

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE  
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Année Universitaire 2020 -2021

Ecole Supérieure en Sciences Biologique d'Oran (ESSB d'Oran)

Département des Classes Préparatoire

Polycopie Pédagogique

Matière : ZOOLOGIE

**Niveau** : 2ème année, classe préparatoire

**Option** : Biologie Moléculaire

**Spécialité** : Biotechnologie

**Filière** : Sciences Biologiques

**Domaine** : Science de la Nature et de la Vie

**Réalisé par :**

Dr BOUHADIBA Sultana

**Matière enseignée pendant les Années Universitaires :**

2016/2017

2017/2018

2018/2019

2019/2020

2020/2021

## **Polycopié de la matière de Zoologie**

### **2ème année, classe préparatoire ESSBO**

<p>Chef du département de l'Ecole Supérieure en Sciences Biologique d'Oran  (ESSBO)</p>	<p>Président du comité scientifique de l'Ecole Supérieure en Sciences Biologique d'Oran  (ESSBO)</p>	<p>Directeur de l'Ecole Supérieure en Sciences Biologique d'Oran  (ESSBO)</p>
<p>Mme REDOUANE D</p>	<p>Mme BOUGRARA W</p>	<p>Mr SAIDI D</p>

## AVANT PROPOS

Dans le cadre de la préparation de l'habilitation universitaire pour le passage au grade de rang magistral "Maître de Conférences A", j'ai choisi de présenter un polycopié englobant le cours de la matière de Zoologie.

Le présent polycopié rassemble une panoplie de cours élaborés et dispensés majoritairement à l'Ecole Supérieure en Sciences Biologique d'Oran.

Ce sont des cours conçus spécialement pour des étudiants de 2<sup>ème</sup> année (cycle préparatoire) qui suivent un programme de cours divers en varié en matières scientifiques dont la zoologie l'écologie, l'enivrement, physiologie animale ..... Ainsi que ce module représente une unité fondamentale dans le programme des 2<sup>ème</sup> année.

Cet enseignement détaille deux grands chapitres en Zoologie à savoir : premièrement la présentation de la zoologie et en deuxièmes chapitre le règne Animal, ce dernier englobe tous les embranchements du règne animal des invertébrés ainsi que les vertébrés.

Nous avons clôturé notre document pédagogique de cours par des références bibliographiques qui englobent les ressources de ce polycopié.

Le programme de la présente matière est comme suit :

# PROGRAMME DE ZOOLOGIE

## Chapitre 1 : Présentation de la zoologie

- 1- Définition de la zoologie
- 2- Histoire de la zoologie
- 3- Principe de la classification
- 4- Classification classique
- 5- Classification phylogénétique
- 6- Plans d'organisation du règne animal

## Chapitre 2 : Le règne Animal

### Partie A : Sous règne des Protista

- 1- Introduction
- 2- Présentation du règne
- 3- Classification
- 4- Les Protozoaires
  - 4-1 – Introduction
  - 4-2 - Morphologie et structure des protozoaires
  - 4-3 - Respiration et circulation
  - 4-4-Reproduction
  - 4-5 - Distribution des protozoaires et importance écologique
  - 4-6-Classification des Protozoaires
    - Sous Embranchement des Rhizoflagellés
    - Sous Embranchement des Actinopodes
    - Sous Embranchement des Sporozoaires ou Apicomplexes
    - Sous Embranchement des Myxozoaires ou Cnidosporidies
    - Sous Embranchement des Ciliophores

### Partie 2 : Sous règne des Métazoaires, Invertébrés.

#### A – Généralités

- 1- Introduction
- 2- Le coelome
- 3- La métamérie
- 4- Protostomiens et deutérostomiens

#### B- Métazoaires Diploblastiques

##### ➤ I - Embranchement des Spongiaires

- 1- Caractères généraux
- 2- Structure des Spongiaires
- 3- Nutrition
- 4- Reproduction
- 5- Classification

##### ➤ II- Embranchement des Cnidaires

- 1- Caractères généraux
- 2- Architecture et classification
- 3- Locomotion et support
- 4- Respiration et circulation
- 5- Alimentation et digestion
- 6- Excrétion et osmorégulation
- 7- Sens et système nerveux
- 8- Reproduction
- 9- Défenses
- 10- Écologie

➤ **III- Embranchement des Cténaire**

- 1- Introduction
- 2- Mode de vie des cténaires
- 3- Morphologie des cténaires

C- Métazoaires Triploblastiques

➤ **Embranchement des plathelminthes**

- 1- Introduction
- 2- Reproduction
- 3- Systématique

➤ **II- Embranchement des Némathelminthes**

- 1- Introduction
- 2- Tégument
- 3- Appareil respiratoire
- 4- Tube digestif
- 5- Appareil excréteur
- 6- Système nerveux
- 7- Appareille génital

➤ **III- Embranchement des Annélides**

- 1- Introduction
- 2- Systématique et particularités

➤ **IV-Embranchement des Mollusques**

- 1- Introduction
- 2- Systématique
- 3- Morphologie externe
- 4- Morphologie interne
- 5- Le système nerveux

➤ **V - Embranchement des Arthropodes**

- 1- Introduction
- 2- Reproduction
- 3- Systématique
  - Sous- embranchement des Trilobitomorpha
  - Sous- embranchement des Crustacea
  - Sous- embranchement des Myriapoda
  - Sous- embranchement des Hexapoda
  - Sous- embranchement des Chelicerata

➤ **VI-Embranchement des Echinodermes**

- 1- Introduction
- 2- Morphologie externe de l'étoile de mer
- 3- Anatomie interne de l'étoile de mer
- 4- Systématique

Partie 3 : Sous règne des Metazoa (Métazoaires, Vertébrés)

I-Généralités

- 1- Introduction
- 2- Les caractères fondamentaux
- 3- L'origine embryonnaire des organes
- 4- Classification

II - Phylogénie des vertébrés

- 1- Superclasse des poissons
- 2- Evolution et classification

➤ **I- Les Agnathes**

- 1- Caractéristiques générales

- 2- Classification
- **II- Les Gnathostomes**
- 1- La morphologie
- 2- Nageoires et locomotion
- 3- La vessie natatoire
- 4- La peau et les écailles
- 5- Le squelette
- 6- La musculature
- 7- Le système digestif
- 8- L'appareil circulatoire
- 9- Le système nerveux
- 10- Branchies et Respiration
- 11- Osmorégulation
- 12- Reproduction
- 13- Alimentation
- **III- la Classe des Amphibiens**
- 1- La peau
- 2- Le cloaque
- 3- La respiration
- 4- Les sens
- 5- L'hétérothermie
- 6- La reproduction
- 7- La larve et la métamorphose
- 8- La phorésie
- 9- L'oviparité ou viviparité
- 10- La néoténie
- **V- La Classe des Reptiles**
- 1- Introduction
- 2- Évolution des reptiles
- 3- Classification actuelle
- 4- L'os : anatomie et physiologie
- 5- Anatomie des reptiles
- 6- Les caractéristiques de la reproduction chez les reptiles
- **VII-Classe des Oiseaux**
- 1- Introduction
- 2- La classe des Oiseaux
- 3- Classification phylogénétique et classification traditionnelle
- 4- Caractères généraux des Oiseaux
- 5- Système respiratoire des oiseaux
- 6- Reproduction des oiseaux
- **VIII- Classe des Mammifères**
- 1- Introduction
- 2- Caractéristique générale des mammifères
- 3- Structure et processus vitaux
- 4- Classification des mammifères
- **IX- Passage du milieu aquatique au milieu terrestre chez les vertébrés**
- 1- Introduction
- 2- Les grandes étapes de l'évolution de la vie
- 3- Adaptations et diversification des vertébrés

## Références bibliographiques



## I-Présentation de la zoologie

### 1-Définition de la zoologie

C'est la science qui étudie les animaux. Elle décrit l'aspect externe, interne, le fonctionnement des divers appareils (digestif, reproductif...), les comportements, les milieux fréquentés et lui attribuent une place dans le grand arbre du règne animal. Zoon : animal; logie : science

### 2-Histoire de la zoologie

#### ➤ Préhistoire

L'Homo sapiens du Paléocène supérieur a réalisé de nombreuses peintures et sculptures rupestres. Ces représentations artistiques à dessein sans doute rituel montrent que nos ancêtres observaient attentivement la faune, représentant des détails qui indiquent une bonne connaissance des animaux de leur environnement, comme la mue des bisons ou le repli cutané présent à la base de la queue des mammoths.

#### ➤ Antiquité

Aristote.

- Le Physiologos est un bestiaire grec remontant probablement au II<sup>e</sup> siècle. Il traite des propriétés des bêtes, des oiseaux et des pierres.
- Élien (v. 175-v. 235): orateur et naturaliste romain de langue grecque. Les 17 livres de ses Caractéristiques des animaux (ÉÆÉ√Éœ) É§ÒÉ÷ÉÀ ÉΒÉ-É«fiÉ—É~É—ÉÕV) compilent des anecdotes sur 70 espèces de mammifères, 109 espèces d'oiseaux, une cinquantaine de reptiles et environ 130 poissons.

#### ➤ Moyen-âge

Animaux fabuleux et tabous bibliques.

**Le XII<sup>e</sup>** siècle voit la redécouverte d'Aristote et de ses traités consacrés aux animaux, notamment par le biais des commentaires du philosophe arabe Averroès (1126-1198) et des traductions du philosophe scholastique Michael Scot (v. 1175-v. 1236). Ce sera le point de départ d'un regain d'intérêt pour le monde animal.

- Frédéric II du Saint-Empire (1194-1250) rédige un manuel de fauconnerie et d'ornithologie illustré, le De arte venandi cum avibus, dans lequel il décrit plus de 900 espèces d'oiseaux. Il consigne de très précises observations sur le comportement des oiseaux, très en avance sur son temps. Il n'hésite à critiquer Aristote auquel il reproche de n'avoir qu'une connaissance théorique des oiseaux [3].
- Albert le Grand (v. 1200-1280) est l'auteur d'un vaste traité, le De animalibus, consacré non seulement à la faune, mais aussi à la flore et aux minéraux.

#### ➤ Renaissance

Voyages d'exploration et microscopistes.

**Guillaume Rondelet (1507-1566)** est un médecin à Montpellier, haut lieu des sciences françaises, principalement botanique et médecine, à la Renaissance. Il fait paraître en 1555 son Universæ aquatiliū historiæ pars altera où il présente tous les animaux aquatiques,

même mythiques, qu'il connaît. Il ajoute de nombreuses observations personnelles de grande qualité.

**Pierre Belon (v. 1517-1564)** est l'auteur de L'histoire naturelle des étranges poissons marins avec la vraie peinture & description du Daulphin & de plusieurs autres de son espèce. Il a également écrit un ouvrage intitulé Histoire de la nature des oiseaux. Ses travaux portent notamment sur l'anatomie comparée. Un oiseau paléarctique lui est dédié : le Tadorne de Belon.

**Conrad Gessner (1516-1565)** fait paraître son *Historia animalium* à Zurich entre 1551 et 1558. Compileur infatigable, surnommé le Plin suisse, Gessner compile toutes les connaissances au sujet des animaux dont il a connaissance. Il présente celles-ci, organisées sur une base alphabétique, chaque animal étant analysé sur un modèle identique. Gessner n'a pas pour but de juger mais de réaliser une encyclopédie aussi exhaustive que possible. Son œuvre, richement illustrée, sera très souvent rééditée durant plus de trois siècles.

**Ulisse Aldrovandi (1522-1605)** publie de 1559 à 1605 les quatre premiers volumes d'une histoire naturelle (dont *De Animalibus insectis* en 1602 qui constitue en fait le septième volume) qui en comptera quatorze, les autres étant publiés après sa mort (dernier volume paraissant en 1668). Ce naturaliste révère encore l'Antiquité et accorde autant de crédit à Strabon et à Plin qu'à ses propres observations.

## XVIIe et XVIIIe siècle

**John Ray (1627-1705)** et Francis **Willughby (1635-1672)** jouent un rôle essentiel tant en botanique qu'en zoologie durant cette période.

En zoologie, Ray est le premier à proposer une classification des animaux basée sur des critères anatomiques et non comportementaux ou environnementaux. Sa classification, notamment des oiseaux, est la plus évoluée jusqu'à l'œuvre de Linné.

La mort prématurée de Willughby l'empêche d'achever plusieurs ouvrages que Ray enrichira (parfois considérablement) et publiera sous le seul nom de Willughby. C'est le cas de *Ornithologia* (Londres, 1676) et de *De historia piscium* (Oxford, 1686). Parmi les principaux ouvrages de Ray, il faut signaler *Synopsis animalium quadrupedum et serpentini generis* (Londres, 1693).

Plusieurs de ses ouvrages paraissent de façon posthume comme *Historia insectorum* à Londres en 1710 ou *Synopsis avium et piscium* toujours à Londres en 1713.

**Marcello Malpighi (1628-1694)**, le père de l'anatomie microscopique ou histologie, dont le nom est aujourd'hui attaché à des dizaines de structures dans le corps humain et chez les insectes

**Girolamo Fabrizi d'Acquapendente (1537-1619)** s'intéresse particulièrement au développement embryonnaire des animaux. Ses recherches sont complétées par l'un de ses élèves, **Hieronimus Fabricius (1537-1619)**, qui étudie le développement embryonnaire des poulets.

Les premiers ouvrages sur les insectes sont datés du tout début du XVIIe siècle. **Thomas Muffet (v. 1552-1604)**, médecin et naturaliste anglais, fait paraître post-mortem, en 1634, le

Theatrum Insectorum, livre entièrement consacré aux insectes (terme qui désigne effectivement les insectes mais aussi de nombreux autres invertébrés).

**Charls Butler(1559-1647)** fait paraître en 1609 le premier livre entièrement consacré aux abeilles. Joseph Guichard Duverney (1648-1730) fait paraître au début du XVIIIe siècle plusieurs mémoires importants devant l'Académie des sciences de Paris sur les systèmes circulatoires et respiratoires de vertébrés à sang froid comme les grenouilles, les serpents, etc.

**En 1720, Michael Bernhard Valentini (1657-1729)** fait paraître une étude où il compare l'anatomie de différents vertébrés.

En 1734, **Jacob Theodor Klein (1685-1759)** fait paraître *Naturalis dispositio Echinodermatum*, œuvre pionnière sur les oursins.

**Martin Lister (v. 1638-1712)** est un médecin et naturaliste britannique dont les travaux concernent de nombreuses espèces d'invertébrés, notamment parmi les mollusques et les araignées.

**Anna Maria Sibylla Merian (1647-1717)** occupe véritablement une place à part dans l'histoire de l'entomologie. Elle appartient à une prestigieuse famille de graveur et apprend très tôt le dessin et la peinture. Elle se passionne pour les insectes et notamment pour le phénomène de métamorphose, qui avait déjà été l'objet des observations et des illustrations de **Jan Goedart (1620-1668)**. Elle découvre aux Pays-Bas plusieurs collections de papillons provenant des Amériques. Souhaitant les observer par elle-même, elle réalise un voyage en 1699 au Surinam. Les illustrations qu'elles réalisent connaissent une grande popularité, elle s'attache à illustrer les différents stades de croissance des insectes (larvaire, nymphéal et adulte). Ses images ne sont pas accompagnées de texte, aussi son impact sur l'évolution de l'entomologie est assez réduit, elle est remarquable surtout parce qu'elle est l'une des rares femmes naturaliste de son temps.

**Johann Leonhard Frisch (1666-1743)** démontre que le développement d'un végétal peut être retardé par l'action de ses parasites. De 1696 à 1700, **Antonio Vallisneri (1661-1730)** fait paraître ses *Dialoghi sopra la curiosa Origine di molti Insetti* (Dialogues sur la curieuse origine de plusieurs insectes) dans *La Galleria di Minerva*. Il y expose ses premières expériences sur la reproduction des insectes qui, avec les observations de **Francesco Redi (1626-1697)** et de **Marcello Malpighi (1628-1694)**, contribuent à démentir la croyance en la génération spontanée. Pierre Lyonnet (1708-1789) fait paraître ses premières observations sur l'anatomie des insectes en 1750 sous le nom de *Traité anatomique de la chenille qui ronge le bois de Saule*. Bien que ses dissections et ses illustrations soient remarquables, n'étant pas médecin, il manque des connaissances anatomiques et ses observations s'en ressentent parfois.

**Moses Harris (1731-1785)**, illustrateur et entomologiste britannique, est le premier à utiliser les nervures des ailes des papillons pour leur classification.

L'entomologie obtient ses lettres de noblesses avec René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757). Membre de l'Académie des sciences en 1708, il conduit des expériences dans un grand nombre de sujets, les plus connus étant la mise au point d'un thermomètre et ses travaux

sur la faïence. Il fait paraître, de 1734 à 1742, les six volumes des Mémoires pour servir à l'histoire des insectes.

Il précise dans son introduction les raisons de sa publication : « Nous ne sommes pas encore, à beaucoup près, arrivés au temps où l'on pourra raisonnablement entreprendre une histoire générale des insectes. Des savants de tout le pays se sont plus depuis un siècle à les étudier. L'attention qu'ils leur ont donnée nous a valu un grand nombre d'observations sûres et curieuses. Cependant, il s'en faut bien qu'il y en ait encore assez de rassemblées. Le nombre des observations nécessaires pour une histoire de tant de petits animaux passablement complète est prodigieux. »

Il fait ensuite remarquer le nombre des insectes est prodigieux. Des douze à treize mille plantes connues à son époque, il signale que chacune entretient des centaines d'espèces d'insectes différents, que ceux-ci sont la proie de prédateurs particuliers. Cette analyse écologique de la biodiversité est très en avance sur son temps. Il continue : « L'immensité des ouvrages de la nature ne paraît mieux nulle part que dans l'innombrable multiplicité de tant d'espèces de petits animaux. »

Après avoir remarqué que la diversité des insectes est telle qu'aucun esprit ne saurait en faire le tour, il signale qu'il est surtout utile d'en connaître les principales formes. Il justifie aussi l'intérêt et l'importance de l'étude des insectes : « Quoique nous resserrions beaucoup les bornes de l'étude de l'histoire des insectes, il est des gens qui trouveront que nous lui en laissons encore de trop étendues. Il en est de même qui regardent toutes connaissances de cette partie de l'histoire naturelle comme inutiles, qui les traitent, sans hésiter, d'amusements frivoles. »

Réaumur fait ensuite la liste des apports que peut réaliser ce qui ne se nomme pas encore l'entomologie : la cire et le miel apportés par les abeilles (miel qui était la principale source sucrée de l'époque), les colorants tirés de la cochenille, les figues dont le mûrissement dépend des insectes... Il indique aussi que la connaissance des insectes permet de les combattre.

Ses Mémoires ressemblent souvent à des monographies. Le volume IV est entièrement dédié à trois espèces de cigale. Il décrit l'anatomie externe, les organes buccales, l'oviposition, la production du stridulement, la ponte, etc. Réaumur étudie particulièrement les abeilles, qu'il baptise son cher petit peuple. Pour mieux observer le comportement des abeilles, il est le premier à concevoir une ruche comportant un système de vitre, un volet permet de protéger l'intérieur de la ruche de la lumière, Réaumur le levant uniquement pour faire ses observations.

**Carl von Linné (1707-1778)** est un naturaliste suédois qui a jeté les bases du système moderne de la nomenclature binomiale. Connu comme le père de la taxonomie moderne, c'est à ce titre qu'il est important pour la zoologie, même s'il était surtout botaniste. Buffon (1707-1788) est un naturaliste français dont l'œuvre majeure, L'Histoire naturelle a marqué son temps et est principalement consacrée aux animaux.

Le XVIII<sup>e</sup> siècle est une période l'étude des ravageurs des cultures commence à émerger.

On peut citer notamment l'œuvre de l'italien Giovanni **Targioni Tozzetti (1712-1783)**

## Le XIXe siècle

Lamarck, Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire et Darwin. Le XIXe et les XXe siècles voient, avec l'augmentation des connaissances, la zoologie se subdiviser en de nombreuses disciplines. John James Audubon (1785-1851) parcourt l'Amérique du Nord pendant trente-cinq ans, du Labrador à la Louisiane. Il accumule notes, dessins et aquarelles. Ses quatre volumes sur Les Oiseaux d'Amérique paraissent entre 1827 et 1838. **Karl Ernst von Baer (1792-1876)** étudie l'embryologie des mammifères.

### 3-Principe de la classification

Il existe différentes façon de mettre de l'ordre dans la diversité du vivant. En écologie, on classe les êtres vivants en fonction de leur place et rôle dans l'écosystème (ex : régimes alimentaires).

Les ressemblances constatées entre les êtres vivants s'expliquent le plus souvent par des liens de parenté (caractères homologues) ou par des adaptations aux mêmes conditions du milieu (caractères analogues) ou plus rarement comme le fruit du hasard (caractères apparus plusieurs fois au cours du temps et de façon indépendante).

La classification qui nous intéresse est celle qui se préoccupe de retracer les relations de parenté entre les êtres vivants.

L'étude des êtres vivants actuels et fossiles met en évidence l'apparition au cours du temps, de nouveaux caractères ou caractères dérivés. Les êtres vivants qui ont en commun ce nouveau caractère l'ont hérité d'un ancêtre commun. C'est cet ancêtre commun, hypothétique car le plus souvent inconnu, qui a acquis ce nouveau caractère. Les scientifiques regroupent les êtres vivants sur le fait qu'il partage ces caractères nouveaux ou dérivés.

#### ➤ **Les caractères utilisés portent :**

- sur l'aspect externe l'organisation des différentes parties du corps
- sur des caractères internes comme le squelette, les différents organes,
- sur le développement embryonnaire ou larvaire
- sur des caractères génétiques (séquences d'ADN)

#### ➤ **Comment classer une classification scientifique**

La classification scientifique des espèces est une méthode scientifique qui essaie de classer et regrouper les êtres vivants selon leur ressemblance.

Le principe est de former des groupes dans lesquels on réunit toutes les espèces qui possèdent au moins un caractère en commun. Par exemple, tous les animaux possédant une colonne vertébrale peuvent être classés dans le groupe des vertébrés et ceux qui n'en possèdent pas dans le groupe des invertébrés.

### 4-Classification classique

Dans le système de classification classique des êtres vivants, il y a sept « étages », appelés « rangs taxinomiques » ou « taxons ». Cette classification est inspirée par celle Linné et n'est plus vraiment utilisée de nos jours.

Tout d'abord, il y a les règnes (**1er taxon**) :

1. les bactéries ;
2. les archées ;
3. les protistes ;
4. les champignons ;
5. les végétaux ;
6. les animaux

Ensuite, dans chaque règne, il y a :

des embranchements (**2e taxon**) ;

des classes (**3e taxon**) ;

des ordres (**4e taxon**) ;

des familles (**5e taxon**) ;

des genres (**6e taxon**) ;

des espèces (**7e taxon**).

Parfois, on divise encore les espèces en sous-espèces, aussi appelées « races » ou « variétés ». Pour aller plus loin encore, il existe des taxons encore plus grands que le règne, comme le super-règne, l'empire...

Le défaut de cette classification est qu'elle oppose la présence d'un caractère à son absence : par exemple, les vertébrés (animaux possédant une colonne vertébrale) sont opposés ici aux invertébrés. Or cette appellation donne l'impression qu'il "manque" quelque chose aux êtres vivants ne possédant pas de colonne vertébrale, ce qui n'est pas le cas ! En effet, tous les êtres vivants sont "autant évolués" les uns que les autres.

- Voici les sept taxons de la classification scientifique des êtres vivants. Deux espèces y sont prises comme exemple.

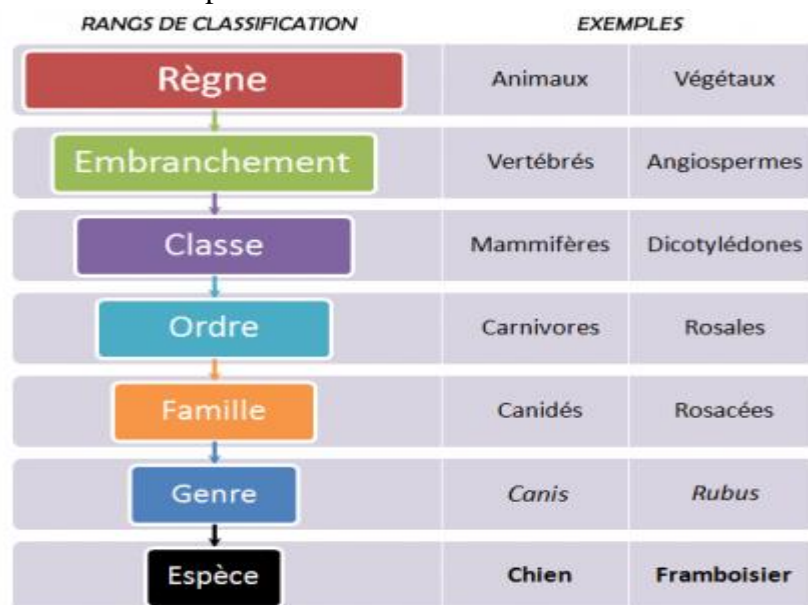


Fig 1: Schéma récapitulatif de la classification classique



## 6- Plans d'organisation du règne animal

Pour définir de façon précise le plan d'organisation d'un animal, différents critères doivent être utilisés successivement :

- Présence ou absence de tissus : Deux sous-règnes se distinguent par ce critère, les Parazoaires ne possédant pas de vrais tissus, contrairement aux Eumétazoaires qui ont de vrais tissus.
- Nombre de feuillet embryonnaires : Le développement embryonnaire chez certains animaux s'arrête au stade gastrula. Ils sont constitués de deux feuillets cellulaires, l'ectoderme et l'endoderme. Ils sont des diploblastiques. Beaucoup d'animaux continuent leur développement après la gastrulation. Il se forme entre l'ectoderme et l'endoderme un troisième feuillet individualisé, le mésoderme (figure 2). Ils sont des triploblastiques
- Présence et nature des cavités corporelles : Selon la destinée du feuillet mésodermique, les triploblastiques sont divisés en 3 groupes :

– Acœlomates : Le mésoderme reste compact et forme un parenchyme, ne comportant aucune vésicule close ; le tube digestif représente la seule cavité de l'organisme.

– Pseudocœlomates : Le mésoderme ne donne pas de parenchyme ; entre le tube digestif et la paroi du corps persiste le blastocœle primitif sous forme d'une cavité plus ou moins grande, nommée pseudocœle ou faux cœlome.

– Cœlomates : De chaque côté du tube digestif, le mésoderme forme des masses pleines qui se découpent et se creusent d'une cavité et deviennent des vésicules closes, dont l'ensemble constitue le cœlome

**Chapitre 2 : Le règne Animal****Partie A : Sous règne des Protista****1- Introduction**

Le mot protiste crée par Heackel en 1866 désignait deux types de protistes (inférieurs procaryotes et supérieurs eucaryotes). Cependant, le terme Protista est de nos jours maintenu pour définir un règne regroupant des organismes eucaryotes autres que les végétaux et les animaux.

**2- Présentation du règne**

Le règne Protista très hétérogène regroupe des êtres vivants eucaryotes, majoritairement unicellulaires (multicellulaires pour certains), hétérotrophe (Protozoaires...) ou autotrophe (Micro-algues).

**3 - Classification**

Le règne Protista est subdivisé en trois groupes principaux : Les protozoaires, les protistes fongiformes et les algues. Ce dernier groupe forme dans certaines classifications un règne à part entière. Au sein du règne Protista, les algues ont la particularité d'être autotrophes et multicellulaire pour certaines.

**4- Les Protozoaires****4-1 – Introduction**

Ce sont des organismes unicellulaires mobiles à reproduction sexuée ou asexuée. Polymorphe, on les trouve dans tous les milieux. Ils sont hétérotrophes et récupèrent l'azote d'autres organismes ou dans leur milieu sous forme de matière organique morte. Les éléments sont absorbés à l'état dissous (protozoaires osmotrophes) ou figuré (phagotrophes). Ils utilisent pour cela leurs pseudopodes ou un cytostome. Il existe de nombreuses formes de protozoaires parasites (Leishmaniose, Giardiose, Balantidiose, Paludisme...) et symbiotiques. Leur taille est comprise entre 1–500 µm jusqu'à 4mm, à l'exception de certains foraminifères qui peuvent mesurer plusieurs centimètres.

**4-2 - Morphologie et structure des protozoaires****A – Taille**

Les protozoaires ont une taille comprise entre 1 et 600 µm. Les plus petits sont les sporozoaires ainsi que certains parasites intracellulaires. Les plus grands sont les amibes qui peuvent atteindre jusqu'à 5mm.

## B – Structure

Les protozoaires possèdent tous les constituants classiques de la cellule eucaryote (organites spécifiques) :

➤ **Membrane lipoprotéique mince** : plasmalemme.

Membrane lipoprotéique parfois doublée d'une enveloppe superficielle. Cette membrane a un rôle de protection contre les agressions et la déshydratation. Lorsque cette dernière est bien développée, on peut trouver une membrane cellulosique, calcaire, siliceuse. On général, on parle de test, de coque, de lorica, de loge...

L'appareil de Golgi (synthèse de membrane). On trouve, à ce niveau, des différences. On observe des empilements de saccules qui forment les dictyosomes. Chez les flagellés, on trouve des dictyosomes très volumineux (ou appareil parabasal) qui ont un rôle dans la sécrétion et l'emballage.

➤ **Le noyau** :

Chez les protozoaires, le noyau est souvent plurinucléé mais seulement pendant un état transitoire (division du cytoplasme en autant d'individus qu'il y a de noyaux). On trouve toutefois des protozoaires avec constamment deux noyaux : les ciliés (exemple : paramécies) qui possèdent un macronucléus et un micronucléus.

Les cils et flagelles. Ils ont la même structure chez les protozoaires et les métazoaires (spermatozoïdes). Les cils sont courts et nombreux (5 à 15µm) ; les flagelles sont plus rares et longs (150 à 200µm).

➤ **Le cytosquelette** :

Il est très développé et constitué par des microfilaments ou des microtubules. Les microfilaments sont constitués d'actine (protéine) et jouent un rôle dans les mouvements (contractions) de la cellule. Parfois, la cellule renferme, le long de son plus grand axe, une structure rigide, « l'axostyle » ou baguette qui est un faisceau de microtubules.

➤ **Les trichocystes** :

On les trouve chez les ciliés, à la périphérie du cytoplasme. Ce sont des dispositifs de défense et d'attaque. Ce sont des petits dards gorgés de toxine. Ils jaillissent à l'extrémité d'un petit filament pour tuer ou paralyser les proies.

➤ **Phase effective** :

Cette phase réalise la poussée. Le cil se raidit et se courbe à sa base pour donner un coup de fouet dans le plan de la rangée. Ce mouvement produit une impulsion. La direction de battement peut être inversée à tout moment.

➤ **Phase de recouvrement (ou de récupération)** :

Le cil retrouve sa position initiale. Il devient flasque et quitte le plan de mouvement pour se coucher sur le côté : pas de résistance à l'eau.

- **Les cils buccaux** : ils entraînent les aliments vers la bouche.
- **Les cils somatiques** : ils servent à la locomotion.
- **La gamétogamie** : c'est la formation des gamètes qui sont soit identiques morphologiquement (= isogamie, chez les foraminifères), soit différentes morphologiquement (= anisogamie, chez des sporozoaires). L'isogamie existe chez les protozoaires les plus primitifs.
- **La gamontogamie** : c'est l'appariement des deux gamontes (mâle et femelle) sans passer par un véritable gamète (les gamontes donnent les gamètes).
- **Accolement au niveau du péristome à les macronucléus dégénèrent**

Les micronucléus subissent une division équationnelle à deux cellules à noyau diploïde. Une division réductionnelle à deux cellules à quatre noyaux haploïdes : Les pronucléi.

Trois pronucléi par cellule dégénèrent. Le quatrième subit une mitose et donne deux noyaux haploïdes par cellule : ce sont des noyaux de fécondation (un mâle et un femelle par cellule).

- **Echange des noyaux mâles :**

Dans chaque cellule, les pronucléi fusionnent : c'est la fécondation.

On obtient deux zygotes : le syncaryon.

Il rentre ses pseudopodes et s'enkyste. Il se divise et donne deux gamontes (un mâle et une femelle). Les gamontes donnent des gamètes. Les gamètes fusionnent en un seul individu.

#### 4-3 - 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.

#### 4-4-Reproduction

Deux types de reproduction asexuée (multiplication) et sexuée

- a-Multiplication asexuée (agamogonie): c'est le mode le plus fréquent, il y'a plusieurs types :

a-1/Division binaire : Succession de mitoses aboutissant à 2 cellules qui sont ou non semblables à la cellule mère.

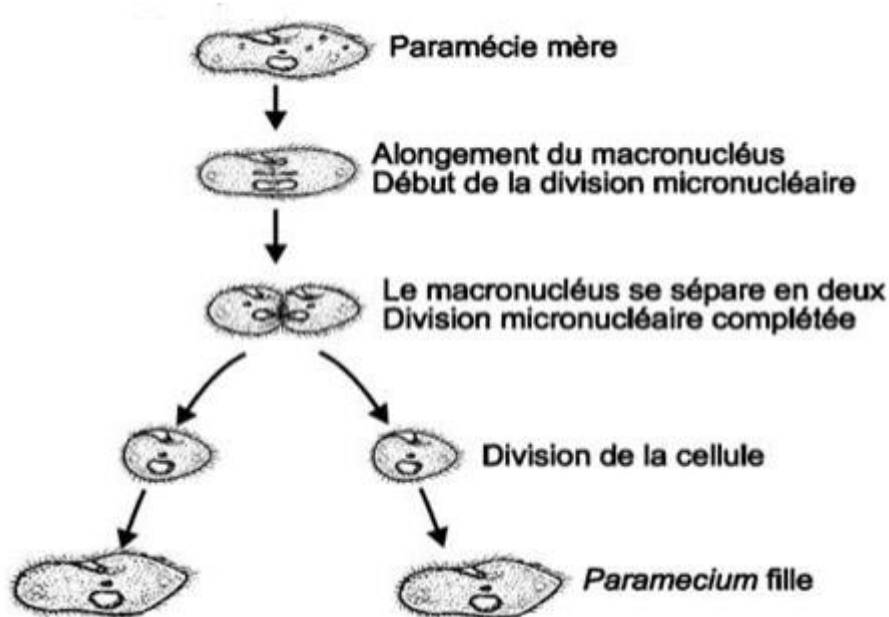


Fig 3: Multiplication asexuée d'un Paramécie

Il y'a apparition à la surface cellulaire d'un bourgeon exogène, suivie d'une division nucléaire, capable d constituer un individu complet qui se détache de l'individu souche : c'est une fission binaire inégale.

Un bourgeonnement dans le cytoplasme est appelé bourgeonnement endogène.

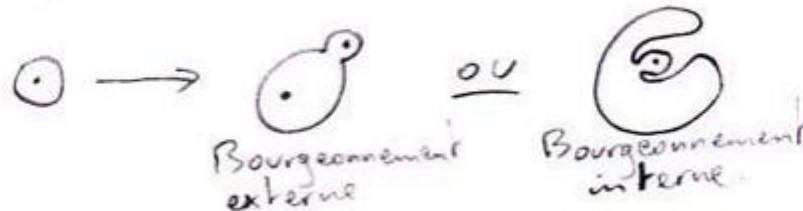


Fig 4 : Un Bourgeonnement interne et externe

- a-2/Division multiple (schizogonie) : Fréquent chez les protistes parasites. Le noyau se divise plusieurs fois par mitose dans une même cellule, lorsque la cellule contient un certain nombre de noyau elle éclate le cytoplasme ne se divise qu'après la fin des divisions nucléaires par un simple découpage des territoires renfermant un noyau fils. On obtient alors des schizozoïtes.
- a-3/Bourgeonnement (gemmiparité) : Un ou plusieurs bourgeons s'organisent sur le corps maternel suivant un mode définie il s'en détache ensuite et reforme un individu complet. Ce mode de multiplication n'existe que chez les infusoires : un fragment du macronucléus passe dans le bourgeon qui se libère peu à peu de la cellule mère.

**b- Reproduction sexuée.** Fusion de deux gamètes (mâle et femelle). Les gamètes sont haploïdes

On détermine le type de reproduction selon la position de la méiose.

Par exemples :

-*Chez les Sporozoaires* : La méiose est zygotique (la division réductionnelle a lieu immédiatement après la formation du zygote). L'essentiel du cycle se déroule en phase haploïde. Ce sont des organismes Haplontes.

- Cycle haplobiontique : alternance d'un certain nombre de générations haploïdes et d'un certain nombre de générations diploïdes).

-*Chez les Ciliés* : La méiose est gamétique (elle a lieu immédiatement avant la formation des gamètes).

L'essentiel du cycle se déroule en phase diploïde. Ce sont des organismes Diplontes

-Cycle diplobiontique : l'une des phases à tendance à se réduire et en générale c'est là phase diploïde qui se réduit à une seule génération, seul le zygote possède  $2n$  chromosomes subit une méiose suivit de plusieurs mitoses dans ces individus sont à  $n$  chromosomes ce sont des sporozoaires phénomène de sporogonie.

-*Chez les foraminifères* on a une situation intermédiaire, la méiose se fait « en cours de route ». On a une moitié de cycle diploïde et une autre moitié haploïde. Ce sont des organismes Haplo-diplontes.

-Cycle haplodiplobiontique : Alternance d'un certain nombre de génération haploïde et d'un certain nombre de générations diploïdes.

Les formes de résistance : (enkystement):

Pour supporter certain désagrément de l'environnement, certaines espèces ont des protections : Kystes. Lorsque les conditions redeviennent favorable, le kyste s'ouvre une cellule va en sortir et va reformer les organites qui avaient disparues. Puis par la suite il y a une multiplication suivie d'une reproduction sexuée.

#### 4-5 - Distribution des protozoaires et importance écologique

Malgré la simplicité de leur organisation, la structure protozoaire est réussie car la vie protozoaire est présente sous tous les climats et dans tous les habitats. On peut les trouver :

- ✓ A l'état libre (en milieu aqueux ou humide).
- ✓ Comme parasite (maladie).
- ✓ Comme symbiote.

La modification d'un plan structural de base, en vue de rendre les protozoaires capables d'occuper tous les habitats et de nombreux modes de vie est appelée radiation adaptative.

Cette radiation adaptative permet de réduire la compétition entre des animaux semblables à l'origine, ce qui permet l'accroissement de la diversité.

#### **4-6-Classification des Protozoaires**

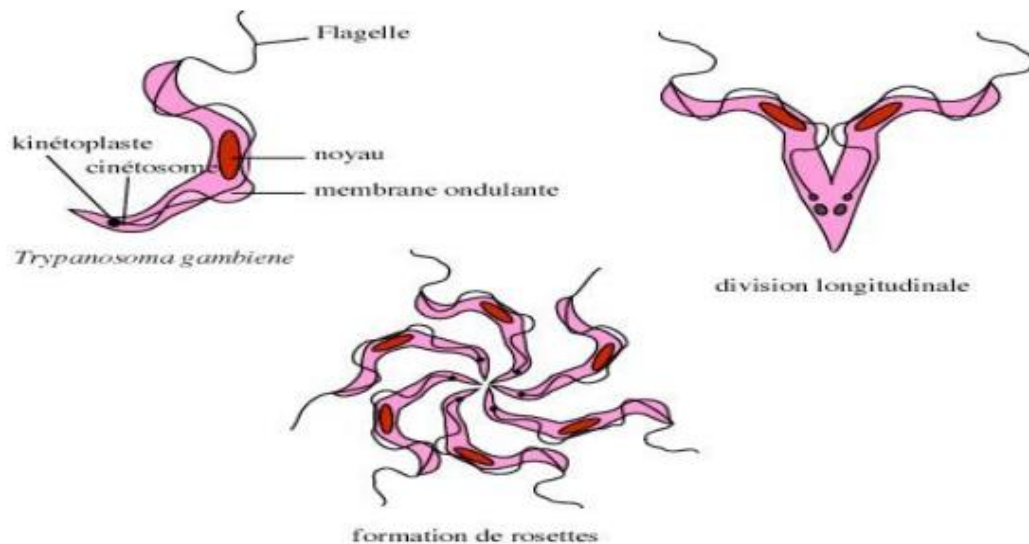
La systématique des Protozoaires est basée sur : La nature de l'appareil locomoteur et les caractères du cycle de développement. Ces critères permettent de distinguer 5 sous-embranchements.

##### **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.



**Fig 5 :** Division des Flagellés

## 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.

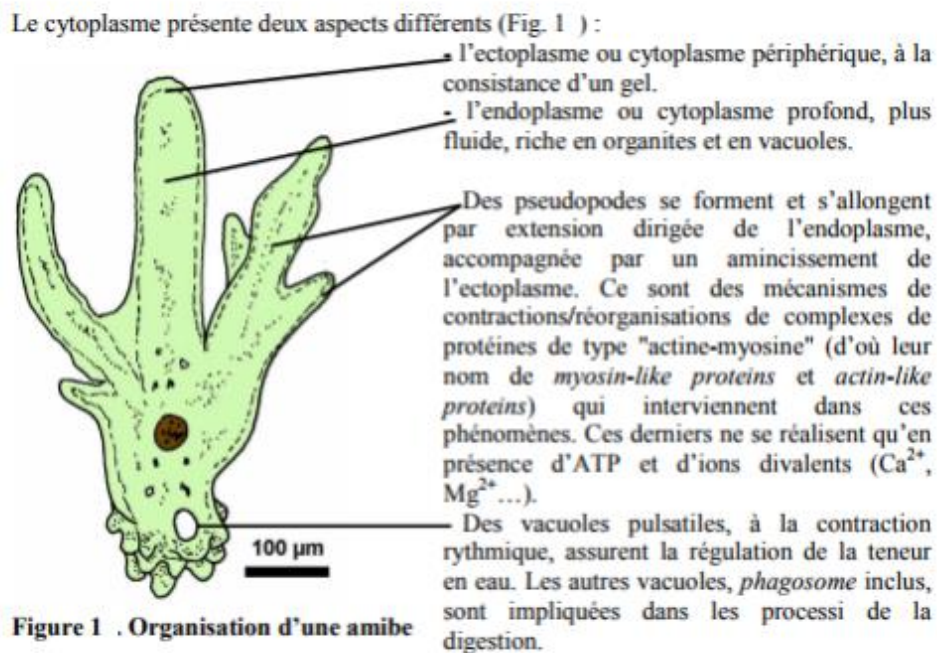
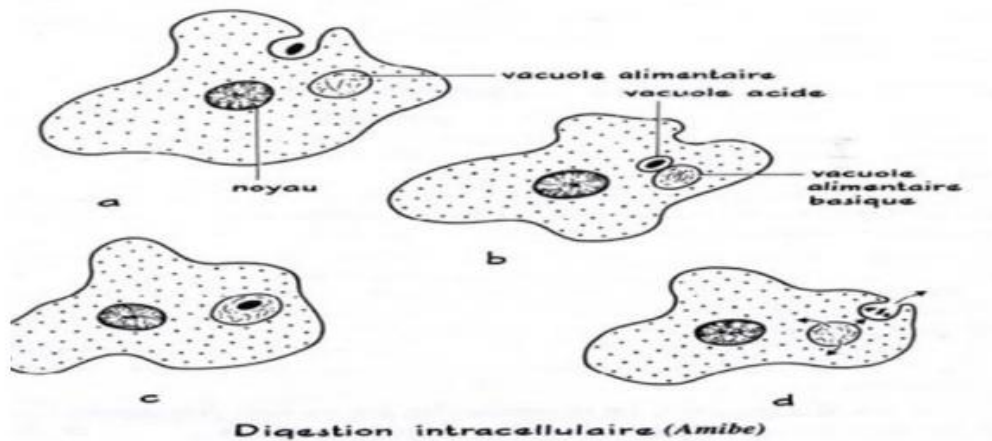


Fig 6 : Organisation d'une amibe

Les Amibes se nourrissent A l'aide de leurs pseudopodes. L'amibe émet des pseudopodes lobés (projections cytoplasmiques temporaires) dans plusieurs directions pour encercler les proies (algues, rotifères....). Il en résulte la formation d'une vacuole autour de la proie immobilisée. Les vacuoles digestives vont peu à peu s'alcaliniser lors de la digestion et l'assimilation de l'organisme phagocyté. Les modalités de capture des proies sont très variées mais il en résulte toujours une gastriole (qui prend parfois les apparences d'une véritable bouche ; on a même parlé de (cystostomes O). La phagocytose intéresse aussi bien des petites proies d'origine végétale (bactéries, levures) que des protistes (Ciliés, Flagellés), des amibes (cannibalisme) ou même des petits métazoaires (prédation macrophage) doivent être ramenés à l'état de molécules simples pour être utilisées: **Phagocytose** ou **digestion intracellulaire** par formation d'une vacuole digestive, le phagosome, provenant de la fusion des vésicules lysosomiennes. Les déchets sont rassemblés dans une vacuole et leur excréation s'effectue par exocytose.



**Fig 7 :** a. Adhérence, endocytose b. Inclusion dans le phagosome (vacuole digestive) c. Formation du phagolysosome: enzymes golgiennes hydrolases, d. digestion et exocytose.

La vacuole contractile (ou pulselle) existe chez la plupart des Protozoaires d'eau douce. Son rôle est avant tout osmo-régulateur (auquel s'ajoute peut être un faible rôle excréteur). Les Amoebiens comme la plupart des Protozoaires forment des Kystes de divers types : kystes de digestion (rares) mais surtout des kystes de multiplication et de repos (ou latence).

#### ❖ Exemple des Foraminifères

Animaux essentiellement marins, benthiques ou planctoniques, vivent fixés aux rochers et aux algues, doivent leur nom aux coques poreuses des organismes qu'il englobe composée de calcite ( $\text{CaCO}_3$ ). De 0,1 à

1mm généralement ; certaines espèces atteignent 10 à 20 cm. Le cytoplasme de ces unicellulaires est recouvert extérieurement d'une coquille (test) constituée de loges successives reliées entre elles par des orifices (foramen). Le cytoplasme émet des pseudopodes fins et réticulés, se nourrissent de Diatomées et d'autres algues unicellulaires. Ils se déplacent lentement, à l'aide de leurs pseudopodes. Mode et milieu de vie variables selon les espèces : – Benthiques épibiontes (posé sur le fond), ou endobiontes (enfoncés dans le sédiment) (ex : Fusulines, Nummulites) ;

– Planctoniques, nageurs ou passifs (ex : Globigérines, Globorotalia, Globotruncana).



