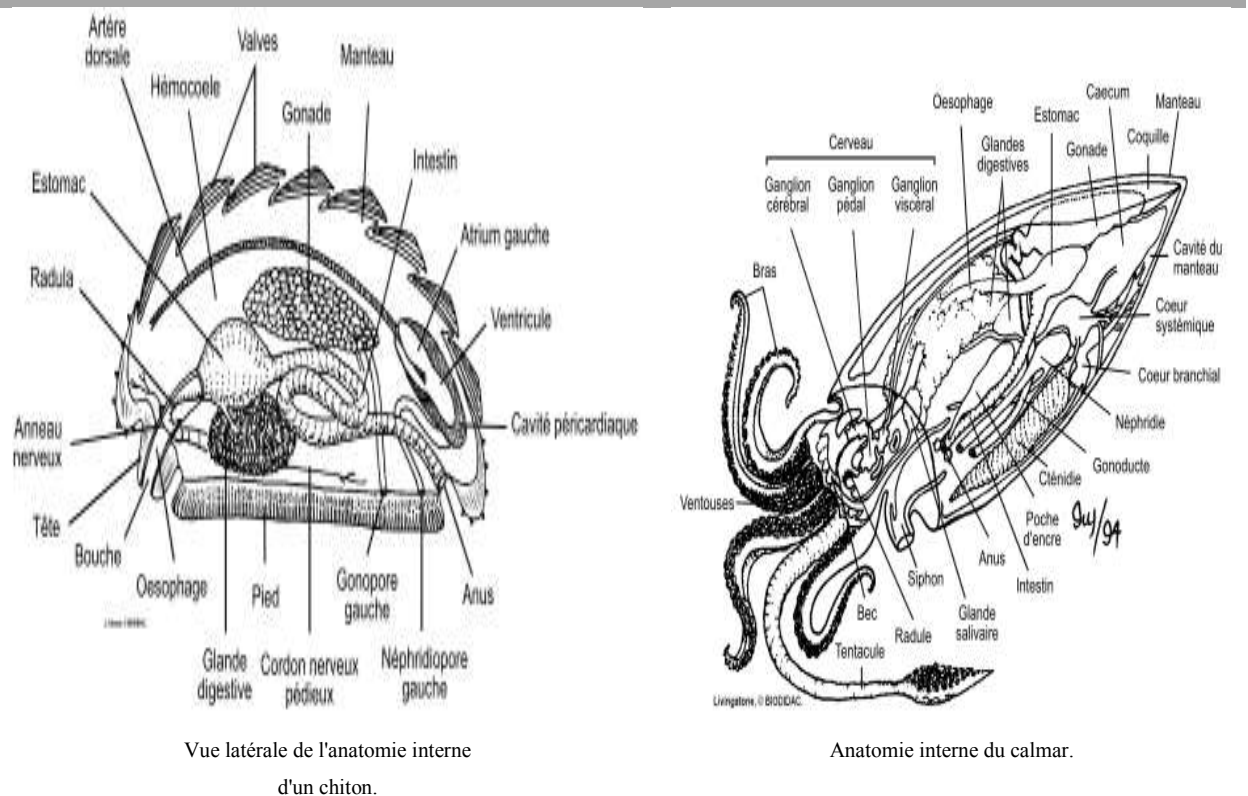


Figure.42 : anatomie des mollusques

## II. 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 musculueux 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.

### III. 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 Gastéropodes terrestres 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 les cœurs par les ostia et est pompé dans les diverses régions du coeur le long d'artères. Ce sang baigne les tissus et revient dans la cavité qui entoure le coeur, 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 coeurs, un coeur branchial qui pompe le sang vers les cténidies pour y être oxygéné, et un coeur 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.

### IV. 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.

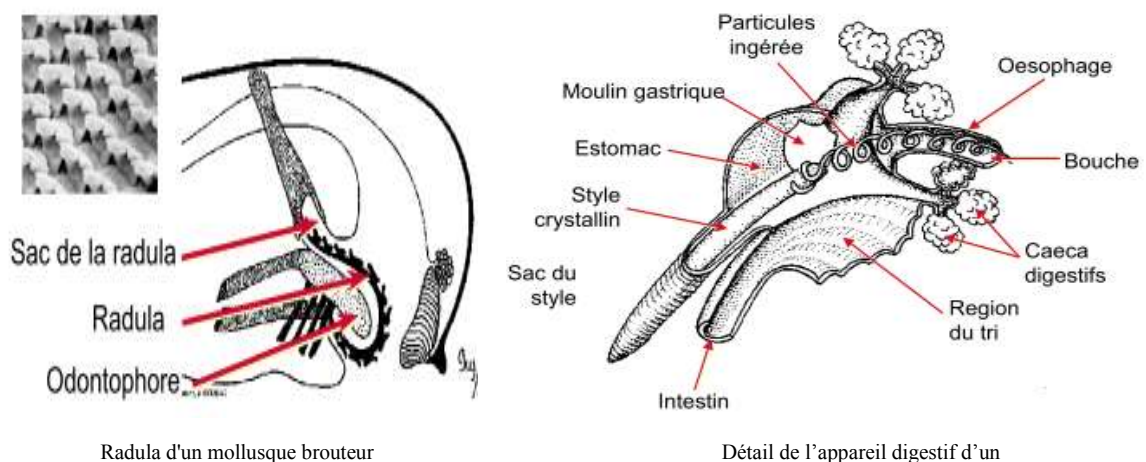


Figure.43 : l'appareil digestif chez les mollusques

## **V. 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 leurs 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.

## **VI. 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.

## **VII. 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.

## **VIII. classification des mollusques**

### **1. Classe des gastropodes**

Les gastéropodes (Gastropoda, du grec ancien ventre-pied) sont une classe de mollusques caractérisés par la torsion de leur masse viscérale. Ils présentent une très grande diversité de formes mais peuvent se reconnaître généralement par leur coquille dorsale torsadée et univalve caractéristique lorsqu'elle est présente.

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.

L'écologie des gastéropodes est très variée et les espèces peuvent être marines, d'eau douce ou terrestres. Parmi les gastéropodes terrestres se trouvent notamment les escargots et les limaces.

## 2. Classe des scaphopodes

Les scaphopodes (Scaphopoda) sont une classe de l'embranchement des mollusques.

Leur nom vient de scapho = « barque » et podos = « pied ».

On les connaît depuis l'Ordovicien mais ils se sont surtout diversifiés à partir du Crétacé supérieur et au Cénozoïque. Les dentales (notamment ceux des genres *Dentalium* ou *Antalis*) sont les plus connus des scaphopodes.

