

Filière : Sciences de la vie

Semestre 2

Module : Biologie des organismes animaux

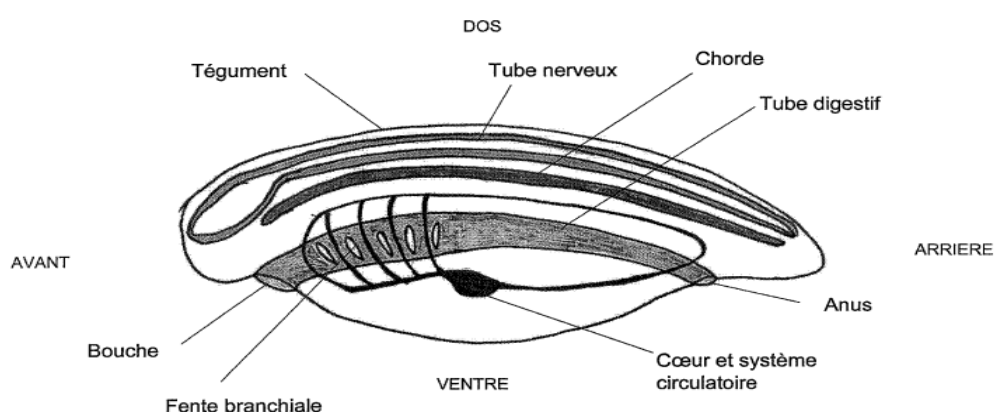
Vertébrés

Pr. BOUCHELTA A.

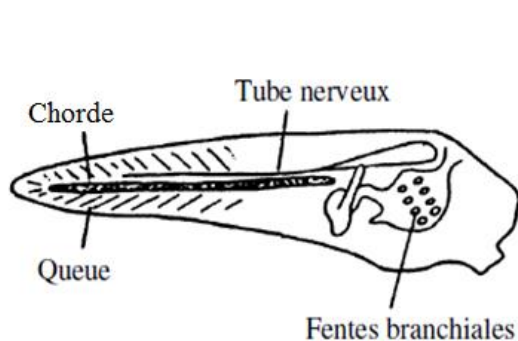
Année universitaire 2019 - 2020

Phylum des Chordés

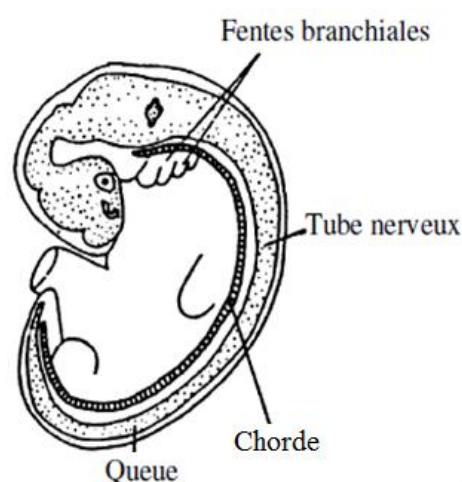
Les Cordés sont des métazoaires, Triploblastiques ; Trois feuilletts (ectoderme, mésoderme et endoderme), ils sont cœlomates ; Les cavités ventrales au sein du mésoderme s'unissent pour former le cœlome, Deutérostomiens ; le blastopore évolue en un anus et non en une bouche. Ils sont Épineuriens ; le système nerveux dorsal se place au-dessus du tube digestif. Ils sont à symétrie bilatérale. Les Cordés sont munis d'une corde une baguette rigide qui se trouve entre le système nerveux et le tube digestif. Au moins au début du développement, le pharynx est perforé latéralement. L'appareil circulatoire comprend un cœur, des artères et des veines. Les Cordés regroupent les Embranchements des Céphalocordés ou Acrâniens, des Urochordés ou Tuniciers et des Vertébrés ou Crâniates.



Organisation générale d'un Chordé



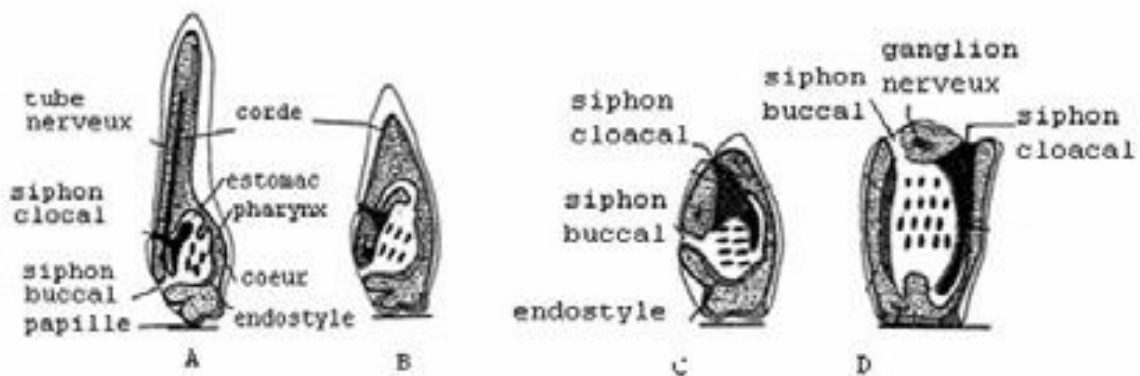
Larve d'Urochordé



Embryon de Vertébré

A- Embranchement des Urocordés (ou Tuniciers)