Les Foraminifères présentent un cycle de vie cycle haplo-diplophasique (figure 3), avec alternance d'une génération mononucléée haploïde (gamogonie) et d'une génération diploïde, plurinucléée (schizogonie). Les formes haploïdes sont appelés gamontes. Ceux-ci donnent, par division du noyau des gamètes.

La fusion de deux gamètes donne un individu diploïde, le schizonte, plurinucléé, qui se reproduit par mitose. Après méiose et division du cytoplasme autour de chaque noyau (schizogonie), les schizontes donnent de nouveaux gamontes. Souvent, gamontes et schizontes se distinguent morphologiquement par leur taille totale et surtout par celle de leur loge initiale, centrale. Dans ce cas, les gamontes sont aussi appelés formes mégasphériques et les schizontes formes microsphériques. Cependant, dans certaines espèces, la phase sexuée (gamogonie) est absente.

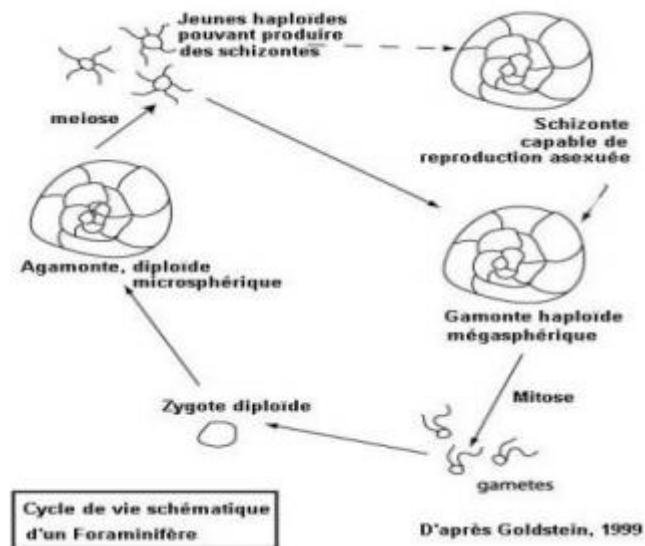


Fig 8 : Cycle de vie schématique des Foraminifères

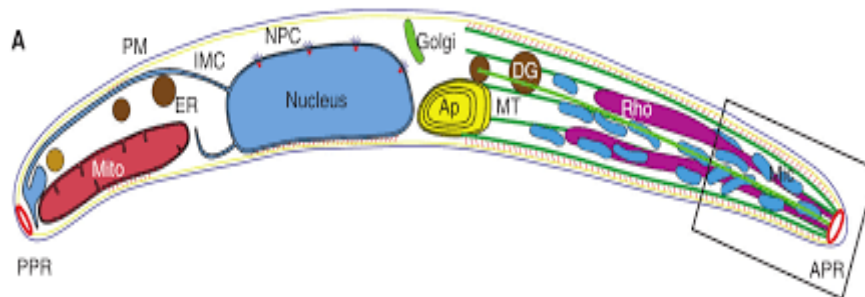
## 2-Sous Embranchement des Actinopodes : Exemple Radiolaires

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.



**Fig 9:** Structure du sporozoïte des parasites du genre Plasmodium

Les Apicomplexes (ou Sporozoaires) sont des parasites intracellulaires ou endosymbiontes : leur nutrition est osmotrophe. L'apicomplexe le plus célèbre est Plasmodium falciparum, agent du paludisme humain (maladie également appelée malaria). Le vecteur est le moustique femelle du genre Anophèles . Injecté à l'Homme (Fig. 4), le sporozoïte infeste les cellules hépatiques de l'hôte (on lui donne alors le nom de cryozoïtes, jusqu'à 5000 pour une cellule hépatique), s'y reproduit par schizogonie et est libéré par éclatement des cellules. Différencié en mérozoïte, il infecte les hématies, où il se multiplie et dont il fait, à terme éclater la membrane plasmique. Dans le plasma, les mérozoïtes se différencient en gamontes ou cellules reproductrices. Depuis l'hôte humain, les gamontes peuvent infecter un moustique Anophèles lors d'une piqûre; la fécondation a lieu dans le tube digestif du moustique et est suivie d'un enkystement. Enfin, les sporozoïtes formés migrent de la musculature du tube digestif aux glandes salivaires d'où ils peuvent être réinjectés dans un être humain.

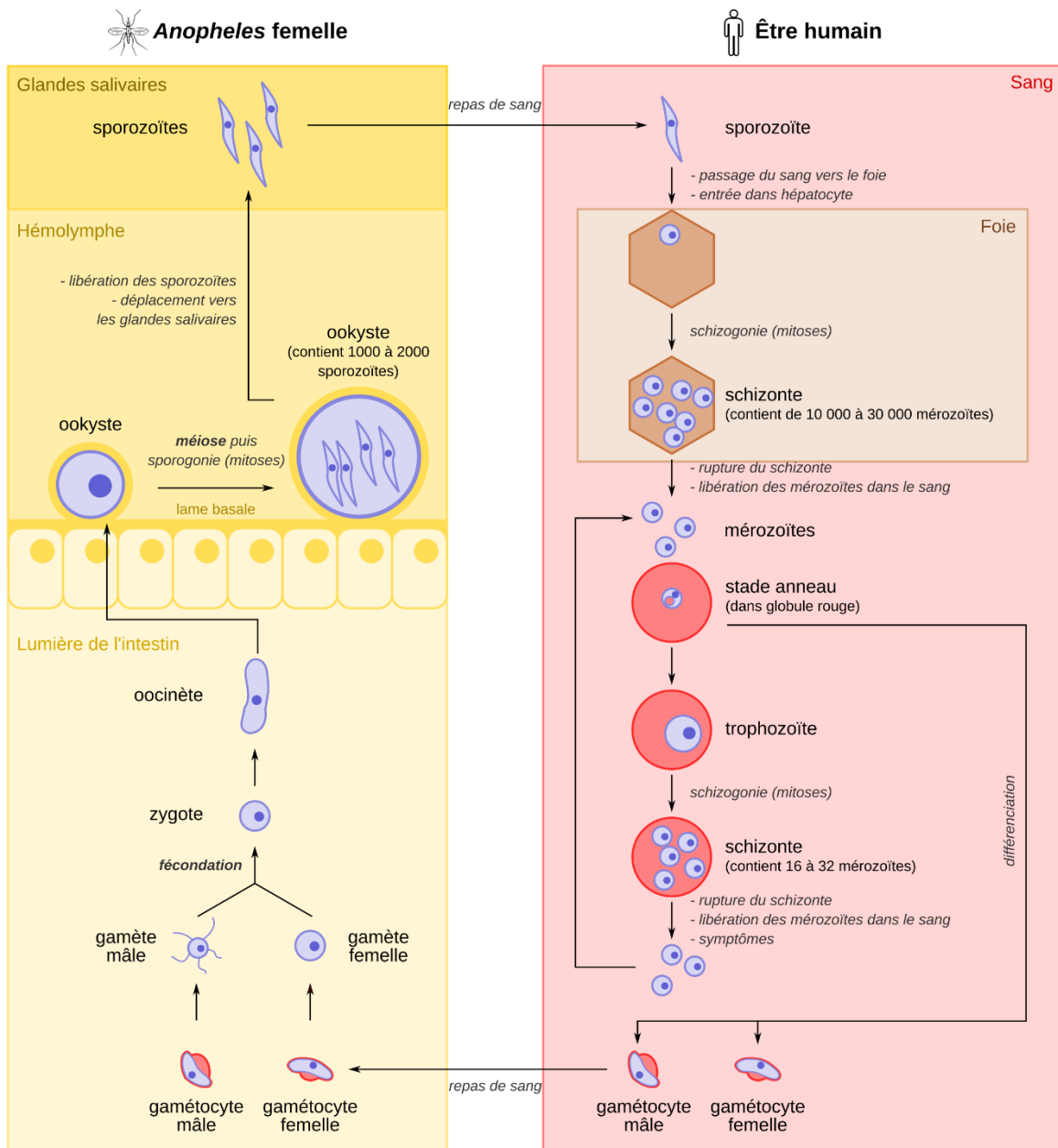


Fig 10 : Cycle de vie de Plasmodium falciparum

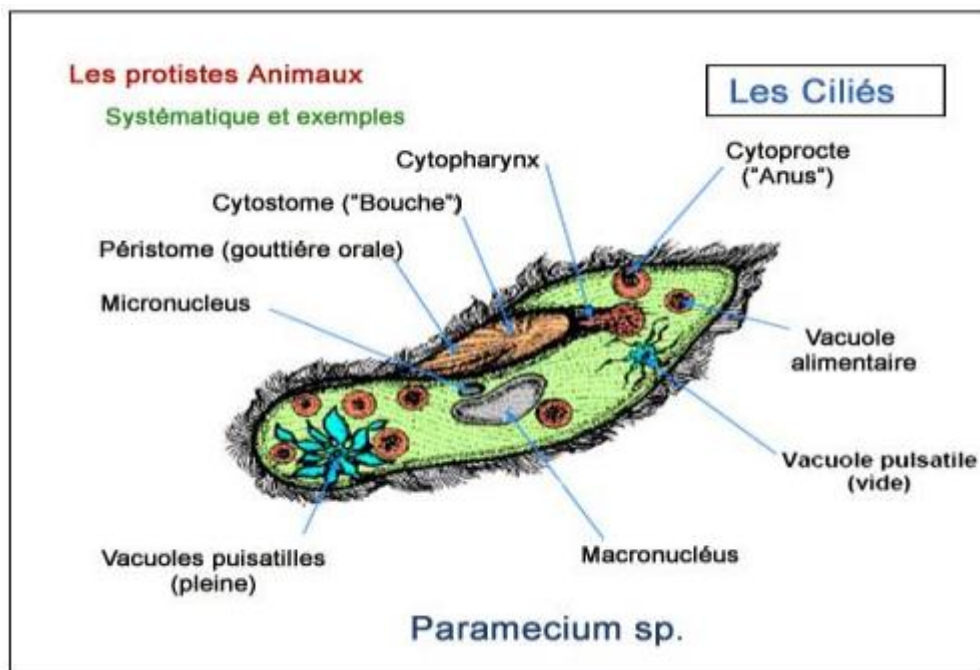
#### 4-Sous Embranchement des Myxozoaires ou Cnidosporidies

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) : Ex **Paramécie**

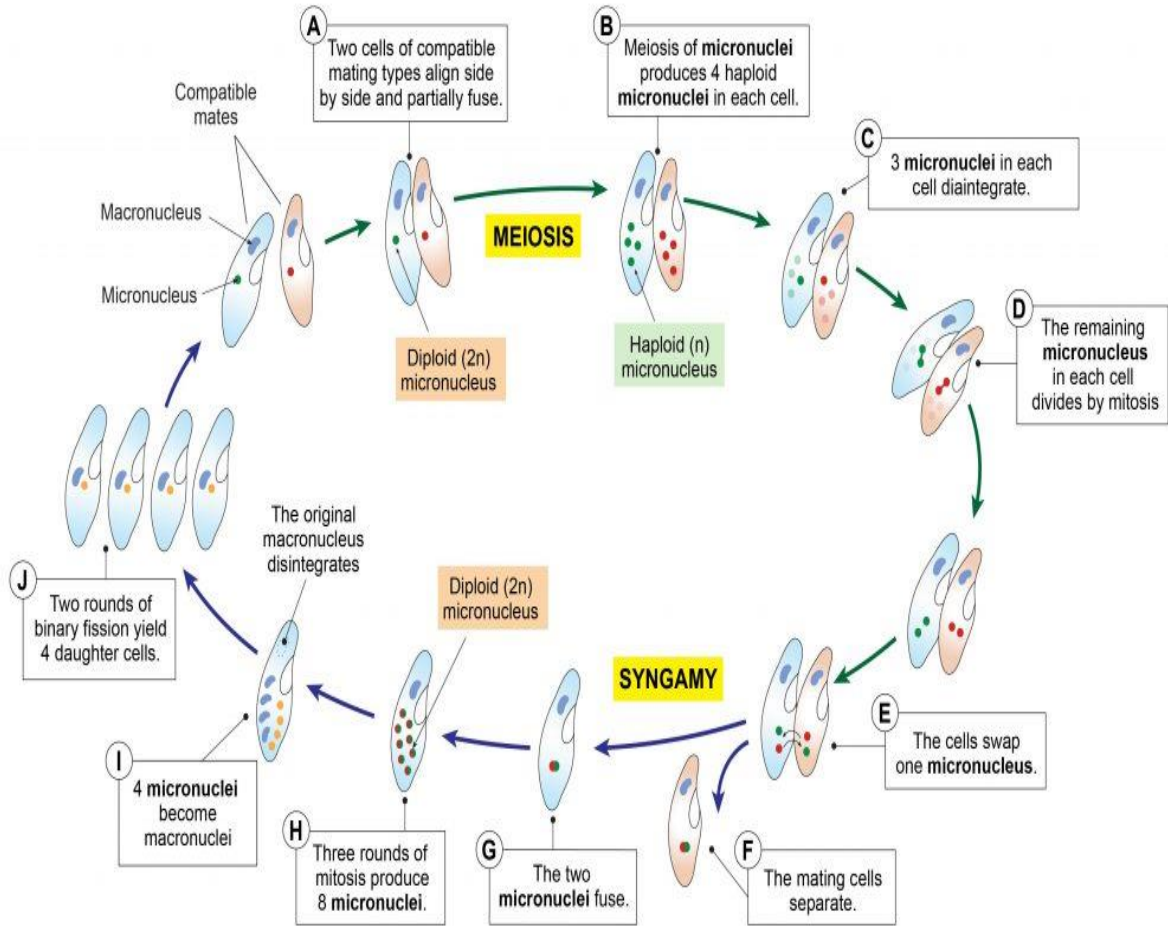
Ils ont des cils vibratiles au cours d'un stade au moins de leur cycle de développement. Leur cytoplasme présente une différenciation extrême. L'appareil nucléaire est constitué de deux noyaux (macronucléus et micronucléus). La multiplication asexuée s'effectue par division binaire transversale tandis 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. La symbiose c'est le fait que 2 êtres d'espèces différentes vivent ensemble dans une relation intime. – Si l'un des individus en profite sans affecter l'autre on parle de commensalisme (autre ex : anémone de mer fixée sur la coquille d'un mollusque).

Quand l'association des symbiotes est à bénéfices réciproques c'est le mutualisme Ex: Algues + champignons = Lichens. Si l'un des individus en profite en affectant l'autre il s'agit du parasitisme (l'un des symbiotes est parasite et l'autre est l'hôte)



**Fig 11:** Structure d'un Paramecium SP

### Conjugation of Paramecium



**Fig 12 :** Conjugaison de *Paramecium caudatum*

**Partie 2 : Sous règne des Métazoaires, Invertébrés.**

A – Généralités

B- Métazoaires Diploblastiques

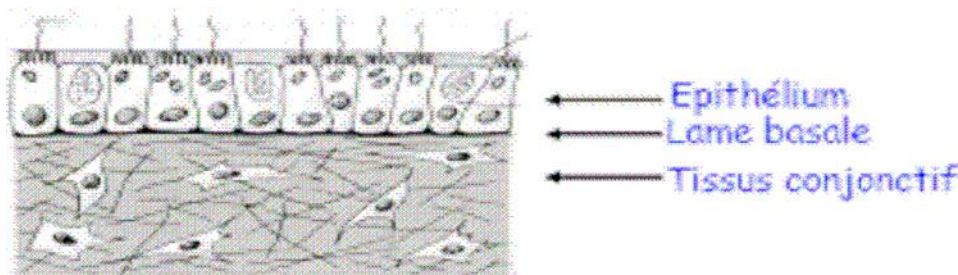
C- Métazoaires Triploblastiques

**A – Généralités****1-Introduction**

Les Métazoaires sont caractérisés par la production de gamètes via la Méiose. Ils présentent une organisation cellulaire avec cellules différenciées qui peuvent se regrouper en tissu.

On distingue.

- ✓ Un épithélium en contact avec l'extérieur délimite l'espace interne qui le sépare du milieu extérieur même si le milieu extérieur est internalisé. Les cellules de l'épithélium sont ciliées et sécrètent une cuticule ;
- ✓ La matrice extracellulaire ancrée sur la lame basale. Dans cette matrice il y a des intégrines qui assurent la cohérence entre les cellules et la lame basale et des cadhérines qui assurent la cohérence cellule/cellule ;
- ✓ Le tissu conjonctif avec des cellules libres non jointives et figées par des polymères de protéines p.e. le collagène.



**Fig 13** : Structure générales des Métazoaires

❖ **La transition diblastique – triblastique**

✓ **Apparition du mésoderme**

- Mésoderme = 3<sup>e</sup> feuillet embryonnaire entre ecto et endo chez euméta sauf cnidaires
- Apparition en fin de gastrulation.
  - Mise en place de la bilatéralité - les bilatériens.

✓ **Synapomorphie des bilatériens**

- Présence du mésoderme
- Symétrie bilatérale
- Le tube digestif possède 2 orifices : bouche et anus
- Le SN est central
- Présence d'un appareil excréteur

- Complexe gènes HOX contrôle régionalisation corps le long de l'axe antéro-postérieur.

## 2- Le coelome

- Coelome = cavité creusée par le mésoderme

- 2 apparitions possibles :

- Schizocoelie : massifs mésodermiques pleins se creusent progressivement d'une cavité centrale
- Entérocoelie : mésoderme émerge sous forme de vésicules creuses au sommet de l'archentéron.

## 3- La métamérie

Chez de nombreux eumétazoaires (pas tous), le mésoderme va se fragmenter en unités répétitives au cours du développement. La métamérie (ou segmentation) : division postérieure du corps en unités anatomiques répétitives : métamères (ou segments). Chaque métamère s'organise d'une paire de sacs coelomiques creusés dans le mésoderme. Elle se traduit sur le plan morphologique et anatomique par la répétition de divers organes au sein des métamères.

## 4- Protostomiens et deutérostomiens

Principales synapomorphies basées sur le devenir du blastopore :

Protostomiens : emplacement blastopore = bouche. Mésoderme formé par schizocoelie.

Deutérostomiens : emplacement blastopore = anus formé en 1er. Mésoderme formé par entérocoelie.

- ✓ Pseudo cœlomate :
- ✓ Coelomate :

Au sein des bilatéria, certains taxons ne possèdent pas de cœlome.

Est-ce un état ancestral ou dérivé ?

- Abs cœlome considérée comme primitive □ classification traditionnelle oppose acœlomates / pseudo cœlomates aux coelomates.

- Si abs coelome dans quelques taxons = disparition, cœlome = synapomorphie des bilatéria.

L'état présent ou abs du cœlome ne peut plus être retenu comme critère de systématique phylogénétique au sein des bilatéria. C'est la classification (controversée) basée sur cette 2<sup>e</sup> hypothèse qui est retenue. Les grades acœlomates et pseudo cœlomates disparaissent.

### Synapomorphie des protostomiens

- Bouche formée en 1er à l'emplacement du blastopore
- Coelome formé par schizocoelie
- Système nerveux ventral

### Lothotrozoaire

- Nombreux taxons très divers
- Liens de parenté sont encore largement irrésolus.
- Larves de types trochophore

- Spiraliens : la segmentation est en spirale. Plan de division cellules oblique par rapport à l'axe PA-PV. Divisions inégales : macromère et micromère.
- Segmentation déterminée : devenir de chaque blastomère fixé précocement.
- Dans ≠ taxons, destinée des cellules est généralement identique. Ecdysozoaires
- Ens plus cohérent.
- Liens de parenté entre taxons sont mieux résolus.
- Présence cuticule → croissance par mues

## B- Métazoaires Diploblastiques

### ❖ I - Embranchement des Spongiaires

#### 1-Caractères généraux

Les Spongiaires sont des organismes pluricellulaires diploblastiques dont le plan d'organisation est extrêmement primitif, les diverses catégories cellulaires ne présentent ni agencement fixe, ni cohésion définitive et en tout point de corps, la structure microscopique est identique, on parle alors d'état atissulaire. Ces organismes sont dépourvus d'organes et d'appareils définis (circulatoire, respiratoire, excréteur, génital).

Le feuillet interne est formé de cellules à collerette ou choanocytes morphologiquement comparable à certains Protozoaires, les choanoflagellés. Cette ressemblance justifie l'attitude de certains auteurs qui avaient voulu placer les Spongiaires dans un sous-règne intermédiaire entre les Protozoaires et les Métazoaires, les parazoaires.

Les Spongiaires sont presque tous marins, il existe cependant des espèces d'eau douce. Ils vivent fixés sur un support, ces animaux inférieurs ne présentent pas de symétrie bien déterminée et sont de forme variable (tube creux, sphère, etc.).

En fonction de leur forme on distingue trois types d'éponges (Figure 14) :

- Les éponges dressées (ou tubulaires).
- Les éponges massives (ou ramifiée).
- Les éponges encroûtantes (contre leur support de nature variable : roches, polypiers, coquilles, carapaces de crustacées décapodes).

Leurs dimensions s'échelonnent de quelques millimètres à 1 mètre mais toutes possèdent un système d'eau identique qui fonctionne grâce à des canaux qui établissent une relation permanente entre le milieu extérieur et la cavité gastrale.

Bien qu'organisées simplement, les éponges ont un squelette (spicules) qui est constitué par un réseau très dense de calcaire ou silice ou encore de matière organique.



Encroûtante

Dressée

Lobé

En boule

Tubulaire

En coupe

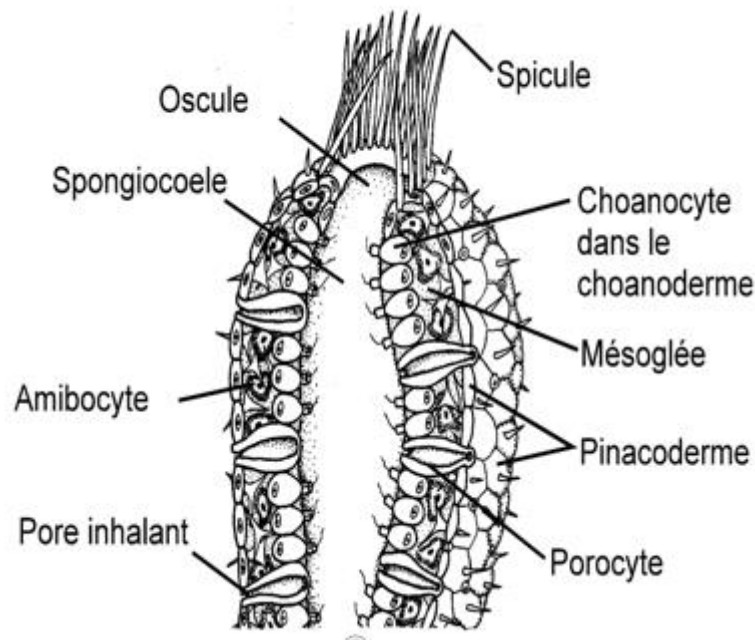
**Fig 14** : Différentes formes de Spongiaires

## 2-Structure des Spongiaires

Afin de mieux comprendre la structure d'une éponge, nous avons porté notre choix sur le type *Olynthus*, il s'agit d'un stade juvénile d'éponges calcaires dont l'organisation est simple.

Organisme creux de petite taille (1cm environ) en forme d'urne, fixé par sa base et présentant au pôle opposé un large orifice ou oscule. Ce dernier donne accès à une large cavité gastrique ou spongocoele. La paroi du corps présente de très nombreux petits pores, disposés irrégulièrement. L'eau de mer entre constamment par ces pores dits inhalant et sort par l'oscule (Figure15).

La vie de l'éponge dépend de ce mouvement qui permet un apport d'oxygène et d'aliments sous forme de particules alimentaires



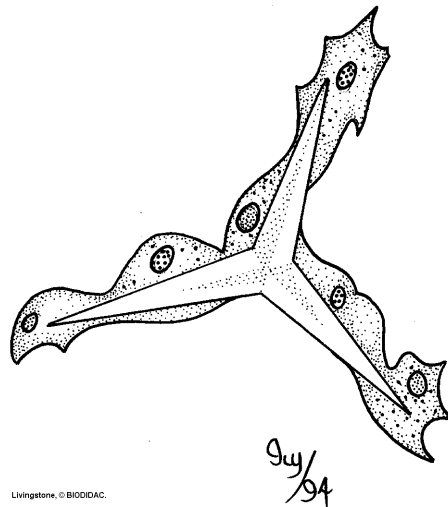
**Fig 15** : Structure d'une éponge de type Ascon

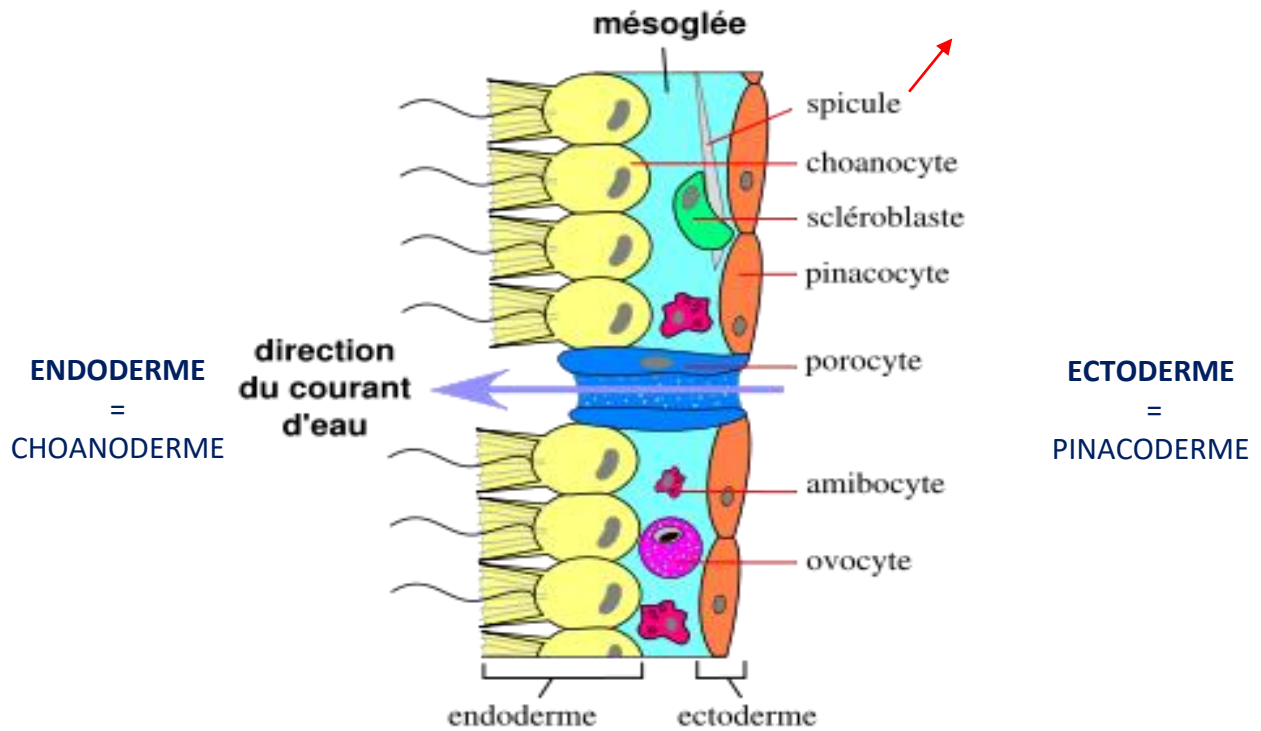
La paroi du corps, assez épaisse, interrompue par les pores, présente (**Figure 15**):

- **Ectoblaste**: feuillet externe (couche dermale) constitué par des **pinacocytes** : cellules aplaties jointives recouvertes d'une fine cuticule entre lesquelles s'ouvrent les pores inhalants.
- **Endoblaste**: feuillet interne (couche gastrale) formé de cellules flagellées à collerettes (**choanocytes**). Les choanocytes ont un rôle clé dans le maintien d'une irrigation forte de toute l'éponge, courant d'eau qui amène les particules nutritives (microplancton).

C'est la disposition des choanocytes qui est responsable de la forme des éponges. Ces cellules tapissent soit une grande cavité unique, soit de petites chambres reliées par des canaux.

- **Mésoglée:** couche moyenne formée par un liquide à consistance plus ou moins gélatineuse et contenant plusieurs catégories de cellules:
- **Porocytes:** cellules-drain tubulaires qui traversent la mésoglée et unissent les feuillets externe et interne.
  - **Collencytes:** cellules plus ou moins étoilées et ramifiées qui s'unissent les unes aux autres et secrètent le gel de la mésoglée.
  - **Amoebocytes:** cellules mobiles capables de se déplacer par des mouvements de déformation du cytoplasme (comme les amibes). Elles évoluent en divers types cellulaires spécialisés comme les **gonocytes**, les **phagocytes** et les **myocytes**, cellules contractiles groupées autour de l'oscule.
  - **Scléroblastes:** cellules qui sécrètent les spicules formant le squelette de l'éponge.
  - **Cellules nerveuses:** cellules fixes, fusiformes ou pyramidales formant un système nerveux rudimentaire établissant des relations entre les pinacocytes et les choanocytes.



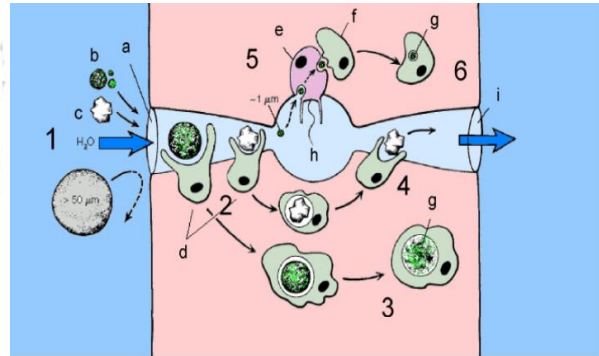
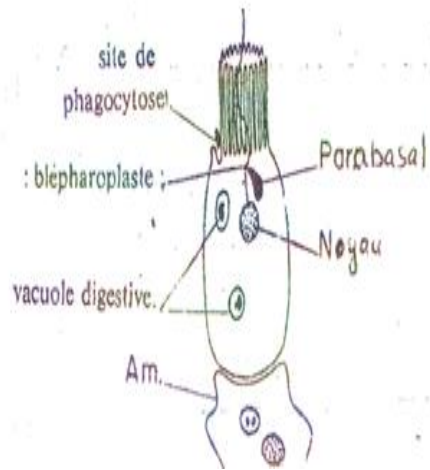


**Fig 16:** Structure de la paroi des Spongiaires.

### 3-Nutrition

Les éponges sont des filtreurs actifs, fixes et immobiles, les choanocytes (cellules de l'endoderme) (Figure 17) sont pourvus d'un flagelle dont les mouvements assurent la circulation de l'eau et apporte l'oxygène et les particules alimentaires (bactéries, algues unicellulaires).

Les particules alimentaires entraînées par l'eau, sont capturées par des pseudopodes ou lobopodes (région du cytoplasme à la base de la collerette des choanocytes). Les proies sont enclavées dans des vacuoles digestives qui seront transmises aux amœbocytes sous-jacents qui vont en assurer la distribution. La digestion est intracellulaire elle commence dans les choanocytes et se poursuit dans les amœbocytes.



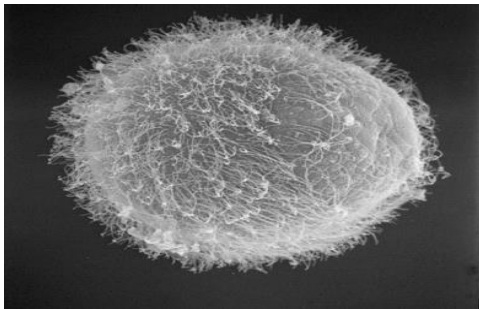
Processus de nutrition par filtration de l'eau d'une éponge syconioïde ou leuconioïde (a: pore inhalant; b: particule organique; c: particule inorganique; d et f: amibocyte (phagocyte); e: choanocyte; g: vacuole digestive; h: corbeille vibratile; i: pore exhalant)

Fig 17 : Schéma d'un choanocyte isolé

Fig 18 : illustration de la nutrition par phagocytose

#### 4- Reproduction

La grande majorité des éponges sont hermaphrodites (éponges siliceuses), les éponges calcaires quant à elles sont gonochoriques (sexes séparés). Les ovules et les spermatozoïdes fusionnent pour produire une larve nageuse qui va s'installer sur un nouveau support. La reproduction se fait également de manière asexuée par de petits bourgeonnements appelés Gemmules. Chaque gemmule peut donner naissance à une nouvelle éponge.



Larve nageuse qui va se fixer



Reproduction asexuée

#### 5- Classification

Les éponges constituent l'embranchement des Sporifères ou Spongiaires.

La classification est basée essentiellement sur la composition et la structure des éléments de soutien; On distingue ainsi :

**5-1 Les éponges calcaires ou calcisponges:**

Groupe important de petites formes dont le squelette plus léger est constitué de spicule de calcite. Eponges uniquement marines, vivant entre 0 et 100 mètres de profondeurs elles sont divisées en 2 sous classes et leur classification, est fondée sur la répartition des choanocytes.

- **Les Homocoèles :** Les choanocytes tapissent entièrement la cavité gastrale, forme simple de type Ascon (Figures 20).
- **Les Hétérocoèles :** Les choanocytes se localisent dans des diverticules de cette cavité, forme complexe de type Sycon et Leucon (Figure 20).

**a- les éponges calcaires homocoèles :** Ce sont des éponges de type Ascon (en forme d'urne) la cavité gastrale est l'unique corbeille vibratile.

Exemple : *Leucosolenia et clathrina*.



Clathrine jaune

Clathrine pédonculée

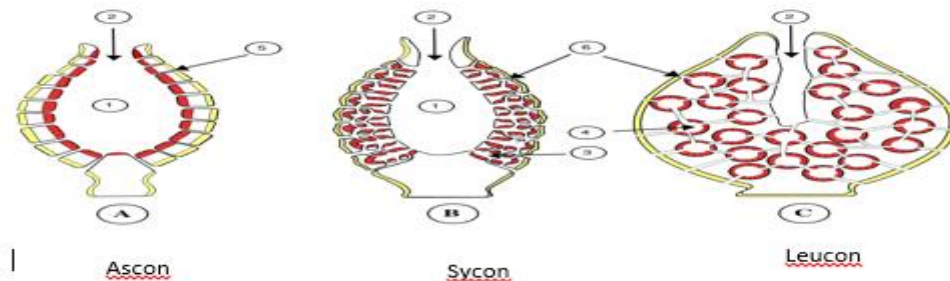
Petit sycon

**Fig 19 :** Eponges calcaires

**b- Les éponges calcaires hétérocoèles:** Présentent des formes plus complexes de type Sycon et Leucon (Figure 20).

Au stade **Sycon**, les choanocytes sont localisés au niveau de diverticules tubulaires : les *chambres vibratiles* qui débouchent par des orifices ou *apopyles* dans une cavité axiale tapissée de pinacocytes, l'**atrium** (exp. *Sycon raphanus*).

Au stade **Leucon**, chaque diverticule est divisé en diverticules de 2<sup>ème</sup> ordre : les *corbeilles vibratiles* où se localisent les choanocytes. Ces corbeilles débouchent dans des canaux exhalants tapissées de pinacocytes en relation avec l'atrium.



**Fig 20 :** Eponges calcaires, divers types d'organisation.

Les choanocytes sont figurés en rouge ; 1- spongocoele ou atrium ; 2- oscule ; 3- tube vibratile ou tube radiaire ; 4-corbeille vibratile ; 5-pore inhalant ou ostiole ; 6-canal inhalant

## 5-2-Les Désmosponges ou cornéo-silicieuses

Comprennent les quelques formes d'eau douce. Leur squelette est fait de spongine (matériau, protéique flexible, et ne contient pas de spicules durs), mais certaines espèces possèdent également des spicules de silice.

La forme la plus simple est représentée par le stade Rhagon sorte de Sycon en forme surbaissée.

## 5-3-Les Hexactinellides :(aussi appelée éponges de verre):

Leur squelette est uniquement siliceux formé de spicules arrangés en magnifiques dessins à six branches de type triaxones, 3 axes et 6 pointes.

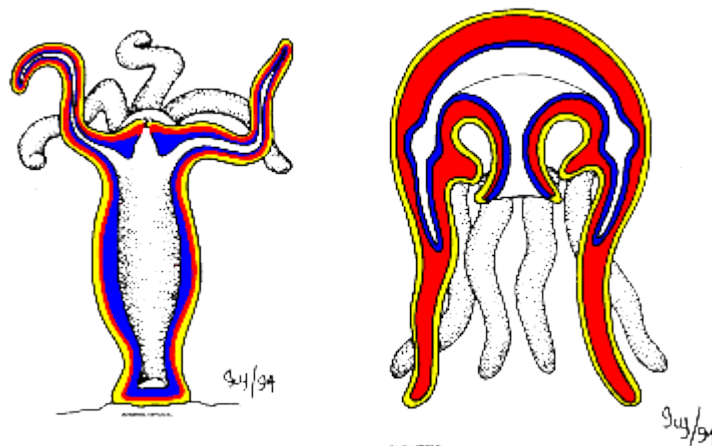
## ❖ II- Embranchement des Cnidaires

### 1- Caractères généraux

Les 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 baser 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.



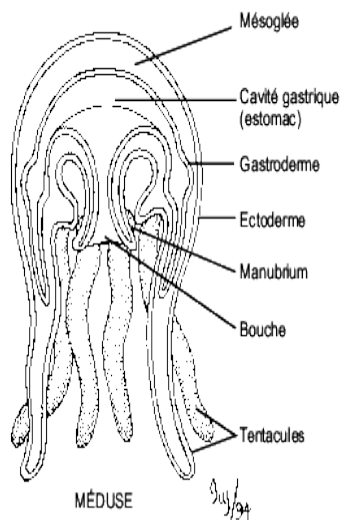
**Fig 21:** Diagramme d'un polype (à gauche) et d'une méduse (à droite). L'ectoderme (à l'extérieur), l'endoderme (à l'intérieur), et la mésoglyée (entre les deux) sont colorés.

## 2-Architecture et classification

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

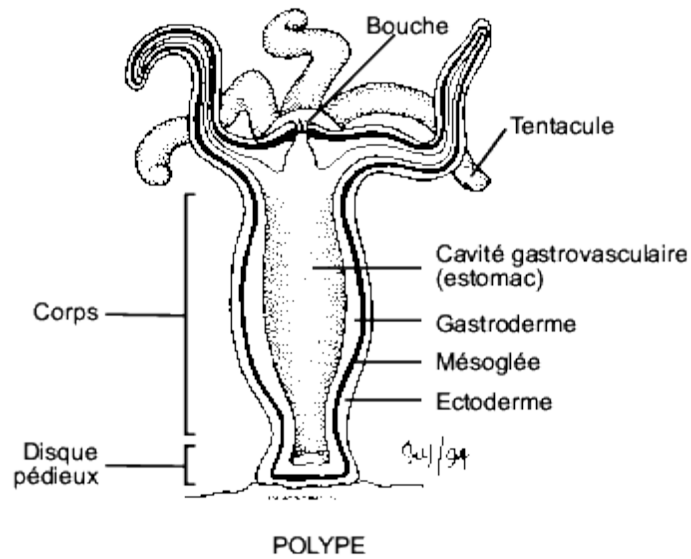
La bouche des Cnidaires est généralement entourée de tentacules. Cette bouche mène à la cavité gastro-vasculaire. La plupart des Cnidaires ont deux stades: un stade méduse généralement planctonique, et un stade polype généralement benthique et sessile.

- 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.



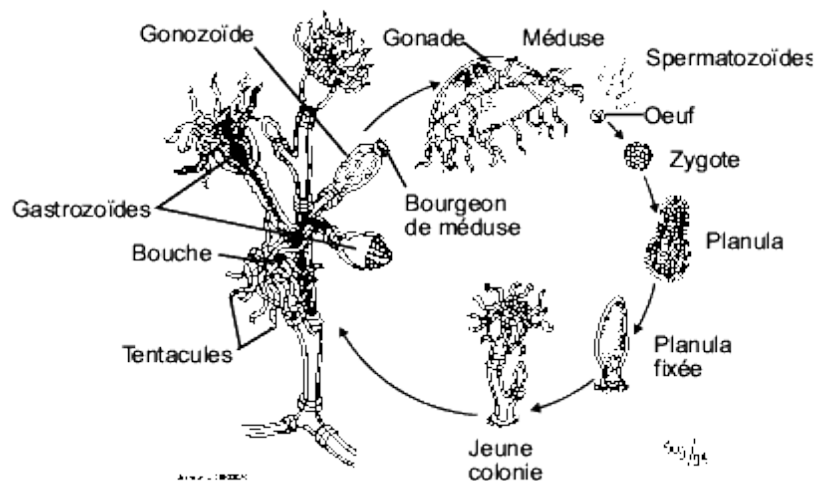
**Fig 21** : Schéma d'une méduse.

- 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.



**Fig 22** : Schéma d'un polype.

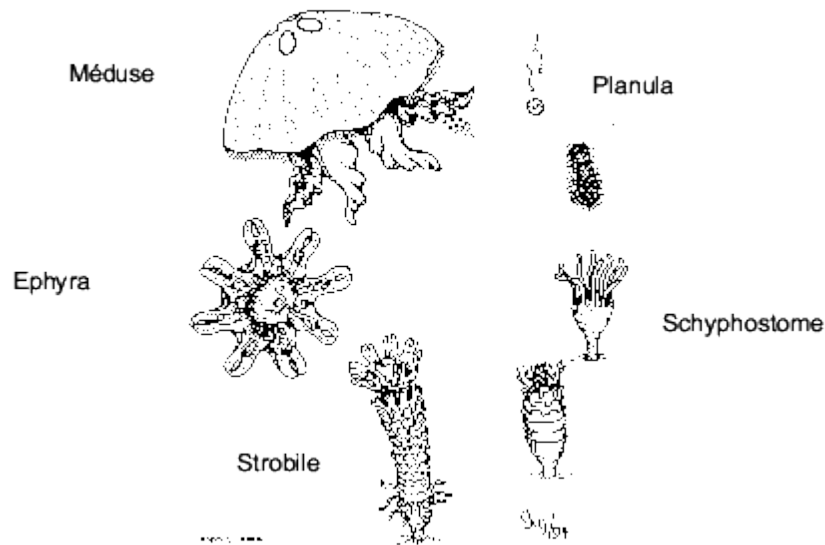
-Les trois classes principales de Cnidaires se distinguent, entre autres, de par l'importance relative des deux formes de vie dans le cycle biologique.



**Fig 23** : Cycle biologique d'*Obelia* (Hydrozoaire). Planule, colonie de polype (zoécie) contenant des polypes nourriciers (appelés aussi gastrozoïdes ou autozoécies) et des polypes reproducteurs (appelés aussi gonozoïdes ou gonozoécies), et méduse.

- Chez les Hydrozoaires, les deux formes corporelles sont généralement présentes et sont à peu près d'égale importance (sauf chez l'hydre d'eau douce).

## Schizophzoaire



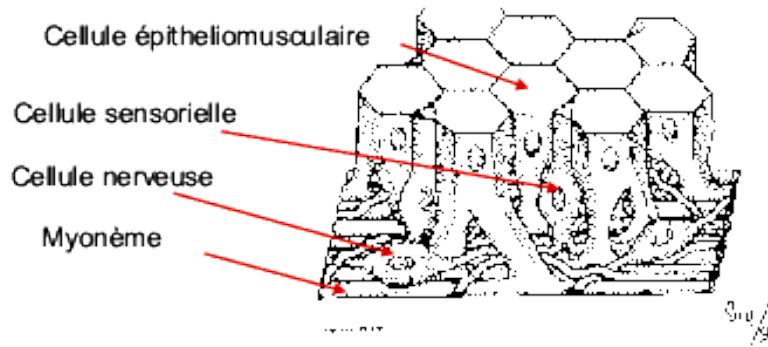
**Fig 24** : Cycle biologique d'*Aurelia*. Larve planule, schyphistome, strobile, ephyra et méduse.

- Chez les Scyphozoaires le stade méduse domine et il y a de très petits polypes qui passent souvent inaperçus, alors que chez les Anthozoaires (du grec anthos= fleur), c'est le stade polype qui domine et il n'y a généralement pas de stade méduse. Les coraux et les anémones de mer sont des Anthozoaires. La quatrième classe de Cnidaires (celle des Cubozoaires), est considérée par certains zoologistes comme un ordre de Scyphozoaires. Elle est caractérisée par des méduses ayant une ombrelle cubique et des tentacules groupés aux quatre coins inférieurs de l'ombrelle.

### 3- Locomotion et support

Les méduses Cnidaires coloniales, 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 s 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 certa 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



**Fig 25 :** Détail de l'épiderme d'un Cnidaire. Les cellules épithéliomusculaires forment un muscle longitudinal.

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 musculeuses 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 sept. 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.

#### **4-Respiration et circulation**

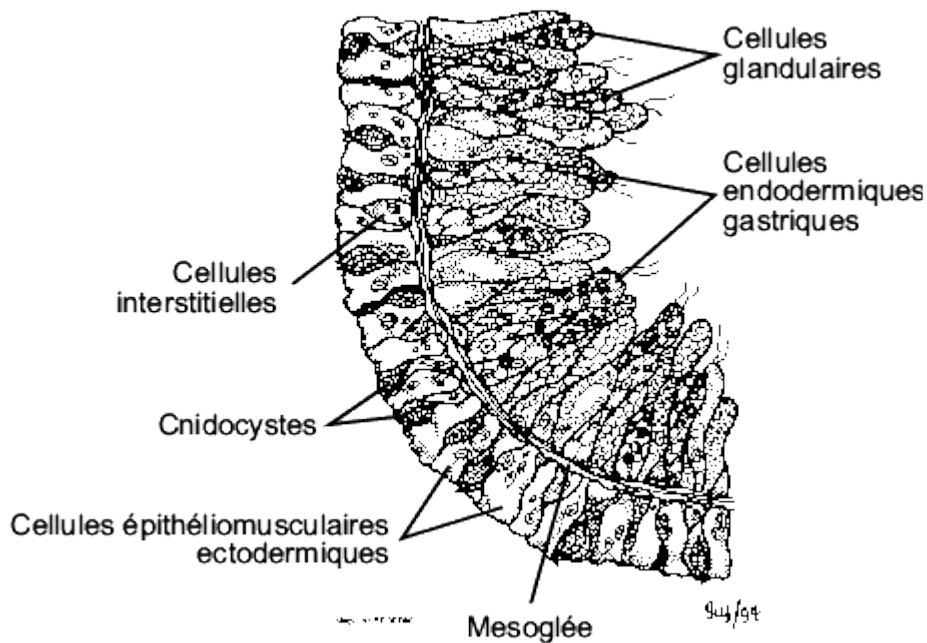
Les Cnidaires dépendent principalement de la diffusion pour obtenir l'oxygène dont ils ont besoin. Leur corps étant très souvent formé de deux couches de cellules, l'une à l'extérieur,

l'autre tapissant la cavité gastro-vasculaire, ils n'ont pas vraiment besoin de système circulatoire. Les cellules amiboïdes de la mésoglée s'occupent du transport des éléments nutritifs des cellules du gastroderme vers celles de l'épiderme.