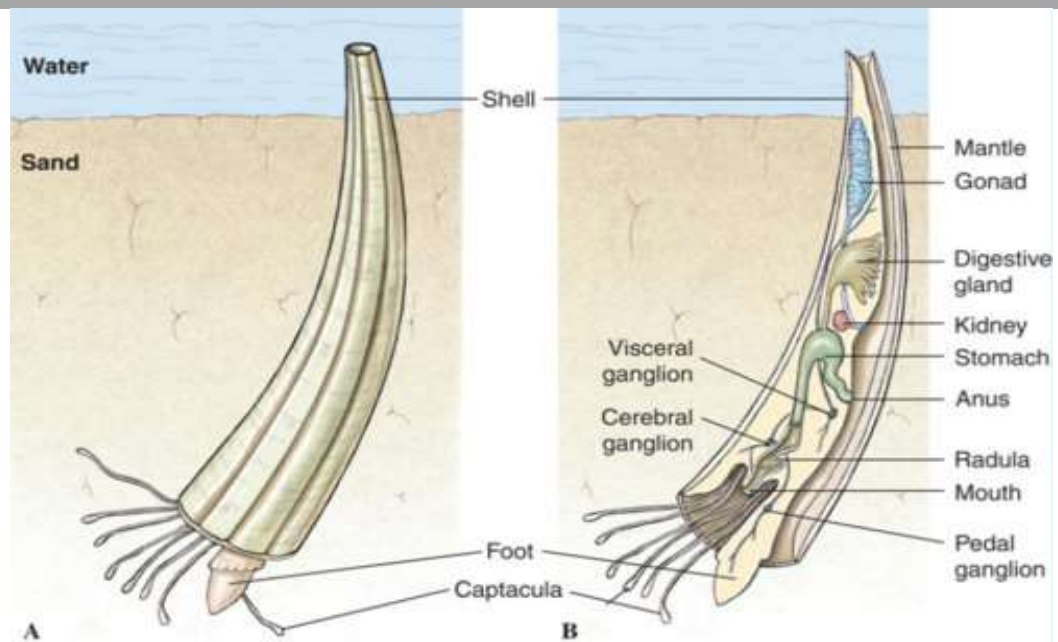


Figure. 44 : Classe des scaphopodes

## 3. Classe des bivalves (pélicypodes)

Les bivalves (Bivalvia) sont une classe de mollusques d'eau douce et d'eau de mer, nommée également Pelecypoda (les pélicypodes) ou Lamellibranchia (les lamellibranches). Cette classe comprend notamment les palourdes, les huîtres, les moules, les pétoncles et de nombreuses autres familles de coquillages. Leur corps aplati latéralement est recouvert d'une coquille constituée de deux parties distinctes et plus ou moins symétriques. Elles sont reliées l'une à l'autre et peuvent s'ouvrir ou se refermer. La majorité se nourrissent en filtrant l'eau, et n'ont pas de tête ou de radula. Les branchies, appelées cténidies, outre leur rôle dans la respiration, captent les substances nutritives contenues dans l'eau et ont ainsi un rôle important dans l'alimentation. La plupart des bivalves s'enfouissent dans les sédiments des fonds marins, où ils sont à l'abri des prédateurs. D'autres vivent sur le fond marin, ou se fixent sur des rochers ou autres surfaces dures. Quelques-uns peuvent percer des éléments en bois, en argile ou en pierre pour vivre à l'intérieur de ces matériaux. Enfin, certains bivalves comme les pétoncles peuvent nager.

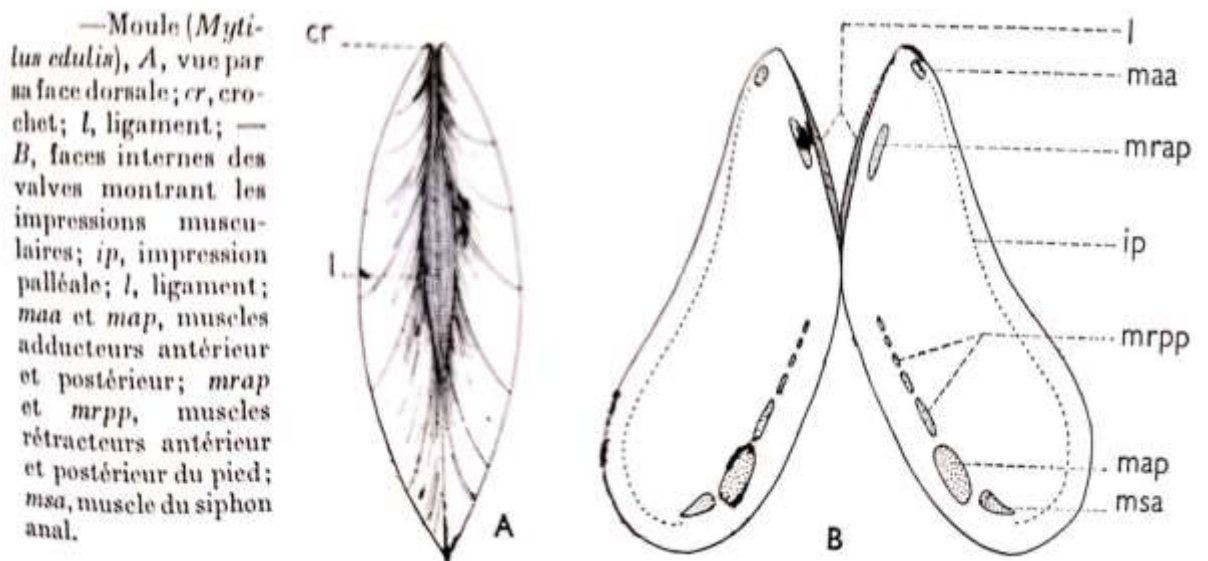


Figure. 45 : Classe des pélecypodes

#### 4. Classe des céphalopodes

Les céphalopodes (Cephalopoda, du grec ancien « tête », et *pous*, « pied ») sont une classe de mollusques apparus à la fin du Cambrien (500 millions d'années) dont la tête est munie de tentacules, appelés aussi bras. Ce nom générique inclut notamment les pieuvres, calmars et seiches (groupe des coléoïdes), et les nautiles (groupe des nautiloïdes). Environ 800 espèces vivantes sont connues et de nouvelles espèces continuent d'être décrites. Environ 11 000 taxons éteints ont été décrits, bien que le corps mou des céphalopodes ne facilite pas la fossilisation. Cephalopoda est un clade<sup>2</sup>, présentant comme synapomorphie la plus évidente la présence de tentacules préhensiles. Leur tête, distincte de la masse viscérale, comporte un véritable cerveau contenu dans un crâne cartilagineux, des yeux perfectionnés, un bec chitineux, etc. Elle est munie d'une couronne péribuccale de bras musclés et protractiles munis de ventouses et/ou de crochets. Le manteau ventral, contractile, constitue avec le siphon un puissant organe de locomotion. Leur taille varie de quelques centimètres à une dizaine de mètres. Les céphalopodes actuels sont des prédateurs marins : ils se nourrissent de mollusques, de poissons, et de crustacés. Ils capturent leurs proies avec leurs bras, et les déchiquettent avec leur bec corné