### 5-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.



**Fig 26** : Coupe transversale de la paroi corporelle d'une hydre.

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 gastroderme.

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.

## 6-Excrétion et osmorégulation

Les Cnidaires marins sont istoniques 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.

## 7-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.

## 8-Reproduction

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

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

## 9-Défenses

Les cnidoblastes des Cnidaires sont un excellent moyen de défense. Les toxines relâchées par les cnidoblastes peuvent provoquer des brûlures douloureuses. Les amateurs de plongée sous-marine qui connaissent les désagréments causés par ces brûlures se munissent d'enzymes protéolytiques (comme les attendrisseurs de viande) comme antidote aux toxines. L'endosquelette calcaire des coraux leur assure une protection contre les poissons trop voraces.

## 10-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.

## ❖ III- Embranchement des Cténaire

### 1-Introduction

Les cténophores sont des organismes marins prédateurs de petite taille qui ont une **vague** ressemblance avec les méduses. Ils constituent une grande part de la biomasse planctonique des océans de la planète. Leur nom provient de la structure en peigne des cils locomoteurs disposés en rangées quasi-symétriques. Au contraire des méduses, les cténaire ne possèdent pas de cnidocytes qui sont des cellules urticantes, mais des colloblastes qui elles, sont des cellules collantes. Les cténaire les plus connues sont la groseille de mer et la ceinture de Vénus. Toutes les espèces sont hermaphrodites.

### 2-Mode de vie des cténaire

Bien que les cténophores se laissent dériver à la surface des océans par les courants marins, ils sont capables de nager. Ils se propulsent grâce à l'action de leurs cils peignés locomoteurs disposés le long des flancs. Leur corps est translucide et ressemble à une gélatine iridescente. Certains produisent de la lumière par bioluminescence, d'autres la réfléchissent et la diffusent

sous forme d'éclairs colorés lors de leurs déplacements. On les trouve dans tous les océans du globe jusqu'à 4.000 mètres de profondeur, et ils fréquentent aussi bien les eaux océaniques que les eaux saumâtres des estuaires. Ils sont particulièrement abondant sous les tropiques et au niveau des deux pôles



**Fig 27** : Ctenophore

### **3-Morphologie des cténaïres**

Leur morphologie générale peut présenter divers aspects : ovoïde, rubané, en forme de poire ou de cloche. Les cténaïres possèdent le plus souvent une huitaine de rangées de cils vibratiles situés à la base du corps qui servent de moyen de propulsion. La majorité des espèces arbore deux longs tentacules qui sont retractés dans une poche lors de la nage. Ils servent uniquement à la chasse. Les cténaïres possèdent une fantastique capacité de régénération, car même très endommagé, l'organisme est en mesure de se reconstituer entièrement, et certains organes, tels que les statocystes, peuvent se régénérer alors même qu'ils sont totalement détruits.

Les cténaïres possèdent une morphologie biradiaire mais présentent quelques structures asymétriques qui peuvent se retrouver dans les pores, anaux, les rangées de peignes natatoires et les statocystes qui sont les organes de l'équilibre. Ces derniers se présentent sous forme de cellules calcifiées reposant en équilibre sur des flagelles, et qui exercent une pression suivant la position de l'organisme. Cette impulsion permet au cténaïre d'évaluer sa position dans l'espace. La stimulation sensorielle transmise à l'ectoderme, permet au cténaïre de rétablir son équilibre horizontal en activant ces cils locomoteurs.

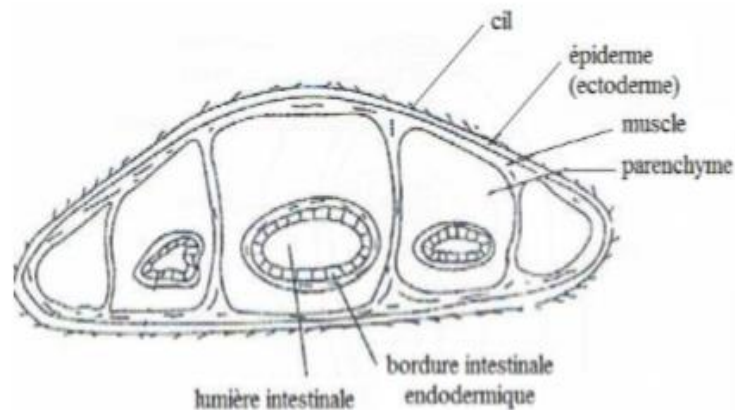
Bien qu'ils soient de redoutables prédateurs, les cténaïres sont certainement les créatures les plus gracieuses des océans. Leurs formes étranges, leur extrême fragilité et la diversité de leurs coloris provoqués par les flashes irisés ponctuant leurs mouvements élégants, pourraient leur conférer le statut d'extraterrestres marins.

## C - Métazoaires Triploblastique

### ❖ I -Embranchement des plathelminthes

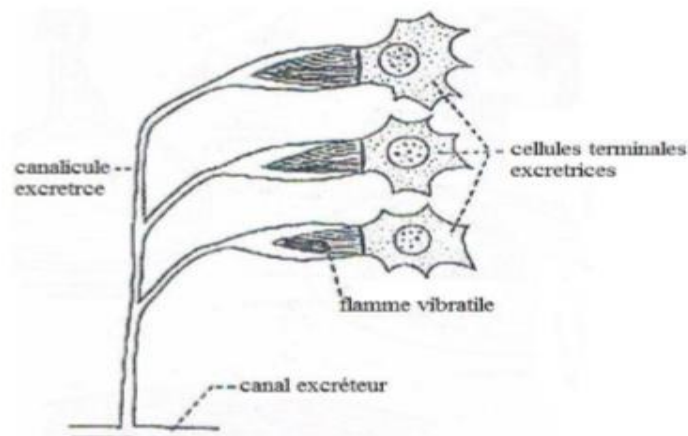
#### 1- Introduction

Les Plathelminthes ce sont des triploblastiques acéломates les plus primitifs, marins, dulcicoles ou terrestres - Ils peuvent être libres ou parasites, ils présentent un aplatissement dorso-ventral leur cavité générale est de type gastrocoele comblée par le parenchyme (figure 28)



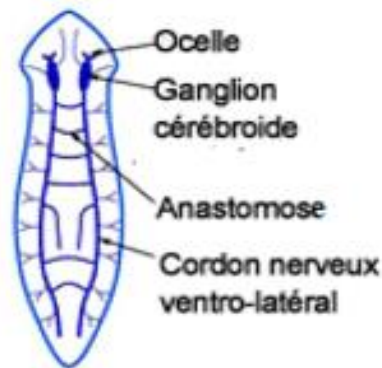
**Fig 28** : Coupe transversale d'un turbellarié

Ces dernières sont dépourvues d'appareil circulatoire et d'appareil respiratoire (les échanges gazeux s'effectuent à travers le tégument de l'animal), l'appareil digestif est incomplet et l'appareil excréteur est du type protonéphridien (figure 28)



**Fig 29** : Cellule excrétrice des plathelminthes

- La locomotion chez les plathelminthes libres est assurée par des cils et des muscles - Le système nerveux est rudimentaire (figure 30).



**Fig 30** : Système nerveux d'un turbellarié

## 2- Reproduction

La majorité des Plathelminthes sont hermaphrodites. Les œufs se retrouvent dans des cocons où l'on trouve de nombreuses cellules vitellines.

## 3- Systématique

Les Plathelminthes sont répartis en quatre classes

### A- Classe des Turbellaria

- Les turbellariés sont des petits vers, vivent essentiellement dans l'eau douce avec quelques formes marines et terrestres (dans les lieux humides).

- Ils sont libres avec un corps foliacé et non segmentés. Ils présentent une région antérieure avec deux yeux (ou plus) et parfois des tentacules.

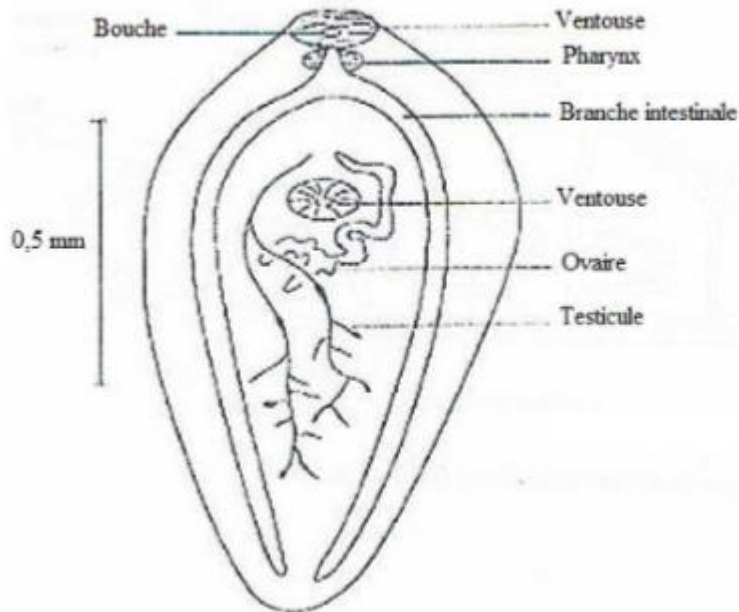
- Le tégument est formé d'épithélium cilié, épidermique. Le battement des cils sur l'épithélium permet la locomotion. Sous cet épithélium, on trouve une membrane basale puis différentes couches musculaires (circulaire, oblique, longitudinale)

- Ils sont hermaphrodites. Le développement est simple. - Selon la forme et la structure de l'appareil digestif. On distingue quatre ordres :

- Ordre des Acèles (ou Accèles) : l'appareil digestif est réduit. On y trouve la bouche ainsi qu'une petite cavité buccale (il n'y a ni pharynx, ni intestin).
- Ordre des Rhabdocèles : ils ont une bouche, un pharynx et un intestin rectiligne simple.
- Ordre des Polyclades : L'intestin est très développé et ramifié. Les ramifications sont rayonnantes par rapport au centre de l'animal.
- Ordre des Triclades : L'intestin est formé de trois branches (une antérieure et deux postérieures). Exemple : Planaire

### B- Classe des Trematoda

- Les trématodes sont des parasites internes de vertébrés. Leurs corps est plus ou moins foliacé et non segmenté.
- L'épithélium est dépourvu de cils (pas de déplacement). Le tégument est recouvert par une cuticule avec des écailles ou des épines.
- Il y a développement d'organes de fixation qui sont souvent une ventouse buccale antérieure et une ventouse ventrale (figure31).



**Fig 31** : Plathelminthe trématodes ( la douve)

- Le développement est indirect. Les Trématodes comprend la sous-classe des Digenea (Digènes) qui ont un hôte vertébré et un hôte intermédiaire (souvent un mollusque) qui héberge les formes larvaires. Exemple : *Fasciola hepatica* (grande douve) parasite le mouton et l'Homme.

### C- Classe des Monogenea

Ils ont un cycle évolutif simple avec un seul hôte vertébré et une larve libre. Exemple : *Diplozoon paradoxum*

### D- Classe des Cestodes

- Les cestodes sont des endoparasites du tube digestif de vertébrés supérieurs.
- Leur corps est aplati, segmenté, plus ou moins rubané et dépourvu de cils.
- Ils n'ont ni tube digestif ni appareil respiratoire.
- Le corps est divisé en trois parties : le scolex qui porte les ventouses et/ou crochets en couronne, la zone de prolifération ou cou où se forment les segments composant le corps de l'animal et une succession de segments appelés proglottis.
- Le tégument est composé d'une cuticule épaisse, dépourvue de cils, permettant une protection face aux enzymes digestives de l'hôte.
- Ils sont hermaphrodites

---

On distingue deux sous-classes :

- Les Cestodaires : ils n'ont pas de scolex.
- Les Eucestodes : ils possèdent un scolex. Ils regroupent deux ordres :
  - a) Ordre des Pseudophyllidiens : Le scolex présente deux dépressions (une dorsale et une ventrale), exemple : Bothriocéphale
  - b) Ordre des Cyclophyllidiens : Le scolex possède quatre ventouses, exemple : Ténia.

**Le cycle de développement du ténia** : Les œufs du ténia évacués hors de l'hôte (Homme) se développent en oncosphères (embryons hexacanthés), puis leur consommation avec les excréments par l'animal (porc ou bœuf).

L'oncosphère se transforme dans son estomac en forme mobile, passe activement dans le système circulatoire et s'installe dans divers organes où il se transforme en cysticerque (figure 32) l'hôte définitif mange la viande crue ou insuffisamment cuite, dans son estomac, le cysticerque se développe en parasite adulte.

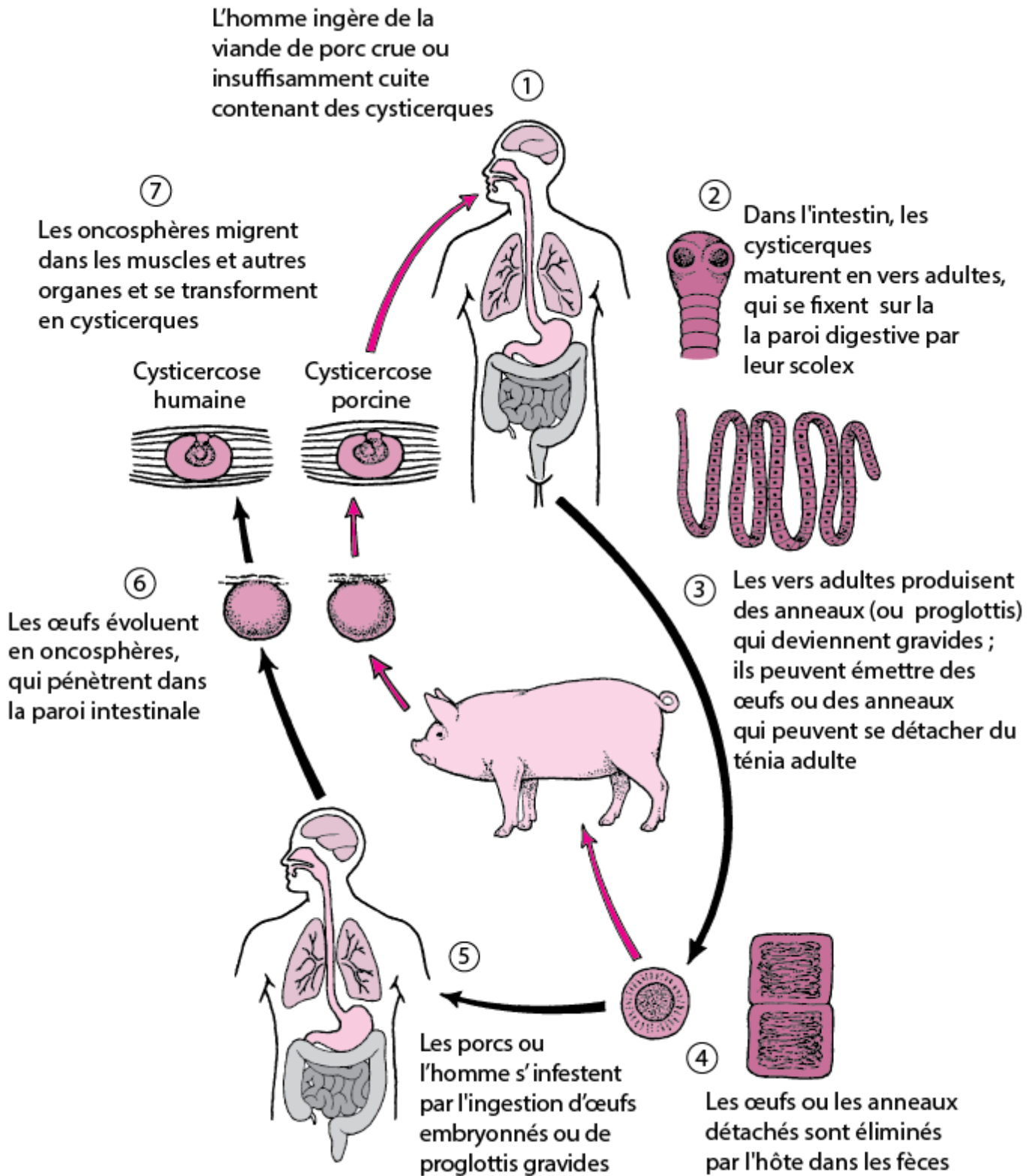


Fig 32 : cycle de développement du ténia

## ❖ II- Embranchement des Némathelminthes

### 1-Introduction

Les némathelminthes sont des Métazoaires triploblastiques, pseudocœlomates. Ils vivent soit libre dans les milieux terrestre ou aquatique, soit parasite.

Appelées aussi Nématodes, on estime qu'il existe environs 500.000 espèces, ce qui les situe en ce qui concerne le nombre d'espèces immédiatement après les insectes.

Ce sont des vers ronds, possédant un corps de section circulaire, effilé à ses deux extrémités et non métamérisés. Ils se caractérisent surtout par le fait qu'ils sont enveloppés par une épaisse cuticule résistante, imperméable et inextensible ; ce qui impose à l'animal une croissance discontinue par mue = exuviation.

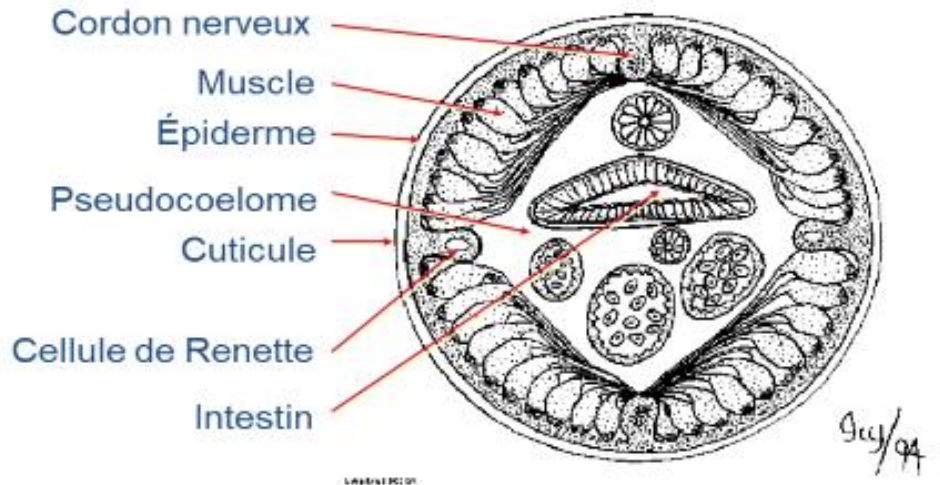
Le corps est délimité par l'ectoderme qui est formé d'une seule couche cellulaire qui forme vers l'intérieure 4 cordons longitudinaux :

- 2 cordons ectodermiques (1 dorsal et 1 ventral) qui contiennent les cordons nerveux.
- 2 cordons latéraux qui contiennent les canaux excréteurs.

Sous l'ectoderme se trouve le mésoderme composé de cellules vont se différencier en cellules myoépithéliales composant 4 champs musculaires.

A l'intérieur se trouve la cavité générale pseudocœlome qui contient un liquide périviscérale dans lequel baignent les organes.

L'endoderme, formé d'une seule couche de cellules, délimite l'intestin.



**Fig 33** : Schéma d'un corps d'un némathelminthe.

## 2- Tégument

L'ectoderme est formé d'une seule couche cellulaire formant vers l'intérieur 4 cordons épidermiques : un dorsal, un ventral, deux latéraux, qui contiennent les nerfs et les canaux excréteurs.

L'ectoderme est protégé par la cuticule, contenant la « chitine » et plusieurs couches cellulaires. Cette cuticule est imperméable sauf aux gaz respiratoires, elle est inextensible, résistante et va donc imposer une croissance discontinue par mue= exuviation.

La cuticule résiste en particulier aux enzymes protéolytiques de la digestion.

## 3- Appareil respiratoire

Les nématodes ne possèdent pas d'organe spécialisé dans cette fonction. La respiration se fait par échange gazeux à travers la peau.

## 4- Tube digestif

Il est pratiquement rectiligne, complet et ouvert à ses deux extrémités comporte : une bouche (cavité buccale) souvent encadrée de lèvres. Ces lèvres sont absentes chez d'autres espèces et remplacées par des crochets et des armatures compliquées.

La bouche s'ouvre sur une capsule buccale appelée **Stomodium**, suivi par un œsophage.

Ensuite, on trouve l'**Intestin** qui est un simple tube bordé d'une rangée de cellules cylindriques (cellules épithéliales). L'intestin aboutit au **Rectum=Proctodeum** où vont être accumulés les déchets avant d'être expulsés à l'extérieur par l'anus.

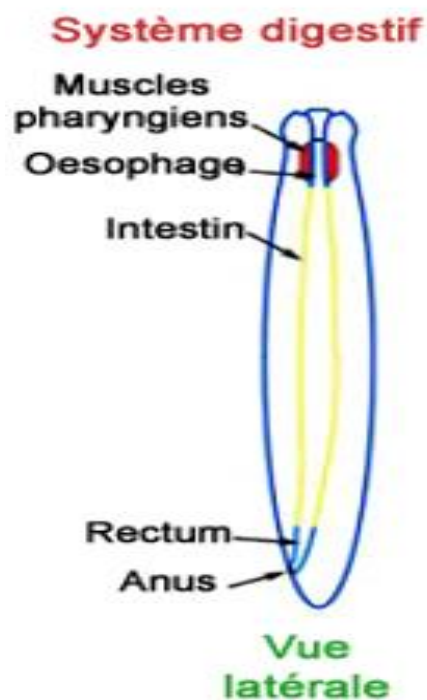
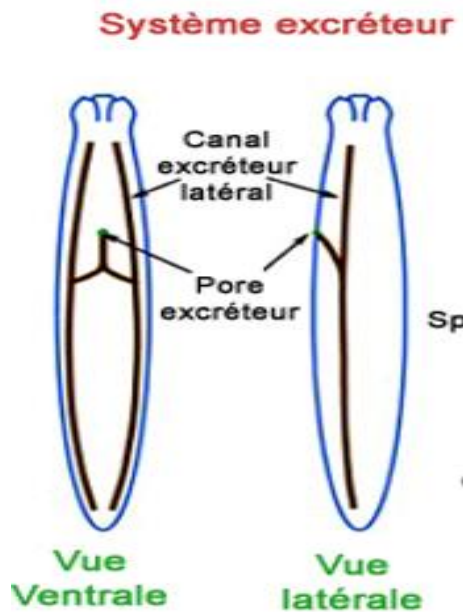


Fig 34 : Schéma d'un système digestif

## 5-Appareil excréteur

Il est de type :

- **Type glandulaire :** constitué de 2 grandes cellules appelées Rénette (petits rein) située ventralement et qui s'ouvre à l'extérieur par un pore médio-ventrale en région œsophagienne.
- **Type tubulaire :** constitué de canaux logés dans les cordons épidermiques latéraux qui se réunissent antérieurement et ventralement et débouchent à l'extérieur par un seul pore excréteur situé à la partie antérieure juste derrière la bouche.



**Fig 35 :** Schéma d'un appareil excréteur.

## 6-Système nerveux

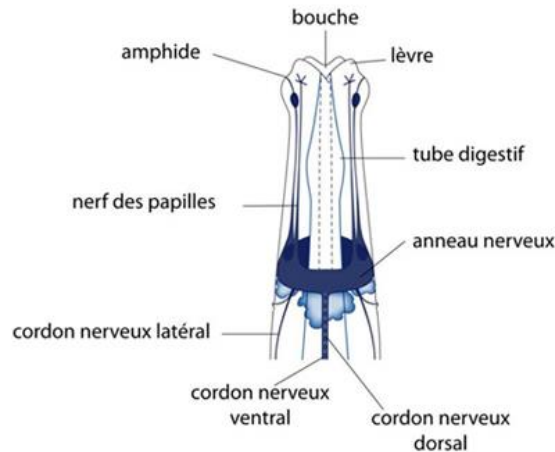
Constitué d'un collier périœsophagien associé à des ganglions pairs latéraux, qui correspondent aux ganglions cérébroïdes, et d'autre part à un ou plusieurs ganglions ventraux. De ce collier partent 6 nerfs en direction des lèvres et des organes sensoriels et 8 filets nerveux (nerfs) qui se dirigent vers l'arrière.

**Organes sensoriels :** « papilles sensorielles » on sait peu de chose sur les organes sensoriels des Nématelminthes, puisqu'ils sont peu développés.

- 1- Papilles péribuccales,
- 2- Organes chimiorécepteurs : -Amphides 2.  
-Phasmides 2.

Les amphides sont des papilles antérieures situées près de la bouche.

Les phasmides sont postérieures, près de l'extrémité postérieure.



**Fig 36:** Système nerveux d'un nématode

## 7- Appareille génital

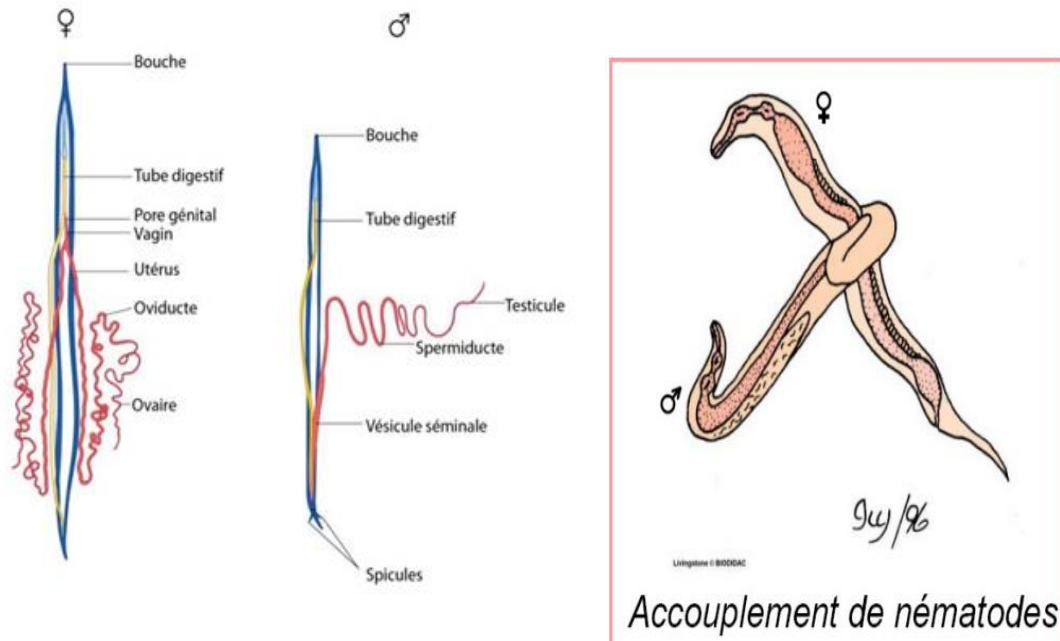
Quelques nématodes sont hermaphrodites mais la majorité est gonochorique avec un dimorphisme sexuel :

Les nématodes présentent une grande diversité quant à leur système reproducteur avec des caractéristiques typiques à ce phylum. Il existe un dimorphisme sexuel chez les nématodes, les mâles étant souvent plus petits que les femelles.

Chez les mâles, le système reproducteur comprend un testicule (rarement 2) très allongé, enroulé sur lui-même et autour de l'intestin, dont les parois qui sont des cellules germinales produisent les spermatozoïdes. Une vésicule séminale (où sont stockées les spermatozoïdes jusqu'à l'accouplement) qui s'ouvre au niveau d'un cloaque et un appareil copulateur externe. Ce dernier est formé de 2 pièces sclérifiées (spicule), situées dans une poche qu'on appelle poche spiculaire. . Les spermatozoïdes sont dépourvus de flagelles et se déplacent par mouvements amoeboidiens.

Chez la femelle, le système reproducteur est constitué de deux cordons portant chacun un ovaire, 1 oviducte, 1 utérus. Les 2 utérus se réunissent formant un court vagin qui aboutit à l'orifice génital femelle : orifice vulvaire=la valvule, qui est située ventralement et dans le 1/3 antérieur du corps.

La partie supérieure de l'utérus sert de réceptacle séminal où sont fécondés les œufs.



**Fig 37** : Système reproducteur d'un nématode

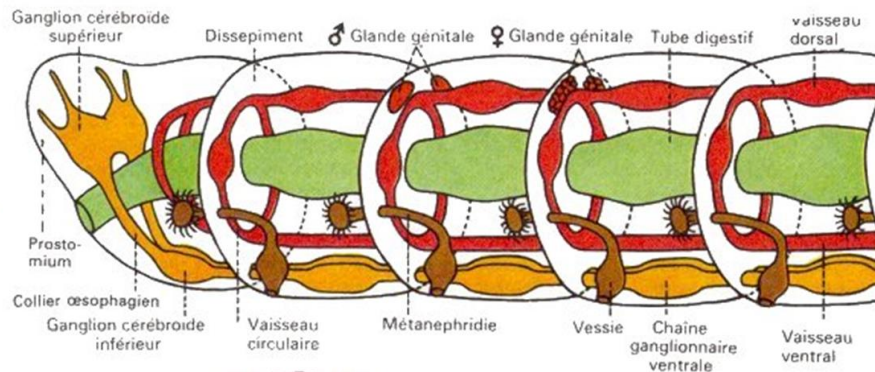
La fécondation ainsi que la formation de la coque et le début du développement embryonnaire, ont lieu au niveau de l'utérus. Chez certains nématodes, les œufs y éclosent également (ovipare).

De l'œuf sort une larve dont le développement comprend 5 stades larvaires séparés par 4 mues. Le 3<sup>ème</sup> stade larvaire est le plus important puisqu'il représente la forme la plus résistante chez les espèces libres, la forme infectante chez les formes parasites.

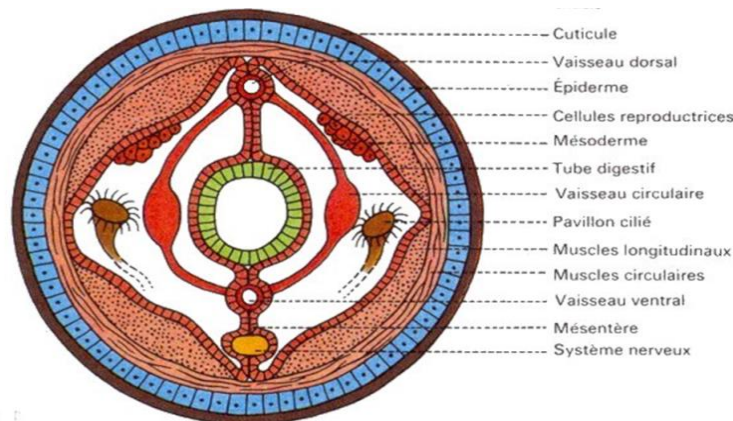
### ❖ III- Embranchement des Annélides

#### 1-Introduction

Les annélides sont métazoaires, triploblastiques à symétrie bilatérale, le mésoderme se creuse en vésicules closes : ce sont des coelomates. Ces animaux tiennent leur nom et leur morphologie : une série d'unités répétées. Cette transformation de l'architecture est appelée métamérisation et chaque segment produit est un métamère.



**Fig 38** : Schéma général d'un annélide



**Fig 39** : Schéma général d'un annélide (coupe transversale).

#### 2-Systématique

Il y a trois classes principales d'Annélides :

- **Les Oligochètes** (du grec oligos= peu) Ex : Le lombric. Ont des soies réduites ou de très petite taille et ne possèdent pas de parapodes.
- **Les Hirudinées (Les Achètes)** (du latin hirudo= sangsue), Ex : sangsues ; sont aplatis dorso-ventralement. Ils sont dans leur totalité dépourvus de soies et d'appendices. Ce sont en partie des parasites temporaires d'animaux marins, terrestre et d'eau douce. Ils se fixent par des ventouses sur leur hôte, perforent les tissus de leurs mâchoires menus

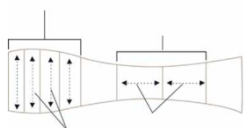
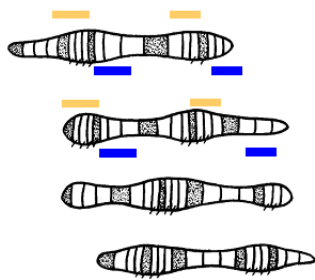
de dents cornées et sucent le sang. Ils peuvent sécréter une enzyme qui perfore la peau et secrète une substance anticoagulante « hixudine » qui permet au sang de couler.

- **Les Polychètes** (du grec polys= plusieurs, et chaete= soie ou long poil) Ex : néréis ; sont caractérisés par la présence de nombreuses **soies** souvent portées sur des parapodes de formes très variables.

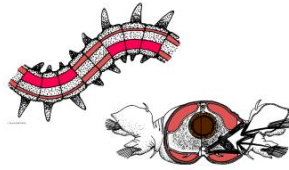
Ils sont presque tous marins et les sexes sont séparés (**gonochorisme**).

On dénombre deux ordres chez les polychètes :

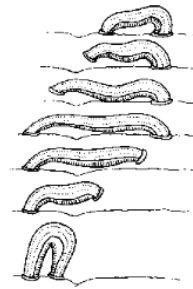
- **Ordre des errantes** : les espèces qui composent cet ordre sont libre (leur appareil locomoteur est très développé), carnivores (mâchoire développée) et dotées de nombreux organes sensitifs. Exp. Famille des **Néréides**.
- **Ordre des sédentaires** : les espèces de cet ordre vivent dans des tubes et se nourrissent de sédiment ou filtrent les particules. Certaines espèces présentent un appareil respiratoire développé. Les parapodes et les organes sensoriels sont réduits en rapport avec la vie sédentaire.



Mouvement péristaltique chez un Oligochète.



Locomotion chez Néréis, un Polychète.



Locomotion chez la sangsue (Hirudinae).

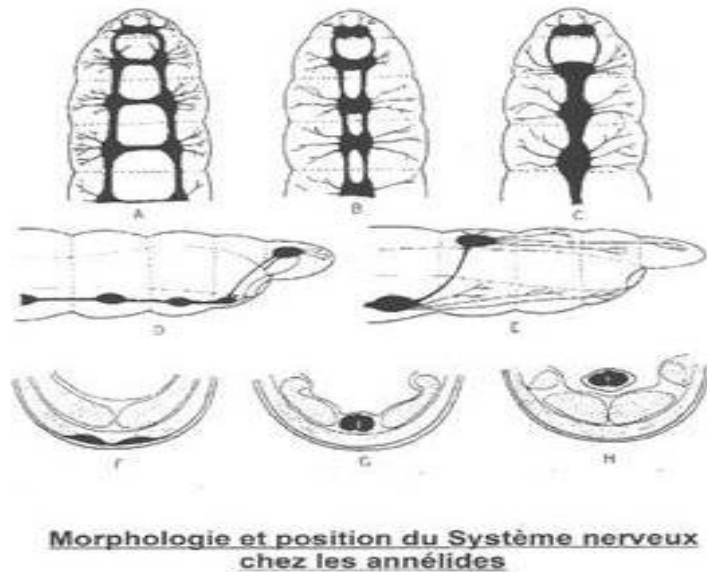
Ces animaux sont assez développés, avec ce groupe un pas décisif est fait :

Le corps est divisé en trois parties : la tête, le tronc et la queue.

L'étape structurale annélide présente une nouveauté par rapport aux groupes précédents (diploblastiques et triploblastiques acéломates) : les cellules se groupent en organes spécialisés acquérant des structures plus compliquées et des fonctions précises :

- Déjà l'apparition d'un tube digestif hautement spécialisé, avec bouche et anus peut être considérée comme un grand progrès dans l'évolution animale qui permet une spécialisation des différentes sections et une meilleure digestion.
- Un système circulatoire fermé qui alimente toutes les parties du corps. Le sang lié à l'hémoglobine et les annélides sont donc les premiers invertébrés à avoir un véritable sang.
- Un système nerveux ganglionnaire qui contrôle chaque segment.
- **Système nerveux**: comprend une masse complexe située dans le lobe céphalique, le cerveau, entièrement au-dessus de l'œsophage. De ce cerveau partent deux connectifs

qui entourent l'œsophage et aboutissent à la première paire de ganglions, sous œsophagiens; de cette paire part la chaîne nerveuse ventrale, à double cordon, avec une paire de ganglions par segment.



**Fig 40** : Schéma d'un système nerveux d'un annélide

- La présence d'un véritable coelome.
- L'appareil excréteur est du type néphridies (une paire de néphridie par métamère).
- Le succès des annélides est attribué en grande partie à leur squelette hydrostatique segmenté. Et une musculature assez développée pour permettre contraction étirement.

Chaque partie du corps peut changer de forme sans affecter les autres.

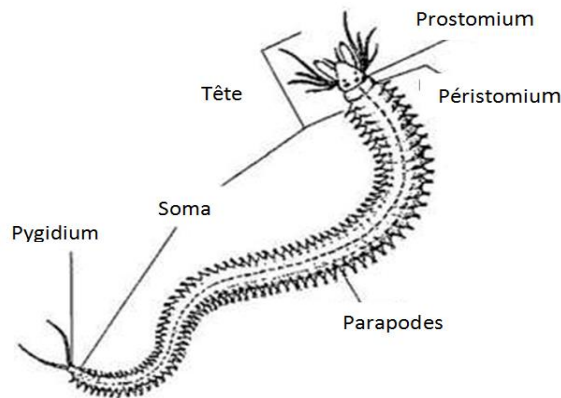
La plupart des annélides sont dépourvus d'enveloppe protectrice externe rigide, la paroi flexible joue un rôle important dans la locomotion et sert également de surface d'échange gazeux.

#### ❖ Etude d'un polychète de type : néréide

Le corps comprend trois parties :

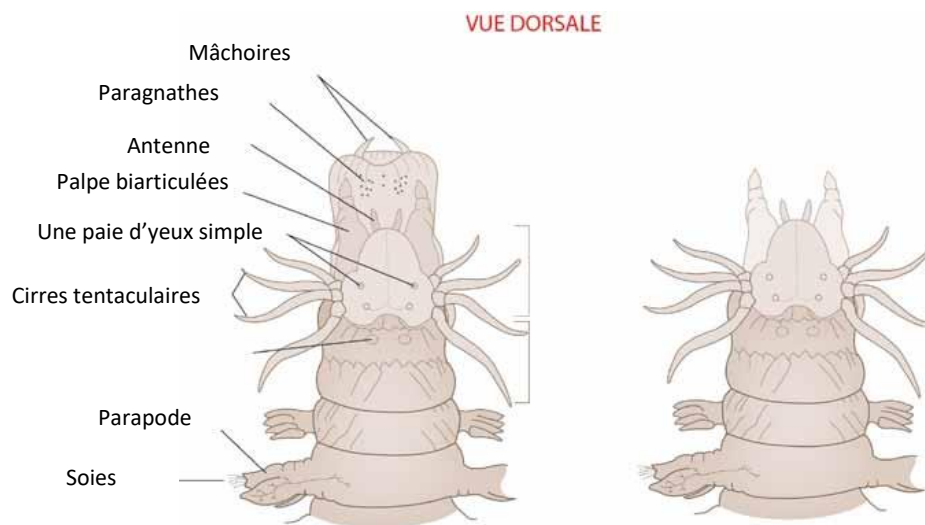
- Une tête formée de deux éléments :
  - Une région céphalique sensorielle, le **prostomium** ;
  - Le **péristomium**, métamère particulier, entoure la bouche et porte 4 cirres tentaculaires.
- Une région majeure ou **soma** : constituée d'un grand nombre de segments identiques portant **parapodes** et soies.
- Une région caudale ou **pygidium** à partir duquel bourgeonnent vers l'avant, les nouveaux métamères de l'animal, il porte l'anus, et est dépourvu de parapodes mais possède deux prolongements fins, en forme de tentacules : les cirres caudaux.

Prostomium et pygidium ne contiennent pas de vésicules coelomiques, ce ne sont donc pas de véritable métamères.



### La tête :

- Le prostomium porte des organes sensoriels très développés.
- 2 paires d'yeux « ocelles », la 1<sup>ère</sup> paire étant plus développée que la 2<sup>ème</sup> « vision ».
- Une paire d'antenne courte et filiforme « toucher ».
- En arrière des antennes, 2 palpes biarticulés, épais et renflés « toucher ».



**Fig 41** : Région antérieure d'une Néréis, vu dorsale.

- Au niveau du péristomium s'insère intérieurement.
- Une puissante trompe dévaginable. Lorsqu'elle est sortie, cette trompe montre à l'avant, deux puissantes mâchoires : de plus elle est hérissée de denticulations chitineuses, les paragnathes.
- 4 cirres tentaculaires « sensibilité et l'odorat ».

Chaque métamère porte deux expansions latérales : **parapodes**.

Un parapode est formé de deux rames : la rame dorsale (**notopode**), la rame ventrale (**neuropode**).

- Chaque rame porte un tentacule court : le cirre dorsal et le cirre ventral.

- Sur les rames sont fixées de nombreuses soies allogées.
- Chaque rame est soutenue par une tige cutineuse rigide interne : aticule.

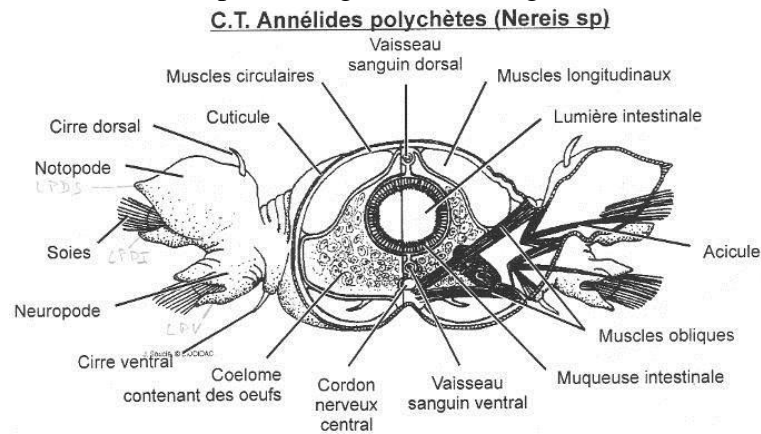


Fig 42 : Coupe transversale d'un métamère de la Néréis

Une observation montre que chaque métamère est constitué de :

- Un épiderme recouvert d'une cuticule chitineuse très fine.
- Des muscles circulaires, des muscles longitudinaux et des muscles transversaux.
- Une paire de vésicules coelomiques.
- Une paire de néphridies : « reins primitifs » qui assure le nettoyage du liquide et le sang : appareil excréteurs formé de petits tubes qui permettent l'expulsion des produits à excréter.
- Des éléments vasculaires : appareil circulatoire possédant :
  - Un vaisseau dorsal situé au-dessus du tube digestif, où le sang circule d'arrière en avant,
  - Un vaisseau ventral situé sous le tube digestif où le sang circule en sens inverse.
- Des cellules reproductrices
- Les parois périphériques des vésicules coelomiques tapissent la musculature somatique : **Somatopleure**.
- Les plus internes se plaquent contre les vaisseaux dorsale et ventrale, le tube digestif et le système nerveux : **splanchnopleure**.
- Les parois des 2 vésicules d'un même métamère s'affrontent dans le plan sagittal et forme le mésentère.

Les muscles circulaires et longitudinaux prennent appui à la fois sur la cuticule et sur le liquide coelomique contenu dans les vésicules coelomiques situées entre le tube digestif et les muscles.



**Fig 43** : Coupe transversale de la paroi corporelle d'un ver de terre

## ❖ IV-Embranchement des Mollusques

### 1- Introduction

C'est un animal invertébré aquatique au corps mou ou vivant dans des lieux humides.

L'embranchement des mollusques (du latin molluscus, mou) comprend 100.000 espèces vivantes dont 99% appartiennent aux bivalves et aux gastéropodes.

Malgré leur immense diversité, les différents groupes de mollusques présentent des homologies anatomiques qui proviennent d'un seul et même ancêtre que les biologistes appellent affectueusement archimollusque (manteau, pied musculaire, des branchies, le tube digestif traversait le manteau avec bouche à l'avant un estomac et un anus à l'arrière).

Ils présentent trois parties généralement distinctes : la tête, le pied ventral servant à la locomotion et la masse viscérale dorsale.

Leur système nerveux se réduit à une courte chaîne ganglionnaire ventrale.

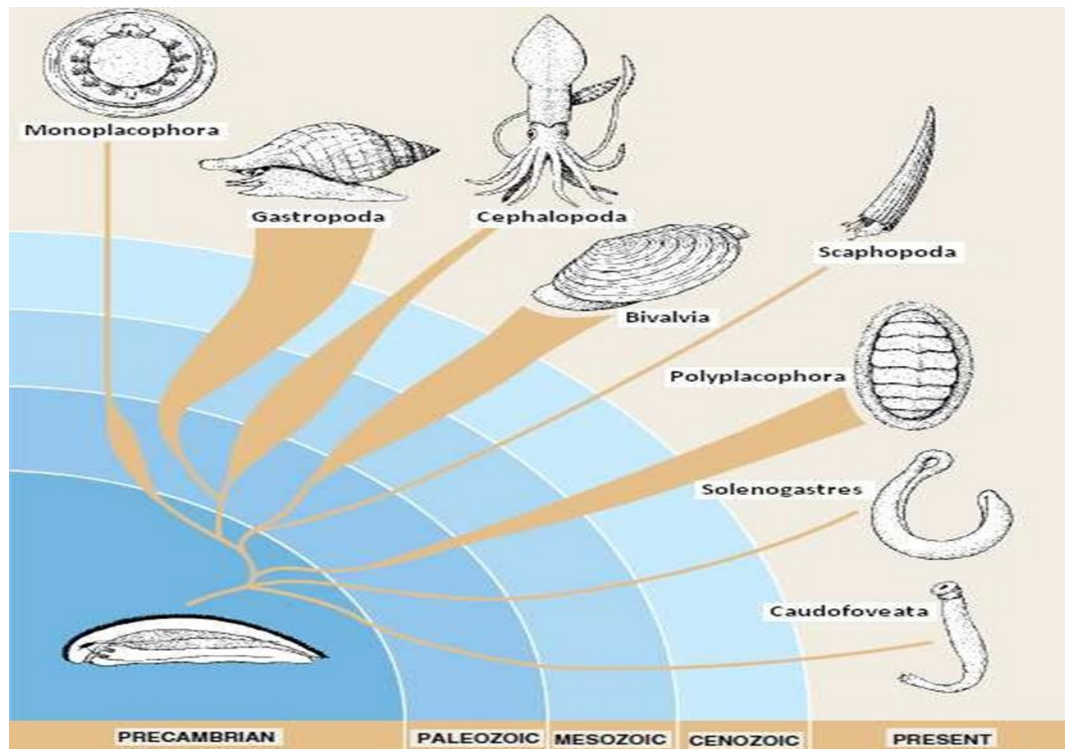
La masse viscérale est enveloppée dans le manteau qui sécrète une coquille calcaire.

Ses représentants habitent principalement le milieu marin, mais certains groupes ont colonisé avec succès les milieux dulcicoles (se dit d'organismes qui vivent en eaux douces) et terrestres.

La science qui traite des mollusques se nomme la malacologie et celle qui traite uniquement des coquillages, la conchyliologie.

Les caractéristiques ancestrales sont: coquille et manteau entourant la masse viscérale dorsale, pied ventral cilié, radula, et cténidie dans la cavité du manteau (cavité palléale)

Les mollusques se situent en haut dans l'arbre Phylogénique car leur évolution est importante. Ils ont une tête, un système nerveux, un appareil digestif, un appareil respiratoire avec branchies ou poumons et un système circulatoire avec un cœur.



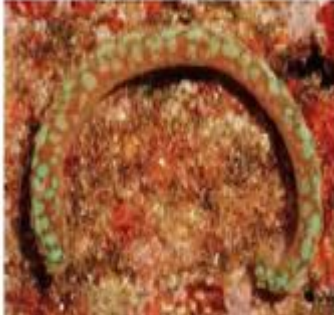




**Fig 44:** Phylogénie des mollusques



## 2- Systématique

La classification des mollusques fait apparaître 7 classes :

1. les Aplacophores,
2. les Polyplacophores,
3. les Monoplacophores,
4. les Gastéropodes,
5. les Scaphopodes,
6. les Pélécy-podes (Bivalves ou Lamellibranches)
7. les Céphalopodes.

99% des espèces vivant actuellement appartiennent aux bivalves (huître, moule, palourde...) et aux Gastéropodes (limace, escargot...).

<p>✓ <b>les Aplacophores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de coquille</li> <li>• Spicules calcaires</li> <li>• Marins</li> <li>• Vermiformes</li> <li>• Tête peu différenciée</li> <li>• Pied peu développé</li> <li>• Bouclier pédieux péribuccal</li> <li>• Microphages</li> </ul>	
<p>✓ <b>Polyplacophores (~900 espèces)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marins</li> <li>• Coquille = 8 plaques calcaires articulées = cérames</li> <li>• Corps aplati</li> <li>• Tête différenciée</li> <li>• Pied développé</li> </ul>	
<p>✓ <b>Monoplacophores (~15 espèces)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marins</li> <li>• Tous fossiles (Paléozoïque)</li> <li>• Sauf genre Neopilina (3500m de profondeur)</li> <li>• Coquille conique en 1 seule plaque</li> <li>• Pied circulaire</li> </ul>	
<p>✓ <b>Scaphopodes (~ 400 espèces)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marins</li> <li>• 1 seule famille : Dentalidés</li> <li>• Coquille tubulaire ouverte</li> <li>• Pied fouisseur</li> <li>• Captacules</li> <li>• Absence de branchies</li> </ul>	
<p>✓ <b>Bivalves (~ 12 000 espèces)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquatiques</li> <li>• Fouisseurs (pied en forme de hache ( Pélécytopodes)</li> <li>• Corps aplati</li> <li>• Coquille à 2 valves (Bivalves)</li> <li>• Filteurs, microphages (PAS de radula)</li> <li>• Branchies = lamelles (Lamellibranches)</li> <li>• Tête réduite (Acéphales)</li> </ul>	

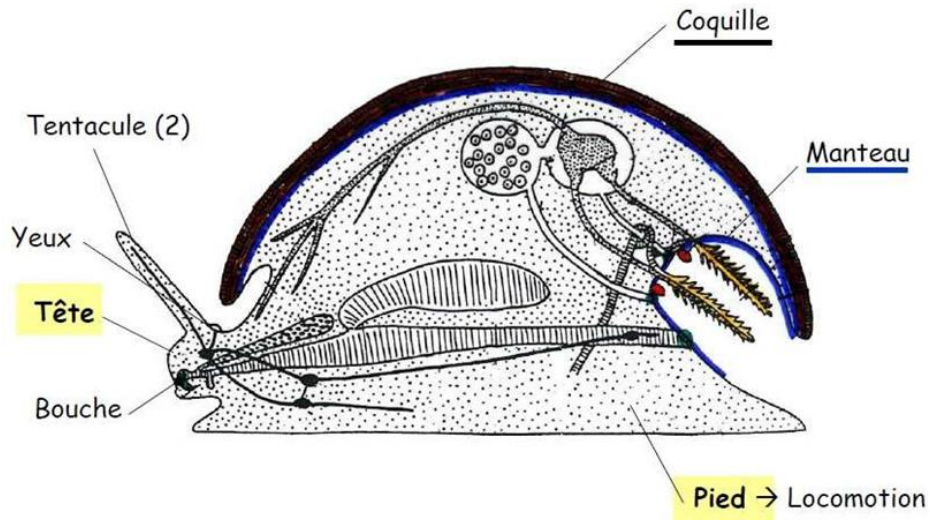
<p>✓ <b>Céphalopodes (~ 900 espèces)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marins</li> <li>• Céphalisation et cérébralisation maximales</li> <li>• Capables d'apprentissage</li> <li>• Prédateurs</li> <li>• Pied ◀ couronne brachiale + entonnoir</li> </ul>	
<p>✓ <b>Gastéropodes (~103 000 espèces)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marins, terrestres, dulcicoles</li> <li>• Perte de la symétrie bilatérale</li> </ul> <p>Y Conséquences</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Organes initialement à gauche</i> ◀ <i>atrophiés</i></li> <li>- <i>Organes initialement à droite</i> ◀ <i>à gauche</i></li> <li>- <i>Cavité palléale</i></li> <li>◀ <i>déportée vers l'avant (ouverture antérieure)</i></li> <li>- <i>Coquille spiralée (exteriorise l'enroulement viscéral)</i></li> <li>- <i>Pied très développé</i> ◀ <i>sole de reptation</i></li> </ul>	

### 3-Morphologie externe

La coquille est constituée d'une seule pièce qui sert de protection au corps de l'animal. Ce dernier, mou et segmenté, présente trois grandes régions :

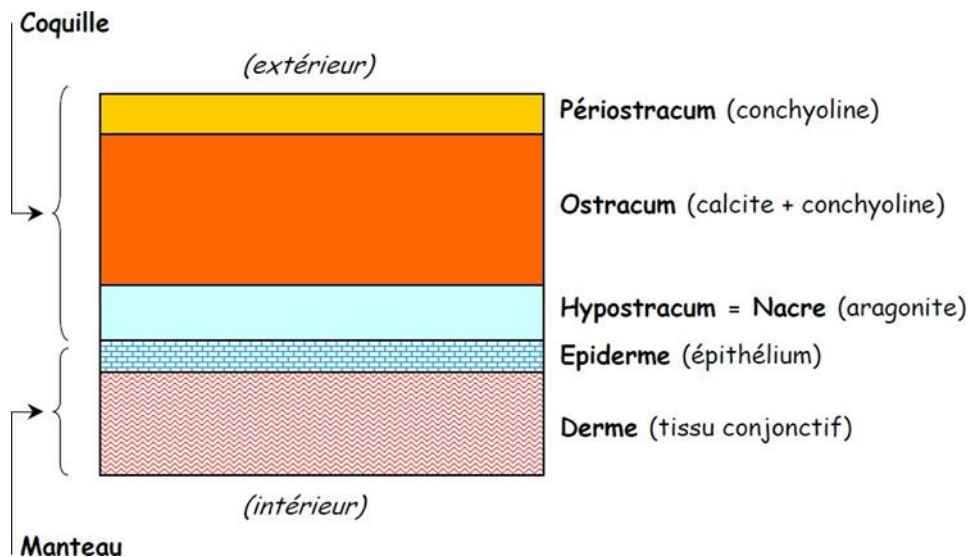
- La tête qui porte une paire de tentacules contractiles à la base desquels se trouvent les yeux chez les mollusques aquatiques. La bouche comprend généralement une mâchoire chitineuse sur la face dorsale et une radula (sorte de langue râpeuse) sur la face ventrale.
- Le pied est un organe musculueux souvent bien développé qui sert à la locomotion.
- La masse viscérale enveloppée dans une membrane, le manteau, qui sécrète la coquille. Cette masse viscérale comprend les principaux organes.

Chez les Gastéropodes, on note l'existence d'une cavité palléale formée par un repli du manteau, dans laquelle débouchent l'anus et l'orifice urinaire. Cette cavité palléale abrite une branchie chez les Prosobranches. Les Pulmonés n'ont pas de branchies mais possèdent une cavité pulmonaire à plafond très vascularisé (Figure 45).



**Fig 45** : Morphologie externe des gastéropodes

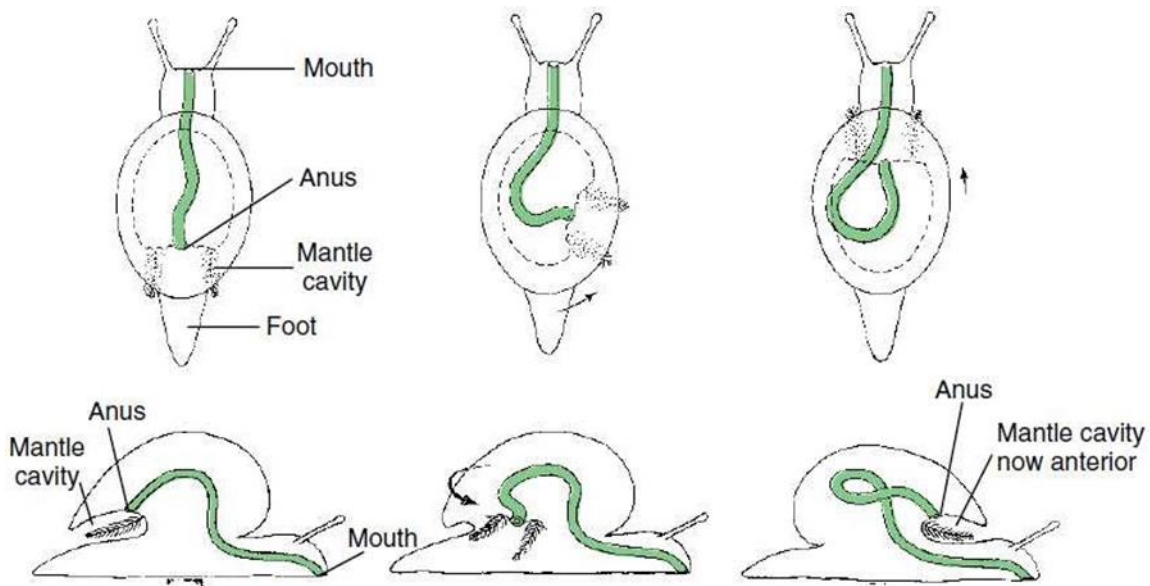
La coquille (ou test) des mollusques est constituée de carbonate de calcium (calcite et aragonite). Elle est sécrétée par le manteau au fur et à mesure de la croissance de l'animal. Chez les mollusques vivants, la coquille est recouverte d'une fine couche de substance cornée (conchyoline) appelée périostracum qui assure la protection des couches calcaires. L'intérieur de la coquille est recouvert d'une couche de nacre à l'aspect satiné (Figure 42).



**Fig 46** : Structure de la coquille

Chez les Gastéropodes, la coquille d'une seule pièce résulte schématiquement de l'enroulement d'un cône très allongé autour d'un axe appelé Columelle. On parlera de coquille dextre lorsque l'enroulement vu du pôle apical (ou apex) a lieu dans le sens des

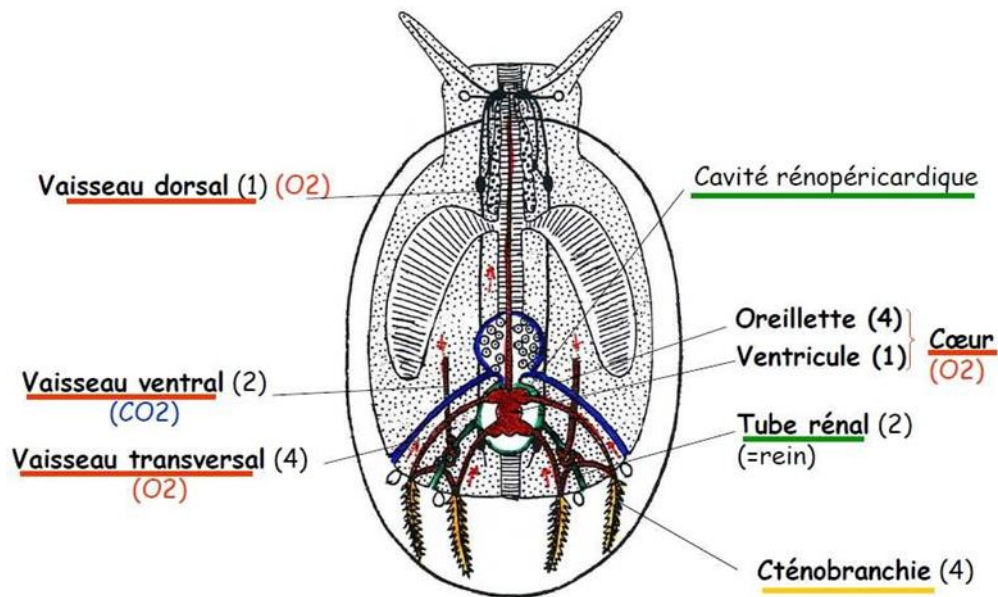
aiguilles d'une montre, et de coquille senestre dans le cas contraire. A l'exception des Ancyliidae, la coquille comporte plusieurs tours de spire séparés par des sutures (Figure 46).



**Fig 47** : Enroulement et torsion de la masse viscérale (=Flexion endogastrique)

#### 4-Morphologie interne

- **L'appareil respiratoire** se compose d'une seule branchie située dans la chambre palléale et du côté droit. Elle est formée tout simplement de petites expansions charnues, de forme triangulaire, qui se détachent de la face interne du manteau et se disposent sur une seule rangée comme les dents d'un peigne; on la qualifie pour cela de *branchie monopectinée*. Ces lamelles sont creusées de nombreuses lacunes à travers lesquelles le sang subit l'hématose et sont recouvertes de cils vibratiles. Ajoutons qu'il existe quelques espèces, telles que les Fissurelles et les Haliotis, qui sont voisines des Lamellibranches par leur organisation générale et qui possèdent comme ces derniers deux branchies formées chacune de deux rangées de lamelles triangulaires, ce qui les fait qualifier de *branchies bipectinées*.
- **L'appareil circulatoire** comprend en premier lieu un cœur logé dans un péricarde et formé d'un seul ventricule et d'une seule oreillette; il est placé un peu en arrière de la branchie, sur le trajet du sang artériel qui vient de cette dernière. L'oreillette reçoit le sang la première et l'envoie dans le ventricule, qui le chasse à son tour dans une seule aorte. L'aorte est très courte et se divise presque aussitôt en une aorte antérieure pour la région céphalo-pédieuse, et une aorte viscérale qui va dans le tortillon. Leurs dernières ramifications s'ouvrent dans des lacunes ou espaces sanguins entre les éléments cellulaires qui se trouvent ainsi directement imprégnés de sang. Le sang veineux s'accumule ensuite dans des cavités irrégulières ou sinus, également dépourvues de parois propres, pour se rendre ensuite dans les lacunes de la branchie; le système veineux proprement dit fait donc défaut. La position de la branchie en avant du cœur fait dire que la Littorine est un Gastéropode prosobranche (Figure 48)

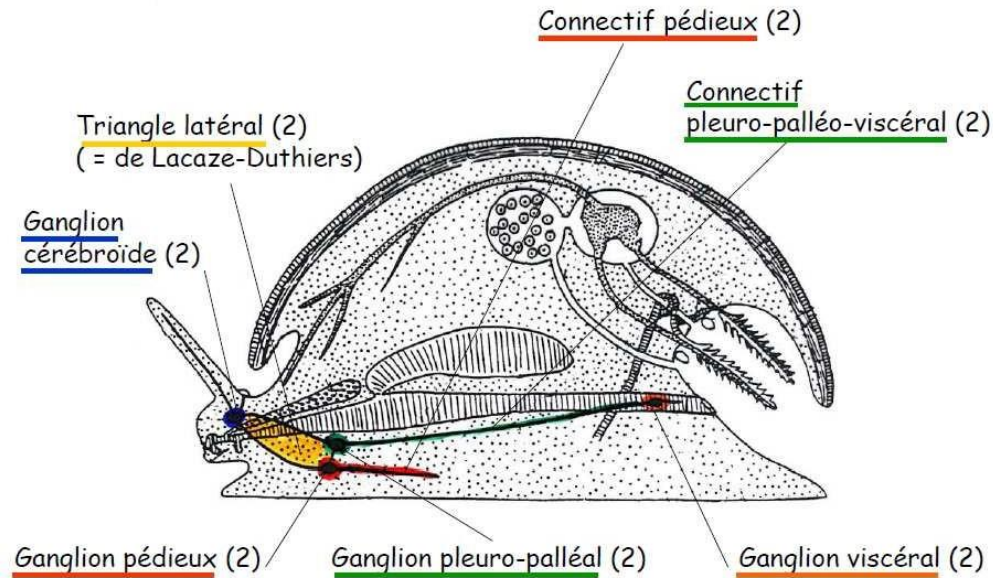


**Fig 48** : Organisation de l'appareil circulatoire (vue dorsale)

## 5- Le système nerveux

Se compose d'abord de trois sortes de ganglions

- Deux ganglions cérébroïdes situés au-dessus de l'œsophage et réunis par une courte commissure; ils innervent les yeux, les tentacules tactiles et les otocystes.
- Deux ganglions pédieux réunis par une commissure et innervant le pied; ils sont placés sous l'œsophage et réunis aux cérébroïdes par deux connectifs qui forment un premier collier œsophagien; ils supportent les deux otocystes bien que ceux-ci soient innervés par ses ganglions cérébroïdes.
- Des ganglions viscéraux au nombre de 3 à 5 situés également sous l'œsophage et en arrière ; ils sont reliés aux cérébroïdes par deux grands connectifs formant un second collier œsophagien beaucoup plus long que le premier et appelé encore la grande commissure viscérale (Figure 49).



**Fig 49** : Organisation du système nerveux (vue latérale)

Mais à cette disposition, qui jusque-là est celle des Lamellibranches, s'ajoutent deux autres paires de ganglions situées sur le trajet des deux grands connectifs reliant les cérébroïdes aux pédieux. Ce sont :

Les deux ganglions palléaux qui innervent le manteau et sont reliés aux pédieux par deux petits connectifs p et p'; il en résulte que le ganglion cérébroïde, pédieux et palléal d'un même côté forment avec les nerfs qui les relient un triangle à droite et à gauche de l'œsophage, que l'on appelle le triangle latéral des Gastéropodes.

-Deux ganglions intestinaux qui innervent l'intestin. Les deux grands connectifs reliant les cérébroïdes aux viscéraux se présentent donc comme deux longues chaînes nerveuses écartées l'une de l'autre et portant chacune deux ganglions (viscéraux et palléaux) sur leur trajet. On donne à cette disposition le nom de système nerveux orthoneure. Elle ne s'observe que chez les Opisthobranches, chez lesquels les viscères n'ont pas éprouvé de torsion.

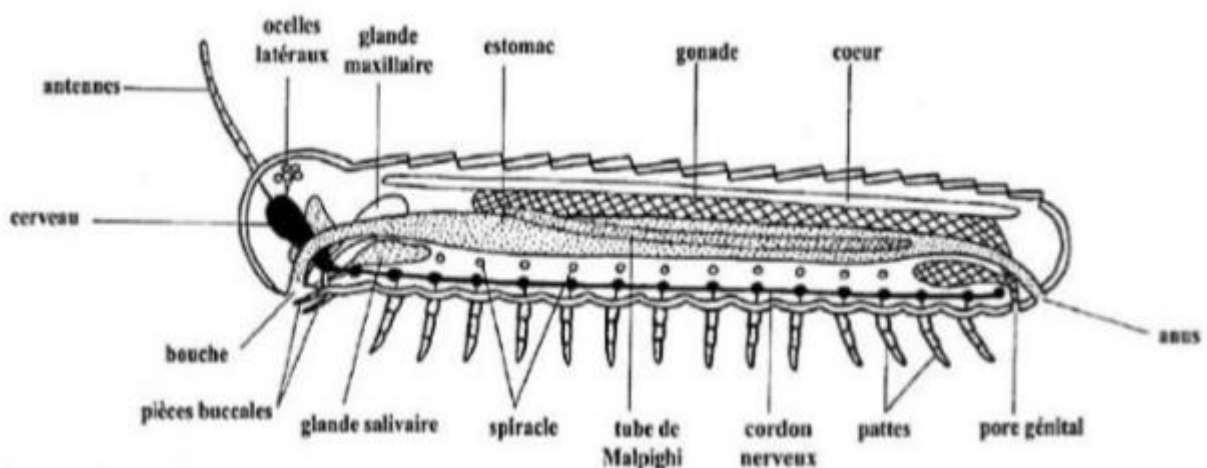
Chez les Gastéropodes prosobranches comme la Littorine, on retrouve tous les mêmes ganglions, mais avec une orientation différente de la grande commissure reliant les cérébroïdes aux viscéraux : la masse viscérale en se tordant de 180°, a entraîné avec elle la région moyenne de cette commissure en faisant passer le ganglion intestinal de droite du côté gauche par-dessus l'intestin (marche inverse à celle des aiguilles d'une montre); le ganglion intestinal de gauche est passé à droite sous l'intestin; la commissure s'est ainsi trouvée croisée en forme d'X; le ganglion de droite s'est trouvé ramené au-dessus de l'intestin (ganglion surnestestinal); celui de gauche est resté au-dessous (ganglion sub-intestinal).

La torsion n'intéressant que la masse viscérale, tous les ganglions situés dans la région de la tête n'ont pas changé de position; il en est de même des ganglions viscéraux, qui sont restés sous l'intestin. Un tel entre-croisement de la commissure fait qualifier le système nerveux des Prosobranches de *système chiastoneure*.

## ❖ V - Embranchement des Arthropodes

### 1-Introduction

- Les Arthropodes sont des invertébrés à symétrie bilatérale.
  - Leur corps est segmenté en deux ou trois parties distinctes.
  - Présence d'une cuticule rigide formant un exosquelette chitineux et épais qui protège le corps.
  - Chaque métamère est encadré par plusieurs plaques squelettiques, une pièce dorsale ou tergite, une pièce ventrale ou sternite et deux pièces squelettiques latérales ou pleurites.
  - Présence d'appendices articulés sur les segments (arthron = articulation, podo = pied)
  - Spécialisation des différentes régions du corps et de leurs appendices (segmentation hétéronome)
  - La cavité corporelle est l'hémocèle
  - L'appareil digestif est formé d'un tube digestif différencié qui porte des glandes salivaires, foie et pancréas.
- Le tube digestif est divisé en trois parties : stomodeum (intestin antérieur), mésentéron (intestin moyen) et proctodeum (intestin postérieur).
- L'appareil excréteur est de type métanéphrédien qui se présente sous forme de tubes de Malpighi.
  - L'appareil respiratoire est formé des organes spécialisés, branchies (ex : Crustacés), trachées (ex : Myriapodes, Hexapodes) ou poumons et trachées (ex : Araignées).
  - L'appareil circulatoire est ouvert avec un cœur tubulaire dorsal (figure50).
- Le sang est incolore ou bleuté.
- Le système nerveux est bien développé, les ganglions de la tête sont fusionnés en cerveau.



**Fig 50:** Schéma d'un arthropode primitif

## 2-Reproduction

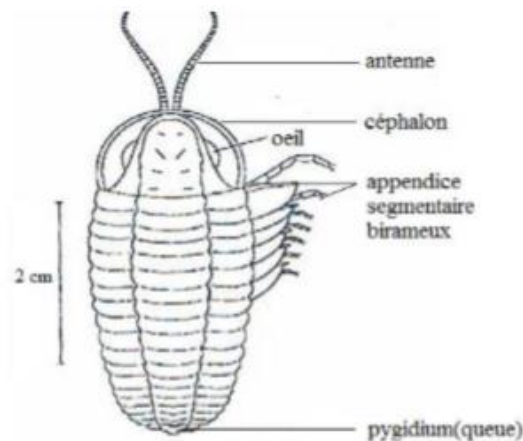
Les sexes sont séparés. La fécondation est interne. Présence du dimorphisme sexuel. Les Arthropodes ont un développement avec métamorphose (transformation importante du corps et du mode de vie), suivie par des mues (changement du tégument).

## 3-Systématique

Cet embranchement se subdivise en cinq sous- embranchements

### A- Sous- embranchement des Trilobitomorpha

- Ils sont formés d'une seule classe des Trilobites. Ce sont des arthropodes fossiles, les plus primitifs, marins ou vivants dans le sable. - Leur taille variait de quelques cm à quelques dizaines de cm. - Ils présentaient trois lobes longitudinaux, un lobe axial et deux latéraux. - Les pattes biramées (deux lobes), lobe interne pour la locomotion et lobe externe pour la natation (figure 51).



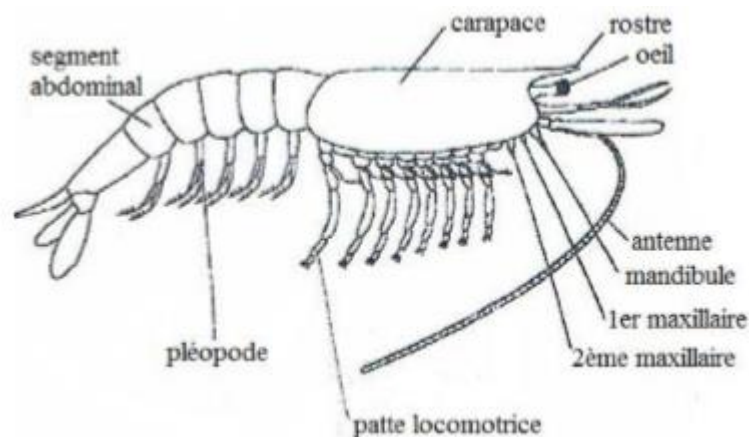
**Fig 51** : Trilobie

### B- Sous- embranchement des Crustacea

- Les crustacés sont principalement marins, rarement dulcicoles et terrestres. Beaucoup de formes sont parasites. - Leur corps est divisé en céphalothorax et abdomen. - Tous les métamères portent des appendices qui sont souvent biramés. - Ils se distinguent par une ou deux paires d'antennes sensorielles suivies d'une paire de mandibules tranchantes et un ou deux appendices nutritionnels et des pattes locomotrices. - Leur exosquelette est renforcé par de sels de calcium. - Ils ont une respiration branchiale, même pour les formes terrestres. - Leur développement est soit dilaté (l'animal passe par divers stades larvaires et adultes et présence de métamorphose) ex : crevette, soit condensé (de l'œuf sort un petit crustacé qui ressemble à l'adulte) ex : écrevisse. - Les crustacés se divisent en plusieurs classes, parmi ces classes

- Classe des Branchiopoda : Ils sont libres, possèdent souvent une carapace et deux grandes antennes biramées assurant la natation ex : *Daphnia pulex*

- Classe des Ostracoda : Ce sont des crustacés aquatiques nageurs rapides. Ils possèdent une carapace qui enferme le corps et la tête ex : Cythereis sp
- Classe des Maxillopoda : Ils sont caractérisés par une réduction de l'abdomen et des appendices. Ils regroupent des formes aquatiques libres ou fixes à l'état adulte, mais il existe des formes parasites des animaux aquatiques (tels que les poissons) ex : Cyclops sp, Argulus foliacens, Balanus sp (anatifé).
- Classe des Malacostraca : Ce sont les plus grands crustacés marins, dulcicoles et terrestres. Le nombre de segments thoraciques et abdominaux est fixe (8 dans le thorax et 6 dans l'abdomen). La tête est fusionnée avec le thorax en céphalothorax ex : crevettes, homards, crabes.



**Fig 52:** Morphologie de la crevette

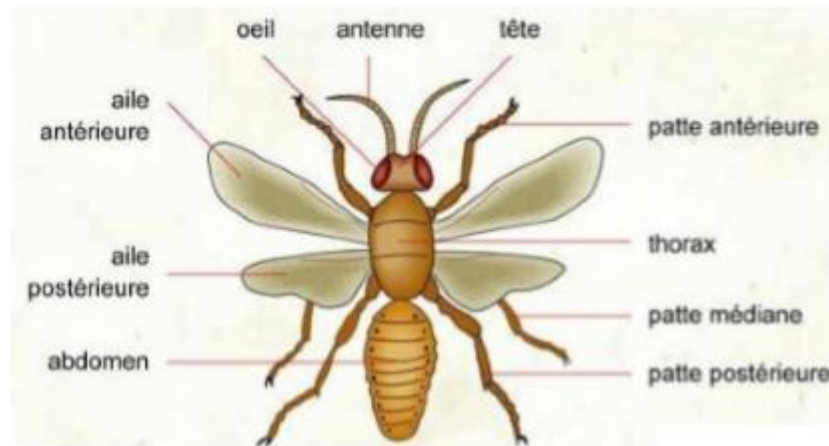
### C- Sous- embranchement des Myriapoda (Myrias = dix mille = innombrable)

- Les Myriapodes sont des Arthropodes terrestres à respiration trachéenne. - L'exosquelette contient une protéine pigmentée. - Les appendices sont uniramés, les plus antérieures forment les antennes. - Les membres locomoteurs sont situés derrière la tête, nettement séparés du reste du corps. - Parmi les classes appartenant à cet embranchement

- Classe des Diplopoda (millipèdes) : Les segments abdominaux portent chacun deux paires d'appendices locomoteurs. La tête porte une paire d'antennes courte et deux paires de pièces buccales. Les Diplopodes sont végétariens ou saprophages Ces animaux sont tous terrestre, ex : Spirobolus sp
- Classe des Chilopoda (centipèdes) : Chaque segment porte une paire de pattes. La tête possède une paire d'antennes longues et trois paires de pièces buccales. Leur morsure est dangereuse et parfois mortelle. Ils possèdent des pinces empoisonnées. Les Chilopodes sont carnivores, ex : Scolopendre, Lithobie.

D- Sous- embranchement des Hexapoda : Les Hexapodes possèdent trois paires de pattes et ils regroupent quatre classes : Collembola, Diplura, Protura et Insecta.

- Les Collemboles, les Diploures et les Protozoaires sont des Hexapodes les plus primitifs. De petite taille, dépourvus d'ailes. Les pièces buccales sont internes. Ils vivent dans les lieux frais et humides (sol, humus). L'abdomen porte des appendices sur les premiers segments. Le développement se fait sans métamorphose, ce sont des Amétaboles, l'œuf donne un individu semblable à l'adulte et qui va muer jusqu'à la mue imaginale ou imago qui donne l'adulte.
- Les insectes sont des Hexapodes terrestres, aériens ou aquatiques. Leur corps se divise en trois tagmes: la tête, le thorax et l'abdomen (figure 38).
  - La tête : porte les yeux simples (ocelles) et composés (ommatidies), une paire d'antennes, la bouche et les pièces buccales externes (Labre, mandibules, maxilles et labium).
  - Le thorax comporte 3 segments (prothorax, mésothorax et métathorax) portant chacun une paire de pattes locomotrices. Le mésothorax et le métathorax peuvent porter chacun une paire d'aile.
  - L'abdomen est dépourvu d'appendices et se termine par l'anus.



**Fig 53:** Morphologie d'un insecte

- L'appareil respiratoire est formé de trachées (insectes terrestres) et des fausses branchies (insectes aquatiques) et des stigmates.
- Les sexes sont séparés. Le phénomène de parthénogenèse existe chez certains, ex : puceron, abeille.
- Le tube digestif est différencié (pharynx, œsophage, jabot, gésier, intestin) (figure 54).
- Le développement des insectes se réalise soit par :

o Métamorphose incomplète ou hétérométabole

- Si la larve ressemble à l'adulte par sa morphologie et sa biologie, on parle d'insecte paurométabole ex : Sauterelle, punaise. □ Si la larve diffère de l'adulte par sa morphologie et sa biologie, on parle d'insecte hémimétabole ex : Libellule

o Métamorphose complète ou holométabole : Tous les stades larvaires sont présents (Présence du stade nymphal) ex : Moustique, papillon.

- Le développement des insectes peut s'arrêter et cet arrêt est appelé : Diapause - La classe des insectes comprend deux groupes :

o Insectes aptérygotes : Ce sont les insectes primitifs aptères ex : Lépisme (poisson d'argent).

o Insectes ptérygotes : Ce sont les insectes ailés. Il existe plus de 25 ordres.

➤ Parmi les ordres hétérométaboles

Ephemeroptera (ex : éphémères)

Odonata (ex : libellules)

Dictyoptera (ex : blattes)

Orthoptera (ex : criquets)

Dermaptera (ex : perce-oreille)

Isoptera (termites)

➤ Parmi les ordres holométaboles

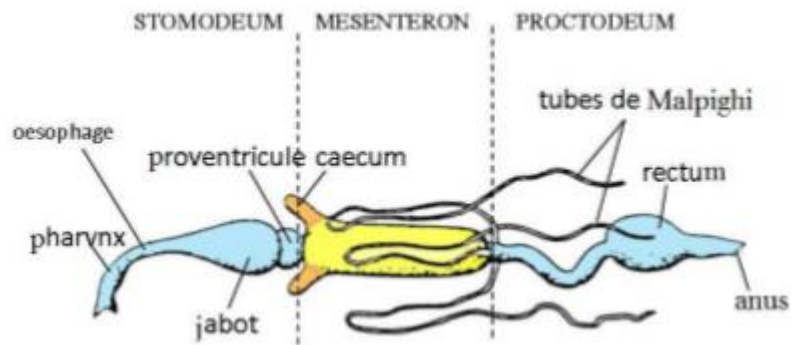
Lepidoptera (ex : papillons)

Diptera (ex : mouches)

Siphonaptera (ex : puces)

Hymenoptera (ex : abeilles)

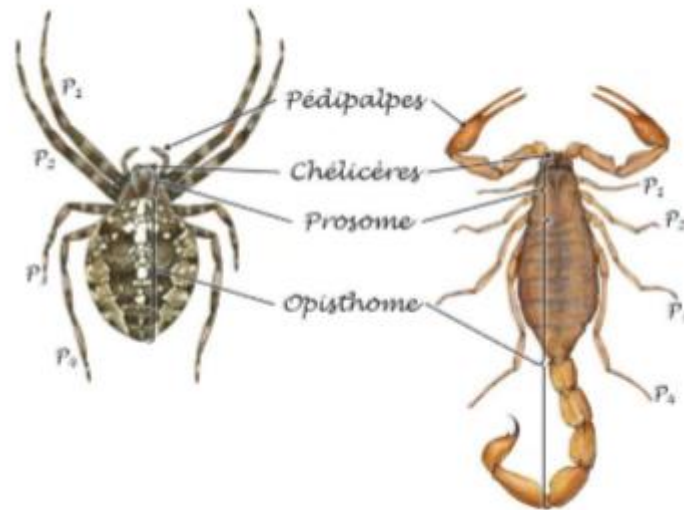
Coleoptera (ex : scarabées).



**Fig 54** : Tube digestif d'un insecte

E- Sous- embranchement des Chelicerata : (chele = pince).

- La plupart sont terrestres, dépourvus d'antennes. - Ils possèdent six paires d'appendices dont les deux premières sont différentes. L'une représente les chélicères (appendices préoraux le plus souvent en forme de pince) et l'autre représente les pédipalpes. Les autres paires sont des pattes locomotrices. - Le corps est divisé en 2 parties, le prosoma et l'opisthosoma (figure 55).



**Fig 55** : Morphologie externe des Chélicérates

- Les Chélicérates sont divisés en trois classes

- Classe des Merostomata : Ce sont des Chélicérates primitifs aquatiques à respiration branchiale ex : crabe marin
- Classe des pycnogonida (Araignées de mer) : Ce sont des Chélicérates marins d'aspect grêle, de petite taille. L'opisthosoma est rudimentaire. Pas d'appareil respiratoire ou excréteur. Les larves sont les parasites des Cnidaires.
- Classe des Arachnida : Ce sont des Chélicérates terrestres dont la respiration est assurée par des poumons (et) ou des trachées. Parmi les ordres les plus connus

o Ordre des Scorpionnes (Scorpions): Le corps est allongé et segmenté. L'opisthosoma se termine par un aiguillon muni d'une glande à venin. Les pédipalpes sont transformés en pinces et les chélicères sont petites.

o Ordre des Araneae (Araignées) : Le prosoma et opisthosoma reliés par un mince pédicule. Les chélicères sont avec glande à venin.

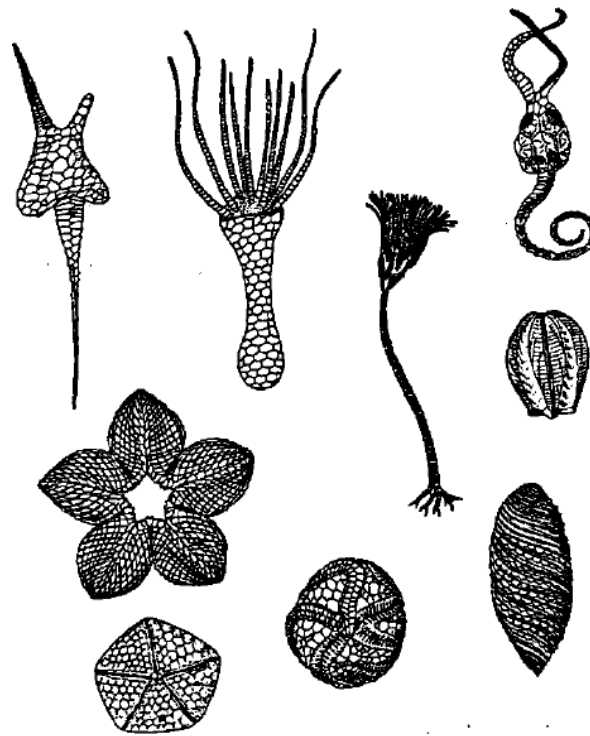
o Ordre des Opiliones (Opilions) : Le corps globuleux résultant de la fusion du prosoma et de l'opisthosoma. Les pattes ambulatoires sont longues et grêles, plusieurs fois supérieures à la taille du corps.

o Ordre des Acari (Acariens) : Ils sont en général de petite taille. Le prosoma et l'opisthosoma sont complètement fusionnés en une seule masse. Le nombre de paire de pattes est variable au cours du cycle, trois paires chez la larve, et quatre chez l'adulte. Les pédipalpes sont transformés en appareil piqueur ex : les Tiques.

## ❖ VI-Embranchement des Echinodermes

### 1- Introduction

Les Échinodermes forment un groupe d'animaux anciens et fascinants. Bien que l'étoile de mer et l'oursin soient les échinodermes les plus connus, il ne s'agit que de deux espèces, parmi une multitude d'organismes. Les Échinodermes sont des animaux exclusivement marins. Ils sont apparus il y a environ 500 millions d'années et ils ont dominé la faune animale il y a 350 millions d'années. Il ne reste qu'environ 6000 espèces et celles-ci se retrouvent dans 6 des 23 classes contenues dans ce phylum. Les espèces appartenant aux 17 autres classes sont maintenant disparues et ne sont donc connues que par des fossiles (Figure 55).



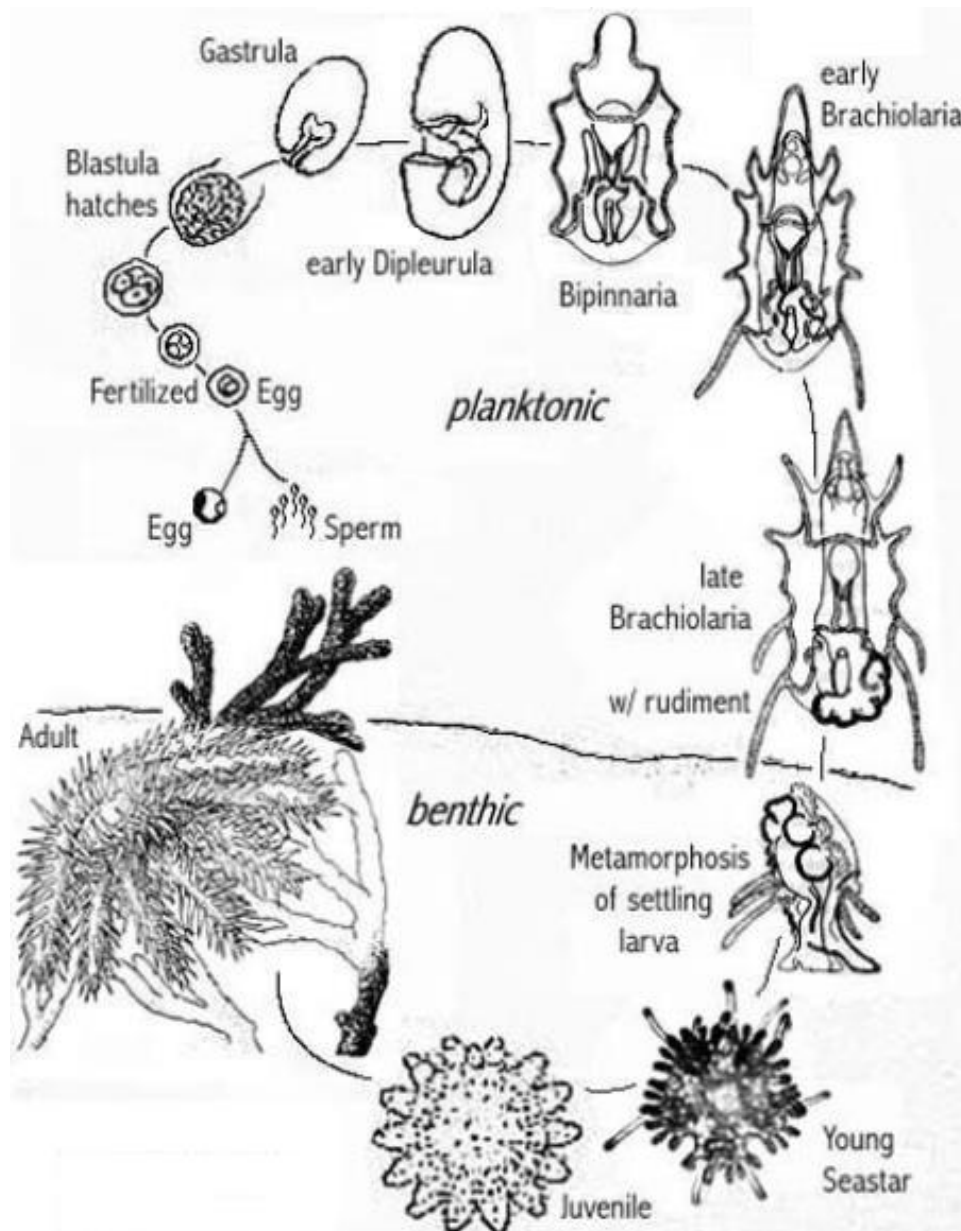
**Fig 55** : Quelques espèces fossiles d'Echinodermes

-Ces animaux à la peau épineuse (d'où leur nom) possèdent un squelette interne. Ils sont le seul embranchement des invertébrés qui possèdent un squelette interne calcaire.

-Ils ont un système aquifère unique et une symétrie pentaradiaire (du grec penta pour 5). Le système aquifère et la cavité périsvécérale sont dérivés du coelome embryonnaire.

-Contrairement aux autres phylums radiaires d'animaux, qui incluent les Cnidaires et les Ctenophores, les Échinodermes sont triploblastiques et ont une véritable cavité cœlomique.

-Le développement des Échinodermes débute sous forme de larves ayant une symétrie bilatérale et nageant librement. Ce n'est que plus tard au cours du développement de l'animal que les larves se métamorphosent en animaux présentant la symétrie radiale caractéristique et bien connue (Figure 56).