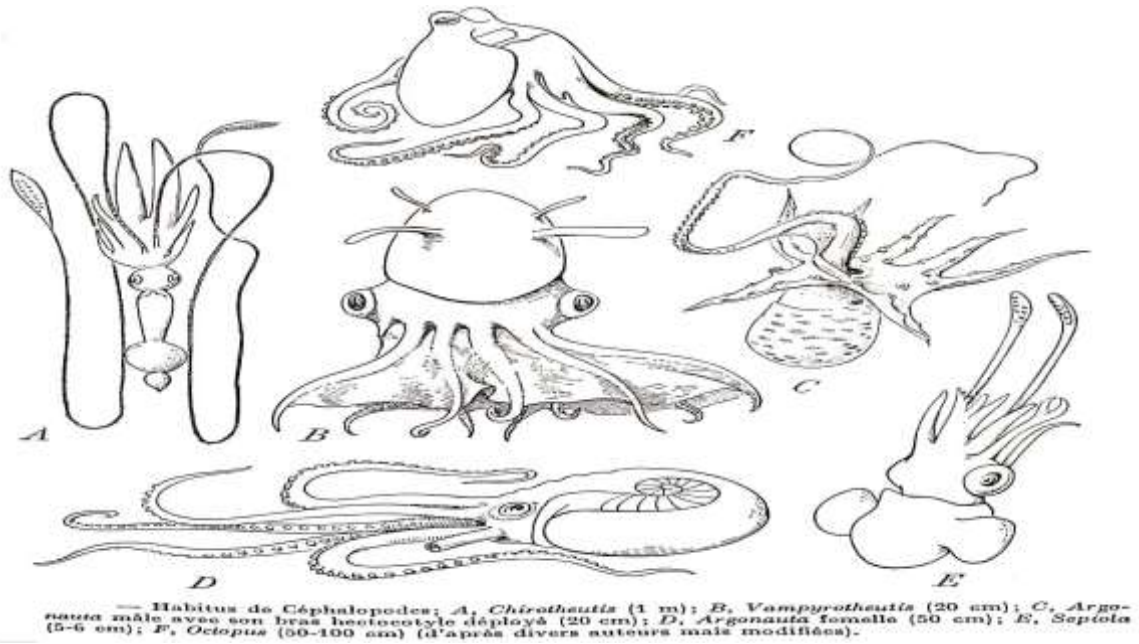


Figure. 46 : Classe des céphalopodes  
physiologie des céphalopodes

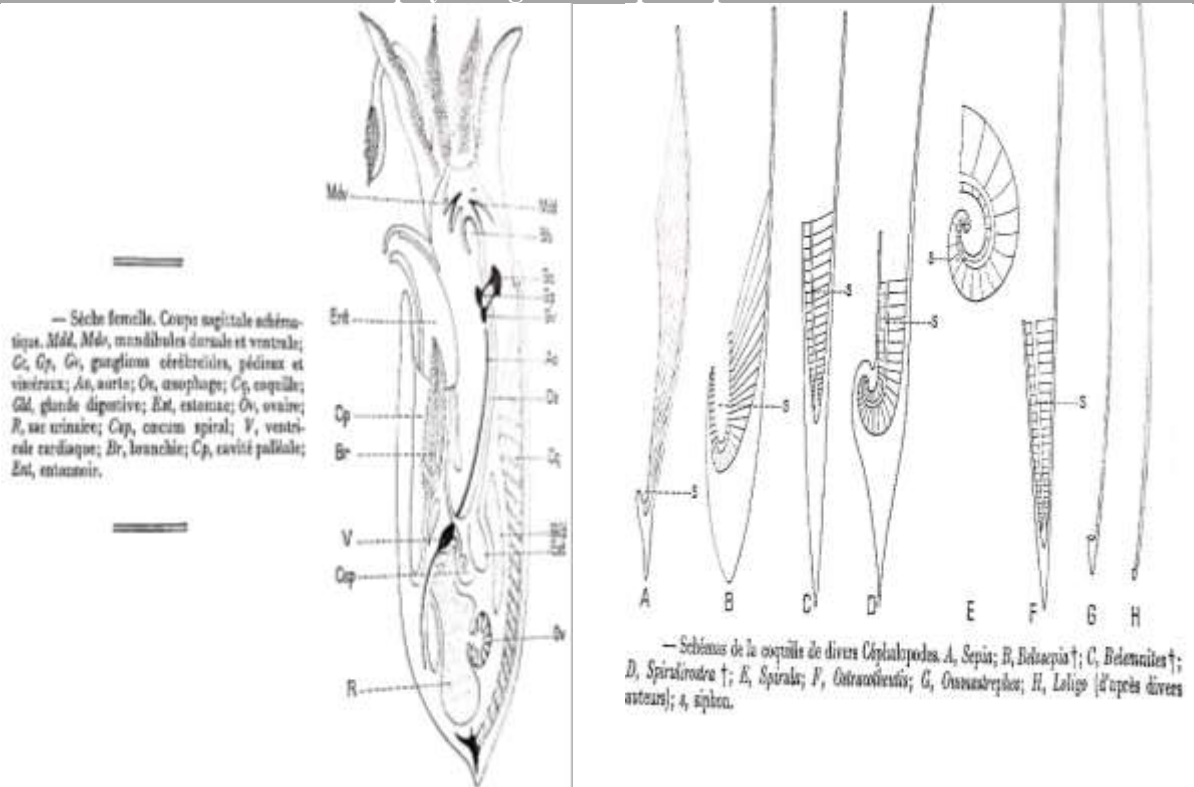


Figure. 47: Classe des céphalopodes



# *Les arthropodes*



Les Arthropodes du grec arthron « articulation » et podos « pied », aussi appelés « articulés » — sont un embranchement d'animaux protostomiens dont le plan d'organisation est caractérisé par un corps segmenté. Ils sont formés de métamères hétéronomes munis chacun d'une paire d'appendices articulés et recouvert d'une cuticule ou d'une carapace rigide, qui constitue leur exosquelette, dans la plupart des cas constitué de chitine. Leur mue permet, en changeant périodiquement leur squelette externe, de grandir en taille (mue de croissance) ou d'acquérir de nouveaux organes, voire de changer de forme (mue de métamorphose). Ils seraient apparus il y a 543 millions d'années (543 Ma).

L'embranchement des arthropodes est de très loin celui qui possède le plus d'espèces et le plus d'individus de tout le règne animal et des eucaryotes (80 % des espèces connues), tels les myriapodes, crustacés, arachnides, insectes, etc. On compte plus d'un million et demi d'espèces actuelles d'arthropodes qui présentent des modes de vie (guildes écologiques) les plus variés possibles grâce notamment à leur tagmatisation. Les membres de ce taxon sont aussi extrêmement nombreux : ils sont principalement représentés par les insectes dont 1019 (10 milliards de milliards) d'individus seraient vivants en même temps à un instant donné selon des estimations<sup>2</sup>. Les arthropodes forment un groupe cosmopolite qui s'est adapté dans des environnements naturels (déserts, forêts, abysses, montagnes, etc.) ou d'origine anthropique (habitations, puits de pétrole, etc.) et sont parmi les premiers animaux à avoir colonisé la terre ferme.

Leur nombre diminue toutefois considérablement. À l'échelle de trois régions allemandes, la biomasse d'arthropodes a ainsi chuté de 67 % au cours de la décennie 2010<sup>4</sup>.

Les microarthropodes (arthropodes de la microfaune) sont les plus petits d'entre eux, de taille inférieure à 0,2 mm. Bien que discrets, ceux d'entre eux qui sont des décomposeurs jouent un rôle essentiel dans les réseaux trophiques en assurant le recyclage de la nécromasse, notamment dans le sol où avec les champignons décomposeurs, ils contribuent à produire l'humus.

## **I. Architecture et classification**

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 relie 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.

Comparativement au squelette hydrostatique des Annélides, par exemple, l'exosquelette des Arthropodes est beaucoup plus robuste et permet des mouvements plus efficaces. Toutefois 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 paires et de pattes articulées. L'embranchement se divise en trois sous-embranchement principaux d'après le type d'appendices : les Chélicérates, les Crustacés et les Uniramés.

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.

Les Crustacés (homard, copépode, balane) sont les maîtres du milieu marin. Leur 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).

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.

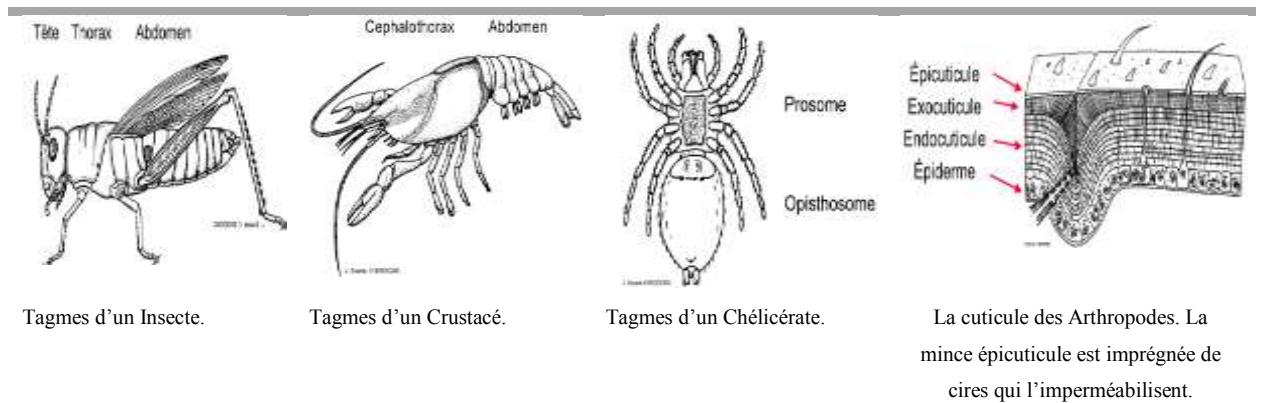


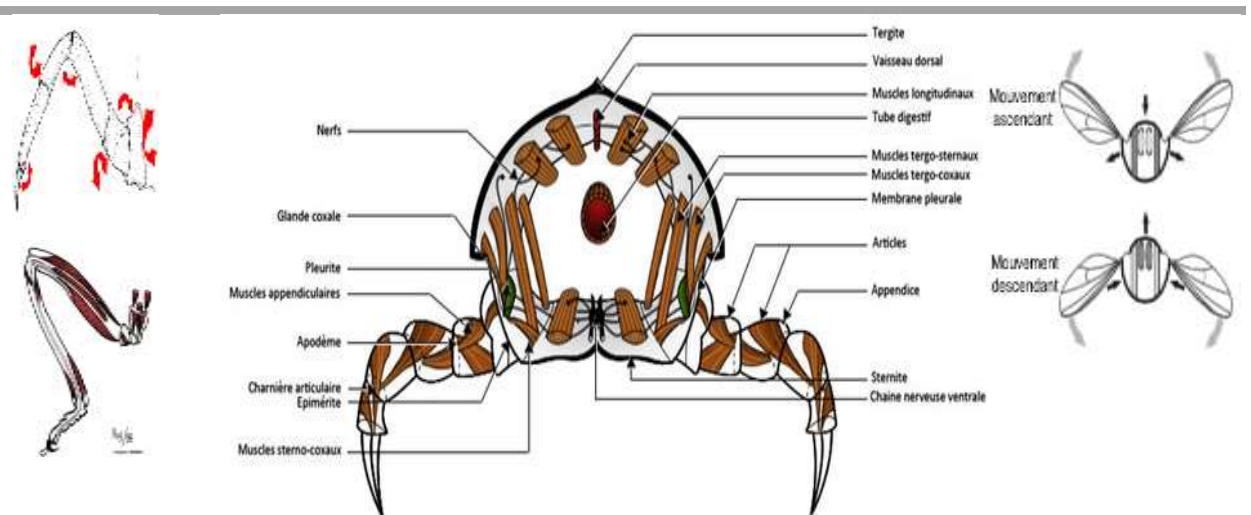
Figure.48 : Tagmatisation et cuticules des arthropodes

## II. Locomotion

L'exosquelette et la présence d'appendices articulés procure aux Arthropodes un avantage locomoteur marqué sur les animaux vermiformes. D'une part, l'exosquelette procure la rigidité nécessaire au mouvement, fournit des points d'attache solides pour les muscles et des points d'appui pour des mouvements de levier. D'autre part, les appendices permettent à l'animal de se déplacer sans avoir à utiliser toute sa musculature comme chez les animaux qui dépendent d'un squelette hydrostatique.

Les articulations des arthropodes ne permettent des mouvements que dans un seul plan (comme la reliure d'un livre). Par contre, 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.

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.



Patte d'un Arthropode illustrant les plans de flexion de chaque articulation.

Musculature du thorax associée à la marche.

Fonctionnement des muscles thoracique pendant le vol

Figure.49 : Articulation et musculature des insectes

### III. 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.

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.

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.

Les Insectes ont un système respiratoire unique et extrêmement efficace : le système trachéen. 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 sécrétés 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.

Les Arthropodes ont un système circulatoire ouvert, leur sang n'est donc pas continuellement dans les vaisseaux sanguins mais baigne les organes internes. Le cœur pompe le sang (hémolymphe) 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.

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.

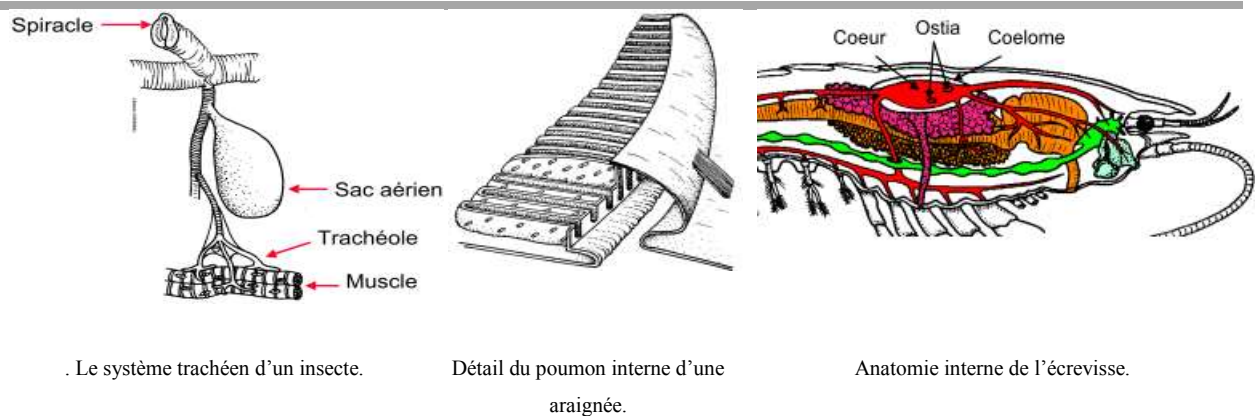


Figure.50 : Appareil circulatoire et respiratoire des arthropodes

#### IV. Alimentation et digestion

On retrouve toutes les stratégies alimentaires chez un groupe aussi vaste et diversifié que les Arthropodes. Ces spécialisations alimentaires sont typiquement associées à des adaptations au niveau des appendices buccaux et du tube digestif.

Seule la partie centrale du tube digestif est utilisée pour la digestion car les parties antérieure et postérieure sont recouvertes de cuticule.

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. Elles peuvent emmagasiner la nourriture dans des caeca.

Les Crustacés sont typiquement filtreurs (zooplancton) ou détritivores (écrevisse, homard). Leurs appendices servent à créer un courant qui amène les particules à la bouche.

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 anti-coagulant et d'aspirer le sang. Le papillon a une longue trompe suceuse.

#### V. 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.

## **VI. 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 pupe au cours duquel la métamorphose s'effectue.

## **VII. 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.

## **VIII. 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 compétitionnent 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.

## IX. Classification

### 1. Sous-embranchement Trilobitomorpha

Les trilobites (Trilobita) constituent une classe d'arthropodes marins fossiles ayant existé durant le Paléozoïque (ère primaire) du Cambrien au Permien. Les derniers trilobites ont disparu lors de l'extinction de masse à la fin du Permien, il y a 250 Ma.

Les trilobites variaient en taille, entre 1 millimètre et environ 70 cm de long. Leur taille moyenne se situe cependant entre 2 et 7 centimètres. Bien connus, ils sont très abondants dans les roches datant de l'ère primaire et très appréciés des collectionneurs de fossiles par leur beauté et leur variété de formes. Plus de 18 750 espèces<sup>5</sup> ont été décrites chez cette classe d'arthropodes, ce qui en fait l'un des groupes exclusivement fossiles les plus diversifiés.

Les trilobites ont leur propre groupe (trilobites). Malgré leurs ressemblances avec ceux-ci, les cloportes (isopodes) ou certains chélicérates (limules, araignées, etc.) n'en sont que des parents éloignés, apparus à la fin du Précambrien.

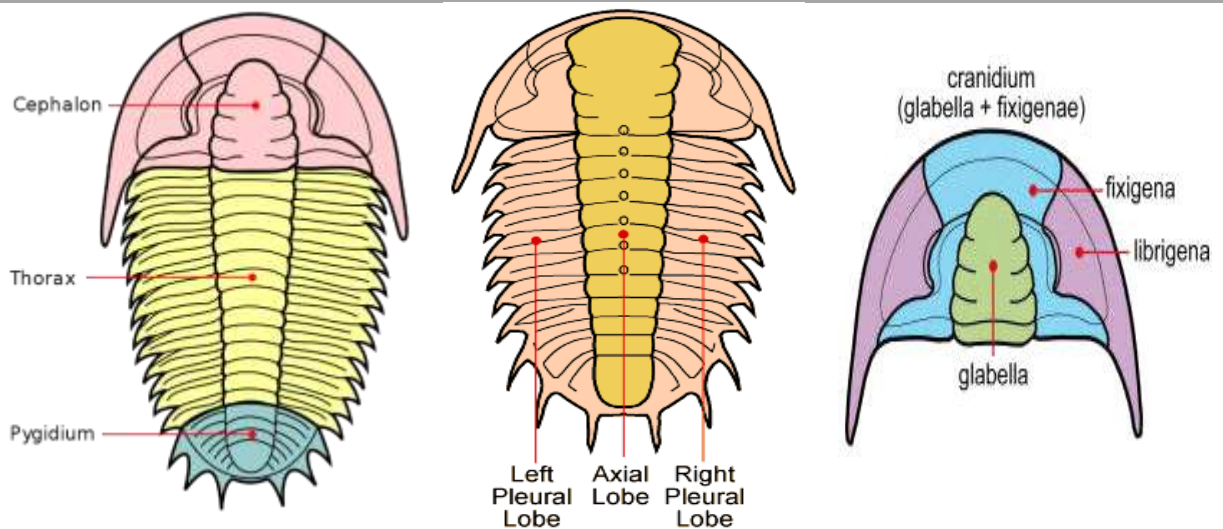
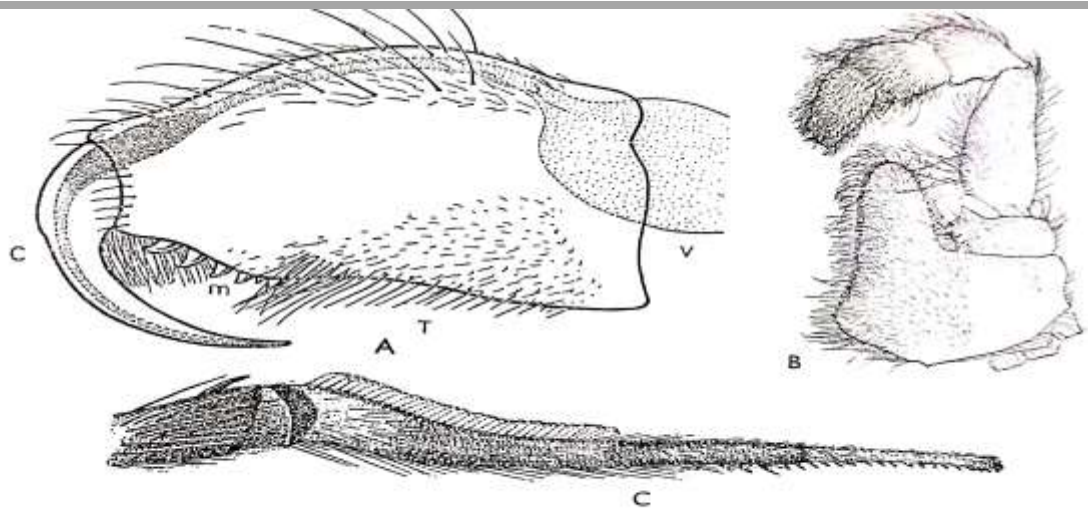