**Fig 56 :** Diagramme représentant le cycle de vie d'*A. planici*

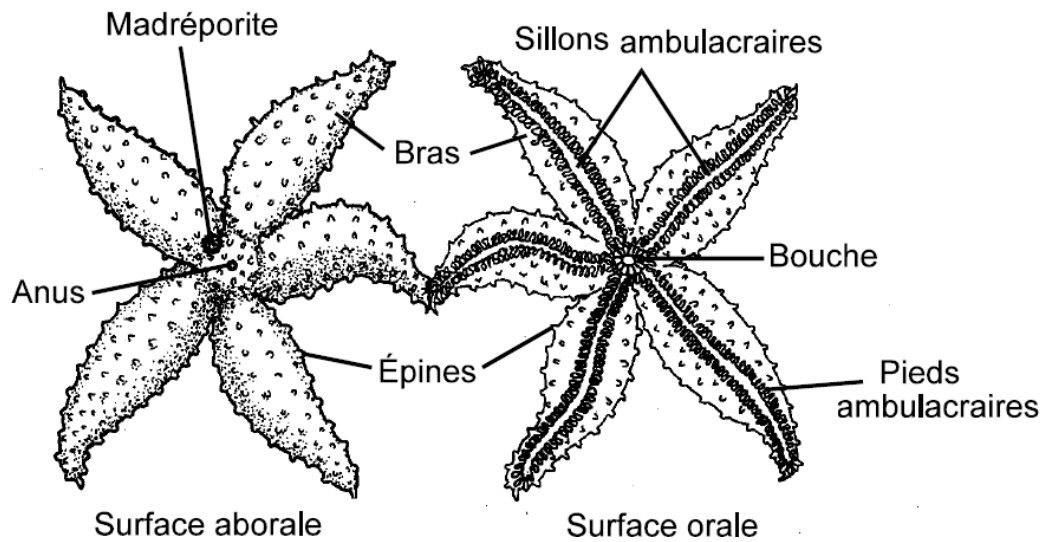
Les premiers Échinodermes étaient pédiculés avec leur orifice buccal orienté vers le haut et leurs bras ouverts comme des éventails sophistiqués. À cette époque, les océans étaient riches en petits organismes qui, lorsque morts, se déposaient au fond. Ces organismes étaient alors piégés par les pieds ambulacraires des Échinodermes ancestraux et passaient par le sillon ambulacraire vers l'orifice buccal. Au cours de l'évolution l'orientation de ces animaux s'est inversée. Le pied s'est trouvé impliqué dans la locomotion plutôt que dans le piégeage des aliments, tandis que l'orifice buccal s'est retrouvé orienté vers le bas dans le substrat. Bien que

la forme du corps fût déjà établie, il existait encore une certaine plasticité dans l'apparence. Plusieurs espèces d'Échinodermes, ont développé une symétrie bilatérale chez l'adulte mais la capacité locomotrice demeure minimale puisqu'elle est liée au système ambulacraire.

## 2-Morphologie externe de l'étoile de mer (=Asterias)

L'étoile de mer, *Asterias*, est l'Échinoderme le plus utilisé pour montrer les caractéristiques du phylum. Ces caractéristiques incluent: un plan corporel pentaradiaire, un endosquelette fait d'ossicules qui forment également les projections épineuses qui servent à protéger l'animal. La locomotion s'effectue par l'action de pieds ambulacraires qui sont une partie intégrante du système ambulacraire (aquifère).

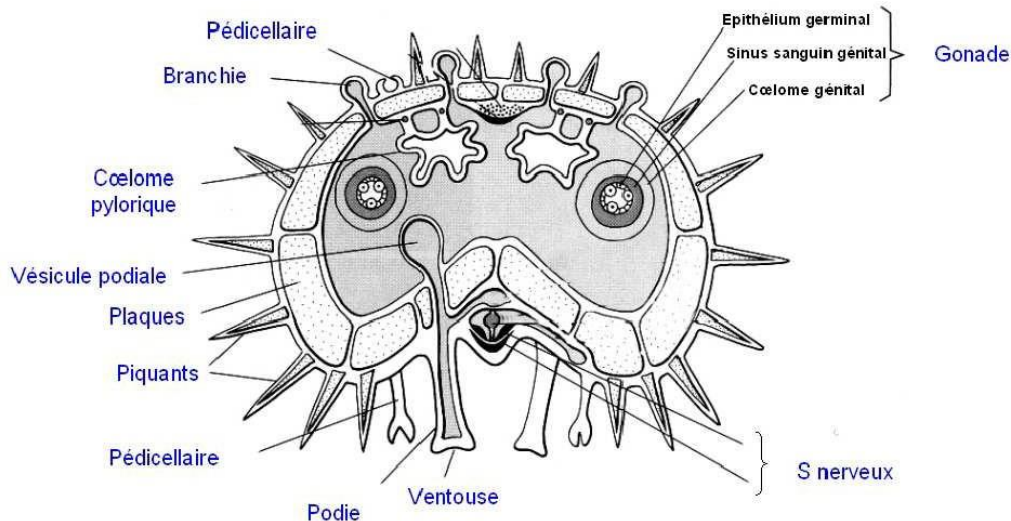
Le corps est divisé en deux régions, un disque central et des bras disposés en rayons autour de ce disque (Figure 57).



**Fig 57** : Morphologie externe d'une étoile de mer

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

Sur la face aborale les épines coniques sont beaucoup plus nombreuses. Entourant chacune des grandes épines, on observe un cercle de petits points blancs, les pédicellaires (épines modifiées) (Figure 58). Ces derniers sont particulièrement grands et nombreux parmi les grandes épines situées sur les côtés des sillons ambulacraires. Ils sont formés de trois composantes: un pédoncule basal et deux éléments distaux qui bougent l'un par rapport à l'autre comme les lames d'un ciseau. Les pédicellaires et les épines empêchent que d'autres organismes viennent s'établir sur ces animaux lents.



**Fig 58** : Coupe transversale du bras d'une étoile de mer

Chez les spécimens vivants ou bien conservés, un grand nombre d'évaginations fines et en forme de doigts sont facilement visibles. Ils s'agissent de branchies dermiques qui donnent à la peau une apparence veloutée. Ces branchies sont tapissées à l'extérieur, par de l'épiderme cilié et, à l'intérieur, par la bordure ciliée de la cavité périviscérale. Ces cils externes et internes sont importants dans la diffusion, un processus essentiel à la survie des étoiles de mer.

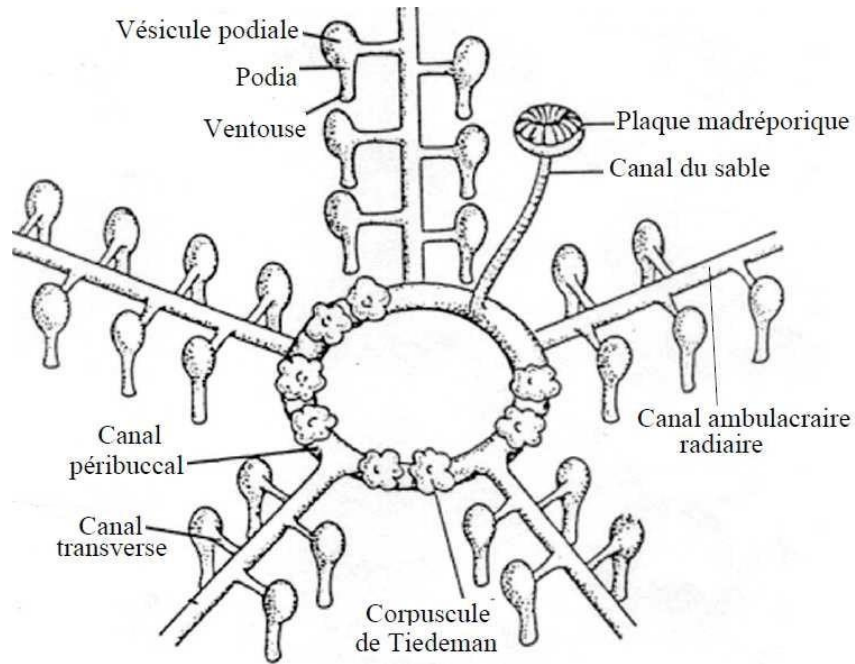
Chaque bras est attaché au disque central. L'orifice du système ambulacraire, le madréporite, ressemble à une passoire et est localisé sur un côté du disque et entre deux des bras (une région appelée l'interambulacre). Les deux bras de chaque côté du madréporite forment le bivium et les 3 autres bras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

### 3-Anatomie interne de l'étoile de mer (=Asterias)

#### ➤ Le système ambulacraire (aquifère)

Le système ambulacraire (Figure 59) consiste en un anneau aquifère, un canal hydrophore qui relie le madréporite à l'anneau aquifère et en cinq canaux radiaires. L'anneau aquifère

possède 9 corps de Tiedemann. À l'endroit où l'on s'attendrait à trouver le dixième, on trouve l'embranchement entre le canal hydrophore et l'anneau aquifère.



**Fig 59 :** Principales structures du système aquifère

Les vésicules de Polian sont habituellement situées sur le canal annulaire, mais elles sont absentes chez les espèces du genre *Asterias*. Les canaux radiaires, qui sont cachés par les osselets ambulacraux suivent le centre de chaque bras et sont reliés aux pieds ambulacraires. Les ampoules (ampullae) des pieds ambulacraires, en forme de bulbes, se projettent dans la cavité périvercérale et devraient pouvoir être observées dans chaque bras lorsqu'elles passent au-dessus de la crête ambulacraire.

✓ Le système digestif

La bouche conduit à un oesophage extrêmement court qui aboutit dans un grand estomac. L'estomac est divisé en portions cardiaque et pylorique. La portion cardiaque est la plus grande et est réversible par la bouche. Beaucoup d'étoiles de mer se nourrissent de Mollusques bivalves en sortant leur estomac par la bouche et en l'insérant entre les deux valves de la coquille du mollusque. Des enzymes digestives sont relâchées dans le mollusque et une digestion extracorporelle se produit. D'autres aliments, tels que de petits poissons et crustacés peuvent être engloutis en entier.

Vers la face aborale l'estomac pylorique qui présente une forme pentagonale et aplati (Figure 60). Il est beaucoup plus petit que l'estomac cardiaque. À chaque angle du pentagone, il y a un gros conduit qui mène à une paire de diverticules (caecums) pyloriques ou gastriques situés dans chaque bras. Ces structures occupent pratiquement tout l'espace de la cavité périvercérale et sont faites de branches qui se ramifient de plus en plus jusqu'à ce qu'elles aboutissent dans un groupe de lobules. L'intérieur du système digestif est tapissé de cils qui provoquent le mixage constant de son contenu. Les parois des caecums sécrètent des enzymes digestives et agissent aussi comme des organes de stockage. Le court rectum passe du milieu de la face aborale de l'estomac pylorique vers le haut pour se terminer dans un anus. Ces deux dernières structures peuvent ne pas être apparentes immédiatement puisque les résidus non digérés sont souvent régurgités plutôt qu'expulsés par l'anus.

✓ Le système reproducteur

Les gonades sont des structures paires disposées à la base des bras. Leur taille varie selon le stade reproducteur de l'animal. Les gamètes sont libérés par des gonopores situés sur les côtés du disque central (Figure 60).

✓ Le système nerveux

Le système n'est pas très complexe et son organisation est simple. Elle consiste en un réseau nerveux diffus. Un anneau nerveux et des nerfs radiaux associés avec chaque bras sont impliqués dans la coordination de l'alimentation et le mouvement des pieds ambulacraires. À l'extrémité de chaque bras un des pieds ambulacraires est modifié et à une fonction photoréceptrice (Figure 60).

✓ Les systèmes excréteur et respiratoire

Les systèmes excréteur et respiratoire sont absents chez ces animaux. Les branchies dermiques procurent une importante surface d'échange entre l'environnement extérieur et le contenu des cavités périviscérale et ambulacraire. Les deux cavités sont aussi tapissées de cils et le mixage constant de leur contenu assure un gradient de diffusion suffisamment important pour assurer la diffusion des déchets et de l'oxygène (Figure 60).

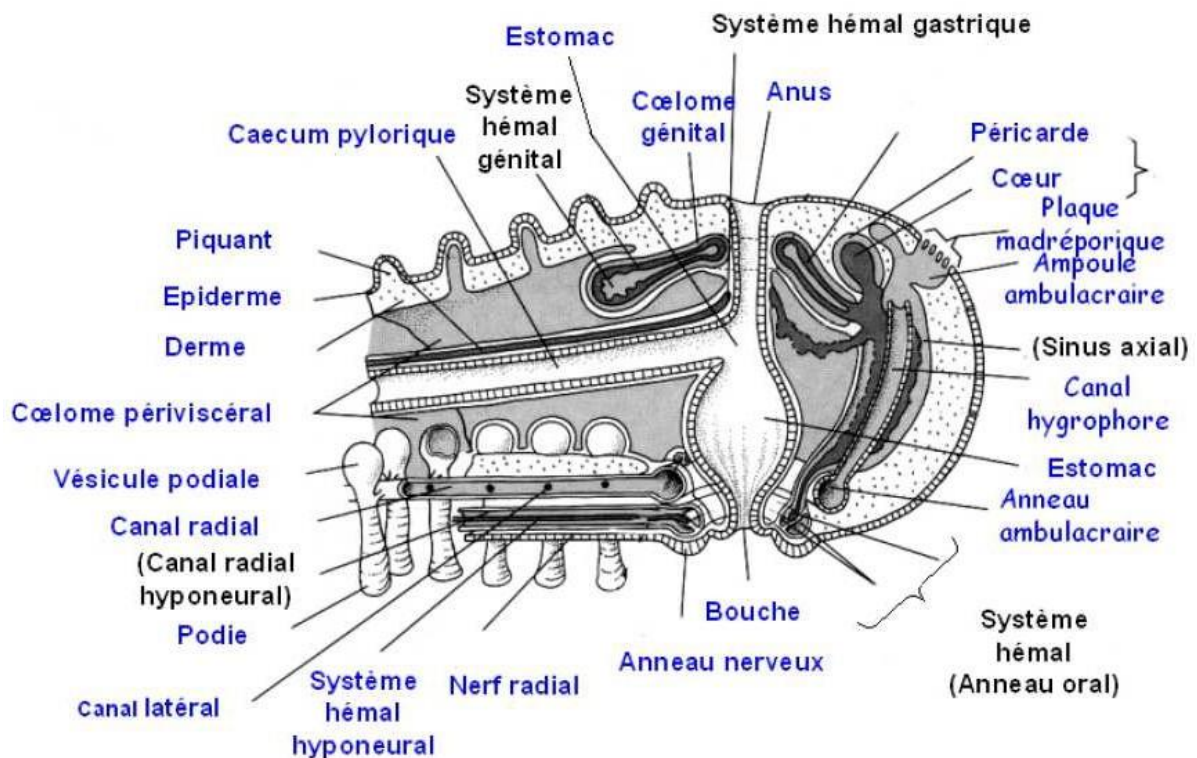


Fig 60 : Disposition générale des systèmes anatomiques

### 3 – Systématique

Cinq classes, très différentes d'aspects, constituent cet embranchement original :

1. les holothuries ou concombres de mer ;
2. les astérides ou étoiles de mer ;
3. les ophiurides ;
4. les crinoïdes ;
5. les échinidés ou oursins.

### 4-Classification de Linne

La présence de piquants ("echinos") ou endosquelette formé de pièces calcaires et un système épithéloneurien individualisent ce groupe dans cette classification.

L'embranchement des Echinodermes présente deux sous-embranchements :

◆ Sous-embranchement des pelmatozoaires

Animaux très primitifs.

Cupule avec cirres liée à d'autres cirres ou au sédiment par un pédémule.

Présence d'un calice (corps) portant la bouche et l'anus et entouré de "bras" (= cires).

Ces animaux sont tous fossiles sauf les Crinoïdes.

◆ Sous-embranchement des eleutherozoaires

Présence de plaques calcaires soudées, articulées ou libres.

Partie 3 : Sous règne des Metazoa (Métazoaires, Vertébrés)

## I-Généralités

### 1-Introduction

Les Vertébrés sont des animaux à symétrie bilatérale qui possèdent un squelette interne osseux ou cartilagineux incluant au moins une colonne vertébrale et un crâne. Les Vertébrés sont aussi pourvus d'appendices qui permettent les mouvements et la manipulation de l'environnement. Ces appendices prennent des formes aussi variées que les nageoires et la queue des poissons où les mains et les bras spécialisés des humains. Certaines espèces ont une peau lisse couverte de mucus, d'autres sont pourvues d'une solide carapace osseuse et d'autres encore ont une couche isolante constituée de poils ou de plumes.

### 2- Les caractères fondamentaux

Le caractère essentiel des vertébrés est la superposition de quatre organes :

- Le système nerveux.
- La corde.
- L'aorte.
- Le tube digestif.
- Le tube nerveux : il correspond à la moelle épinière (ou neuraxe). C'est un creux poursuivi par le canal rachidien qui contient le liquide céphalorachidien dont la composition est proche de celle du plasma.
- Les fentes branchiales : elles ne subsistent à l'état adulte que chez les vertébrés aquatiques. Elles s'ouvrent au niveau du pharynx, associées à la structure pharyngotrème.
- La notocorde : c'est l'axe de soutien dorsal qui disparaît à l'état adulte, où il sera remplacé par une formation squelettique : le rachis. Ce dernier est composé d'une succession de vertèbres ayant des formations osseuses métamériques.
- L'endosquelette : c'est le squelette interne, entouré de tissus. Il a une structure axiale avec, à l'avant, le crâne, et à l'arrière, le rachis. Chez l'Homme, bipède, le rachis s'est redressé à la verticale pour donner la colonne vertébrale. Le système nerveux central est dans le squelette, comme la moelle épinière est dans le rachis. Cet endosquelette sert donc à protéger les organes fragiles comme le système nerveux central. Le crâne est très caractéristique de chaque espèce.
- La queue : elle est postérieure (à l'arrière de l'anus) et présente une forte musculature. Elle était à l'origine un organe locomoteur.
- Le cloaque : c'est une invagination du tégument formant une poche qui débouche à l'extérieure par un orifice unique. Dans le cloaque débouchent le rectum (terminaison du tube digestif), les canaux urinaires et génitaux. Toutefois, chez les mammifères supérieurs, le cloaque se cloisonne pour chacun des orifices.

---

– L'ectoderme : il donne naissance à un tégument pluristratifié : c'est le cas de l'épiderme. A la base, on a une assise de cellules dites génératrices, qui produisent en permanence des cellules repoussées vers l'extérieur. Au fur et à mesure, elles se chargent de kératine. Progressivement, la quantité de kératine augmente et les cellules meurent. Ces cellules mortes vont s'exfolier. Dans certains cas, ce tégument ne s'exfolie pas mais est changé dans son intégralité : on parle alors de mue.

Le tégument peut produire des phanères visibles. Si elles sont produites par le derme, elles donneront des formations osseuses (écailles de poissons et cornes de cervidés). Si elles sont produites par l'épiderme, on obtiendra avec la kératine des formations cornées (griffes, ongles, plumes, poils, écailles de reptiles, cornes creuses des vaches)

### 3 - L'origine embryonnaire des organes

Le coelome se creuse et donne 2 sacs qui, en se séparant, formeront deux régions morphologiques :

- Une partie dorsale (le myotome) qui entoure une cavité omyocète, les somites (segments para axiaux), avec une métamérie typique.
- Une partie ventrale (inférieure) : le splanchnotome (lame latérale) où les sacs fusionnent en une cavité unique (pas de métamérie).
- On a aussi une pièce intermédiaire métamérisée qui donne un coelome en trois parties : le néphrotome (à fonctions urinaire et génitale).

Les somites vont proliférer et combler la cavité en donnant les muscles striés. C'est pourquoi ces muscles ont une succession métamérique.

La pièce intermédiaire donne essentiellement l'appareil excréteur en formant la cavité coelomique, unique au départ, puis donnant la cavité abdominale, scindée à l'avant pour donner la cavité péricardique (où se formera le cœur).

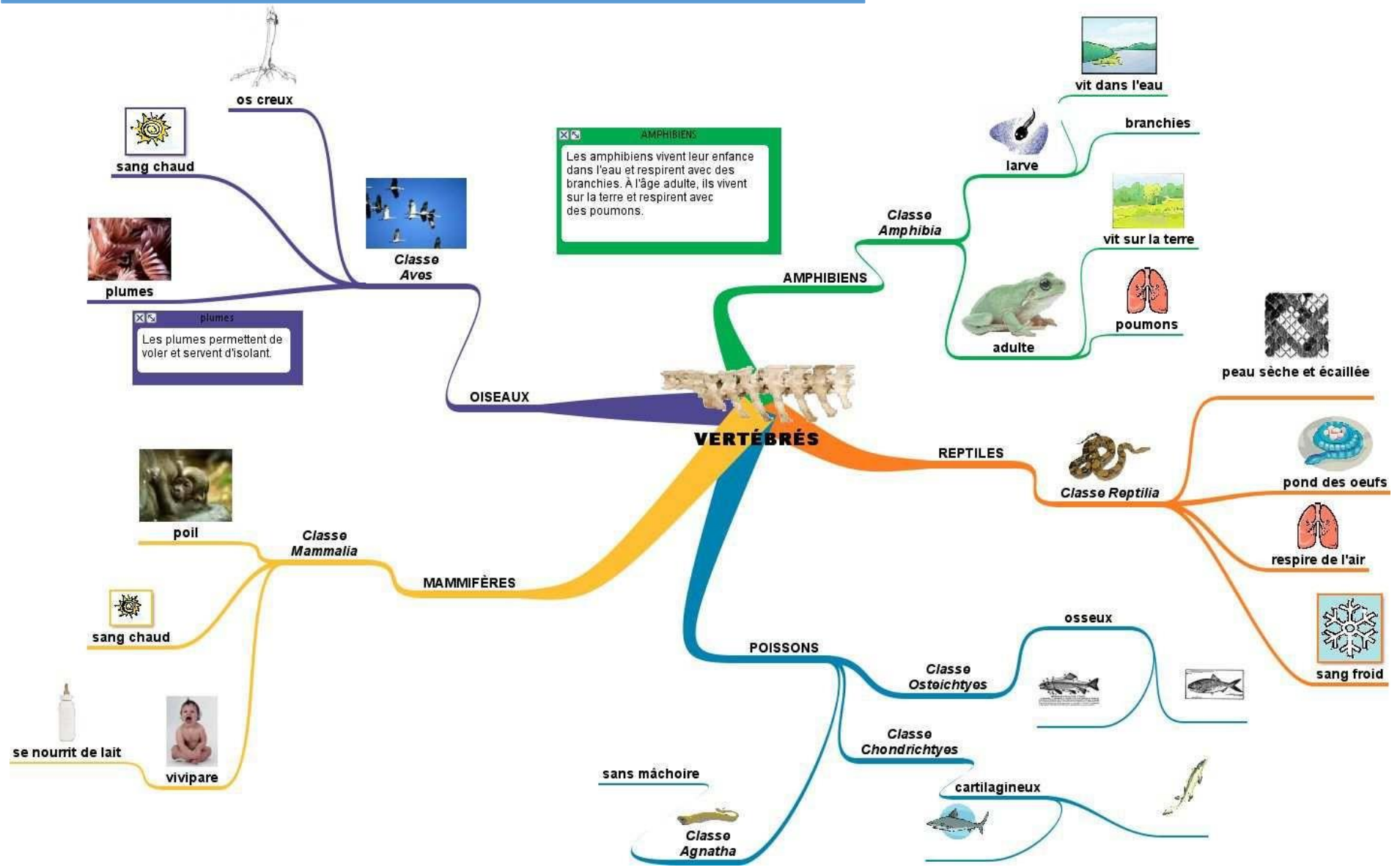
Les somites émettent en direction du tube nerveux un prolongement : le schlérotome. C'est une zone de prolifération cellulaire dont les cellules formées vont se détacher et migrer pour entourer le tube nerveux. Ce phénomène donnera naissance aux vertèbres. Les somites étant métamérisées, les vertèbres le seront aussi.

L'endoderme donne le tube digestif. La paroi interne du sac coelomique forme la splanchnopleure : tissu de suspension des organes dans la cavité abdominale.

#### 4 -Classification

Tableau: Classification de vertébrés

<b>Gnathostomes</b>	<b>Tétrapodes</b>	<b>Mammifères</b>		<b>Thériens Placentaires</b> <b>Marsupiaux</b> <b>Prothériens</b> <b>Monotrèmes</b>
		Sauropsidés	Oiseaux	Archéornithes Enantiornithes Odontornithes Néornithes Paléognates Néognates
			Reptiles	Reptiles fossiles Dinosaures, etc. Crocodyliens Squamates Sauriens (Lézards) Ophidiens(Serpents) Amphisbénien Chéloniens(Tortues)
		Batraciens Amphibiens	Aspidospondyles	Anoures Labyrinthodontes Phyllospondyles
			Urodélomorphes	Urodèles Lépospondyles Apodes
		Poissons à mâchoires	Ostéichthyens Poissons osseux	
	Chondrictyens Poissons cartilagineux		Elasmobranches Holocéphales	
	<i>Agnathes</i> (poissons sans mâchoires)	Céphalaspidomorphes		Petromyzontes (Lamproies).
Myxinés		Myxinoïdés (Myxines).		
Ptéraspidomorphes				



## II - Phylogénie des vertébrés

### 1- Super classe des poissons

Les poissons représentent le groupe le plus nombreux de l'embranchement des vertébrés dont ils représentent environ la moitié des espèces. 20 000 espèces de poissons dont 60% vivant dans les mers. L'eau et l'air sont deux niches écologiques très différentes qui a travers la densité, la conductance, les variations ioniques, la disponibilité d'O<sub>2</sub>, les nutriments et la lumière conditionnent la grande hétérogénéité de la super-classe des poissons.

### 2- Evolution et classification

Les poissons sont apparus au Dévonien (-400 millions d'années). Ils représentent à ce jour 3 des 7 classes de vertébrés (Figure 61).

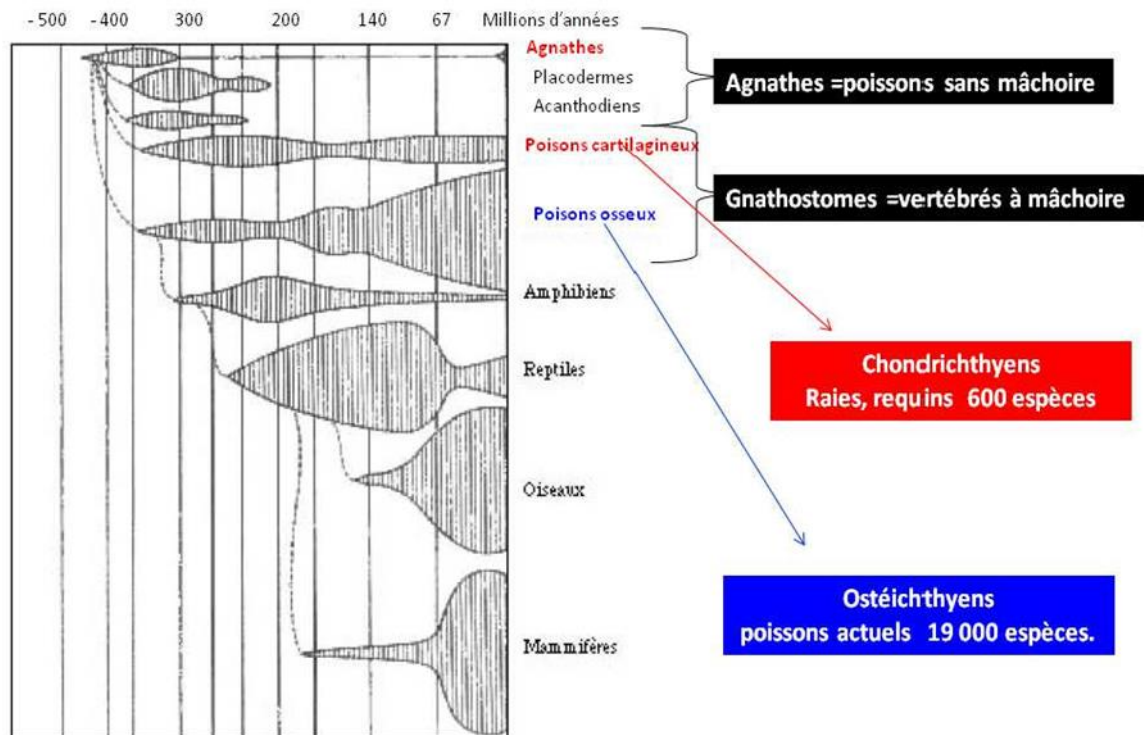


Fig 61 : Evolution et classification des poissons

### I - Les Agnathes (sans mâchoire)

#### 1- Caractéristiques générales :

Ce groupe réunit tous les Vertébrés aquatiques pisciformes sans mâchoires (détritivores, parasites ou microphages) actuels (Myxines et Lamproies c'est à dire les Cyclostomes) et fossiles.

- La corde persiste chez l'adulte.
- Squelette cartilagineux plus ou moins important
- L'appareil branchial dépend du pharynx dont il tend à se séparer.
- Pas d'arcs branchiaux ni de vertèbres.
- Cellules sexuelles émises directement dans la cavité cœlomique.

## 2-Classification

*-Classification de Linne :*

◆ Sous-classe des cephalaspidomorphes : 3 super-ordres dont 2 fossiles.

- Super-Ordre des Ostéostracés (fossiles).
- Super-Ordre des Anapsides (fossiles).
- Super-Ordre des Pétromyzontidés :
  - Bouche circulaire transformée en ventouse renfermant de nombreuses dents cornées.
  - Corps anguliforme avec deux nageoires dorsales et une caudale.
  - Racines dorsale et ventrale des nerfs spinaux non réunies.
  - Développement indirect (métamorphose), reproduction en eau douce.

Exemples : Petromyson et Lampetra fluviatilis.

◆ Sous-classe des Pteraspimidomorphes : 2 super-ordres dont un fossile.

- Super-Ordre des Hétérostracés (fossiles).
- Super-Ordre des Myxinoïdes.
  - Vie dans les vases marines, se nourrissent de poissons malades ou morts.
  - Narine ouverte à l'extérieur en avant de la bouche et en arrière de la cavité buccale.
  - Lèvres peu épaisses avec deux paires de tentacules.
  - Une seule nageoire : la caudale.
  - Racines dorsale et ventrale des nerfs spinaux réunies.
  - Pas de métamorphose, pas de phase larvaire, œufs méroblastiques ; vie entièrement marine.

Exemples : Myxine (Atlantique Nord, Méditerranée), Bdellostoma (Pacifique, Atlantique).

## 3-Classification phylogénétique (cladistique)

Dans le clade des Deutérostomiens, les Myxinoïdes et les Pétromyzontidés (Lamproies) sont différenciés par la présence d'une corde (Chordés), par le fait qu'ils ont des muscles différenciés (Myomérozoaires) et un crâne (Crâniates).

Intérêts de l'embranchement

Datation des terrains géologiques à l'aide des espèces fossiles. Consommation en Asie ou en Europe

## II - Les Gnathostomes

Les poissons se sont ensuite dotés de mâchoires, constituant la gnathostomes. Cette Super-classe se divise en deux classes :

- ✓ **Chondrichthyens** : poissons cartilagineux. Ex : raies, requins. 500–600 espèces
- ✓ **Ostéichthyens** : poissons osseux, majorité des poissons que nous connaissons. 19000 espèces.

### ✓ 1- La morphologie

Les poissons possèdent une symétrie bilatérale (à de rares exceptions comme la limande, la plie). Le corps est divisé en 3 parties : La tête avec un système nerveux plus ou moins développé, le tronc et la queue (Figure 62).

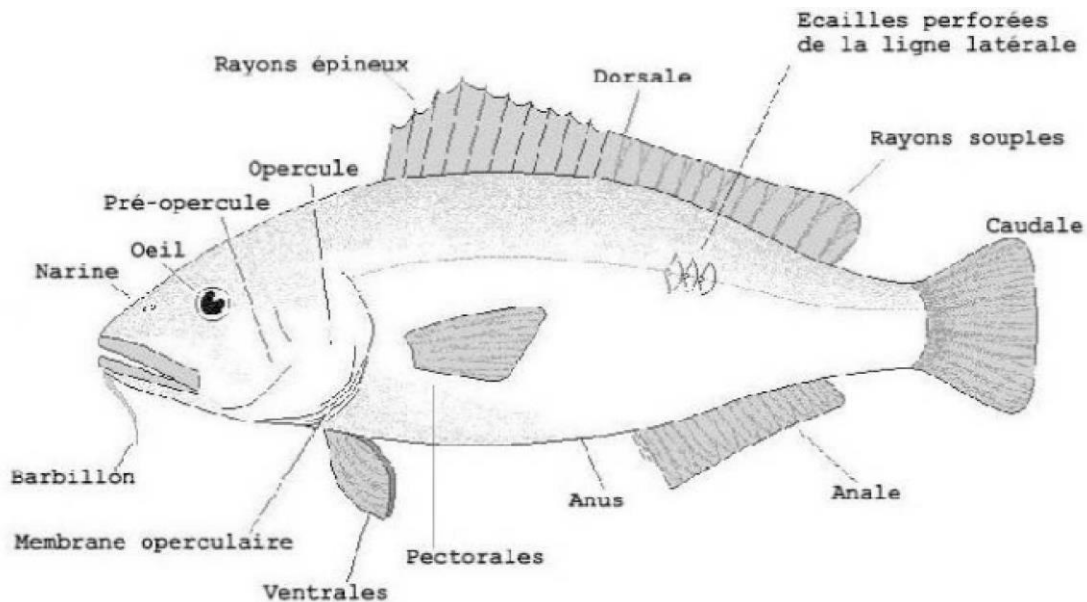


Fig 62 : Aspect générale d'un poisson osseux

### ✓ 2- Nageoires et locomotion

Les nageoires, membres de la navigation, ont chacune un rôle bien précis.

- **La ou les nageoires dorsales** (Rôle: Neutralise le roulis et les embardées).
- **Les Pectorales** (Rôle: Stabilisation latérale, changement de direction, freinage).
- **Les Ventrales ou Pelviennes** (Rôle: Stabilisent la nage et contribuent au changement de direction)

- **L'anale** (Rôle: Neutralise le roulis et les embardées, comme la dérive d'un bateau).
- **La Caudale** (Rôle: Propulsion et freinage).

### ✓ 3-La vessie natatoire

C'est un sac rempli de gaz qui sert essentiellement d'organe hydrostatique. Le poisson équilibre son poids en fonction de la profondeur. Remontés trop rapidement, ces poissons subissent un accident de décompression. Leur vessie se gonfle, parfois jusqu'à éclater, sous la brusque dilatation des gaz et provoque la rétroversion de leur estomac. Mais tous les poissons ne possèdent pas de vessie natatoire. Toujours plus lourds que l'eau, ces poissons vivent sur le fond comme les raies, les poissons plats, les blennies, ou sont obligés de nager en permanence pour se maintenir à la profondeur voulue comme les maquereaux et les requins. Darwin pensait que la vessie natatoire avait donné naissance aux poumons. Actuellement, on pense que c'est l'inverse qui s'est produit. Les poissons d'eau douce du Dévonien respiraient à l'aide de poumons qui se sont transformés en vessies natatoires lorsque les Téléostéens sont retournés à la mer. Certains Téléostéens vivant en eaux mal oxygénées utilisent de nouveau leur vessie natatoire comme poumon.

### ✓ 4- La peau et les écailles

La peau des poissons se compose de 2 couches principales : l'épiderme superficiel et le derme profond. Elle peut présenter des aspects très différents : Coloration variable, Lisse et souple comme chez la murène, couverte de denticules chez les poissons cartilagineux ou encore couverte d'écailles

Les sécrétions de nombreuses glandes à mucus donnent au cours son aspect visqueux caractéristique, permettant entre autres de réduire la friction du milieu aquatique.

La croissance des animaux marins est influencée par les variations saisonnières de température. Le constituant principal des écailles est la kératine. L'alternance du développement entraîne la succession, sur les écailles, de zones claires (croissance rapide et faible concentration en kératine) et de zones sombres (croissance ralentie, concentration de la kératine) (Figure 63). L'analyse des écailles, même si elle peut être faussée par de nombreux facteurs, peut participer à l'estimation de l'âge d'un poisson.

### ✓ 5- Le squelette

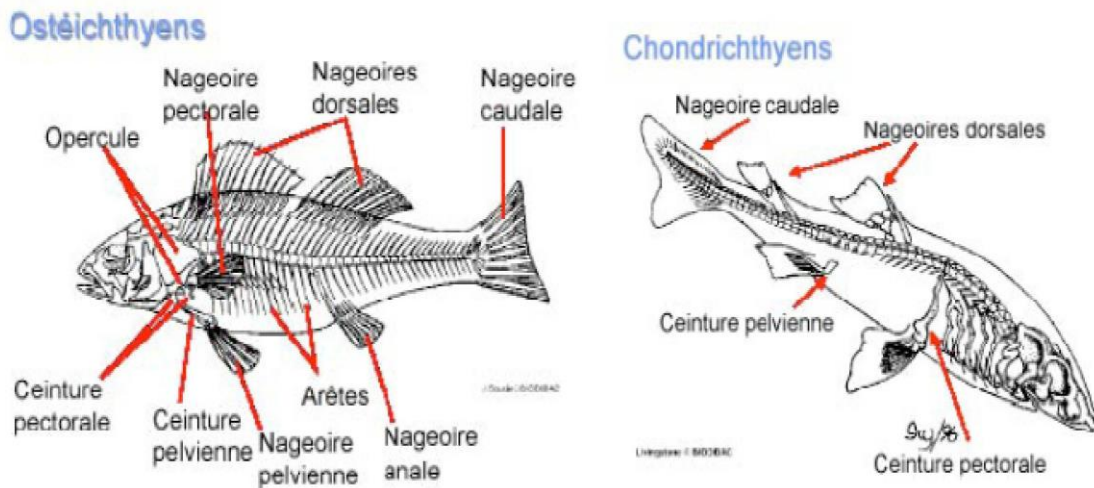
Les poissons possèdent un **squelette interne**. Le crâne est une partie importante du squelette, souvent formé par de nombreux os, reliés par des parties cartilagineuses. Il peut être articulé, notamment au niveau des opercules branchiaux (Figure 64).



**Fig 63** : Présentation des stries des écailles

Une colonne vertébrale est présente tout le long du corps et abrite une partie du système nerveux. Se prolongeant jusqu'au bout du lobe supérieur de la nageoire caudale des poissons cartilagineux, elle explique sa disymétrie.

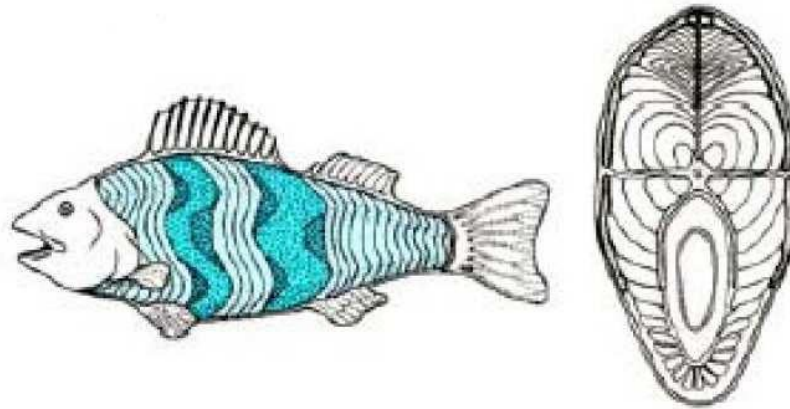
Sur cette colonne vertébrale s'articulent : des ceintures osseuses, supports des nageoires, des prolongements épineux rigidifiant les nageoires impaires et des paires de côtes protégeant les viscères



**Fig 64** : Caractéristiques générales du squelette chez les poissons

✓ **6- La musculature**

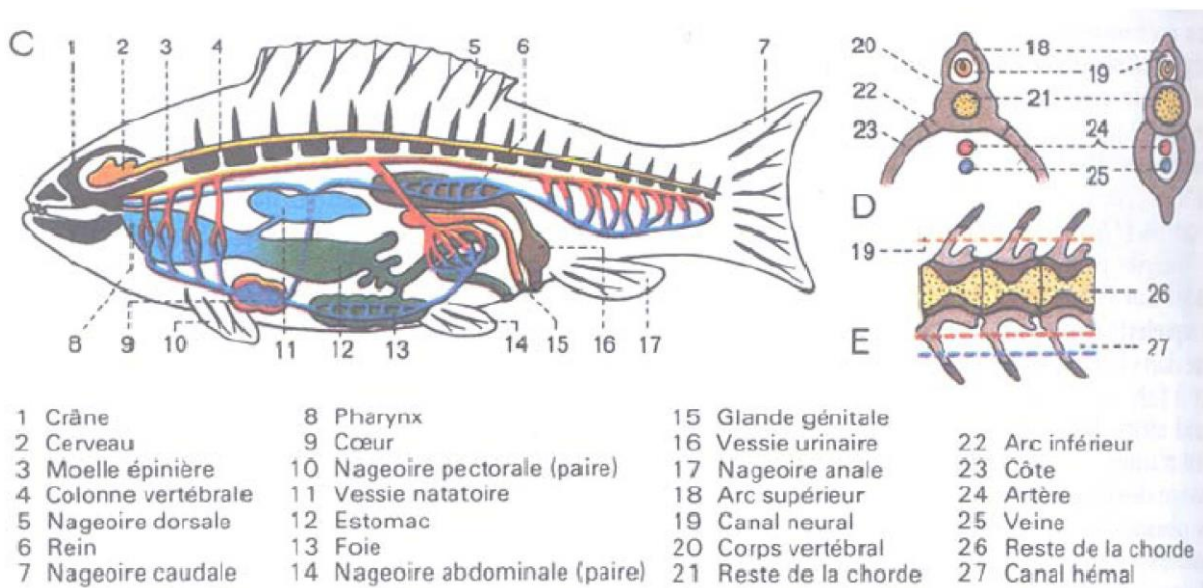
Il n'y a pas de système tendineux reliant les muscles au squelette. Le poisson a des cellules musculaires disposées parallèlement et reliées à des gaines de tissu conjonctif qui sont accrochées au squelette et à la peau. Chez les poissons pélagiques qui nagent pratiquement en permanence, la proportion de muscles rouges (pour l'endurance) est très importante. Les poissons vivant sur le fonds ne possèdent quasiment que des muscles blancs (pour les mouvements importants mais brefs) (Figure 65).



**Fig 65 :** Disposition de la musculature

✓ **7- Le système digestif**

Il comprend bouche, œsophage, estomac, intestin et rectum. Le système digestif comporte également un pancréas et un foie. Le foie est particulièrement important chez les cartilagineux car c'est la masse d'huile stockée dans cet organe qui assure la flottabilité de l'animal (Figure 66).



**Fig 66 :** Anatomie interne d'un poisson

### ✓ 8- L'appareil circulatoire

Le cœur des poissons est plus simple que celui de l'homme. Il est constitué d'une suite linéaire d'éléments formant une pompe à sens unique (Figure 67).

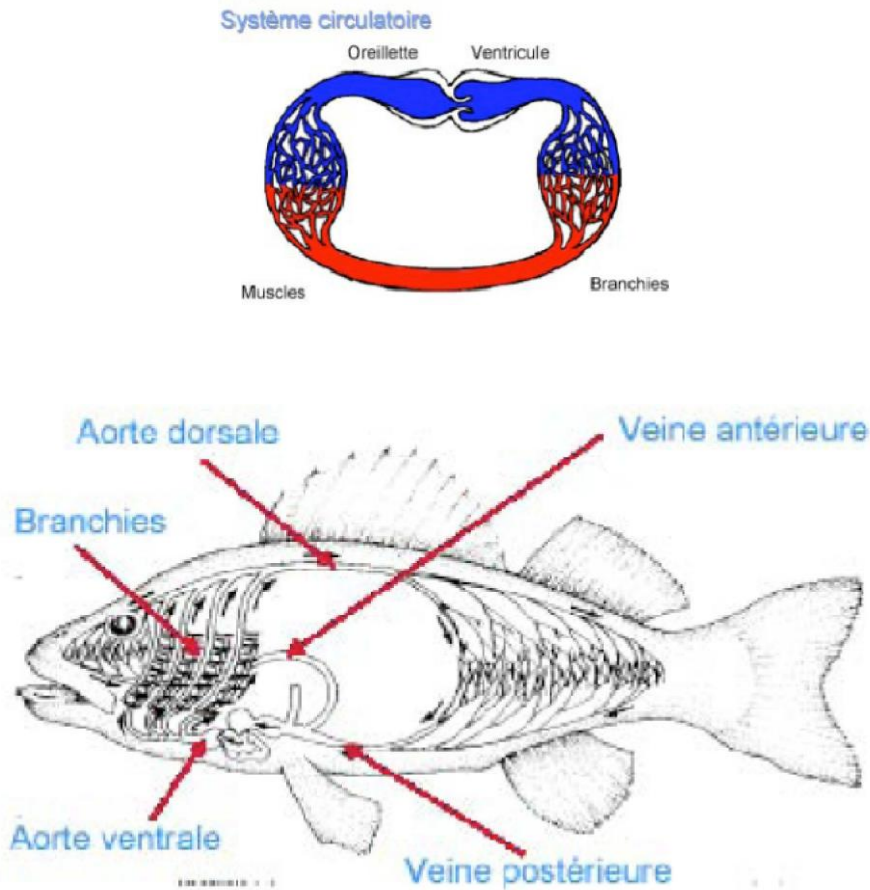


Fig 67 : Organisation du système circulatoire

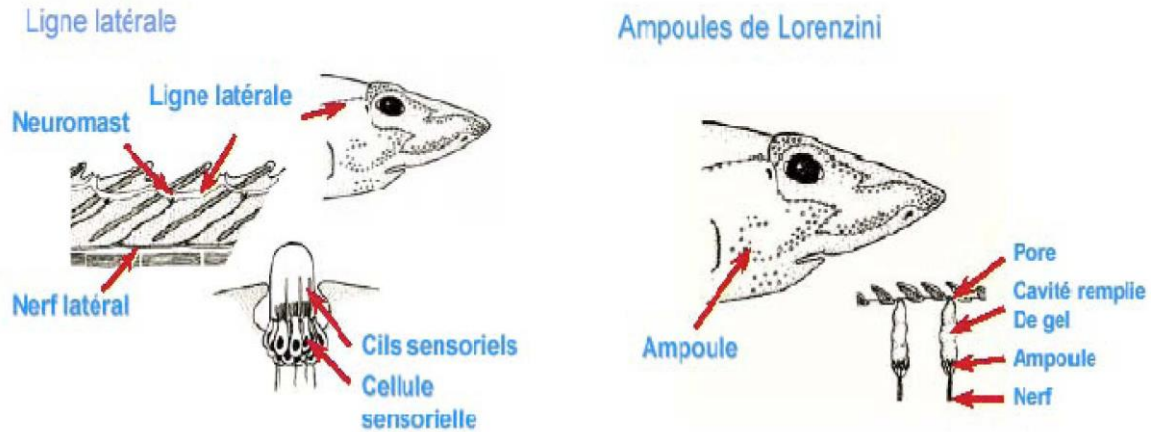
### ✓ 9- Le système nerveux

Il comprend l'encéphale, la moëlle épinière et les nerfs. Les nerfs sensitifs reçoivent des informations des organes des sens : narines, yeux, oreilles, récepteurs cutanés.