Figure.51 : Anatomie externe des trilobites

### 2. Sous-embranchement Chelicerata (Chélicérés)

Les Chélicérés (Chelicerata) ou Chélicérates, nom signifiant « doté de chélicères », forment un sous-embranchement de l'embranchement des Arthropodes qui comprend les classes actuelles des arachnides, des pycnogonides, et des mérostomes. Ces animaux, pour la plupart prédateurs, ont survécu après l'extinction des trilobites, arthropodes marins très communs du paléozoïque. La plupart des chélicères marins, comprenant notamment les euryptérides, sont maintenant éteints.

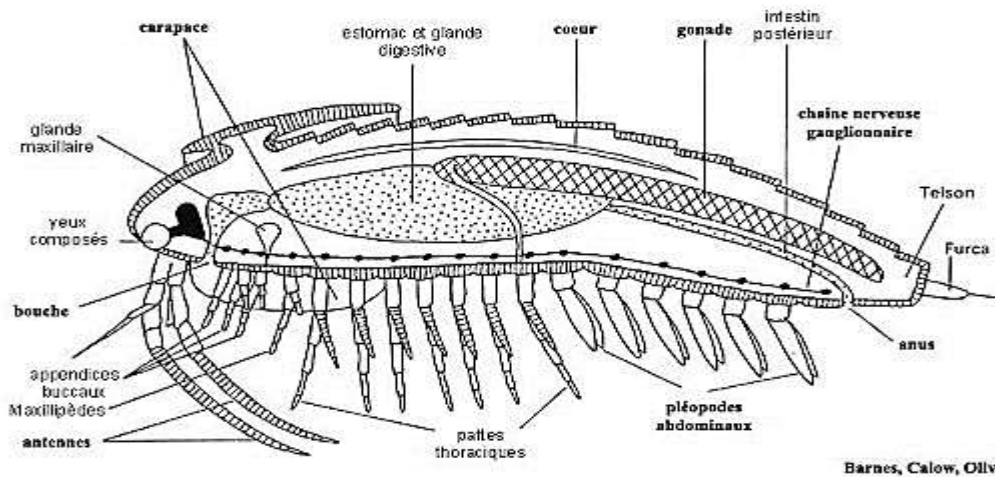


— A, exemple de chélicère (*Heteropoda*) : e, crochet; m, margo dentée; T, tige; v, glande venimeuse et son canal (les deux couverts de gris); B, exemple de pédipalpe avec branche portant une très forte lame maxillaire; C, 4<sup>e</sup> patte portant, sur le basitarse, le calamistrum (d'après J. MILLOR).

Figure.52 : différents type de chélicères

## 2.1 Classe des mérostomes

Les mérostomes de la classe Merostomata sont des arthropodes chélicérates aquatiques à respiration branchiale, tel que l'actuelle limule et les euryptéridés éteints depuis le permien. Les mérostomes possèdent des appendices qui sont des pièces buccales à leur extrémité proximale, mais la natation est assurée par des pattes à leur extrémité distale.



Barnes, Calow, Olive

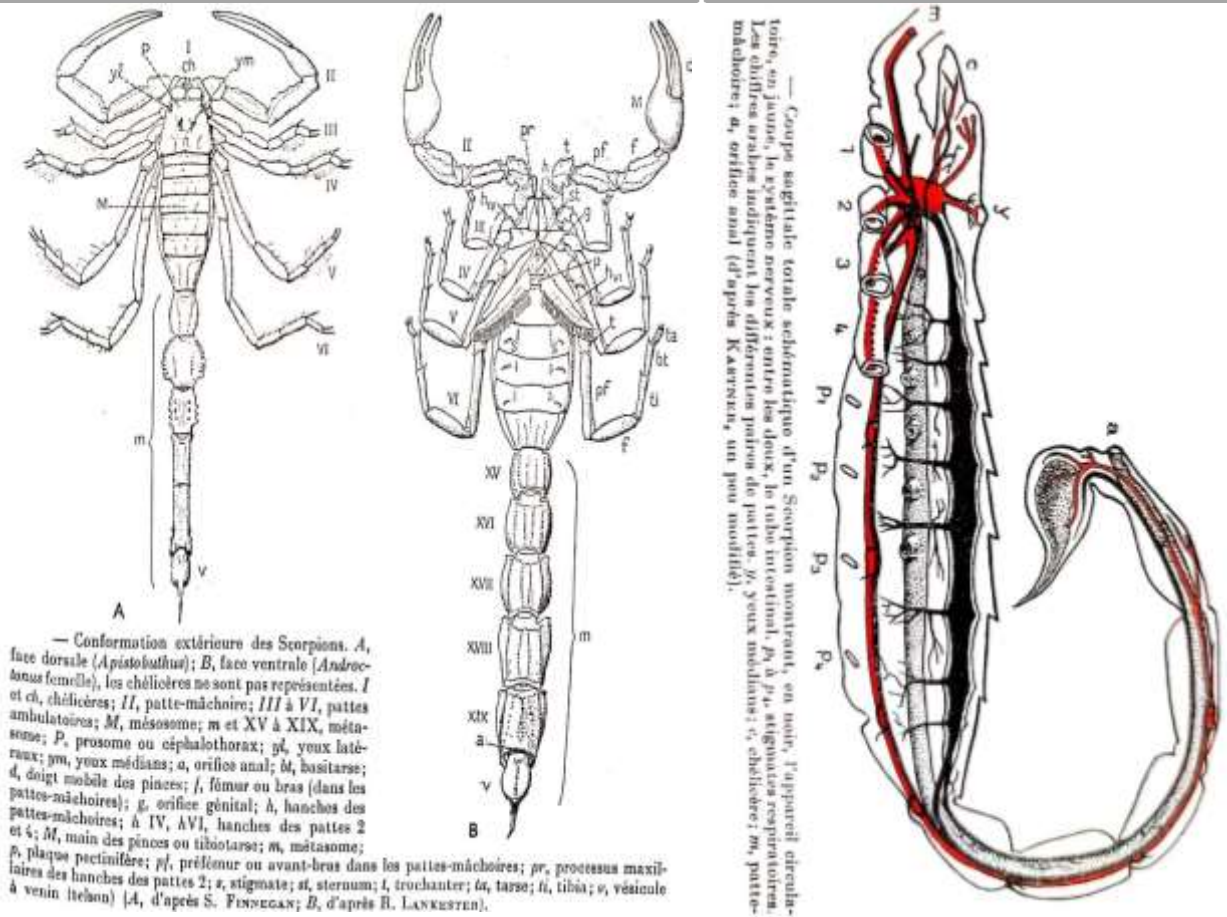
Figure.53 : Anatomie interne limules

## 2.2 Classe des arachnides

Les Arachnides (Arachnida) sont une classe d'arthropodes chélicérés, terrestres ou aquatiques, souvent insectivores. C'est le groupe qui comprend, entre autres, les araignées, les scorpions et les acariens. Ils se distinguent au sein de l'embranchement des arthropodes par le fait qu'ils possèdent quatre paires de pattes, qu'ils n'ont ni ailes ni antennes, et que leurs yeux sont simples (ocelles) et

non composés. La plupart des arachnides sont ovipares et les sexes sont généralement de morphologies distinctes (dimorphisme sexuel).

### Anatomie des scorpions



### Anatomie des araignées

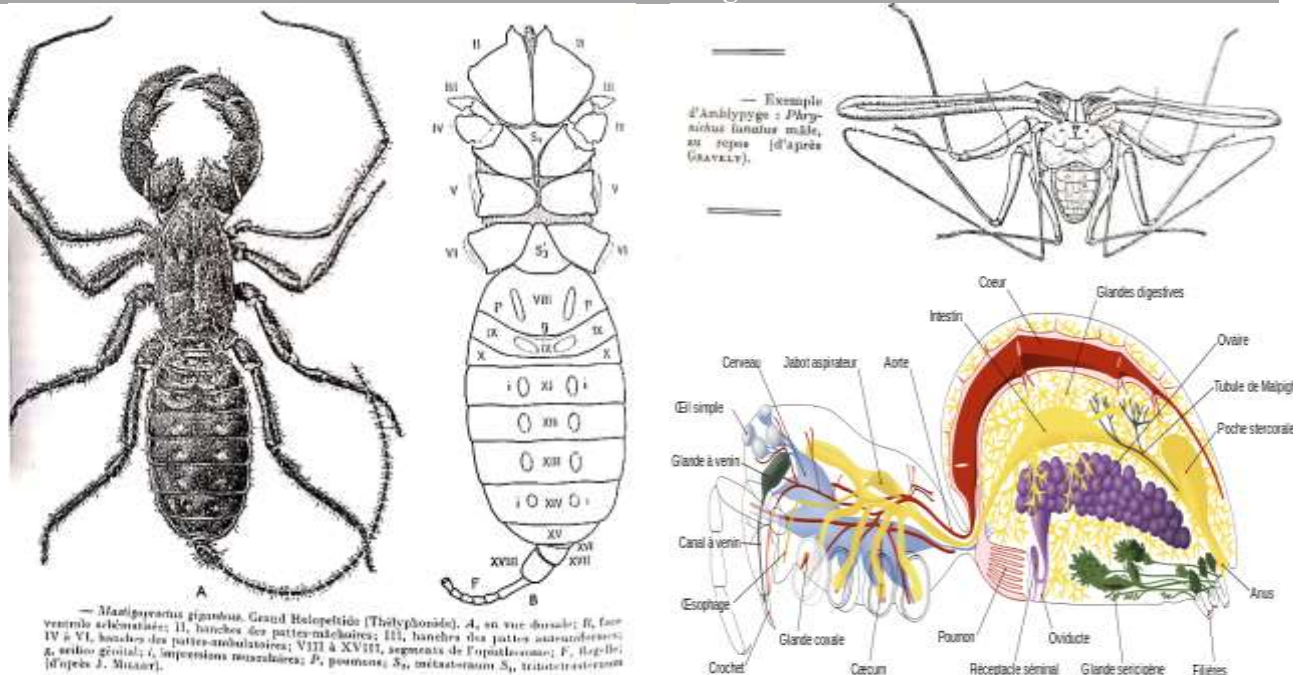


Figure.54 : physiologie des arachnides

### 3. Sous-embranchement des crustacés

Les Crustacés (Crustacea) sont un sous-embranchement des Arthropodes. Ce sont des animaux dont le corps est revêtu d'un exosquelette chitinoprotéique appelé exocuticule et souvent imprégné de carbonate de calcium. Cette forme de carapace est plus ou moins rigide, sauf en certaines zones qui demeurent souples et permettent l'articulation des différentes parties du corps ainsi que des appendices et autorisent les mouvements. Cette cuticule (à ne pas confondre avec la carapace, voir plus bas) constitue un squelette externe peu extensible qui rend nécessaire le recours à des mues pour réaliser la croissance linéaire. Leur étude s'appelle la carcinologie, à ne pas confondre avec le sens médical donné aussi à ce mot, alors synonyme d'oncologie. Autrefois le terme de crustacéologie était aussi utilisé.

Les Crustacés forment un vaste ensemble de plus de 50 000 espèces dont les formes sont aussi diverses que celle d'une balane, d'un copépode, d'un cloporte ou d'un homard et dont les tailles varient de l'échelle millimétrique des petites formes planctoniques comme les copépodes à celles du plus grand arthropode terrestre, le crabe de cocotier (presque 1 m pattes étendues) ou celle du plus grand arthropode vivant, le crabe-araignée géant du Japon (presque 4 m d'envergure). Dans la série des records, il faut mentionner aussi le krill antarctique dont l'espèce représente probablement la plus forte biomasse animale de la planète (500 millions de tonnes, valeur approchée).

La plupart des espèces sont aquatiques (marines ou dulçaquicoles), quelques-unes mènent une vie partiellement ou totalement terrestre (les cloportes, des isopodes, par exemple pour ce dernier cas). On compte dans leurs rangs de nombreuses espèces parasites dont la morphologie est parfois très déroutante.

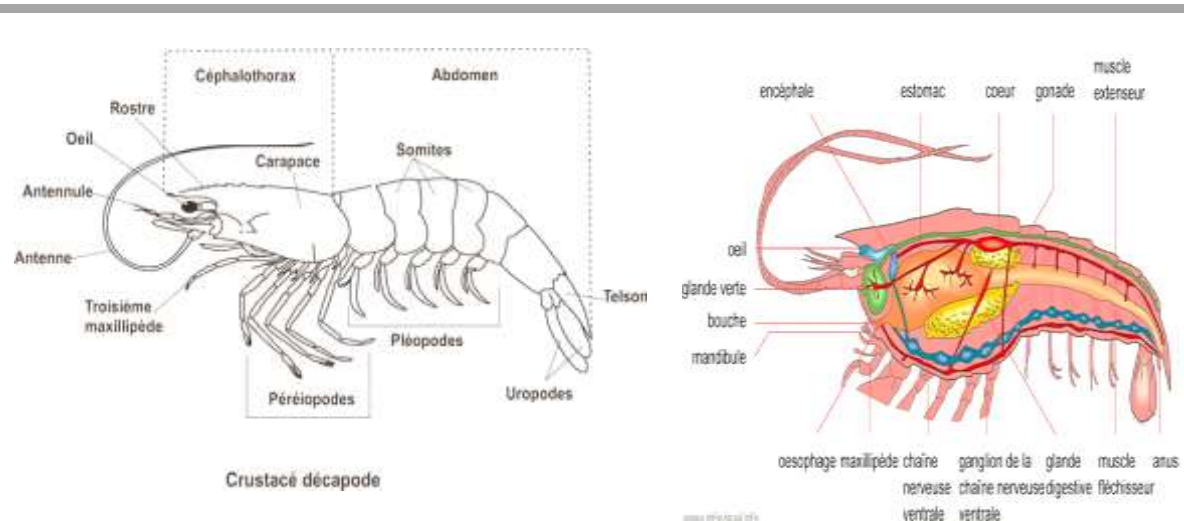


Figure.55 : anatomie des crustacés

#### 4. Sous-embranchement mandibulates

Les Mandibulata (ou Antennata), en français Mandibulates ou Mandibulés, en anglais Mandibulates, sont des Arthropodes dont la tête porte des appendices caractéristiques, souvent très chitinisés, les mandibules adaptées à différents régimes. Ils diffèrent des chélicères et pédipalpes du groupe des chélicériformes. La monophylie de ce taxon s'appuie aussi sur les caractéristiques de l'ARN ribosomique.

Ils étaient classiquement divisés en uniramés (Hexapodes et Myriapodes) et biramés (crustacés). Cette distinction ne semble pas phylogénétique à la vue des analyses génétiques qui rapprochent les insectes des crustacés. Les caractères partagés entre les myriapodes et les insectes sont maintenant interprétés comme des convergences liées à l'adaptation au milieu terrestre.