Certaines différences subsistent par rapport à l'homme :

- Le système de mise au point de la netteté de l'image se fait dans l'œil par le déplacement du cristallin.
- L'oreille moyenne est absente
- Présence d'une ligne latérale de récepteurs cutanés

La ligne latérale permet la perception de variations de la pression (changement de profondeur, obstacles, sons), et parfois de variations de potentiels électriques. Cette faculté permet de maintenir la cohésion des bancs de poissons (Figure 68).



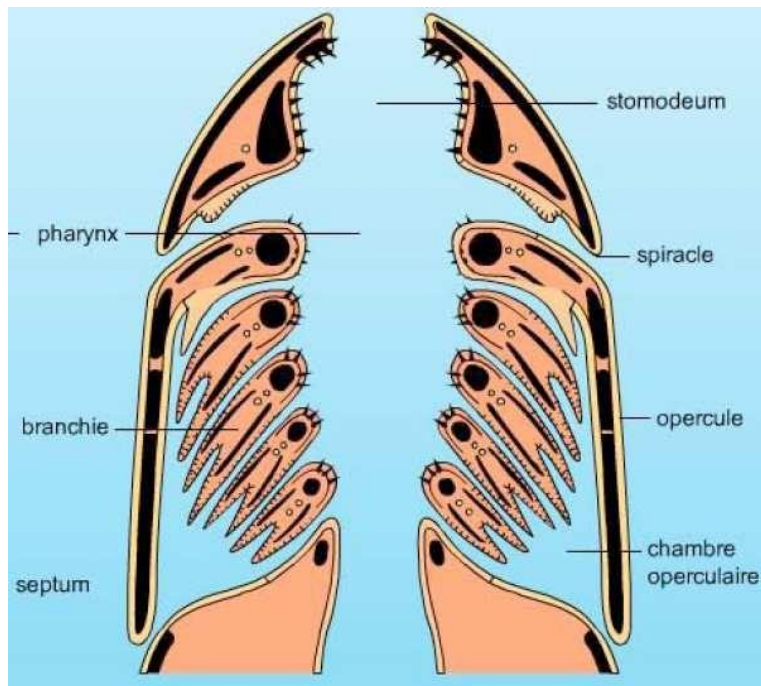
**Fig 68** : Présentation des organes de perception

#### ✓ 10- Branchies et Respiration

Les branchies sont l'organe caractéristique des poissons. Elles impriment un effet marqué sur l'anatomie et le fonctionnement de tout le reste de l'organisme. Situées à l'interface environnement milieu intérieur, les branchies sont l'organe d'échange par excellence et remplissent des fonctions essentielles : Respiration, Osmorégulation, Equilibre acido-basique, Excrétion d'ammoniaque, Absorption des certaines molécules, excrétion de substances toxiques et des Fonctions sensorielles

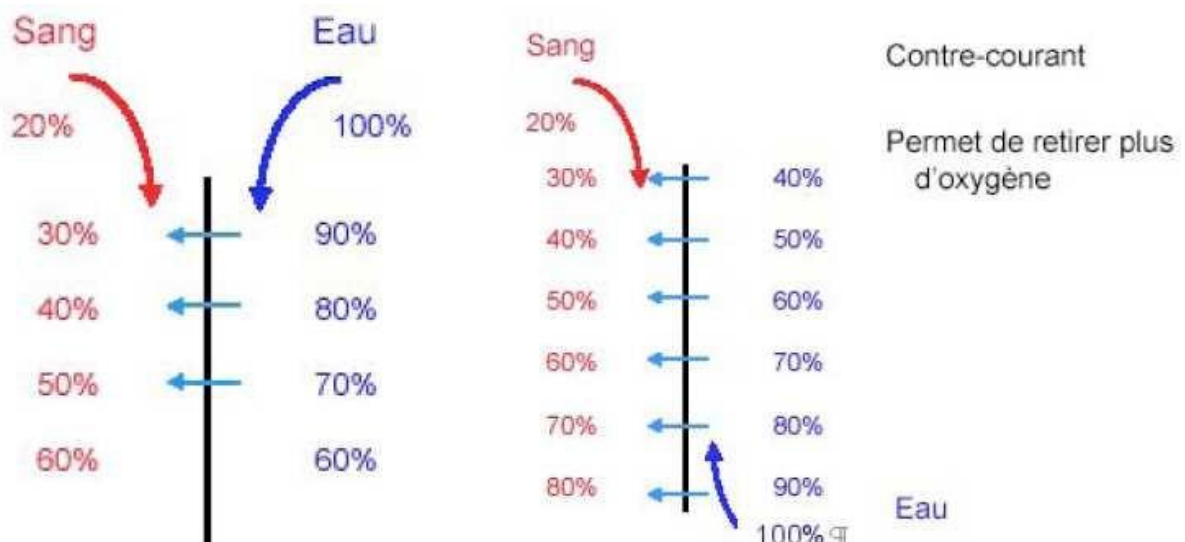
La principale fonction de la branchie est la fonction respiratoire et donc l'échange l'oxygène et le gaz carbonique avec le milieu aquatique. La couleur des lamelles branchiales témoigne d'un flux sanguin très important et leur forme permet une surface d'échange maximale.

Les poissons possèdent le plus souvent 5 paires de branchies (Figure 69), qui communiquent avec le pharynx. Ces branchies sont dites internes car elles sont recouvertes par un opercule. Les mouvements synchronisés des opercules et de la bouche permettent la circulation de l'eau à travers les lamelles branchiales et donc l'apport d'oxygène.



**Fig 69** : Disposition des branchies chez les poissons osseux

Les échanges respiratoires sont dits à contre-courant, c'est à dire que l'eau et le sang circulent en sens inverse (Figure 70). Cela permet une meilleure absorption de l'oxygène par rapport à nos poumons.



**Fig 70** : Sens de circulation du sang et de l'eau

La faible teneur en oxygène de l'eau oblige les poissons à pomper de grandes quantités d'eau tout en maintenant un métabolisme peu actif. Ce grand volume d'eau à filtrer implique une grande dépense d'énergie car l'eau est 800 fois plus dense que l'air.

La grande surface nécessaire à ces échanges sang f eau entraîne une situation critique pour le maintien de l'homéostasie.

### ✓ 11- Osmorégulation

L'environnement ionique du milieu marin est très différent de l'air. Il varie également énormément selon le milieu : eau de mer f saumâtre f douce. Aussi étrange que cela puisse paraître, un poisson osseux en milieu marin doit lutter en permanence contre la déshydratation. Il doit donc boire de l'eau de mer et éliminer la grande quantité d'ions ainsi absorbés.

En eau douce, la situation est inverse. Les poissons osseux boivent très peu et excrètent de grands volumes d'urine. La branchie est chargée de retenir le plus de sels minéraux possible.

Les poissons cartilagineux n'ont eux pas besoin de boire car l'osmolarité de leur organisme est égale à celle de l'eau de mer grâce à l'accumulation d'urée. C'est grâce à une régulation de cette quantité d'urée que certains poissons peuvent passer du milieu marin à l'eau douce (anguille) (Figure 71).

Une osmorégulation optimale est antagoniste d'une respiration maximale ! En cas de danger, le poisson favorisera en premier la fourniture d'oxygène pour s'occuper en second de son osmorégulation.

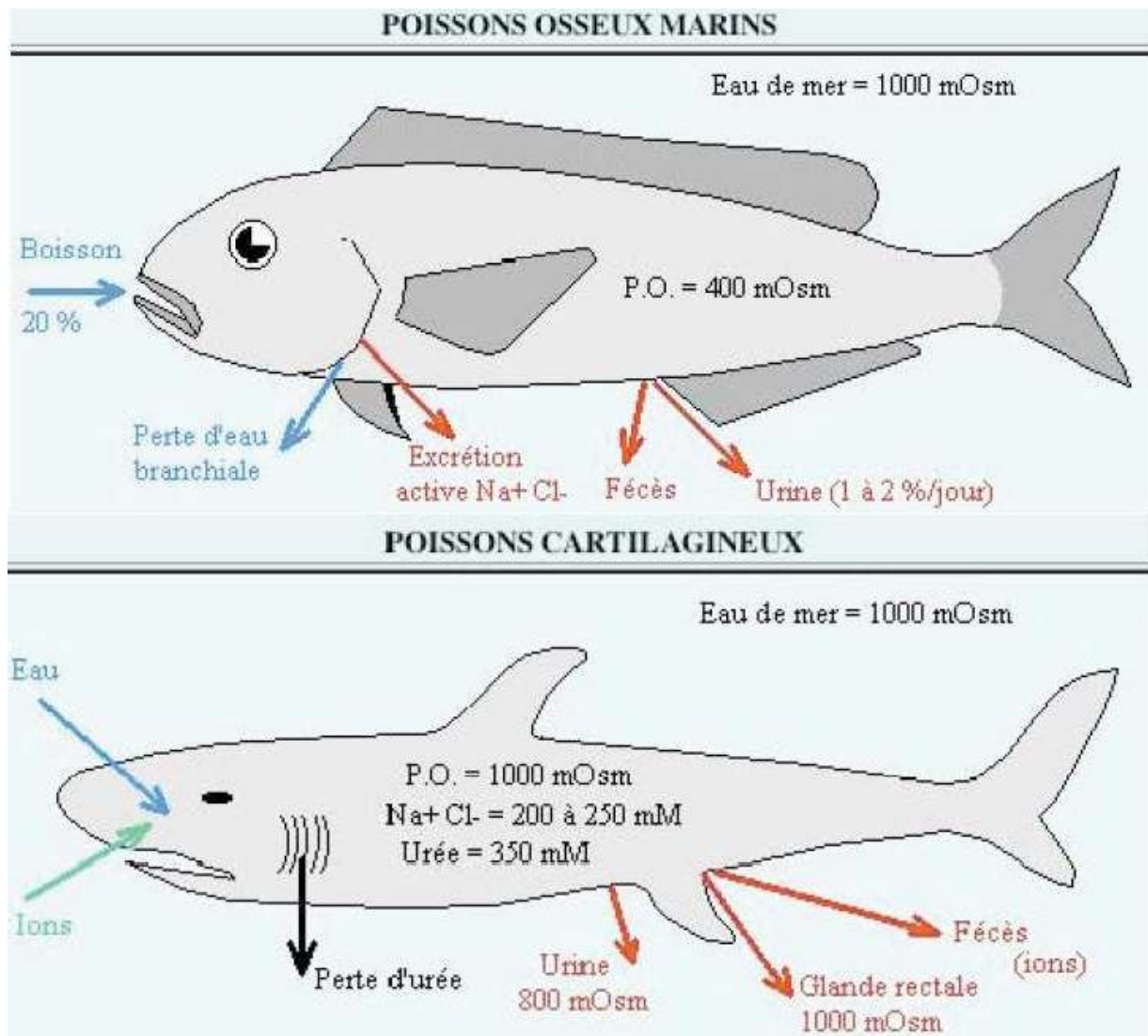
### ✓ 12- Reproduction

Chez les poissons, la reproduction est sexuée. Les sexes sont soit séparés, soit simultanés ou successifs chez les espèces hermaphrodites.

**Sexes séparés:** les individus naissent mâles ou femelles et le restent durant toute leur vie. (ex: le Congre)

**Hermaphrodisme simultané:** chaque individu possède les deux sexes en même temps. En période de reproduction, un des deux sexes devient dominant et l'autre reste inactif. (ex: le Serran)

**Hermaphrodisme successif:** deux cas se présentent. Soit un individu naît mâle et devient femelle au cours de sa vie (c'est un hermaphrodite protandre) ou naît femelle puis devient mâle au cours de sa vie (c'est un hermaphrodite protogyne). Le premier cas concerne les Sparidae (Daurades, Sars...); le second cas concerne les Labridae (Girelles, Crénilabres, Vieilles ..)



**Fig71** : Gestion de l'osmorégulation chez les poissons

---

### ✓ 13-Alimentation

Les régimes alimentaires des poissons sont très variés et leur importance change d'une mer à l'autre.

**Le phytoplancton** est la première source de nourriture pour de très nombreuses larves. Ce régime phytoplanctonique ne dure souvent que quelques heures. Les larves se nourrissent ensuite de zooplancton.

**Les poissons herbivores** (se nourrissant d'algues et de phanérogames) sont peu nombreux en Méditerranée (ex : les saupes), contrairement aux mers tropicales.

Les poissons omnivores (se nourrissant de végétaux et d'animaux) sont assez peu nombreux (ex : blennies, tryptérygions, certains gobies). On rencontre également certaines espèces détritivores.

La majorité des poissons sont donc carnivores. Certains sont zooplanctonophages (se nourrissant du zooplancton) même au stade adulte, comme les sardines, les anchois. D'autres sont des brouteurs d'invertébrés (éponges, bryozoaires, hydriaires). La plupart des carnivores benthiques se nourrissent de petits crustacés (crabes, crevettes), comme les labres, les girelles, les rascasses et les hippocampes. Les vers et les mollusques sont également souvent consommés, notamment par les raies et la dorade royale. Les gros carnivores comme les mérus, les congres, les murènes peuvent se nourrir d'autres poissons mais chassent aussi activement crabes, crevettes, poulpes et seiches. Les piscivores enfin ont un régime exclusivement composé de poisson. C'est le cas des grands prédateurs pélagiques comme le thon, les requins, les carangues et les barracudas. La baudroie possède même un filament pêcheur qu'elle agite devant sa bouche pour attirer les petits poissons !

### **III- La classe des Amphibiens**

Les Amphibiens, ainsi nommés à cause de leur mode de vie à la fois et successivement aquatique et terrestre, également appelés Batraciens, descendent d'un groupe de poissons osseux qui ont conquis la terre ferme au cours de l'ère Primaire, au Dévonien.

Dans notre faune, la Classe des AMPHIBIENS se divise en deux Ordres : - l'Ordre des URODÈLES, au corps relativement allongé, à pattes égales, qui se déplacent au sol en marchant et qui gardent leur queue bien développée toute leur vie. - L'Ordre des ANOURES, au corps trapu, dont les pattes postérieures sont plus développées et adaptées au saut, et dont la queue régresse à la fin de la métamorphose.

#### **1-La peau**

Les Amphibiens actuels ont perdu les écailles de leurs ancêtres. Leur peau est ainsi nue et lisse, c'est pourquoi on les appelle les Lissamphibiens. Cette peau, constituée du derme et de l'épiderme, est très mince et permet les échanges gazeux et hydriques. Elle est fragile et sujette à la dessiccation. Entre le derme et l'épiderme se trouvent des cellules pigmentées, les Chromato - phores, responsables de la coloration des animaux et de leurs changements de couleurs, permettant ainsi le camouflage par homochromie ou au contraire, les couleurs d'avertissement.

Dans l'épiderme, existent deux types de glandes :

- des glandes granuleuses qui sécrètent un venin, plus ou moins toxique selon les espèces, qui protège les animaux vis-à-vis des prédateurs, mais seulement par résistance passive ;
- des glandes muqueuses, qui sécrètent une substance visqueuse, le mucus, qui se répand à la surface de la peau comme une pommade et la protège contre la dessiccation.

Cette protection a cependant des limites, et la plupart des Amphibiens, même les espèces les plus terrestres, fréquentent les lieux humides et sont surtout actifs soit la nuit soit par temps de pluie.

La présence de l'eau est le facteur du milieu le plus important parmi leurs exigences. Périodiquement, la partie superficielle de l'épiderme, constituée de cellules mortes, se détache et s'en va en lambeaux, c'est la mue. Chez beaucoup d'espèces d'Anoures, l'animal mange sa mue.

#### **2- Le cloaque**

Chez les larves d'Amphibiens, l'appareil digestif débouche séparément à l'extérieur par un anus, comme chez la plupart des Poissons. Chez les Amphibiens adultes, les débouchés des appareils digestif, génital et urinaire se regroupent en un orifice unique, le cloaque, que l'on retrouvera chez les Reptiles.

---

### **3-La respiration**

Les larves d'Amphibiens respirent dans l'eau à l'aide de branchies, comme les Poissons. Pendant la métamorphose, les branchies régressent tandis que se forment des poumons, qui permettront aux animaux de respirer à l'air libre à l'état adulte. En plus de cela, pendant toute leur vie, les Amphibiens ont une respiration cutanée très importante, dans l'eau comme à l'air libre, grâce à la faible épaisseur de leur peau.

### **4- Les sens**

Les yeux sont très globuleux chez les Amphibiens. Par le jeu de la dilatation ou de la contraction de la pupille, ils permettent - tent une vision diurne et nocturne. Cependant les Amphibiens sont plus sensibles aux mouvements qu'aux formes et aux couleurs. Étant donnée l'absence de palais, ils peuvent s'enfoncer dans la cavité buccale lors de la déglutition. Les narines, situées au bout du museau permettent l'olfaction ainsi que la respiration. Les oreilles externes, munies d'un tympan tendu comme une peau de tambour, situées en arrière de l'œil, perçoivent les sons, dans l'air comme dans l'eau. À noter que lorsqu'un Amphibien adulte ne sort que la tête de l'eau, il voit, il sent, il entend et peut respirer de l'air.

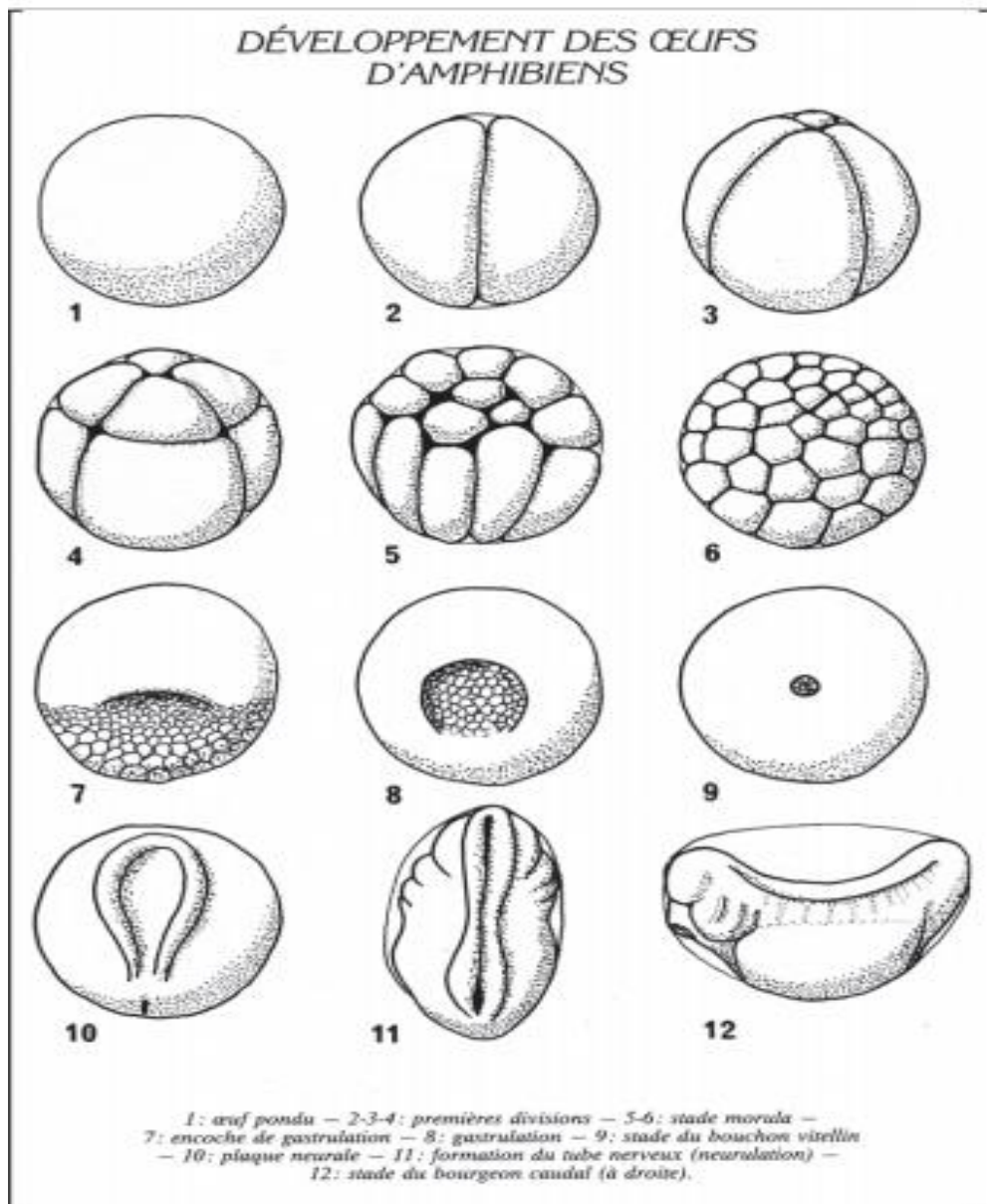
### **5- L'hétérothermie**

Les Amphibiens, comme leurs ancêtres les Poissons, ne produisent pas de chaleur, cependant leur métabolisme en a besoin. Ils ne sont pas « à sang froid » mais sont totalement tributaires de la température ambiante pour mener à bien toutes leurs fonctions vitales : ils sont hétérothermes. Comme toutes les réactions chimiques de leur métabolisme sont régies par les lois de Vant Hoff, c'est-à-dire qu'elles sont accélérées par la chaleur et ralenties par le froid, lorsque la température s'abaisse à l'arrivée de l'hiver, leur métabolisme s'arrête passivement, c'est l'hivernage, chaque espèce ayant un seuil de tolérance qui lui est propre. On retrouvera les mêmes phénomènes chez les Reptiles, avec des exigences beaucoup plus fortes en chaleur.

### **6- La reproduction**

Le milieu aquatique est un passage obligé pour la plupart des Amphibiens lors de la reproduction. Les animaux, qui se sont dispersés au cours de l'année jusqu'à deux kilomètres, migrent vers un point d'eau, en général celui où ils sont nés, pour la reproduction. Les mâles arrivent souvent les premiers sur les lieux, et chez de nombreuses espèces d'Anoures, ils vont émettre un chant qui est de nature à attirer les femelles, puis ensuite, selon les espèces, à éloigner les autres couples. Ce chant peut paraître anodin, mais c'est une grande innovation dans l'histoire évolutive des Vertébrés. En effet les Poissons, dont ils descendent, n'émettent pas de chants, et les Reptiles, qui en descendent, n'en émettent pas non plus, à part quelques exceptions, tels les Geckos et les Crocodiliens. Il faut attendre les Oiseaux pour trouver un véritable chant, avec à peu près la même signification que chez les Amphibiens Anoures : la formation des couples et la défense du territoire. Ce

chant est émis, seulement par les mâles, à l'aide de sacs vocaux variables selon les espèces : un énorme sac qui se gonfle comme un ballon de baudruche sous la gorge chez le Crapaud calamite et les Rainettes, deux sacs vocaux comme des bulles de chaque côté des commissures de la bouche chez les Grenouilles vertes, ou beaucoup plus discret chez les Grenouilles rousse et agile. L'accouplement est très variable selon les groupes : - chez les Tritons, il n'y a pas d'accouplement, mais une véritable danse nuptiale ritualisée au cours de laquelle le mâle va émettre un spermatophore, petit paquet de mucus contenant les spermatozoïdes, que la femelle va engloutir par le cloaque ; ainsi la fécondation sera interne alors que les deux partenaires ne se seront même pas touchés ; - chez les Salamandres, l'accouplement a lieu à terre, et les deux partenaires se contorsionnent jusqu'à ce que leurs deux cloaques arrivent en contact, ce qui permet une fécondation interne (à noter que c'est presque ce mode d'accouplement qui se généralisera chez les Reptiles, avec en plus un organe copulateur) ; - chez les Anoures, le mâle saisit la femelle entre ses pattes antérieures, c'est ce que l'on appelle l'amplexus (qui signifie prendre dans ses bras). Chez les espèces les plus primitives, cet amplexus est lombaire, c'est-à-dire au niveau des « reins », tandis que chez les plus évoluées il est axillaire, c'est-à-dire sous les aisselles. Ce rapprochement très puissant des deux partenaires favorise mécaniquement la ponte des ovules, mais la fécondation est externe et se fait dans l'eau. L'œuf des Amphibiens est de type hétérolécithe, c'est-à-dire qu'il comporte une dose moyenne de vitellus, suffisante pour permettre le développement embryonnaire, mais pas plus. Il est enveloppé d'une gangue muqueuse qui le protège de nombreux prédateurs et du froid. De plus, étant sphérique et transparente, cette gangue fait loupe et permet d'augmenter les rayons du soleil. À noter également que le pôle dit vitellin, car plus riche en vitellus, et donc plus lourd, se place vers le bas. Le pôle apical plus pauvre en vitellus et donc plus léger se trouve au-dessus. Le pôle apical est souvent plus sombre que le pôle vitellin et même parfois noir, surtout chez les espèces précoces comme la Grenouille rousse et les Crapauds, ce qui permet aux œufs de fonctionner comme des capteurs solaires et de profiter des moindres rayons de soleil du début de saison. La répartition inégale du vitellus entraîne un retard dans les divisions cellulaires et la taille des cellules dès le stade à 8 cellules.



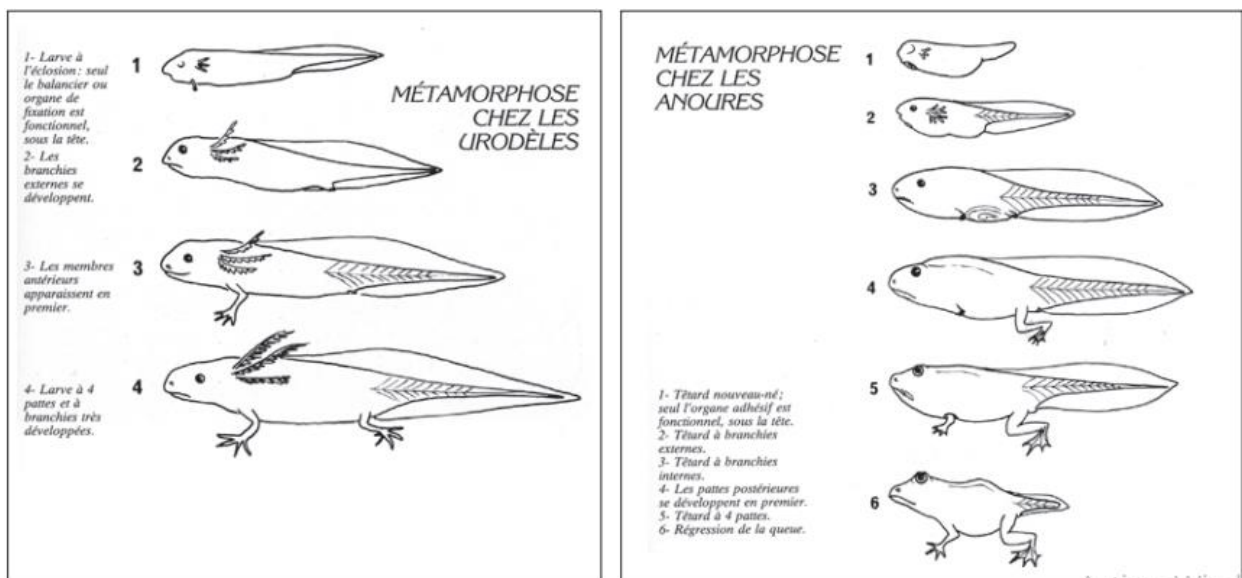
**Fig 72:** Développement des œufs d'amphibiens

## 7- La larve et la métamorphose

Lorsque l'éclosion se produit, l'animal qui sort de l'œuf n'a pas effectué son développement post-embryonnaire. Il ne ressemble pas du tout à ses parents : c'est une larve qui va devoir se débrouiller seule dans le milieu, se nourrir, grandir, se métamorphoser pour devenir un juvénile. Le juvénile, modèle réduit de l'adulte, de toute petite taille (de l'ordre du centimètre de long), va quitter le milieu aquatique où il est né et gagner la terre ferme. Il va respirer et se nourrir de manière différente de quand il était une larve, et grandir pendant trois ou quatre ans, selon les espèces, avant de devenir adulte... et si possible ne pas se faire manger ! C'est en effet le stade le plus vulnérable de sa vie, et le pourcentage de survivants jusqu'à l'état adulte est très faible. Cet aléa est compensé par une stratégie de reproduction basée sur les grands nombres, d'autant plus marquée qu'il n'y a pas de soins parentaux ( figure 72 ).

## 8- La phorésie

Les Amphibiens, surtout les Anoures, ont tout « inventé » en matière de soins parentaux et il en existe de nombreux exemples dans les régions tropicales. En Europe, les seuls cas exceptionnels de ce point de vue sont les Alytes. Chez l'Alyte accoucheur, au moment de l'amplexus, le mâle récupère sur ses pattes postérieures la ponte émise par la femelle et la portera ainsi pendant tout son développement ; c'est la phorésie. Ce type de soins parentaux augmente considérablement les chances de survie des têtards et obéit à une stratégie de reproduction où le nombre d'œufs a pu être réduit à quelques dizaines pour obtenir le même résultat Cette adaptation a permis à l'Alyte accoucheur de coloniser de nouveaux milieux, beaucoup plus secs et inhospitaliers pour les autres espèces d'Amphibiens, et donc de diminuer la concurrence alimentaire avec elles.



**Fig 73** : Métamorphoses chez les deux types d'amphibiens

## 9- Oviparité ou viviparité

Si l'immense majorité des espèces d'Amphibiens est ovipare, c'est-à-dire que les femelles pondent des œufs qui sont abandonnés dans le milieu, chez certaines espèces la femelle va garder les œufs fécondés dans ses voies génitales. Ces œufs vont se développer et libérer des larves qui seront mises bas à un stade plus ou moins avancé. Pendant tout ce temps, ils bénéficient d'une protection vis-à-vis des agressions externes, et le nombre d'œufs est plus réduit que dans le cas général. C'est ce que l'on appelait jusqu'à une époque récente l'ovoviviparité. Depuis qu'il a été prouvé qu'il existe des échanges hydriques, gazeux et parfois même trophiques entre la mère et l'embryon, la définition de ce terme ne correspond plus aux Amphibiens et ne doit plus être utilisé. On parle alors de viviparité.




## 10- La néoténie

La définition même de l'état adulte est que l'individu est apte à se reproduire, par opposition avec l'état larvaire ou juvénile qui ne l'est pas. Cependant, il existe des exceptions chez les Urodèles, dont certaines espèces de Tritons, sous l'influence de contraintes du milieu tel que la brièveté de la belle saison, notamment en montagne. Dans ce cas, les individus vont acquérir la maturité sexuelle et donc la capacité à se reproduire alors que la métamorphose n'a pas pu s'achever, et qu'ils ont gardé une morphologie larvaire. C'est la néoténie ou pédomorphose.



**Fig 74** : Phorésie : Alyte accoucheur mâle avec ponte

- Quelques exemples des amphibiens

 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Anoures:</b> Ordre d'amphibiens dépourvus de queue à l'état adulte, comprenant les grenouilles et les crapauds. Leur taille varie de 1 cm, chez une espèce de Cuba, à 25 ou 30 cm chez la grenouille Goliath ou le crapaud géant. Tous les anoures sont adaptés au saut, grâce à des pattes postérieures très développées, très musclées et dont la longueur dépasse souvent celle du corps. (29 familles, 4 380 espèces)</p>
	<p><b>Gymnophiones:</b> Ordre d'amphibiens terricoles, comprenant la cécilie. Ils sont aveugles et ne possèdent pas de membres. On les retrouve en Amérique du Sud. (5 familles, 170 espèces)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Urodèles:</b> Ordre d'amphibiens possédant une queue à l'état adulte, et comprenant, entre autres, les tritons et les salamandres. Le corps des urodèles est allongé, terminé par une longue queue. Leur aspect général est celui de lézards. On les en distingue toutefois facilement par la lenteur de leurs mouvements et par leur peau, constamment humide, qui est nue et dépourvue des écailles qui recouvrent le corps des lézards. (10 familles, 470 espèces)</p>

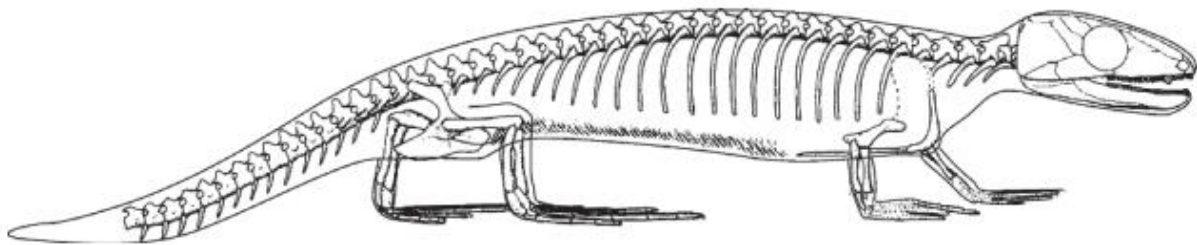
## V- La Classe des Reptiles

### 1- Introduction

Les Reptiles actuels (du latin : reptilis, de repere : ramper) sont des vertébrés terrestres, tétrapodes, à température variable (poïkilothermes) à respiration pulmonaire, à œufs pourvus d'annexes embryonnaires (amnios et allantoïde), à la peau recouverte d'écailles épidermiques cornées et à la circulation mêlant sang hémosé et sang réduit.

#### - Origine

Le plus vieux reptile connu est Hylonomus lyelli (Figure 75). Il aurait vécu au Carbonifère, vers -315 millions d'années et devait avoir l'aspect général d'un lézard.



**Fig 75** : Squelette de Hylonomus lyelli

Descendants d'amphibiens, les reptiles primitifs se différencient par leur stratégie reproductive : un œuf à coquille contenant un milieu liquidien, le sac amniotique, protégeant l'embryon. Cette évolution leur permet de s'affranchir du milieu aquatique. Elle est associée à des modifications morphologiques et physiologiques telles que le développement des écailles ou encore l'adaptation à la locomotion terrestre via des changements musculo-squelettiques. En devenant des vertébrés amniotes tétrapodes, les reptiles se séparent ainsi définitivement de leurs ancêtres batraciens.

### 2-Évolution des reptiles

#### 1. Apparition de plusieurs sous-classes

Ces reptiles primitifs vont donner au cours du temps plusieurs grandes lignées, qui ont été définies en fonction de critères anatomiques spécifiques : la présence, ou l'absence, et la localisation des fosses temporales sur le crâne. Cette classification est mise en place au vingtième siècle grâce aux travaux de Osborn (1903) et Williston (1925). Aujourd'hui, elle ne fait plus l'unanimité parmi les auteurs car les nouveaux moyens de recherche poussent à s'interroger sur sa fiabilité. Les données les plus récentes distinguent trois grandes lignées (Figure 76).

- Les Anapsides, qui possèdent un crâne sans fosse temporale. Selon les auteurs, ils sont

considérés aujourd'hui soit éteints, soit ne comprenant plus que les chéloniens

- Les Diapsides, qui possèdent une paire de fosses temporales et regroupent les reptiles actuels (sauf les chéloniens selon la littérature)
- Les Synapsides, qui possèdent une seule fosse temporale, représentés par les mammifères actuels et les reptiles mammaliens aujourd'hui éteints.



**Fig 76:** Comparaison des crânes d'anapsides (A), de synapsides (B) et de diapsides (C)  
(Preto(m), Peter Bockman, GFDL)

Le cas des chéloniens est particulier : n'ayant pas de fosses temporales au niveau du crâne, ils ont, pendant longtemps, été classés parmi les anapsides. Néanmoins, de récentes données moléculaires avancent l'hypothèse que les chéloniens auraient eu des fosses temporales mais dont les ouvertures se seraient depuis fermées. Bien que ce sujet reste très controversé, les chéloniens seraient maintenant considérés comme des diapsides, en tant que groupe frère des diapsides actuels. De ce fait, la sous classe des diapsides regrouperait aujourd'hui tous les reptiles actuels.

## 2. Sous-classe des diapsides

La sous-classe des diapsides regroupe les Lépidosauriens (Lepidosauria), les Archosauriens (Archosauria) et également les Chéloniens (Chelonia) dont la place dans cette classification n'est pas encore toujours nette.

a) **Le Super Ordre des Chelonia.**

b) **Le Super ordre des Lepidosauria**

Ce groupe est divisé en trois ordres :

- Ordre des Sphenodontia (ou Rhynchocephalia) :
- Ordre des Squamata
- Ordre des Sauropterygia

### 3-Classification actuelle

Les reptiles non aviens et les oiseaux sont désormais réunis dans le groupe monophylétique des Sauropsides (Sauropsida).

**Tableau :** Classification actuelle des reptiles (JACOBSON,2007 ; .VACHER,2010)

<b>Classe</b>	<i>Sauropsida</i>			
<b>Super-ordre</b>	<i>Lepidosauria</i>			
<b>Ordre</b>	<i>Rhynchocephalia</i>	<i>Squamata</i>		
<b>Sous-ordre</b>	<i>Sphenodontida</i>	<i>Sauria (Lacertilia)</i>	<i>Serpentes (Ophidia)</i>	<i>Amphisbenia</i>
<b>Super-famille (sauf <i>Amphisbenia</i> : Famille)</b>		<i>Iguana Gekkota Scincomorpha Diploglossa Dibamia Platynota Shinisauroida</i>	<i>Acrochordidae Uropeltoidea Pythonoidea Booidea Colubroidea Typhlopoidea</i>	<i>Amphisbaenidae Bipedidae Blanidae Cadeidae Rhineuridae W Trogonophiidae</i>
<b>Noms communs</b>	Tuataras	Lézards	Serpents	Amphisbène
<b>Nombres d'espèces</b>	2	> 4450	> 2900	> 150

### 4 - L'os : anatomie et physiologie

Si les reptiles et les mammifères possèdent des bases fondamentales communes concernant l'anatomie et la physiologie osseuse, certaines différences notables existent toutefois. De plus, de par le net polymorphisme présent entre les espèces de reptiles, il est aisé de concevoir qu'il n'existe pas un seul modèle de structure osseuse pour tous ces animaux mais bien une multitude de variations. Les principales caractéristiques sont détaillées dans les paragraphes qui suivent.

## A- Anatomie osseuse

### 1. Structure osseuse

Dans les grandes lignes, l'anatomie des os de reptiles est très comparable à celle des mammifères : on retrouve des os courts, des os plats et des os longs. A l'histologie, les composants sont les mêmes : d'un côté la matrice extracellulaire, faite de collagène, protéoglycanes, cristaux d'hydroxyapatite et phosphates tricalciques et de l'autre les cellules osseuses. Ces dernières regroupent les ostéoblastes, leurs cellules dérivées (ostéocytes et cellules bordantes), et les ostéoclastes. Les os longs sont également constitués d'une diaphyse avec de l'os compact, bordé par un périoste et un endoste ainsi que d'épiphyes contenant de l'os spongieux.

Chez les crocodiliens, le développement osseux est plus avancé grâce à une vascularisation plus complexe et à l'envahissement de l'os par des canaux nourriciers.

Chez les chéloniens que l'organisation osseuse rappelle le plus le système de Havers, avec la présence de formations secondaires à disposition concentrique. Mais cela reste une version simplifiée, avec un nombre réduit d'éléments cellulaires.

Enfin, les vertèbres de reptile, contenant de l'os compact, de l'os spongieux et souvent de la moelle osseuse, ont une apparence microscopique similaire à celle des os longs.

## B. Physiologie du squelette

La physiologie osseuse fait intervenir d'une part la régulation de la croissance de l'animal et d'autre part le métabolisme phosphocalcique. La croissance des reptiles, comme toutes les autres fonctions, dépend avant tout de la température chez ces animaux ectothermes.

Elle comprend également une régulation hormonale par l'intermédiaire des glandes thyroïdes et de l'hypophyse.

## 5 - Anatomie des reptiles

Le squelette des reptiles est semblable à celui des autres vertébrés, malgré quelques particularités. Il existe également des variations anatomiques entre les différents reptiles.

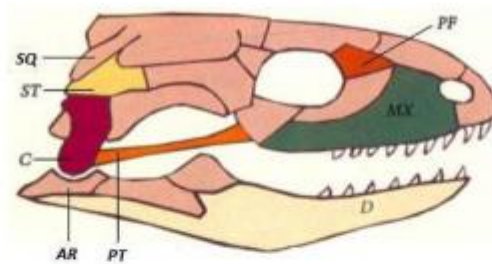
Nous allons détailler les squelettes des principaux groupes : chéloniens, sauriens, ophidiens et crocodiliens.

### A- Squelette céphalique

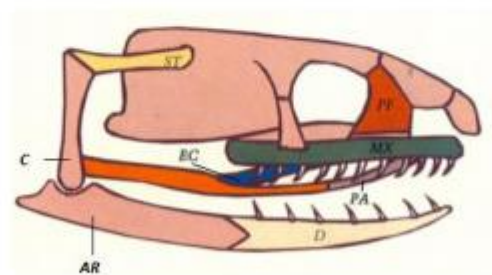
#### 1-Le crâne

Le squelette céphalique des reptiles présente des aspects très variés selon les espèces, pouvant aussi bien apparaître aéré avec des espaces vides circonscrits par des éléments osseux en baguettes (sauriens, ophidiens), que massif lorsque ses parties sont unies les unes aux autres, donnant l'aspect d'une boîte close (chéloniens, crocodiliens). Le crâne des reptiles est divisé en deux parties : le splanchnocrâne qui entoure et soutient les cavités buccales et pharyngienne, et le neurocrâne qui entoure et protège l'encéphale.

La Figure 77 liste les différents os sur des schémas simplifiés de crâne de lézard et de couleuvre. Les crânes des ophidiens, sauriens et chéloniens comportent de nombreuses similitudes. Parmi elles, on peut noter le fait que l'articulation de la mâchoire chez les reptiles s'effectue entre les os carré et articulaire. Chez les mammifères, ces deux os sont passés au service de l'oreille moyenne et ils sont remplacés au niveau de la mâchoire par les os dentaire et squamosal.



*Crâne de lézard*



*Crâne de serpent aglyphe*

Os légendés du crâne : AR : Articulaire, C : Carré, D : Dentaire, EC : Ectoptérygoïde, MX : Maxillaire, PA : Palatin, PF : Préfrontal, PT : Pterygoïde, SQ : Squamosal, ST : Supratemporal

**Fig 77:** Schémas simplifiés de crâne de lézard et de serpent aglyphe

- ✓ Quelques caractéristiques supplémentaires du crâne des reptiles :

#### **Chéloniens :**

Leur crâne a un caractère massif, la région postérieure est bien développée mais la région antérieure est courte et étroite. Les os sont étroitement liés les uns aux autres, donnant une grande rigidité à la boîte crânienne.

**Certaines tortues**, principalement les formes marines, présentent un palais secondaire, moins développé que celui des crocodiliens ou des mammifères, grâce auquel l'ouverture des choanes

se trouve déplacée dans la région postérieure du plafond buccal.

Rappelons que les chéloniens n'ont aucune dent mais un bec corné appelé ramphothèque, lisse et coupant chez les carnivores et dentelé chez les herbivores.

### Sauriens :

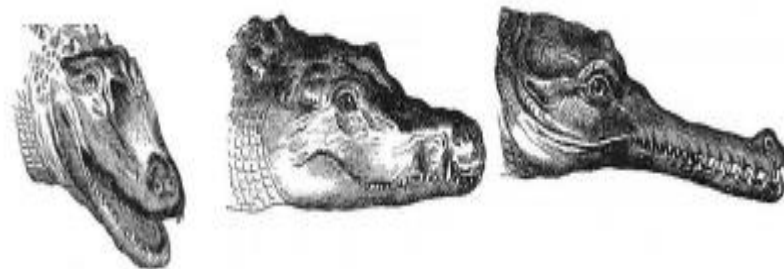
Chez les sauriens, l'os carré est libre et mobile, permettant une grande flexibilité des mouvements de la bouche.

### Crocodyliens :

Leur crâne est extrêmement massif et rigide. On peut noter la rugosité de la face externe des os sur laquelle la peau est plus ou moins adhérente.

On distingue plusieurs formes de mâchoires selon la famille concernée (Figure 78) :

- Les Gavialidés possèdent des museaux longs et étroits, de forme longirostre, presque tubulaire
- Les Alligatoridés ont plutôt une mâchoire de forme brévirostre (museau large, tête rectangulaire).
- Les Crocodylidés ont généralement un museau moyen et une tête triangulaire (forme mésorostre)



**Fig 78:** Mâchoires d'un alligator d'Amérique (*Alligator mississippiensis*), d'un crocodile du Nil (*Crocodylus niloticus*), et d'un gavial du Gange (*Gavialis gangeticus*).

## 2. Les dents

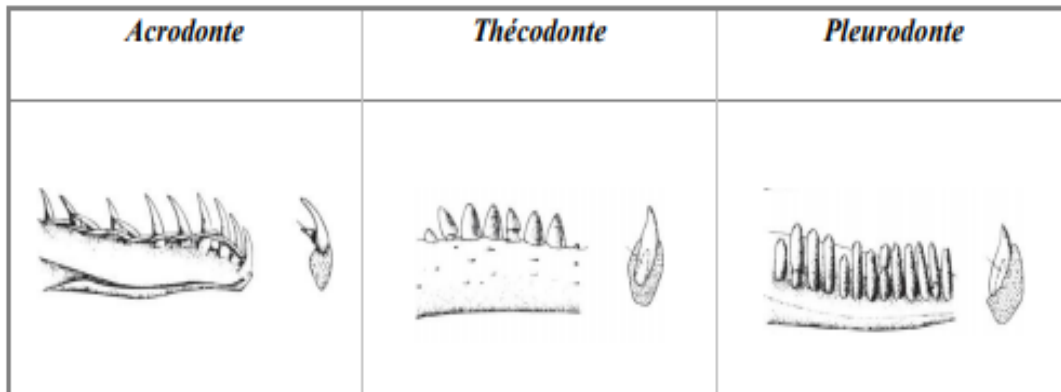
### a) Implantation des dents

Les dents typiques des reptiles sont de forme conique et sont souvent alignées sur une simple rangée. Mais cette forme initiale a été modifiée de manière très diverse avec le temps et selon les espèces : par exemple, les dents des lézards herbivores sont crénelées, celles des serpents allongées, affinées et incurvées caudalement. Rappelons que les chéloniens ne possèdent pas de dents mais un bec corné.