##### 3.1 Classe des myriapodes

Les Myriapodes (Myriapoda, du grec *myrios*, dix mille, et *pous*, *podos*, pied), communément appelés « mille-pattes » ou « millepattes », sont des animaux au corps allongé et segmenté, pourvus de nombreuses pattes, formant un sous-embranchement des arthropodes.

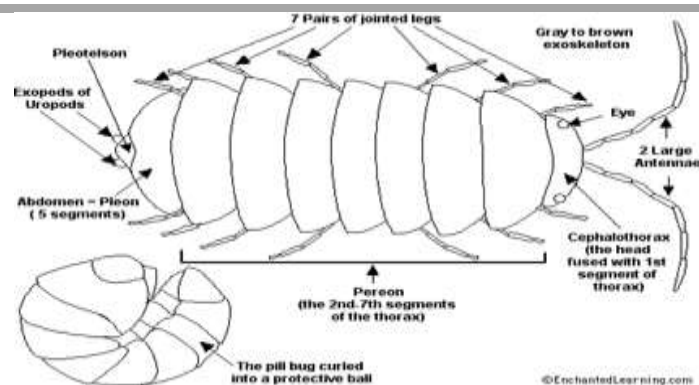


Figure.56 : anatomie des myriapodes

##### 3.3 Classe des insectes

Les insectes (Insecta) sont une classe d'animaux invertébrés de l'embranchement des arthropodes et du sous-embranchement des hexapodes. Ils sont caractérisés par un corps segmenté en trois tagmes (tête possédant des pièces buccales externes, une paire d'antennes et au moins une paire d'yeux composés ; thorax pourvu de trois paires de pattes articulées et deux paires d'ailes plus ou moins modifiées ; abdomen dépourvu d'appendices) protégés par une cuticule formant un exosquelette composé de chitine et pourvu de trachées respiratoires.

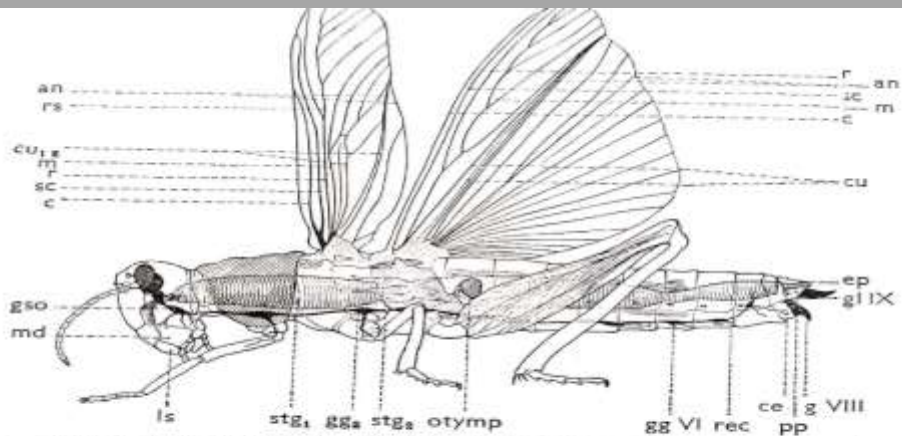
Avec près de 1,3 million d'espèces décrites existant encore (et près de 10 000 nouvelles espèces inventoriées par an), les insectes constituent 55 % de la biodiversité des espèces et 85 % de la biodiversité animale (définie par le nombre d'espèces). On estime entre 5 et 80 millions d'espèces possibles. 1019 (10 milliards de milliards) d'individus seraient vivants en même temps à un instant

donné selon des estimations. Leur biomasse totale serait 300 fois plus importante que la biomasse humaine, quatre fois supérieure à celle des vertébrés, sachant que les insectes sociaux représentent à eux seuls la moitié de la biomasse des insectes.

Apparus il y a plus de 400 millions d'années, les insectes sont les plus anciens animaux à s'être adaptés à la vie terrestre en devenant amphibiens, et ils font partie des rares organismes terrestres à ressembler à leurs ancêtres (stabilité taxinomique). Ce sont également les premiers animaux complexes à avoir développé la capacité de voler pour se déplacer, étant pendant 150 millions d'années les seuls à posséder ce moyen de locomotion. Pourvus d'ailes, d'un exosquelette rigide, d'une petite taille, d'un potentiel de reproduction élevé et d'un stade nymphal de la métamorphose, ces facteurs favorisant la colonisation de nombreuses niches écologiques expliquent leur succès évolutif. On les trouve maintenant sous presque tous les climats et dans les milieux continentaux terrestres et aquatiques. Seule la mer n'a pas été colonisée<sup>10</sup>, cet habitat marin étant majoritairement dominé par le groupe des crustacés, dont les Hexapodes sont issus justement par adaptation au milieu terrestre. L'entomofaune ou faune entomologique désigne la totalité de la population d'insectes présents dans un milieu.

Les insectes ont de nombreuses interactions avec les humains. Certains entrent en compétition directe pour nos ressources comme les ravageurs en agriculture et en exploitation forestière (sylviculture). D'autres peuvent causer des problèmes de santé majeurs en tant que vecteurs de pathogènes et de maladies infectieuses graves. À l'opposé, beaucoup d'insectes sont considérés comme écologiquement bénéfiques en tant que prédateurs, pollinisateurs, producteur de commodités (miel, soie, etc.), détritivores, ou encore en tant que source de nourriture pour de nombreuses espèces animales et chez l'Homme.

Le cycle de vie des insectes passe par plusieurs stades de transformations physiques appelés « mues » et implique généralement plusieurs métamorphoses. Les araignées, scorpions et acariens ne sont pas des insectes, mais des arachnides ; entre autres différences, ils ont huit pattes. L'entomologie est la branche de la zoologie dont l'objet est l'étude des insectes. Plus de 40 % des espèces d'insectes sont menacées d'extinction dans les prochaines décennies, selon une vaste étude publiée dans la revue *Biological Conservation* en 2019. Le taux d'extinction des insectes est huit fois supérieur à celui des autres espèces animales et ils risquent de disparaître d'ici le début du XXI<sup>e</sup> siècle si le rythme actuel se poursuit (diminution de 2,5 % par an depuis les années 1980). Les principaux facteurs de ce déclin (en) sont, par ordre d'importance décroissante : la destruction des habitats et leur conversion à l'agriculture intensive et à l'urbanisation ; la pollution, principalement celle des fertilisants et des pesticides de synthèse ; les facteurs biologiques, notamment les agents pathogènes et les espèces introduites ; le changement clima

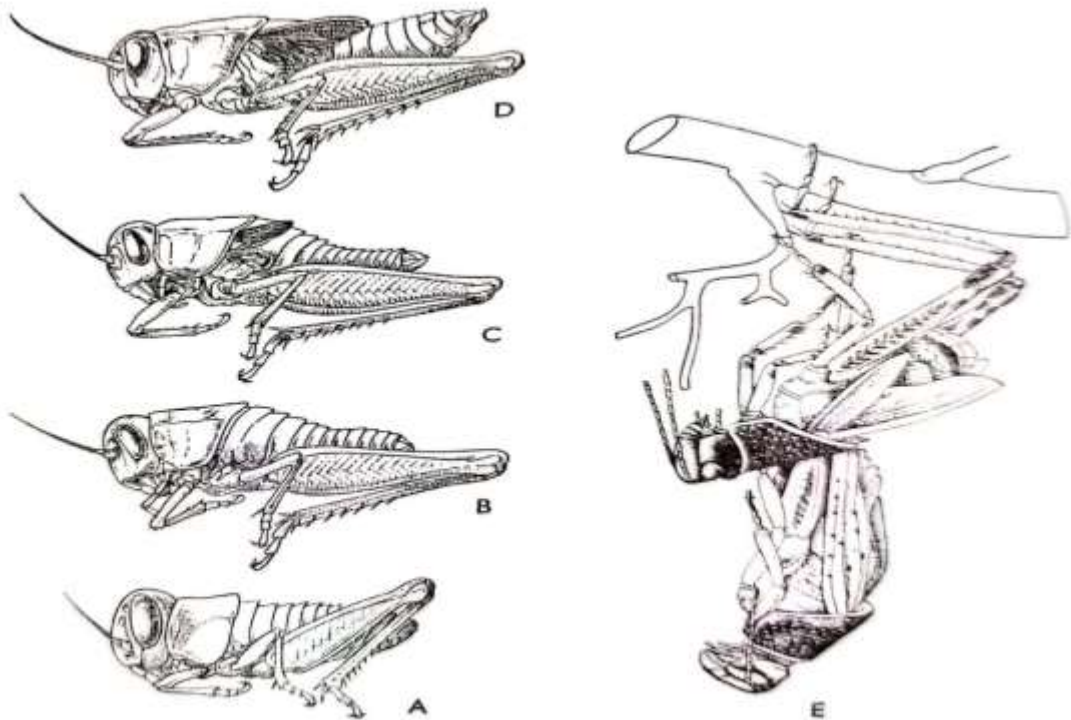


— Schéma d'un Acridien (vue latérale). an, nervures anales; e, nervure costale; cu, cubitale; ce, cercus; ep, épiprocte; pp, paraprocte; gg 2, 2<sup>e</sup> ganglion thoracique; gg VI, 6<sup>e</sup> ganglion abdominal; gl IX, gonapophyse latérale du 9<sup>e</sup> segment abdominal; g VIII, gonapophyse du 8<sup>e</sup> segment; ls, lèvres supérieure (labrum); m, nervure médiane; md, mandibule; o tym, organe tympanique; r, nervure radiale; rs, secteur de la radiale; sc, nervure sous-costale; stg 1, stg 2, 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> stigmates thoraciques; stg VIII, 8<sup>e</sup> stigmate abdominal; gso, ganglion sous-œsophagien; rec, rectum (d'après H. WERNER).

Figure.57 : anatomie des insectes (criquets)

### 3.3.1 Développement

Le cycle de vie des insectes passe par plusieurs stades de transformations physiques appelés « mues » et implique généralement plusieurs métamorphoses. Ce cycle évolutif est une série de stades (œuf, larve, nymphe, adulte) qui se succèdent au cours d'une génération complète (d'œuf à œuf), les insectes étant caractérisés par le stade nymphal de la métamorphose<sup>60</sup>. La plupart des insectes sont caractérisés par un temps de génération assez court et une descendance importante, ce qui leur permet de coloniser rapidement un milieu favorable.



— A à D, quatre stades larvaires du Criquet italien (*Calliptamus*), remarquer la formation progressive des ailes (d'après L. CHOFARD); E, la mue du Criquet pélerid (*Schistocerca gregaria*) (d'après KUNCKEL d'HERCULAIS).

Figure.58 : métamorphose chez les insectes (criquets)

### Systématique des insectes

La classification des insectes a été proposée par Carl von Linné au xviii<sup>e</sup> siècle sur la base de critères morphologiques propres aux insectes. Ainsi, une trentaine d'ordres d'insectes actuels est recensée sur l'ensemble de la planète. Leur classification n'est pas encore stabilisée, quelques groupes établis par la tradition se révélant récemment hétérogènes. Le sous-embranchement des hexapodes Hexapoda est donc un concept plus vaste que celui des insectes lequel, au sens strict, constitue un groupe frère des entognathes.

D'après Roth (1974), la classe des Insectes est subdivisée en deux sous-classes :

- Sous-classe des Aptérygotes,
- Sous-classe des Ptérygotes.

#### **Tableau.3: Embranchement Arthropoda** (World Register of Marine Species 2016).

##### **Sous-embranchement Chelicerata — Chélicérés (8 pattes)**

Classe Arachnida Cuvier, 1812 — Arachnides (scorpion, araignée, acariens...)

Classe Merostomata Woodward, 1866 — (Gigantostacés fossiles, limule)

Classe Pycnogonida Latreille, 1810 — (Pycnogonides)

##### **Sous-embranchement Crustacea Brünnich, 1772 — crustacés (10 pattes (ordre Decapoda) ou plus)**

Classe Branchiopoda Latreille, 1817 — branchiopodes (Daphnie...)

Classe Cephalocarida Sanders, 1955

Classe Ichthyostraca Zrzavý, Hypša & Vlášková, 1997

Classe Malacostraca Latreille, 1802 — (Homard, vrai crabe, squille, crevette, cloporte...)

Classe Maxillopoda Dahl, 1956 — (Copépode, Balane, Pousse-pied...)

Classe Ostracoda Latreille, 1802 — ostracodes

Classe Remipedia Yager, 1981

##### **Sous-embranchement Hexapoda Blainville, 1816 — hexapodes (6 pattes)**

Classe Entognatha Stummer-Traunfels, 1891 — (collemboule, diploure, protoure)

Classe Insecta Linnaeus, 1758 — insectes (fourmi, abeille, mouche...)

##### **Sous-embranchement Myriapoda Latreille, 1802 — myriapodes (nombreuses pattes)**

Classe Chilopoda Latreille, 1817 — (mille-pattes, scolopendre)

Classe Diplopoda de Blainville in Gervais, 1844 — (mille-pattes, iule)

Classe Pauropoda Lubbock, 1868 — (mille-pattes nains)

Classe Symphyla Ryder, 1880

##### **Sous-embranchement Trilobitomorpha (20 pattes, tous fossiles)**

Classe Trilobita Walch, 1771 — trilobites

## Références bibliographique

### A

**Arnaud Zucker 2005.** Aristote et les classifications zoologiques, Éditions Peeters, 2005 (ISBN 90-429-1660-5, p. 145)

### B

**Burnett B.R. 1977.** Blood circulation in the balanomorph *Megabalanus californicus*. J. Morph. 153 : 299-306

### C

**C. A. Richardson, N. W. Runham et D. J. Crisp. 1981** « A histological and ultrastructural study of the cells of the mantle edge of a marine bivalve, *Cerastoderma edule* », *Tissue & Cell*, no 13, 1981, p. 715-730.

**Chapman, A. D. 2006.** Numbers of living species in Australia and the World. Canberra: Australian Biological Resources Study. 60 p. (ISBN 978-0-642-56850-2).

**Claude Augris.2005.** Atlas thématique de l'environnement marin de la baie de Douarnenez (Finistère), éditions Quae, 2005, 135 p.

### D

**Dénes Lörinczy.2006.** The Nature of Biological Systems as Revealed by Thermal Methods, Springer Science, 2006, p. 250-283

**Denis Poinot, Maxime Hervé, Bernard Le Garff, Mael Ceillier.2018.** Diversité animale. Histoire, évolution et biologie des Métazoaires, De Boeck Supérieur, 2018 , p. 337

**Dubois, A. 2008.** La notion de pollution biotique: pollutions faunistique, floristique, génétique et culturelle. *Bulletin de la Société zoologique de France*, 133(4), 357-382

### J

**J. Le Renard, B. Sabelli et M. Taviani.2006.** « On *Candinia* (Sacoglossa: Juliidae), a new fossil genus of bivalved gastropods », *Journal of Paleontology*, vol. 70, no 2, 1996, p. 230–235

**J.R. Paterson & G.D. 2006.** The Early Cambrian trilobite family Emuellidae Pocock, 1970 : systematic position and revision of Australian species. *Journal of Paleontology*, 80(3), pp.496-513

### M

Manuel de la zoologie université d'Ottawa BIODIDAC

**Maurice Roth.1974.** Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des Insectes, Paris, 1974, 213 p.

### N

**Norman F. Johnson et Charles A. 2004.** Introduction to the Study of Insects 7th, Brooks/Cole, 2004, 888 p. (ISBN 978-0-03-096835-8)

### P

**P.P. Grassé-CH Devilliers. 2012.** Précis De Sciences Biologiques Zoologie Les Invertébrés  
**Peter H. Raven, Linda R. Berg, David M. Hassenzahl.2012,** *Environment*, John Wiley & Sons, 2012, p. 326

### T

**Thomas Cavalier-Smith. 1998.** "A revised six-kingdom system of life", *Biological Reviews*, Cambridge Philosophical Society, vol. 73, no 3, août 1998, p. 208.

### V

**Vincent H. Resh. Ring.T.Cardé.2003.** *Encyclopedia of Insects*. Elsevier Science (USA).

### W

**W. J. Kennedy, J. D. Taylor et A. Hall.1969.** « Environmental and biological controls on bivalve shell mineralogy », *Biological Reviews*, vol. 4, no 4, 1969, p. 499–530