Les dents des reptiles sont généralement implantées sur les os maxillaires et dentaires mais peuvent parfois l'être sur les os ptérygoïdes et palatins. Il existe trois types d'implantation des dents, présentés dans la Figure 79

- Acrodonte : les dents sont au sommet de l'os. Les Agamidés et Caméléonidés possèdent cette dentition.
- Thécodonte : les dents sont dans une alvéole osseuse, tenues par des fibres de collagène et non pas soudées à l'os comme dans les autres types. C'est le type d'implantation des crocodyliens.

- **Pleurodonte** : les dents sont fixées sur la face interne de la paroi labiale de l'os. Les autres sauriens et les ophidiens en font partie.



**Fig 79:** Les 3 types d'implantation de dents présents chez les reptiles,

b) Renouvellement des dents

Le remplacement des dents, y compris les crochets à venin, est une règle générale chez les reptiles, indépendamment de leur âge. On parle de polyhyodontie. Cela diffère des mammifères qui n'ont que deux panoplies de dents durant leur vie (dihyodontie).

Chez les reptiles, toutes les dents ne sont pas remplacées en même temps : On peut trouver de ce fait des dents de différents stades de remplacement dans une mâchoire de reptile à un moment donné. Une exception est faite pour certains acrodontes dont les dents ne sont remplacées que lorsqu'ils sont juvéniles.

**-Quelques exemples des Reptiles :**

**Chéloniens:** Ordre des reptiles appelés tortues. Ils sont de forme ovale, entourés d'une double carapace osseuse et écailleuse, dont sortent une tête munie d'un bec corné, deux paires de courtes pattes (ou nageoires selon les espèces) et une courte queue. (11 familles, 294 espèces)



**Crocodyliens:** Ordre des grands reptiles, comprenant le crocodile, le gavial, l'alligator et le caïman. Ils possèdent une longue gueule de d'énormes mâchoires. Ils sont les plus évolués des reptiles. (3 familles, 23 espèces)



**Rhynchocéphales:** Ces animaux, qui ressemblent à des lézards, sont les derniers représentants d'un groupe de reptiles qui prospéraient il y a plus de 200 millions d'années. On le retrouve en Nouvelle-Zélande et ils peuvent rester actifs jusqu'à -10 °C. (1 famille, 2 espèces)



**Saurophtidiens ou Squamates:** Ordre des reptiles au corps couvert de replis écailleux comme les lézard et les serpents.

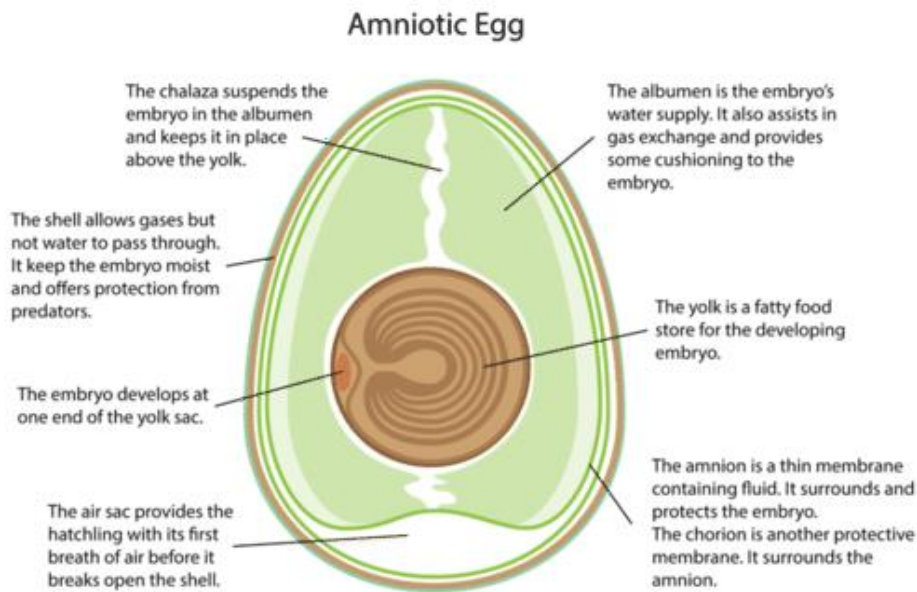
(40 familles, 7 558 espèces)

## 6-Les caractéristiques de la reproduction chez les reptiles

La plupart des reptiles se reproduisent sexuellement et ont une fécondation interne. Les males ont un ou deux pénis qui font passer le sperme de leur cloaque au cloaque d'une femme. La fécondation a lieu dans le cloaque et des œufs fécondés quittent le corps de la femelle par l'ouverture du cloaque. Chez une minorité d'espèces, les œufs sont retenus dans le corps de la femelle jusqu'à leur éclosion. Ensuite, la progéniture quitte le corps de la mère par l'ouverture du cloaque.

### A-Œufs amniotiques

Contrairement aux amphibiens, les reptiles produisent des œufs amniotiques (voir la figure ci-dessous). La coquille, les membranes et autres structures d'un œuf amniotique protègent et nourrissent l'embryon. Ils gardent l'embryon humide et en sécurité pendant qu'il se développe et se développe. Ils lui fournissent également une source de nourriture riche et grasse (le jaune).



**Fig 80** : L'œuf amniotique est une adaptation importante chez les vertébrés entièrement terrestres. Il a d'abord évolué chez les reptiles. Les coquilles d'œufs de reptile sont soit dures soit coriaces.

## VII-Classe des Oiseaux

### 1-Introduction

C'est en 1861 que l'ancêtre de tous les Oiseaux actuels fut découvert en Allemagne dans des sédiments du jurassique supérieur (-150 millions d'années).

*L'Archeopteryx lithographica*, sorte de petite poule, fut alors considéré comme le véritable chaînon manquant entre les reptiles et les Oiseaux actuels : il présentait à la fois des caractères reptiliens (dents et longue queue contenant des vertèbres) et des Oiseaux (plumes).

Cette origine est cependant encore aujourd'hui discutée et les découvertes de nouveaux fossiles relancent régulièrement les débats. Les oeufs amniotiques et les pattes écaillées constituent les deux principaux vestiges reptiliens que nous pouvons observer chez les Oiseaux actuels.



**Fig 81** : *Archeopteryx lithographica* découvert en 1877 à Eischtätt (Allemagne)

### 2- La classe des Oiseaux (*Aves*)

Cette classe regroupe aujourd'hui environ 9600 espèces qui se répartissent sur toute la surface du globe et qui ont colonisé tous les milieux, y compris les plus extrêmes.

Animaux appartenant à l'embranchement des vertébrés, ils sont ovipares, homéothermes à sang chaud et ont un niveau métabolique élevé. Les Oiseaux constituent certainement le groupe de vertébrés le plus homogène du point de vue de la structure anatomique, du fait de la forte contrainte aérodynamique liée au vol (les Oiseaux qui ne volent pas aujourd'hui ont des ancêtres volants).

Le fait de voler a ainsi contraint toute la physiologie et l'anatomie de l'animal, donnant lieu à des adaptations multiples.

### 3) Classification phylogénétique et classification traditionnelle

Dans la classification traditionnelle, les oiseaux forment une classe à part entière du sous-embanchement des vertébrés. En revanche, selon les données de la phylogénétique, ils forment un groupe inclus dans la classe des reptiles sur le plan évolutif, ils descendent en effet des dinosaures. Plus précisément, les oiseaux forment, avec les crocodiliens, la division des archosauriens. Toutefois, pour des raisons pratiques, de nombreux ouvrages continuent de présenter les oiseaux de façon séparée des reptiles ; c'est également le parti que nous avons pris ici.

Il convient cependant de noter que les subdivisions du groupe des oiseaux (les ordres présentés ci-dessous) sont identiques que l'on se place du point de vue de la classification traditionnelle ou de celui de la classification phylogénétique. Il reste que la répartition des oiseaux au sein de ces ordres connaît de fréquentes remises en question et ne fait pas l'unanimité parmi les ornithologues. La présentation ci-dessous se fonde sur la classification des oiseaux reconnue par l'association BirdLife International et adoptée, notamment, par l'Union mondiale pour la nature (UICN).

#### a- Les grands ordres d'oiseaux

- 1 Ordre des struthioniformes : autruche, nandous, kiwis
- 2 Ordre des tinamiformes : tinamous
- 3 Ordre des ansériformes : canards, oies
- 4 Ordre des galliformes : poules, perdrix, faisans
- 5 Ordre des podicipédiformes : grèbes
- 6 Ordre des gaviiformes : plongeurs
- 7 Ordre des sphénisciformes : manchots
- 8 Ordre des pélicaniformes : pélicans, fous
- 9 Ordre des gruiformes : grues, râles, foulques
- 10 Ordre des ciconiiformes : cigognes, hérons
- 11 Ordre des charadriiformes : mouettes, pingouins, bécasses
- 12 Ordre des columbiformes : colombes, pigeons
- 13 Ordre des falconiformes : faucons, aigles, vautours
- 14 Ordre des strigiformes : chouettes et hiboux
- 15 Ordre des psittaciformes : perruches et perroquets
- 16 Ordre des cuculiformes : coucous
- 17 Ordre des caprimulgiformes : engoulevents
- 18 Ordre des apodiformes : martinets
- 19 Ordre des coliiiformes : colious
- 20 Ordre des coraciiformes : martins-pêcheurs, calaos
- 21 Ordre des piciformes : pics, toucans
- 22 Ordre des passériformes : les passereaux

#### 4- Caractères généraux des Oiseaux

##### a- La plume et le plumage

La plume est la caractéristique la plus distinctive de l'anatomie des Oiseaux et constitue une innovation évolutive majeure.

Apparue pour des besoins de thermorégulation avant d'acquérir ses fonctions liées au vol, c'est une production épidermique apparente qui n'est vivante que sur la courte période où elle pousse.

Constituée majoritairement de kératine, c'est une structure robuste et légère qui, contrairement aux cheveux, griffes et ongles, ne se régénère pas par croissance continue mais par remplacement, une nouvelle plume venant remplacer systématiquement celle qui est tombée.

Le remplacement des plumes est un processus régulier avec l'âge et la saison qui est appelé la mue. La plume se compose d'un axe rigide, dont la partie inférieure creuse est appelée calamus. La partie pleine, plus importante, est appelée rachis.

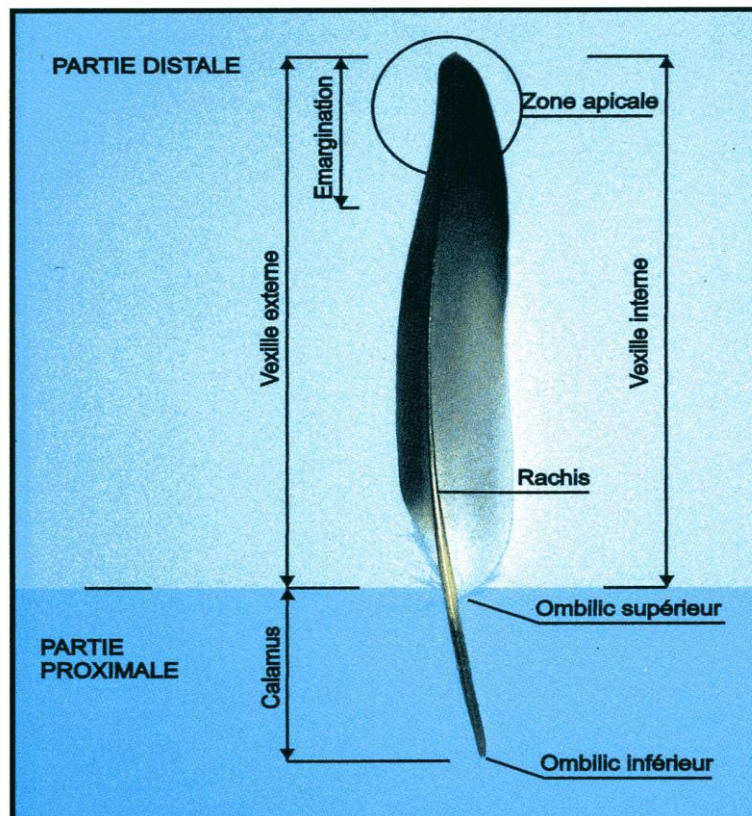


Fig 82: Terminologie de la plume, exemple d'une plume de pigeon ramier *Columba palumbus*

La structure et la forme de la plume peuvent varier selon la fonction qu'elle remplit :

- fonction locomotrice (vol) : rémiges
- fonction signal (caractère sexuel) : plumes colorées
- fonction protectrice (thermorégulation, cryptisme) : plumes de duvet

Le plumage désigne l'ensemble des plumes qui recouvrent le corps de l'oiseau.

Il détermine la forme et l'apparence de ce dernier et lui assure un profil aérodynamique avec un excellent coefficient de pénétration dans l'air.

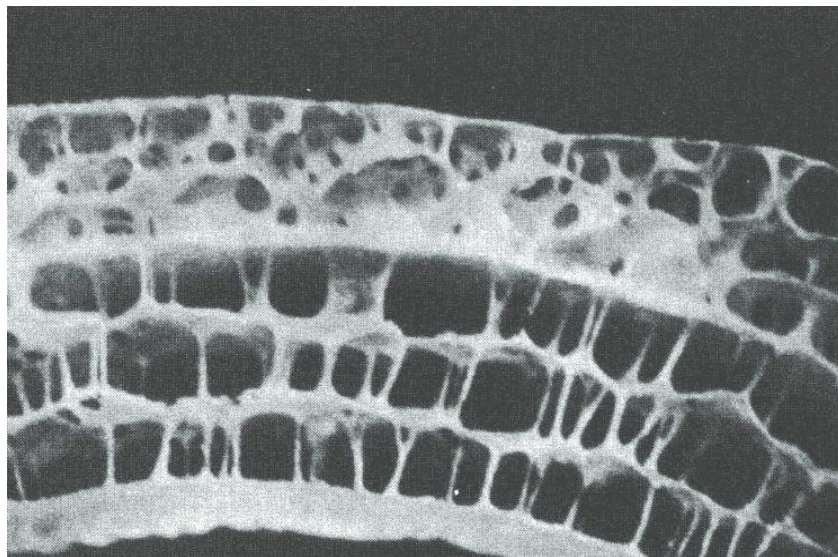
La légèreté de la plume ne fait cependant pas celle du plumage, ce dernier pesant en général deux à trois fois plus que le squelette de l'individu.

Tous les Oiseaux passent par une série de plumages au cours de leur vie et le plumage d'un oiseau est variable en fonction de son âge, son sexe, son statut ou encore de la saison.

### **b- Les os et le squelette**

Les os des Oiseaux sont particulièrement légers par rapport à leur taille, en comparaison par exemple avec ceux des mammifères. L'explication de cette caractéristique réside dans la **pneumatisation** des os. Ils sont en effet en grande partie creux, mais sans pour autant être fragiles : une structure de type lacunaire comportant de nombreuses « **entretoises** » assure un maximum de solidité.

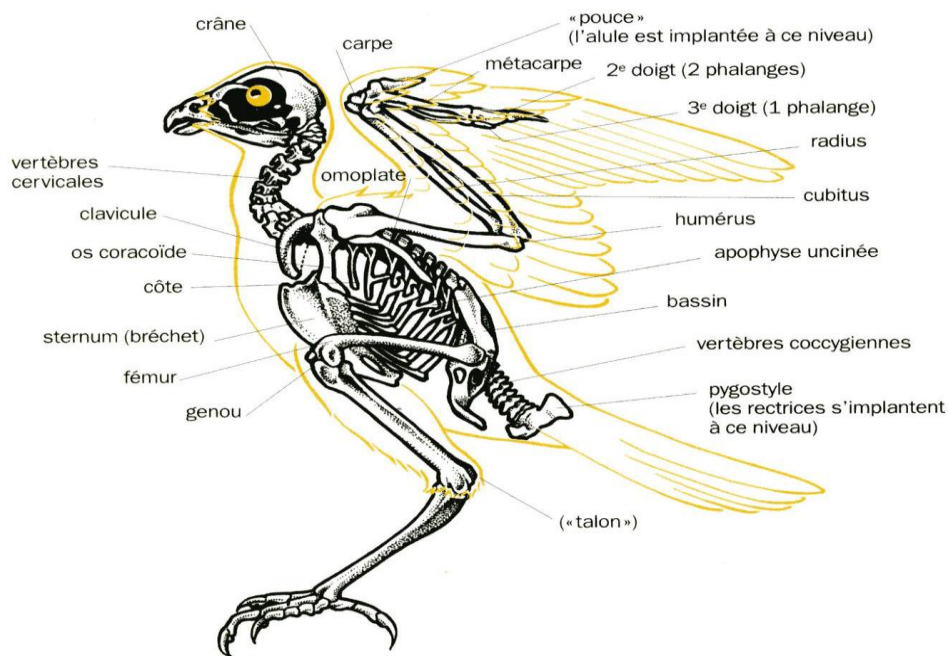
En outre, certains os sont partiellement occupés par des sacs pneumatiques en relation avec le système respiratoire.



**Fig 83** : Coupe transversale d'un os d'oiseau

Le squelette des Oiseaux, comparé aux structures osseuses des tétrapodes dont il est issu, a subi lui aussi de profondes transformations afin de s'adapter au vol.

Les vertèbres, dont le nombre varie d'une espèce à l'autre, sont soudées aux niveaux thoracique, lombaire, sacral et caudal pour former le **symsacrum** qui soutient le tronc durant le vol. Citons également le bréchet qui, bien que plat et léger, offre une attache solide aux puissants muscles pectoraux qui assurent le mouvement des ailes. Même si son allure est plutôt massive car supportant de puissantes masses musculaires, le squelette des Oiseaux ne représente que 4 à 5% du poids total du corps, du fait des os pneumatiques.



**Fig 84** : le squelette de l'Oiseau

Les membres postérieurs des Oiseaux sont dressés, ils sont adaptés à la **locomotion bipède**. La forme des pattes renseigne sur le mode de vie des Oiseaux : ceux qui explorent les eaux peu profondes ont des pattes très allongées (flamants, hérons), alors que les espèces au mode de vie aérien (hirondelles, colibris) ont des pattes extrêmement courtes, tout comme celles qui grimpent le long des arbres (pics, grimpeurs).



**Fig 85** : Différentes morphologies des pattes d'oiseaux (Pélicans, Poules, Pics, Echassiers, Autruches, Perdrix, Martins- pêcheurs, Canards)

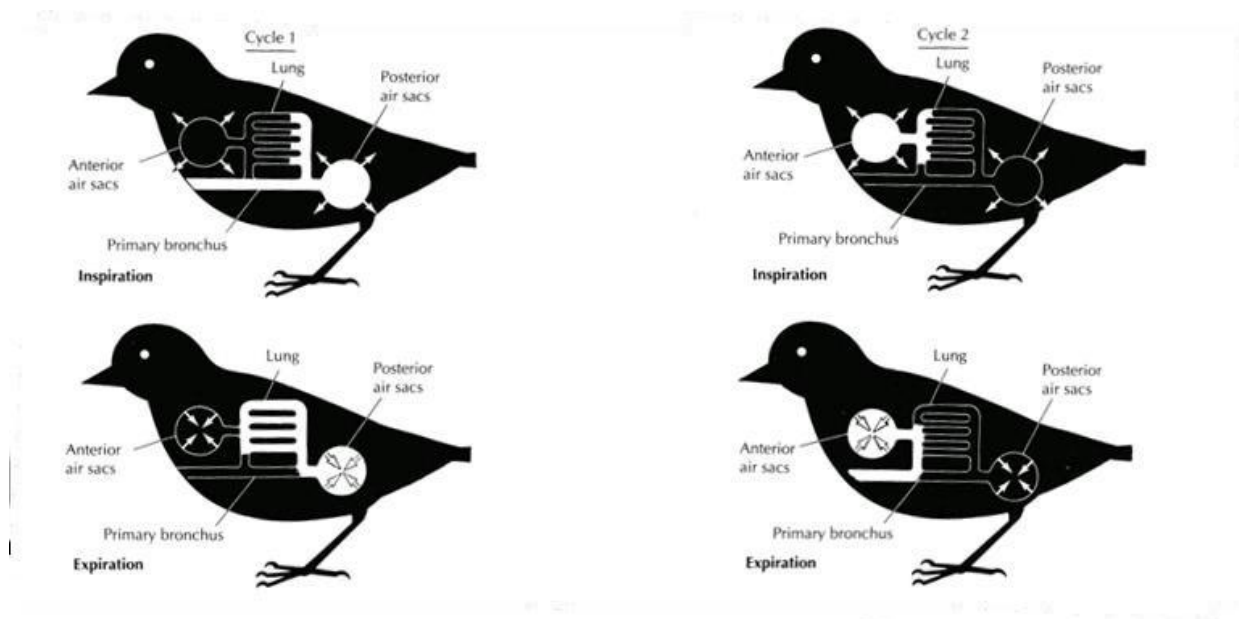
### 5- Système respiratoire des oiseaux

L'air circule à **sens unique** dans les poumons. La ventilation des parabronches est assurée par les sacs aériens qui sont situés à l'avant et à l'arrière des poumons, et qui agissent à la manière de pompes

-L'air passe de la bouche directement aux sacs aériens postérieurs, puis aux parabronches, puis aux sacs aériens antérieurs, pour être finalement exhalé (pas de mélange entre l'air frais et l'air résiduel).

-La circulation sanguine dans les capillaires se fait à **contrecourant** de celle de l'air; (maximise les échanges gazeux).

- Le **plus perfectionné** et le **plus efficace** du règne animal.



**Fig 86:** Système pulmonaire des oiseaux

## 7-Reproduction

La reproduction est l'un des aspects importants de la vie de l'oiseau de compagnie. Une bonne compréhension de ses caractéristiques permet de mieux cerner les besoins de l'animal sur ce plan et les comportements qui y sont liés.

### La reproduction chez l'oiseau femelle

Intéressons-nous tout d'abord à l'appareil reproducteur aviaire chez la femelle. En général, l'ovaire et l'oviducte droits sont atrophiés, ce qui signifie que ce sont seulement ceux gauches qui fonctionnent.

Durant la saison de reproduction, les follicules ovariens voient leur volume augmenter. Le jaune de l'œuf se forme à mesure que protéines et lipides constituent lesdits follicules.

Au cours du passage dans l'oviducte s'élabore une réserve de protéines et d'eau destinée à l'embryon : l'albumen. Il est suivi de la coquille.

On peut observer, chez certaines femelles, l'apparition de zones déplumées au niveau de l'abdomen. Elles sont appelées plaques incubatrices. Elles permettent à la mère de mieux transmettre la chaleur de son corps aux œufs pendant qu'elle les couve. Ces plumes repoussent naturellement par la suite.

### La reproduction chez l'oiseau mâle

En ce qui concerne l'appareil reproducteur du mâle, il comprend une paire de testicules internes, situés à la hauteur des reins. Durant la période de reproduction, leur volume augmente considérablement : de 200 à 460 fois.

Selon les espèces, l'oiseau mâle s'accouple en utilisant soit le cloaque, soit le pénis s'il en possède un.

### Le sexage

Il n'est pas toujours évident de différencier les mâles des femelles, tant chez les oisillons que chez les oiseaux adultes.

Si, pour certaines espèces, il est possible de se fier aux éléments de dimorphisme sexuel comme la taille, les couleurs des plumes ou encore les caractéristiques du bec (couleurs, marques...) pour connaître le sexe de l'oiseau, le sexage nécessite le recours au test ADN chez d'autres.

Chez le Padda de Java, par exemple, le bec est rose et bien conique chez la femelle, alors qu'il est de couleur rouge et plus large à la base chez le mâle.

#### ✓ L'incubation / couvaision des œufs

La période d'incubation peut durer entre 12 et 28 jours en fonction de l'espèce.

Chez les Canaris, elle dure 2 semaines. Elle est plus longue chez la Perruche ondulée : 18 jours. En ce qui concerne les plus grands oiseaux, comme le Gris du Gabon et l'Ara, la couvaision dure 25 à 28 jours.

Par ailleurs, si l'incubation est assurée par la femelle chez la plupart des oiseaux, la couvaison est partagée avec le mâle chez certaines espèces. C'est le cas notamment du Diamant de Gould, du Diamant mandarin et de la Perruche Calopsitte élégante.

✓ Le nombre d'œufs par ponte

On compte généralement entre 2 et 8 œufs par ponte. Le nombre a tendance à être moindre chez les plus grands oiseaux comme les Aras et le Gris du Gabon, avec un maximum de 4.





Des différences sont également observées en ce qui concerne la durée de la ponte et la fréquence de sortie des œufs. Pour les passereaux, c'est en moyenne un œuf par jour, alors que chez les psittacidés, c'est un œuf tous les 2 jours.

✓ L'âge du sevrage

En règle générale, plus l'oiseau est grand, plus le sevrage intervient tard.

Il a lieu entre 14 et 22 jours chez les petits oiseaux exotiques et les passereaux. Pour la Perruche Calopsitte élégante, il survient au bout d'un mois. L'oisillon attend beaucoup plus longtemps si c'est un Ara : jusqu'à 80 jours.

**- Quelques exemples sur les oiseaux**

	<p><b>Ansériformes:</b> Oiseaux palmipèdes ayant un bec garni de lamelles cornées et comprenant les oies, les canards et les cygnes. (2 familles, 149 espèces)</p>
	<p><b>Apodiformes:</b> Oiseaux ayant de très courtes pattes, un long bec mince et capables de se nourrir en vol. (3 familles, 424 espèces)</p>
	<p><b>Aptérygiformes:</b> Oiseaux de la Nouvelle-Zélande, qui ne volent pas, qui sont dépourvus de queue et qui possèdent un long bec mince. (1 famille, 3 espèces)</p>
	<p><b>Caprimulgiformes:</b> Oiseaux ayant de longues ailes, de petites pattes et un bec court. Ce sont des oiseaux nocturnes. (5 familles, 118 espèces)</p>
	<p><b>Casuariiformes:</b> Oiseaux coureurs ne volant pas, ayant de solides et larges pattes se terminant par 3 orteils et de petites ailes. Ils peuvent mesurer jusqu'à 1,80 mètres. (2 familles, 4 espèces)</p>



**Charadriiformes:** Oiseaux échassiers tels le pluvier, le chionis et le goéland. Ces oiseaux sont carnivores. (18 familles, 343 espèces)



**Ciconiiformes:** Oiseaux de grande taille des pays chauds et tempérés. Espèces d'oiseaux qui ont des pattes exceptionnellement longues ainsi qu'un cou très flexible. (6 familles, 119 espèces)



**Coliiformes:** Oiseaux à longue queue et à orteils extérieures réversibles. On les retrouve surtout en Afrique. (1 famille, 6 espèces)







**Columbiformes:** Ordre d'oiseaux herbivores, à petites pattes, à plumage dense et à corps dodu comprenant les pigeons et les colombes. (1 famille, 309 espèces)




**Coraciiformes:** Oiseaux tels le calao, le martin-pêcheur et le guêpier. Ces oiseaux sont généralement piscivores. (10 familles, 191 espèces)



**Cuculiformes:** Oiseaux tels le coucou et le touraco. Ces oiseaux ne possèdent pas de cire (membrane qui recouvre la base du bec de certains oiseaux). La partie supérieure du bec n'est pas mobile et la queue est constituée de 8 à 10 plumes. (3 familles, 160 espèces)

	<p><b>Falconiformes:</b> Oiseaux de proie tels que l'aigle et le faucon. Ces rapaces sont diurnes et possèdent un bec recourbé pour mieux déchiqueter la viande.</p> <p>(5 familles, 307 espèces)</p>
	<p><b>Galliformes:</b> Oiseaux omnivores, au vol lourd, comprenant la poule, le faisan et la dinde. Ces oiseaux ont de larges pattes composées de 3 orteils avants et un arrière.</p> <p>(6 familles, 281 espèces)</p>
	<p><b>Gaviiformes:</b> Oiseaux aquatiques et excellents plongeurs. Ils sont carnivores et ont un bec pointu. Leurs pattes sont palmées.</p> <p>(1 famille, 5 espèces)</p>
	<p><b>Gruiformes:</b> Oiseaux échassiers au plumage terne tels que la grue et l'outarde. Ils se nourrissent et construisent leur nid sur la terre ferme. On les retrouve dans les milieux humides.</p> <p>(12 familles, 204 espèces)</p>
	<p><b>Passériformes:</b> Oiseaux de taille généralement petite, arboricoles, chanteurs et bâtisseurs de nids, pourvus de pattes à 4 doigts (3 en avant et un en arrière) tels que le moineau, le merle et le rossignol. Ils constituent près de 60 % de tous les oiseaux.</p> <p>(80 familles, 5 500 espèces)</p>

	<p><b>Pélécianiformes:</b> Oiseaux palmipèdes au long bec pourvu d'une poche extensible où sont emmagasinés les poissons destinés à la nourriture des jeunes.</p> <p>(6 familles, 65 espèces)</p>
	<p><b>Phoenicoptériformes:</b> C'est l'ordre qui regroupe tous les flamants. Ils ont un long cou et leur plumage est rose, rouge ou cramoisi. On retrouve ces échassiers dans les régions tropicales et subtropicales. Leur bec incurvé leur permet de filtrer les microorganismes dans l'eau.</p> <p>(1 famille, 5 espèces)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Piciformes:</b> Oiseaux grimpeurs qui frappent avec leur bec pour sur l'écorce des arbres pour en faire sortir les larves. Ces oiseaux sont zygodactyles (2 orteils en avant et 2 en arrière).</p> <p>(6 familles, 380 espèces)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Podicipédiformes:</b> Oiseaux palmipèdes d'eau froide, bons nageurs et carnivores. Ils harponnent leurs proies avec leur bec.</p> <p>(1 famille, 22 espèces)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Procellariiformes:</b> Oiseaux palmipèdes marins au bec formé de plusieurs plaques juxtaposées comprenant l'albatros et le pétrel.</p> <p>(4 familles, 108 espèces)</p>

	<p><b>Psittaciformes:</b> Oiseaux grimpeurs au plumage coloré. Ceux-ci sont granivores et possèdent de solides pattes zygodactyles (2 orteils en avant et 2 en arrière). On les retrouve surtout dans les forêts tropicales. Les perroquets et les perruches font partie de cet ordre. (2 familles, 353 espèces)</p>
	<p><b>Ptéroclidiformes:</b> Ces oiseaux ressemblent à des perdrix ou des pigeons. Ils vivent dans les régions arides d'Afrique et d'Asie. Ils passent la plupart de leur temps à terre, où leur plumage brun ou gris, taché ou rayé, les camoufle bien. (1 famille, 16 espèces)</p>
	<p><b>Rhéiformes:</b> Oiseaux coureurs ne volant pas, possédant trois orteils et pouvant mesurer jusqu'à 1,50 mètres. On retrouve cet ordre d'oiseau en Amérique du Sud. (1 famille, 2 espèces)</p>
	<p><b>Sphénisciformes:</b> Oiseaux marcheurs et nageurs ne pouvant voler. Ils possèdent un épais plumage les isolant du froid. Ces oiseaux, comme le pingouin et le manchot, se retrouvent principalement dans le sud de l'hémisphère sud. (1 famille, 17 espèces)</p>
	<p><b>Strigiformes:</b> Oiseaux rapaces nocturnes, possédant une ouïe exceptionnelle. Ces oiseaux ont une posture verticale et on ne les entend pas voler. (2 familles, 205 espèces)</p>

	<p><b>Struthioniformes:</b> Oiseaux coureurs ne volant pas, tel l'autruche, possédant deux orteils et pouvant mesurer jusqu'à 2,50 mètres. Ce sont les plus grands oiseaux. On les retrouve en Afrique. (1 famille, 1 espèce)</p>
	<p><b>Tinamiformes:</b> Oiseaux de type très primitif, volant très peu, habitant l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud. (1 famille, 45 espèces)</p>
	<p><b>Trogoniformes:</b> Oiseaux passereaux comprenant le quetzal. Ces animaux sont pourvus chez les mâles de longues plumes caudales et d'une huppe. (1 famille, 35 espèces)</p>

## VIII- La Classe des Mammifères

### 1-Introduction

Les Mammifères (classe des Mammalia) forment un taxon inclus dans les vertébrés, traditionnellement une classe, définie dès la classification de Linné. Ce taxon est considéré comme monophylétique.

Les Mammifères forment, avec les reptiles et les oiseaux, le clade des amniotes. Ce taxon regroupe près de 5400 espèces qui, selon les classifications scientifiques choisies, sont distribués en 27 ordres, 153 familles et 1200 genres. La caractéristique phare de ce clade (d'où lui vient son nom de "mammalia") est l'allaitement des jeunes à partir d'une sécrétion cutanéoglandulaire spécialisée appelée lait. Les nouveau-nés nécessitent systématiquement des soins parentaux du fait de leur appareil digestif immature à la naissance (le lait est leur source de nourriture vitale et obligatoire).

La peau est constituée de plusieurs couches, avec des glandes diverses – sudoripares, sébacées, musquées et mammaires. L'épiderme forme des poils qui couvrent tout le corps. Ils ont divers types de dents adaptées à retenir, lacérer et mâcher la nourriture. Ils allaitent les nouveau-nés par les glandes mammaires. La cavité corporelle est séparée par une cloison musculaire – le diaphragme. Il sépare la cavité thoracique de la cavité abdominale.

### 2-Caractéristique générale des mammifères

Les mammifères sont apparus plus tôt que les oiseaux, il y a environ 250mln d'années. Leur origine est liée à un groupe de menus reptiles aux dents différenciées, appelé Cynodontes. Le développement des premiers mammifères passe par un perfectionnement des dispositifs liés à l'adaptation aux conditions climatiques changeantes – apparition de ***pelage couvrant tout le corps, viviparité et allaitement des petits, température corporelle constante***.

Les représentants contemporains des mammifères sont des animaux qui mesurent de quelques cm à plusieurs m et pèsent de quelques g à plusieurs dizaines de tonnes. Ils ont développé des dispositifs pour la vie sur la terre et dans les bassins aquatiques sous toutes les latitudes – de l'équateur aux pôles. On a décrit plus de 5000 espèces, regroupées en trois groupes –

***Ovipares, Marsupiaux et Placentaires***. Il existe 21 ordres chez les mammifères.

### 3-Structure et processus vitaux

#### a)- Corps

Ce dernier ouvert de *pelage* de longueur différente. La tête, le cou, le tronc, les membres et la queue sont nettement distingués. Des lèvres charnues entourent l'orifice buccal. Les doigts se terminent par des formations cornées – *griffes* ou *sabots*. Les *cornes* et les *écailles* sont d'autres formations cornées. Les femelles ont des glandes mammaires excrètent de lait pour nourrir les petits. Les membres des diverses espèces de mammifères sont adaptés au mode de déplacement différent dans les milieux différents: à la course et au saut – sur la terre, à la nage

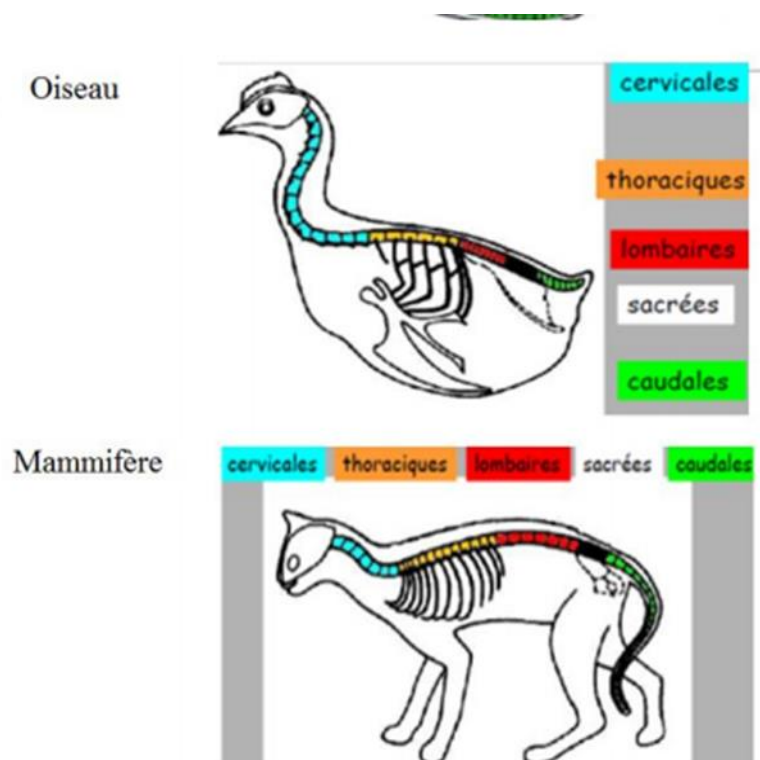
– dans l'eau. Il y a des mammifères dont les membres antérieurs sont transformés en ailes par une membrane de vol reliée au corps et aux membres postérieurs.

#### b)-Système locomoteur

Le comprend le squelette et les muscles.

*Le squelette* est composé du crâne, de la colonne vertébrale, des os des membres et des os ceintures par lesquelles les os des membres sont rattachés à la colonne vertébrale. Le crâne a une partie cérébrale et une partie faciale. Le crâne cérébral est considérablement plus grand que celui des oiseaux. Les dents sont insérées dans les mâchoires (inférieure et supérieure).

Elles sont – *incisives*, *canines* et *molaires*. Les unes sont mieux développées que les autres, selon la nourriture des mammifères.



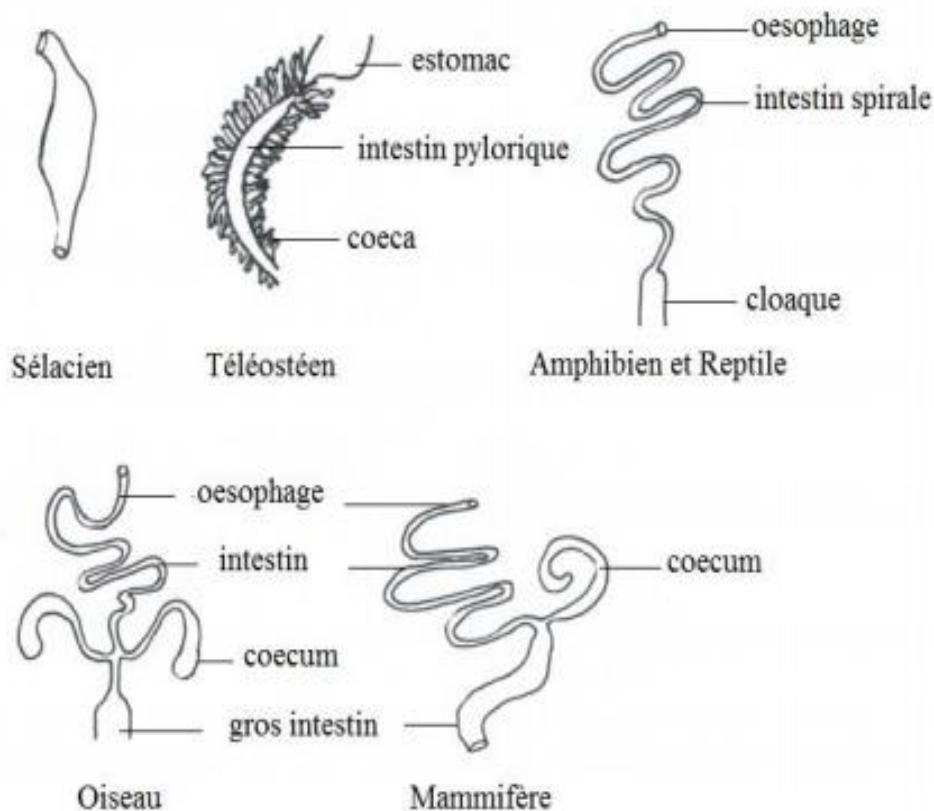
**Fig 87** : Différenciation régionale de la colonne vertébrale des vertébrés

Les vertèbres cervicales sont 7. Les deux premières sont liées au crâne et entre elles de façon mobile et la tête peut se mouvoir vers le haut, vers le bas et de côté. Les côtes sont rattachées aux vertèbres thoraciques et au sternum et forment la cage thoracique. Les vertèbres sacrées sont soudées et forment le sacrum. Les vertèbres coccygiennes sont au nombre différent chez les diverses espèces. Elles sont atrophiées chez certaines espèces. *Les muscles* sont rattachés aux os.

### c)-Système digestif

Le système digestif comprend la cavité buccale, l'oesophage, l'estomac, l'intestin grêle et le gros intestin qui se termine par l'anus. Dans la cavité buccale se trouve la langue et débouchent les canaux des glandes salivaires. La nourriture est humectée par la salive et on la déglutit. Le suc gastrique agit sur la nourriture dans l'estomac. La digestion définitive des substances nutritives se réalise dans l'intestin grêle, sous l'action des sécrétions pancréatiques et biliaires. Entre l'intestin grêle et le gros intestin se trouve le cæcum. Il se termine par un appendice qui est différemment développée. Les résidus non digérés sont rejetés par l'anus.

Les mammifères sont herbivores, carnivores ou omnivores.



**Fig 88** : Evolution de l'intestin des vertébrés

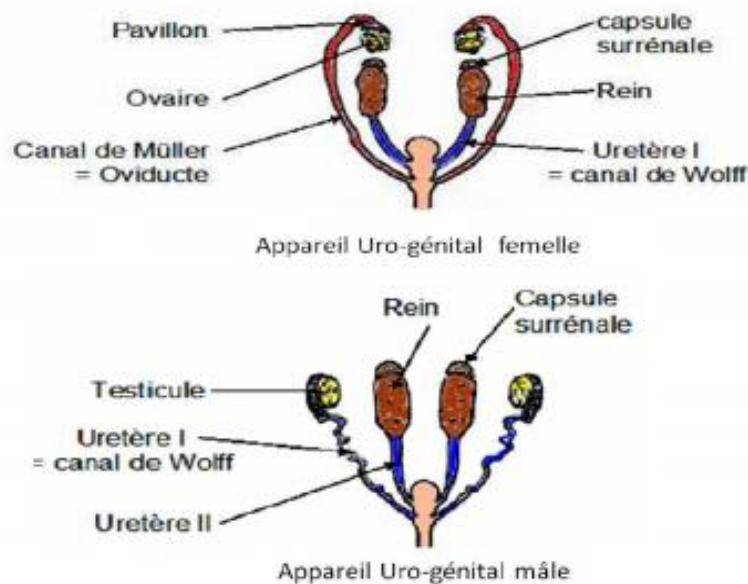
#### d)- Système excréteur

Le système excréteur consiste en deux reins, deux uretères, une vessie urinaire et un urètre.

Par ce-dernier, l'urine est rejetée hors du corps.

#### e)- Système génital

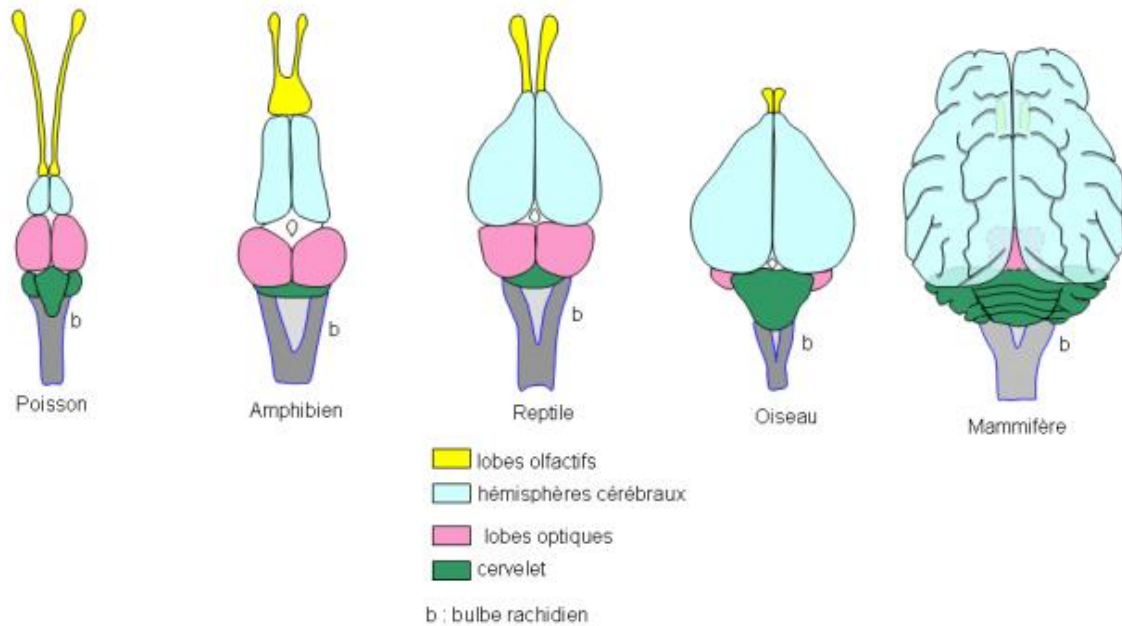
Le système génital masculin comprend les testicules, les spermiductes et l'urètre qui est commun pour le système excréteur et le système génital. Le système génital féminin comprend les ovaires, les trompes utérines, un organe musculueux – l'utérus et un orifice génital qui s'ouvre indépendamment. La fécondation est interne. L'ovule et le spermatozoïde fusionnent dans les trompes utérines. L'ovule fécondé par des nombreuses divisions forme un embryon qui se nidifie dans les parois de l'utérus. Il se forme plus tard un organe provisoire – le placenta par lequel l'embryon reçoit tout ce qui est indispensable pour son développement du sang de la mère. Les substances inutiles de l'embryon passent dans le sang de la mère par le placenta. Les petits naissent totalement développés. Le développement de l'embryon dans l'utérus et son nutrition par le placenta s'appelle intra-utérin. Il est typique pour les mammifères placentaires.



**Fig 89** : Appareil uro-génital des vertébrés

### f)- Système nerveux

Le système nerveux est le plus perfectionné chez les mammifères. L'encéphale comprend les mêmes 5 lobes, comme chez tous les animaux vertébrés. Le cortex des hémisphères cérébraux est trop plissé. Il contient les centres de l'olfaction, du toucher, de la vision, de l'équilibre et de la locomotion. Le télencéphale est très développé et couvre entièrement le diencéphale et le mésencéphale.



**Fig 90** : Evolution de l'encéphale des Vertébrés

### g)- Organes des sens

Les organes des sens sont développés au différent degré chez les diverses espèces de mammifères. Des cellules sensorielles, qui perçoivent des excitations thermiques, mécaniques et chimiques, sont situées dans leur *peau*. Des bulbes gustatifs sont situés dans la *langue*. Des cellules olfactives se trouvent dans la *muqueuse nasale*. L'organe auditif – l'oreille perçoit les excitations sonores. *L'oreille* est composée de trois parties – oreille externe, oreille moyen et oreille interne. L'organe de l'équilibre – *l'appareil vestibulaire* se trouve dans l'oreille interne. Les yeux perçoivent les excitations lumineuses. Les espèces terrestres ont des paupières mobiles qui protègent les yeux de pollution et de lésion mécanique, et la sécrétion des glandes lacrymales – de dessèchement. L'audition, la vision et l'olfaction sont les mieux développées chez les mammifères carnivores.

### h)- Système respiratoire

Le système respiratoire comprend les voies respiratoires et les poumons. L'air pénétré dans la cavité nasale passe par le larynx et par la trachée. La trachée se ramifie en deux bronches qui entrent dans les poumons. Ceux-ci ont une grande surface interne, donc un plus grand volume respiratoire et une plus grande saturation du sang d'oxygène. Les mouvements respiratoires se réalisent par les muscles intercostaux et par le diaphragme. L'organe de la phonation se trouve dans le larynx. L'air expiré passe par lui et des sons se produisent.



**Fig 91** : Evolution de l'appareil circulatoire des vertébrés

#### 4-Classification des mammifères

**Règne** : animal

**Embranchement** : chordés

**Sous embranchement** : vertébrés




**Super classe** : tétrapodes

**Clade des amniotes** (avec les reptiles et les oiseaux)




**Classe des mammifères** (Linnaeus, 1758).

27 ordres (numérotation de 1 a 27 entre parenthèses)




**-Quelques exemples des mammifères**

 <p>www.corbis.com</p>	<p><b><u>Artiodactyles:</u></b> Mammifères à sabots qui comprend les bovins, les porcins, les chèvres, les girafes, les chameaux, les cerfs, les antilopes et les hippopotames. Tous les artiodactyles, à l'exception du pécari à collier et du pécari à lèvres blanches, ont un nombre pair de doigts à chaque pied. Une majorité d'espèces de cet ordre sont originaires d'Afrique, mais elles sont bien représentées en Amérique du Nord et du Sud, en Europe et en Asie. Il n'existe pas d'artiodactyles originaires d'Australie.</p> <p>(10 familles, 225 espèces)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b><u>Carnivores:</u></b> Terme général, se rapportant à tout animal qui se nourrit principalement de la chair d'autres animaux. Les carnivores se situent à l'extrémité supérieure de la chaîne alimentaire des organismes vivants. Ils mangent les herbivores, qui eux se nourrissent de végétaux, qui se trouvent à l'extrémité inférieure de la chaîne alimentaire, et qui absorbent et stockent l'énergie directement à partir du soleil.</p> <p>(7 familles, 249 espèces)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b><u>Cétacés:</u></b> Mammifères marins au corps fusiforme. Les cétacés sont les seuls mammifères à passer toute leur vie dans l'eau. Cet ordre comprend soixante dix-huit espèces connues de baleines, de dauphins et de marsouins.</p> <p>(2 sous-ordres, 13 familles, 83 espèces)</p>

	<p><b>Chiroptères:</b> Mammifères souvent nocturnes et insectivores, adaptés au vol grâce à des membranes alaires fixées entre leurs doigts, sur les flancs et parfois sur la queue. Ces animaux sont communément appelés <i>chauves-souris</i>.</p> <p>(18 familles, 977 espèces)</p>
	<p><b>Dermoptères:</b> Petits mammifères arboricoles du Sud-est asiatique adaptés au vol plané, et proches des insectivores et des lémuriens. Le colugo des Philippines, galéopithèque ou lémur volant, est le plus connu, malgré son aire de répartition réduite. Une autre espèce se rencontre dans plusieurs régions du Sud-est asiatique (Viêt-Nam, Cambodge, Birmanie, etc.).</p> <p>(1 famille, 2 espèces)</p>
	<p><b>Hyracoïdes:</b> Mammifères ruminants et herbivores vivant seuls ou en groupe dans les arbres ou dans les endroits rocailleux. Ces animaux, comme le daman, mesurent environ 50 cm. On les retrouve surtout en Afrique.</p> <p>(1 famille, 8 espèces)</p>
	<p><b>Insectivores:</b> Groupe de petits mammifères comprenant la musaraigne, la taupe, le hérisson, le solénodonte, le tanrec et le desman. On les trouve partout sauf en Antarctique, en Australie et dans le sud de l'Amérique du Sud. En Amérique du Nord, on ne trouve dans ce groupe que des taupes et des musaraignes. La plupart des insectivores sont de petits animaux nocturnes dont le cerveau comporte des bulbes olfactifs volumineux, ce qui indique un odorat développé.</p> <p>(6 familles, 365 espèces)</p>

 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Lagomorphes:</b> Petits mammifères à fourrure, aux longues oreilles et à la queue courte, dont font partie les lapins et les lièvres. Les lagomorphes sont caractérisés par la présence de deux paires d'incisives à la mâchoire supérieure, et d'une paire à la mâchoire inférieure. Ces dents ont la particularité de pousser de façon permanente, leur taille étant limitée par l'usure due au frottement mutuel des incisives inférieures et supérieures.</p> <p>(2 familles, 80 espèces)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Macroscélidés:</b> Mammifères herbivores mesurant tout près de 30 cm. Ces animaux sont caractérisés par un long nez pointu, de minces pattes et une queue ressemblant à celle du rat. (1 famille, 15 espèces)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Marsupiaux:</b> Grand groupe de mammifères, dont la plupart portent leurs petits dans une poche abdominale après la naissance. Tous sont originaires d'Australie, de Tasmanie et de Nouvelle-Guinée, à l'exception des opossums et des musaraignes marsupiales d'Amérique du Sud. Parmi les petits marsupiaux, on trouve le diable de Tasmanie, le phalanger, les wallabies, le bandicoot et le numbat diurne, ou fourmilier marsupial. Les grands marsupiaux comprennent le kangourou, le koala et le wombat.</p> <p>(22 familles, 292 espèces)</p>
	<p><b>Monotrèmes:</b> Groupe de mammifères ovipares, comprenant l'ornithorynque, et les échidnés, ou fourmiliers épineux. Les monotrèmes sont originaires d'Australie, de Tasmanie et de Nouvelle-Guinée. Après l'éclosion des œufs les petits sont sans défense et sont portés dans des poches abdominales peu profondes. Les jeunes monotrèmes n'ont pas de pièces buccales adaptées à la tétée; le liquide produit par la glande mammaire dépourvue de mamelon est léché sur les poils ventraux de la mère.</p>

	(2 familles, 3 espèces)
	<p><b>Périssodactyles:</b> Mammifères ongulés appartenant à trois familles de mammifères à sabots (les chevaux et les espèces proches, les tapirs et les rhinocéros). Ce terme vient du grec, à nombre impair de doigts. Les membres de la famille du cheval, ou équidés, n'ont qu'un seul doigt à chaque pied, ceux de la famille du rhinocéros ont trois doigts fonctionnels aux pattes antérieures et postérieures, et ceux de la famille du tapir ont quatre doigts aux pieds antérieurs et trois doigts aux pieds postérieurs. (3 familles, 19 espèces)</p>
	<p><b>Pholidotes:</b> Mammifères édentés dont le type est le pangolin. On le retrouve en Afrique et en Asie. Son corps est couvert d'écailles et il se nourrit de termites et de fourmis. (1 famille, 7 espèces)</p>
	<p><b>Pinnipèdes:</b> Mammifères carnivores dont les ancêtres terrestres sont retournés à la vie aquatique. Leur corps lisse et aérodynamique, leurs pattes transformées en nageoires et leurs excellentes performances en plongée prouvent leur extraordinaire adaptation. Les différentes espèces sont parfaitement adaptées à ce mode de vie et ne séjournent sur les côtes ou sur la banquise que pour se reproduire et élever les petits. (3 familles, 34 espèces)</p>
	<p><b>Primates:</b> Groupe de mammifères essentiellement arboricoles, comprenant les lémuriers et les singes, dont l'Homme fait partie. Les membres des primates se terminent par des mains et des pieds préhenseurs, grâce à l'existence de doigts séparés et de pouces en général opposables aux autres doigts. Les primates, en général au moins partiellement bipèdes, ne possèdent pas de griffes, mais des ongles plats. (2 sous-ordres, 11 familles, 356 espèces)</p>

 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Proboscidiens:</b> Mammifères caractérisés par un appendice nasal transformé en trompe, d'où leur nom, qui vient du grec <i>proboskis</i>, «trompe». Les espèces actuelles sont plus connues sous le nom d'éléphants. Ce sont les plus grands mammifères terrestres. Ils sont dotés de grandes oreilles, d'une longue trompe préhensile et de défenses en ivoire. Leur vie sociale est très complexe.</p> <p>(1 famille, 3 espèces)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Rongeurs:</b> Mammifères caractérisés par une paire de larges incisives en biseau et aux bords tranchants, qui sont fermement implantées dans les deux mâchoires et servent à ronger la végétation. La surface avant de chaque incisive se compose d'émail et la surface arrière de dentine tendre, qui s'use quand l'animal ronge, si bien que les dents sont maintenues constamment aiguisées. Les rongeurs ne possèdent pas de canines, un intervalle sépare les incisives des molaires.</p> <p>(3 sous-ordres, 30 familles, 1702 espèces)</p>
	<p><b>Tubulidentés:</b> Mammifères africains dont le seul représentant est l'oryctérope. Il est caractérisé par ses molaires à croissance continue, un long museau, de grandes oreilles, un corps de cochon, des membres puissants et des griffes en forme de pelle pour creuser.</p> <p>(1 famille, 1 espèce)</p>
 <p>www.corbis.com</p>	<p><b>Xénarthres:</b> Groupe de mammifères, apparenté aux marsupiaux ou aux insectivores, à la denture aberrante, ou dépourvus de dents.</p> <p>(4 familles, 29 espèces)</p>



**Scandentia:** Petits mammifères ressemblant à des écureuils qui ne sont pas exclusivement arboricoles et qui passent beaucoup de temps au sol. Ils sont dépourvus de moustache et localisent leurs proies à l'aide de leur ouïe, de leur odorat et de leur vue. Leur queue est presque toujours longue. Les toupayes des forêts de l'Asie du Sud-est font partie de cet ordre. (1 famille, 19 espèces)

## IX- Passage du milieu aquatique au milieu terrestre chez les vertébrés

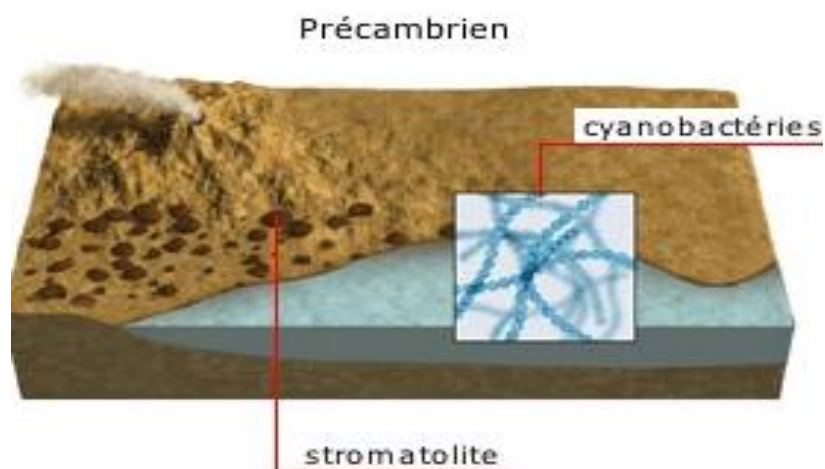
### 1-Introduction

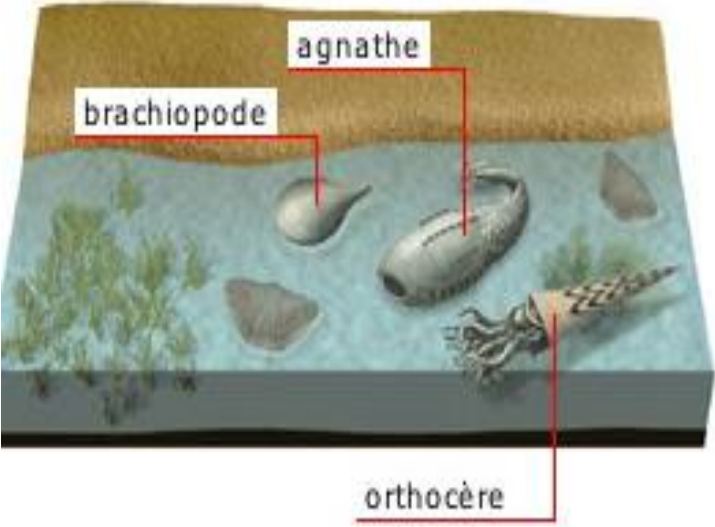
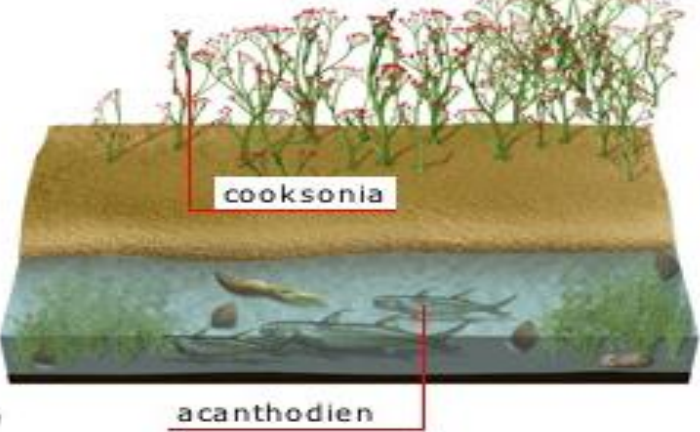
Le passage de la vie aquatique à la vie terrestre ou la conquête du milieu terrestre est certainement, pour nous, humains, l'une des étapes les plus marquantes de l'histoire des vertébrés, puisqu'elle a permis l'émergence des premiers tétrapodes, dont nous sommes précisément issus. On estime que cette conquête est le résultat de l'évolution de certains poissons dont les descendants actuels les plus proches appartiennent au groupe des dipneustes. Ces derniers possèdent en effet plusieurs caractères - comme par exemple l'existence de poumons fonctionnels, en plus de branchies, ou un début de cloisonnement du cœur - qu'ils partagent de façon exclusive avec les tétrapodes. De même, leurs nageoires présentent une organisation qui préfigure clairement celle des membres des tétrapodes. Toutefois, malgré ces particularités, les dipneustes sont totalement incapables de mener une vie active prolongée hors de l'eau

### 2- Les grandes étapes de l'évolution de la vie

Les scientifiques ont divisé l'histoire de la Terre en grandes périodes marquées par l'apparition ou la disparition d'animaux et de végétaux. Au fil du temps, des êtres vivants très différents se sont succédé. Par exemple, le développement d'une colonne vertébrale a permis à certains animaux de nager plus efficacement, il y a plus de 400 millions d'années. Ces premiers vertébrés étaient les poissons. Certains poissons ont peu à peu développé des poumons et des pattes pour conquérir la terre ferme. Ils furent les premiers amphibiens, capables de vivre sur terre et dans l'eau. Avec l'assèchement du climat il y a quelque 300 millions d'années, les reptiles ont pris le dessus, étant mieux adaptés que les amphibiens à un environnement aride. Encore aujourd'hui, des êtres vivants disparaissent ou évoluent, au rythme des transformations de leur environnement.

La plus ancienne et la plus longue ère géologique, marquée par la formation des continents et l'apparition de la vie dans les océans.  
 - cyanobactéries  
 pour entendre :  
 cyanobactéries  
 Algues bleu-vert comptant parmi les premiers organismes vivants microscopiques apparus sur Terre.



<p>Période géologique marquée par l'évolution animale (apparition de mollusques, crustacés) et l'extinction de la moitié des invertébrés marins.</p> <p><u>-trilobite</u> Invertébré marin fossile à antennes, dont la carapace est divisée longitudinalement en trois lobes. Il disparaît au Permien.</p>	<p style="text-align: center;">Cambrien</p>  <p style="text-align: center;">trilobite</p>
<p>Période géologique où apparaissent les premiers vertébrés et de nouveaux invertébrés marins. Les coraux, éponges et mollusques y abondent notamment.</p> <p><u>-Agnathe</u> Poisson dépourvu de mâchoire au squelette cartilagineux. Il en existe encore de nos jours des représentants (lamproie)</p> <p><u>-brachiopode</u> Invertébré marin fossile dont le corps est protégé par une coquille à deux valves.</p> <p><u>- orthocère</u> Invertébré aquatique fossile pourvu de bras à ventouses et d'une coquille. Il est l'ancêtre du nautilus, du calmar et de la pieuvre.</p>	<p style="text-align: center;">Ordovicien</p>  <p style="text-align: center;">agnathe</p> <p style="text-align: center;">brachiopode</p> <p style="text-align: center;">orthocère</p>
<p><u>-acanthodien</u> Premier poisson à mâchoire, dont la plupart des nageoires sont soutenues par une épine osseuse. Il disparaît au Permien.</p>	 <p style="text-align: center;">cooksonia</p> <p style="text-align: center;">acanthodien</p>

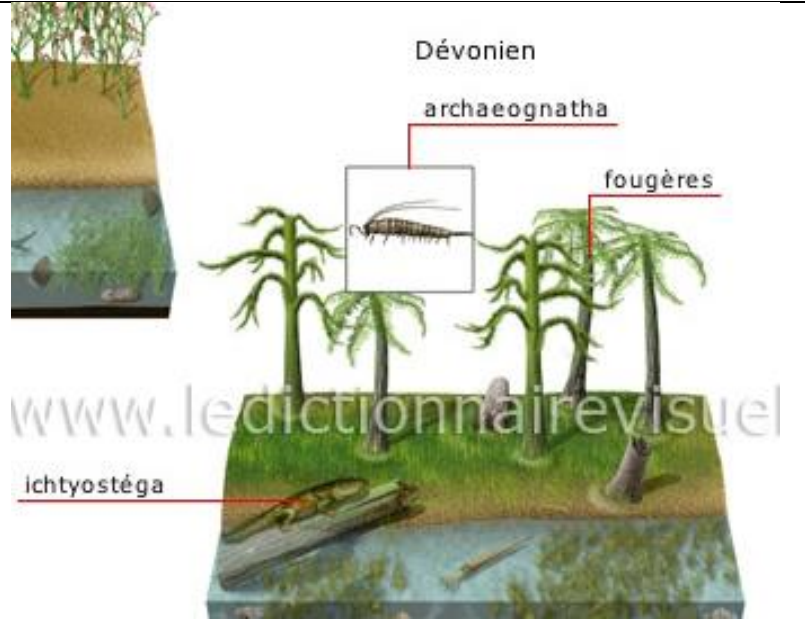
Période géologique où apparaissent les amphibiens, les insectes et les premiers animaux terrestres, et qui voit se répandre les poissons et les plantes.

- ichtyostéga

Vertébré fossile à quatre membres, descendant du poisson. Il est l'ancêtre des amphibiens actuels et l'un des premiers vertébrés adaptés à la vie terrestre.

-archaeognatha

Le plus ancien fossile d'insecte connu est dépourvu d'ailes et muni de longues antennes.



Carbonifère

Période géologique durant laquelle apparaissent les reptiles et les insectes ailés.

Les végétaux (fougères, plantes à graines) poursuivent leur développement

-falcatus

Requin fossile aux dents acérées, dont le mâle est pourvu d'un aiguillon dorsal denté orienté vers l'avant.

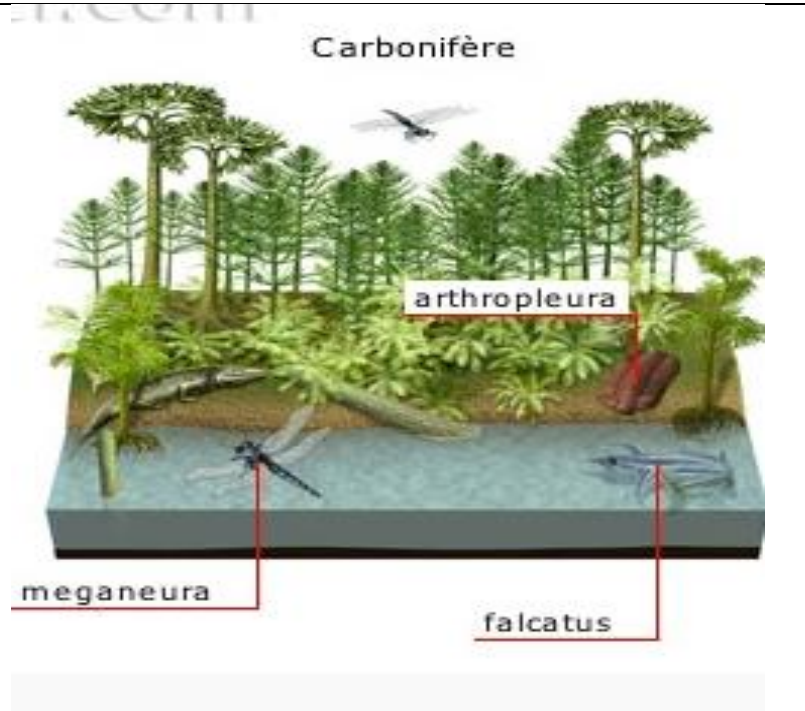
- arthropleura

Invertébré fossile des forêts humides mesurant près de 2 m, dont le corps est divisé en nombreux segments.

-meganeura

Insecte ailé fossile.

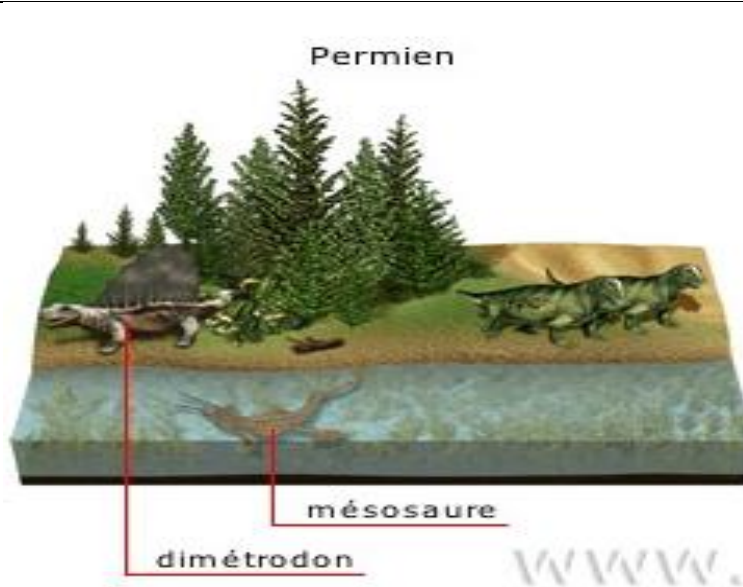
L'envergure de cette libellule géante (70 cm) n'a jamais été atteinte par d'autres insectes.



Période géologique marquée par la prédominance des reptiles et des amphibiens. La masse continentale forme alors un supercontinent : la Pangée.

-mésosaure  
Premier reptile aquatique pourvu de longues dents acérées et d'une queue puissante assurant sa propulsion en eaux peu profondes.

- dimétron  
Reptile carnivore fossile, dont les épines dorsales reliées par une membrane lui permettent de réguler sa température interne. Il domine le Permien.



Période géologique marquée par la dislocation du supercontinent, la formation des continents actuels et l'apparition des mammifères.

-nothosaure  
Reptile fossile amphibie et carnivore, dont les membres courts en forme de nageoire sont adaptés aux déplacements terrestres et aquatiques.

- coelophys  
Dinosaure carnivore bipède très agile, à la course rapide, dont les doigts sont munis de puissantes serres.

- mégazostodon  
De la taille d'une souris, l'un des premiers mammifères apparus sur Terre était un insectivore essentiellement nocturne.



Période géologique durant laquelle les dinosaures dominent le monde. On assiste à la formation de l'océan Atlantique.

- ichtyosaure

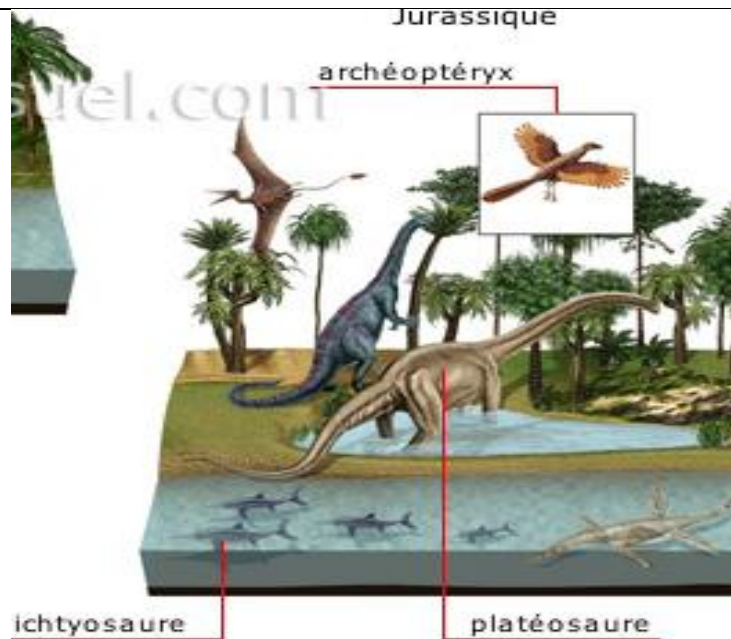
Reptile marin carnivore à la nage rapide, présentant certains caractères du dauphin et pouvant atteindre 10 m. Il disparaît au Crétacé.

- archéoptéryx

Animal fossile apte au vol, présentant certains caractères d'un reptile (griffes, dents, longue queue osseuse) et d'un oiseau (ailes, plumes).

**- platéosaure**

Un des plus gros dinosaures du Jurassique. Herbivore au long cou, il se dresse sur ses pattes postérieures pour atteindre les feuilles des arbres.



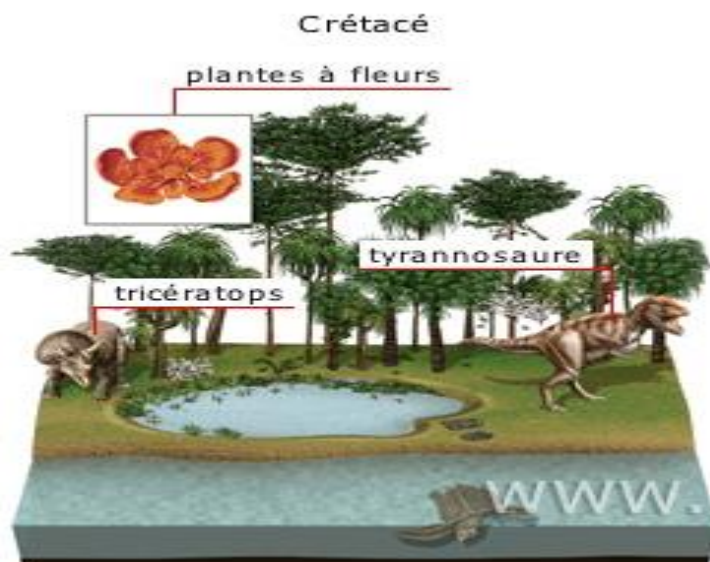
Cette période est marquée par l'extinction de 75 % des espèces végétales et animales, dont les dinosaures.

-tricératops

L'un des derniers dinosaures. Cet herbivore quadrupède était pourvu de trois cornes et d'une collerette cervicale osseuse.

- tyrannosaure

Dinosaure carnivore bipède mesurant 15 m et muni de puissantes mâchoires. C'est un prédateur extrêmement féroce aux dents acérées.



Période géologique durant laquelle les mammifères se diversifient (apparition de chevaux, de baleines...) et dominant. Les premiers primates voient le jour.

- proconsul

Grand primate fossile considéré comme un ancêtre du chimpanzé.

- basilosaure

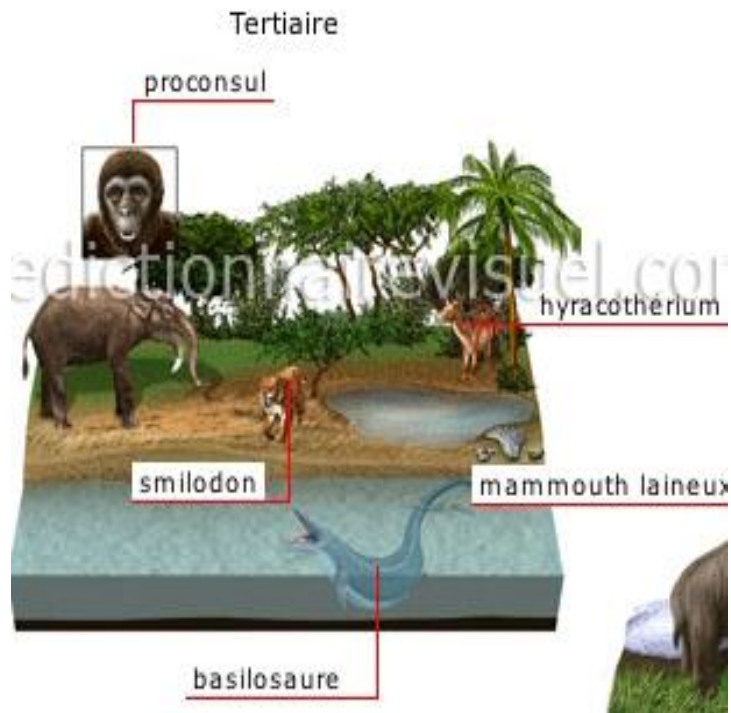
Ce mammifère marin fossile d'environ 20 m, ancêtre des cétacés actuels, ressemblait quelque peu à un serpent.

- smilodon

Félin carnivore fossile aux canines supérieures proéminentes tranchantes.

- hyracothérium

L'ancêtre du cheval, de la taille d'un petit chien, possédait quatre doigts aux pattes antérieures et trois aux pattes postérieures



Période géologique la plus récente de l'histoire de la Terre, marquée par des glaciations et l'apparition de l'homme moderne.

- homo sapiens sapiens

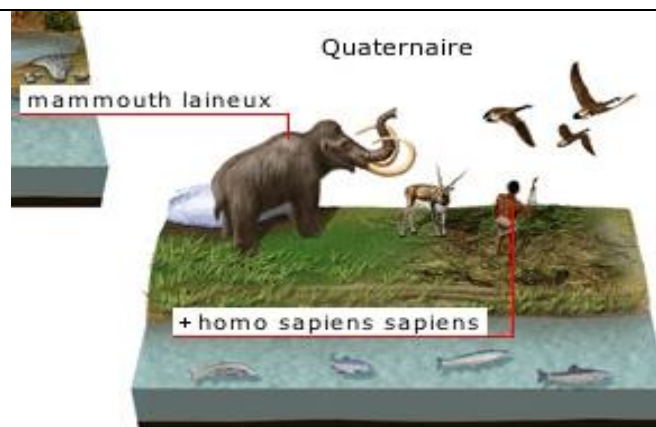
Le représentant du premier homme moderne apparaît il y a environ 100 000 ans.

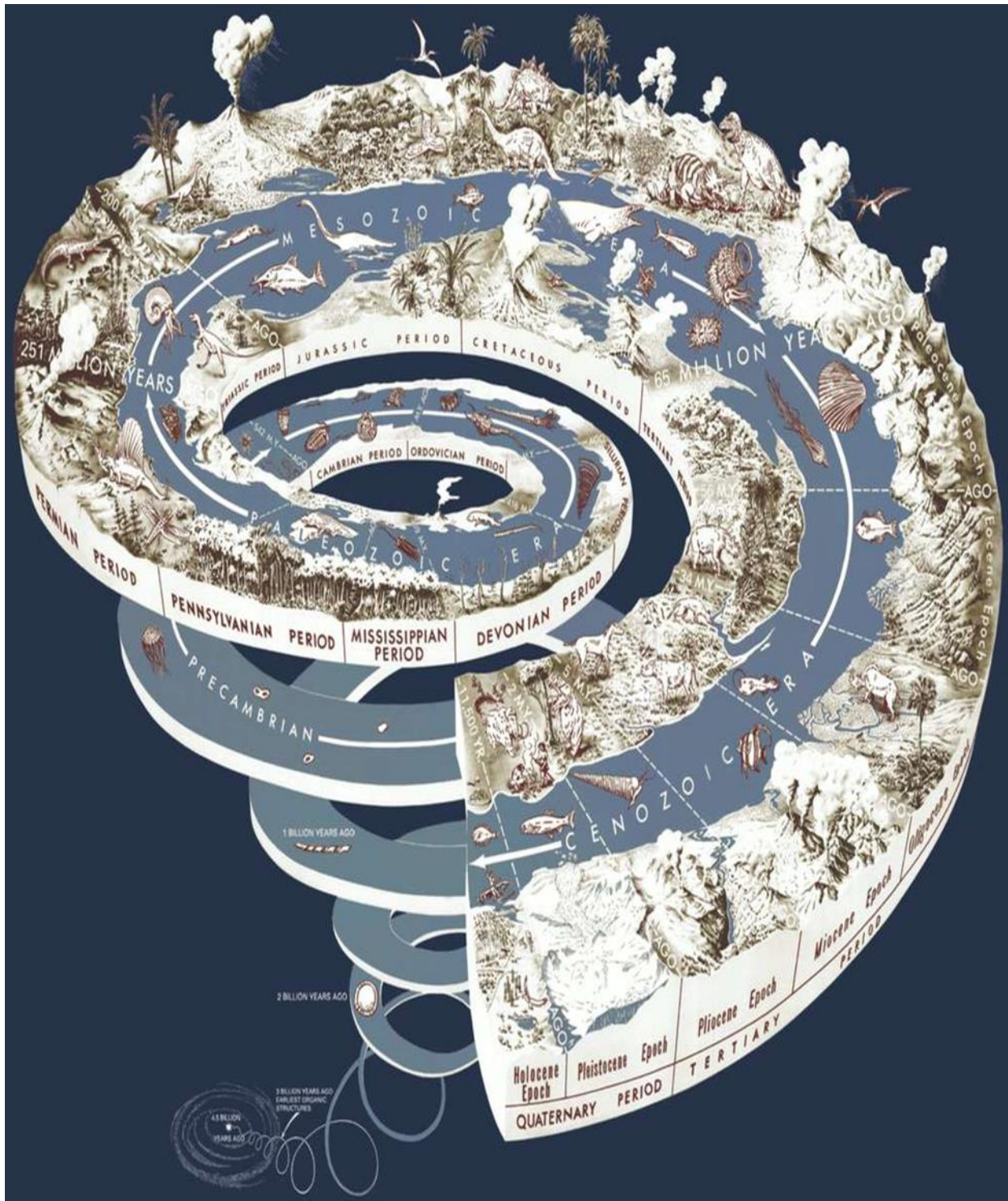
- mammouth laineux

Ce fossile, voisin de l'éléphant, était recouvert d'une épaisse toison laineuse et pourvu de longues défenses recourbées. Il s'est éteint il y a 10 000 ans.

- Tertiaire

Période géologique durant laquelle les mammifères se diversifient (apparition de chevaux, de baleines...) et dominant. Les premiers primates voient le jour.





**Fig 90 :** Diagramme montrant l'échelle des temps géologiques. © United States Geological Survey, DP

Il est donc légitime de penser que les espèces qui se sont affranchies du milieu aquatique avaient acquis de nombreux caractères supplémentaires. Leurs plus proches descendants actuels appartiennent au groupe des amphibiens qui, au moins à l'état adulte, présentent de très nettes adaptations au milieu aérien, même s'ils restent plus ou moins dépendants du milieu aquatique, notamment pour leur reproduction.

Entre les dipneustes et les amphibiens, le fossé est donc très important et la simple étude de leurs caractéristiques morpho-fonctionnelles ne permettra jamais de reconstituer l'ensemble des événements qui ont marqué la conquête du milieu terrestre. Certes, les amphibiens ont la particularité de subir une métamorphose qui les amène à effectuer au cours de leur développement ce même passage de l'eau à l'air, mais il serait illusoire de penser que la métamorphose récapitule fidèlement les étapes historiques de la sortie des eaux.

La reconstitution des étapes de la conquête du milieu terrestre par les vertébrés est en réalité inconcevable sans l'étude des fossiles. Malheureusement, les fossiles capables de témoigner directement de cette période sont actuellement très peu nombreux, à peine plus d'une dizaine. La découverte récente de l'un d'eux, *Tiktaalik roseae*, dans l'Arctique canadien par une équipe américaine est donc un authentique événement.

### **3- Adaptations et diversification des vertébrés**

On remarque que la classe des Poissons est la plus représentée actuellement et compte beaucoup plus d'espèces que celle des Mammifères. On estime actuellement à 20 000 le nombre d'espèces de Poissons, à 5 000 celles des Amphibiens, à 5 000 celles des Reptiles, à 9 000 celles des Oiseaux et à 4 000 celles des Mammifères.

- La respiration branchiale des Poissons et leurs œufs sans coquille ne leur permettent pas de sortir de l'eau, mais leur adaptation aux différentes conditions de leur milieu de vie (eau douce/salée, froide/chaude ...) leur a permis une grande diversification.
  - La respiration pulmonaire des Amphibiens et leurs 4 membres leur ont permis de s'adapter aux conditions de la terre ferme, mais leurs œufs sans coquille les obligent à retourner dans l'eau pour pondre.
  - Les Reptiles et les Oiseaux ont abandonné le milieu aquatique pour le milieu terrestre grâce à une grande innovation : l'œuf à coquille, imperméable, rigide, qui renferme des réserves nutritives abondantes (vitellus et ovalbumine), ainsi que le liquide indispensable au bon développement de l'embryon.
  - Les Mammifères doivent leur diversification à un ensemble de caractéristiques : métabolisme à sang chaud leur permettant de vivre activement et de supporter les changements climatiques. De plus, ils produisent du lait et préservent leur descendance. Enfin, ils sont équipés de dentures diversifiées adaptées à toutes sortes de nourritures. Pendant les 160 Ma du règne des Dinosaures dont ils sont contemporains, les mammifères restèrent dans l'ombre. Mais l'extinction de ce groupe de reptiles, il y a 65 Ma, a permis aux mammifères de se diversifier.
- Afin de fuir leurs prédateurs, certains mammifères se sont réfugiés dans un milieu hostile à leur nature (quadrupèdes à fourrure) : l'eau. Ils devinrent progressivement très gros : la baleine est la preuve de la remarquable adaptabilité des Mammifères.

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques

- Beaumont A., Cassier P., Truchot J-P, Dauça M., 2004. Biologie et physiologie animales. Ed. Dunod, Paris, 493p.
- Bellani G, 1996. Quand l'oiseau fait son nid. Arthaud, 167p.
- Chevassus-au-Louis B., 2005. Les enjeux de la biodiversité animale. Bulletin de l'Académie vétérinaire de France, Tome 158, n o 2, p. 91-110. CINZ (Code International de -Nomenclature Zoologique), 1999. Terminaisons des noms du niveau famille. 4ème édition, Article 29.2.
- Clack J., 2006. Le premier pas à terre. Pour la Science 2006; 340 : 30–6.
- Corvol P, Elghozi JL., 2011. Sortir de l'eau ou le passage de la vie aquatique à la vie terrestre. Paris : Odile Jacob, 2011 : 240 p.
- Daeschler EB, Shubin NH, Jenkinns FA Jr.,2006. A devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan. Nature 2006; 440 : 757–63.
- Feduccia A, 1999. The Origin and Evolution of Birds. Yale university press, 480p.
- Gabriel Markov Equipe de Zoologie Moléculaire, Institut de Génomique Fonctionnelle de Lyon, Université de Lyon, Ecole Normale Supérieure de Lyon, Université Lyon 1, CNRS, INRA, Institut Fédératif 128 Biosciences Gerland Lyon Sud, France./USM 501/UMR CNRS 5166 - Evolution des Régulations Endocriniennes. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France
- Gast G, 2002. Au plus près de l'oiseau. VM ed, 189p.
- Gill FB, 1994. Ornithology. Freeman, 720p.
- Ginet R. et Rox A.L., 1974. Les plans d'organisation du règne animal. Ed. Doin, Paris, 247p.
- Collection Sciences Sup, 2007. Mini manuel de biologie animale. Ed. Dunod, Paris, 189p.
- Jurd R-D., 2000. L'essentiel en Biologie animale. Ed. Berti, Paris, 329p.
- hilippe Janvier, « Les classifications phylogénétiques des vertébrés actuels et fossiles », Bulletin de la Société zoologique de France, vol. 122, no 4,ISSN ) 354-p. 341 ,1997 (X, lire en ligne [archive]962-0037
- Kabouche B, Flitti A, Kayser Y, Olioso G, 2009. Atlas des oiseaux nicheurs de Provence Alpes Côte d'Azur. Delachaux & Niestlé, 544p.
- Laurin M., 2008. Systématique, paléontologie et biologie évolutive moderne : l'exemple de la sortie des eaux chez les vertébrés. Ed. Ellipses, Paris, 177p.
- Lecointre G, Le Guyader H., 2001. Classification phylogénétique du vivant. Paris : Belin, 2001.
- Lecointre, G. et Le Guyader, H., 2006. Classification phylogénétique du vivant, éd. Belin, 2006, 560 p. Manuel, M., article « Evolution Animale », Encyclopedia Universalis (mis à jour en 2007). Tree of Life, <http://tolweb.org/> (projet de traitement exhaustif de la phylogénie des êtres vivants, avec références bibliographiques et discussions des incertitudes. Le degré de précision des informations est variable suivant les groupes.)
- Lesaffre G., 2000. Le Manuel d'ornithologie. Delachaux & Niestlé, 271p

## Références bibliographiques

---

- Maissiat J., Baehr J-C, Picaud J-L., 2005. Biologie animale. Invertébrés. Ed. Dunod, Paris, 239p. Meglitsch P.-A., 1973. Zoologie des Invertébrés Tome 1, Protistes et Métazoaires primitifs. Ed : Doin, Paris, 304p. Meglitsch P.-A., 1974. Zoologie des Invertébrés Tome 2, Des vers aux arthropodes. Ed : Doin, Paris, 306p.
- MARCHADOUR B. (coord.), 2009. Mammifères, Amphibiens et Reptiles prioritaires en Pays de la Loire. Coordination régionale LPO Pays de la Loire, Conseil régional des Pays de la Loire, 125 p. Texte individuel : BERGEAL D. & LÉCUREUR F., 2009. Le Sonneur à ventre jaune. In MARCHADOUR B. (coord.), 2009. Mammifères, Amphibiens et Reptiles prioritaires en Pays de la Loire. Coordination régionale LPO Pays de la Loire, Conseil régional des Pays de la Loire : 72- 73.
- Pascal DURIS, Pascal TASSY, « CLASSIFICATION DU VIVANT », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 2 décembre 2020. URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/classification-du-vivant/>
- Proctor NS & Lynch PJ, 1998. Manual of Ornithology : Avian Structure and Function. Yale university press, 352 p.
- Purificación López-García & David Moreira., 2008. "Tracking microbial biodiversity through molecular and genomic ecology", Research in Microbiology, Vol.159, No.1, January-February 2008, p.67–73.
- Shubin NH, Daeschler EB, Jenkinns FA Jr., 2006. The pectoral fin of Tiktaalik roseae and the origin of the tetrapod limb. Nature 2006; 440 : 764–71.
- Sibley CG & Ahlquist JE, 1991. Phylogeny and Classification of the Birds : A Study in Molecular Evolution. Yale university press, 1080p.
- Svensson L, Grant PJ, Zetterstöm D, Mullarney K., 2010. Le Guide Ornitho. Delachaux & Niestlé, 448p.

### -Documents, ouvrages et Tthèses

- Licence 1&2 | Biologie Animale – Sommaire SVI 04, Biologie Animale (L1&2): Télécharger le cours par FTP Télécharger le cours par HTTP Sommaire de Bio Animale: Chapitre 1 : Les principales étapes évolutives. Chapitre 2 : L'embranchement des vertébrés. Chapitre 3 : Anatomie comparée du squelette : Partie 3.1 : Le crâne. Partie 3.2 : Le squelette... 9 juillet 2012 Dans "Biologie Animale"
- Licence 1&2 | Bio du Développement - Sommaire du cours Biologie du Développement : Télécharger le document sur le serveur FTPou sur le serveur web (HTTP). Pour télécharger l'ensemble des cours de Biologie du Développement de Licence1 & 2, vous pouvez le faire en cliquant simplement sur un des deux liens suivant : sur le serveur FTPou sur le serveur... 12 juillet 2012 Dans "Bio. du Développement"
- Licence 1&2 | Biologie Animale - Chapitre 1 : Principales étapes évolutives. SVI 04, Biologie Animale : Chapitre 1 : Les principales étapes évolutives. Généralités. Les arthropodes et les vertébrés sont les deux principaux groupes. Les arthropodes sont le

## Références bibliographiques

---

plus grand succès évolutif avec plus de 1 500 000 espèces. Les vertébrés comptent eux, 45 000 espèces. Télécharger le cours par FTP... 11 juillet 2012 Dans "Biologie Animale".

- Analyse cladistique (Pascal Tassy) – e-systematica » [archive], sur e-systematica.org (consulté le 7 mai 2018).

## Webographies

- <http://www.univ-ubs.fr/ecologie/actinopodes.html>
- <http://cgdc3.igmors.u-psud.fr/microbiologie/radiolaires.htm>
- <http://cgdc3.igmors.u-psud.fr/microbiologie/acantharea.htm>
- <http://cgdc3.igmors.u-psud.fr/microbiologie/heliozoaires.htm>
- <http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biotech/galerie/protozoaires/tableau/protozoaires.html>
- Catalogue of Life, consulté le 28 févr. 2013.
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Zoologie>, consulté le 21 août 2017
- <http://simulium.bio.uottawa.ca/bio2525/Notes/Introduction.htm>, consulté le 21 août 2017