La corde présente uniquement dans la queue. Les Urocordés sont des organismes marins (1400 espèces) que l'on retrouve habituellement en eau relativement peu profonde. Ils se retrouvent dans presque tous les océans du monde. Ils sont parfois appelés 'tuniciers' à cause de la membrane externe rigide, sécrétée par l'adulte, qui enrobe l'animal un peu comme une tunique. Cette membrane de soutien, qui a aussi un rôle protecteur est faite de tunicine, une substance qui s'apparente un peu à la cellulose des plantes. Les espèces les plus familières appartiennent à la classe des Ascidiacés (les ascidies) qui compte plus de 1300 espèces. Il y a deux autres classes moins connues: les Thaliacés et les Appendiculaires. Chez les Ascidiacés, les morphologies larvaire et adulte sont très distinctes. Alors que la larve est libre et nage en faisant usage de la région postérieure de son corps, l'adulte est fixe et dépourvu d'appendice caudal. En fait, les adultes peuvent se déplacer, mais ces déplacements sont lents et les distances parcourues sont restreintes.



Etape de métamorphose d'une larve d'ascidie

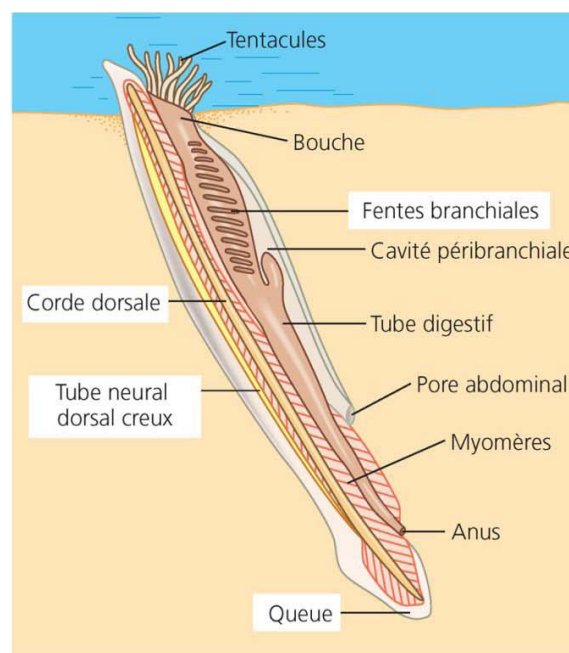
B- Embranchement des Céphalocordés

Ces animaux forment un petit groupe actuellement composé de deux genres et de douze espèces. Le plus connu est *Branchiostoma lanceolata* ou **Amphioxus**.

L'Amphioxus est l'animal vivant actuellement dont l'organisation est la plus proche de celle des Vertébrés.

C'est un petit animal fusiforme sans tête apparente et de 5 à 6 cm de long. Le corps est aplati latéralement. Il nage par ondulations latérales du corps mais vit le plus souvent enfoncé dans le sable en oblique, seule la région antérieure dépasse de la surface du sable.

Cet animal possède une sorte de tige rigide dorsale qui va d'une extrémité à l'autre du corps. C'est la corde), qui joue un rôle de soutien. Le tube nerveux est cylindrique et dorsal par rapport à la corde.



Amphioxus : *Branchiostoma lanceolatum* (Céphalocordé)

C- Embranchement des vertébrés

L'embranchement des Vertébrés est considéré comme le plus « abouti » de tous parmi les classements que l'on peut faire.

L'embranchement compte un peu plus de 43000 espèces. Un grand nombre reste encore à découvrir ; composé des animaux les plus évolués.

Les vertébrés représentent 4% du monde animal. Les animaux qu'il englobe ont une structure très homogène malgré une grande diversité de formes. Ces animaux ont conquis tous les milieux.

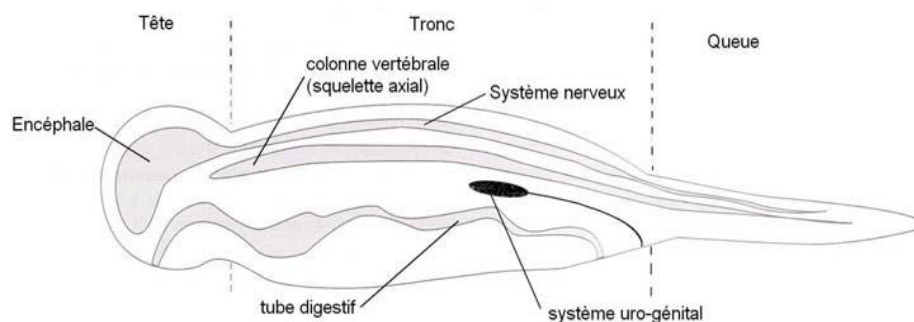
Caractères généraux des vertébrés

1- Le corps allongé dans le sens antéro-postérieur comprend trois parties:

La tête contenant l'encéphale, les organes des sens développés et la partie antérieure du tube digestif.

Le tronc (thorax et abdomen) renferme le cœlome et les viscères.

La queue essentiellement musculieuse.



Coupe sagittale d'un vertébré type

2- Le tégument correspond à la peau et à ses dérivés, les glandes et les phanères.

Les téguments des Vertébrés sont formés d'un **épiderme** pluristratifié d'origine ectodermique. La couche la plus interne ou couche génératrice, forme constamment de nouvelles cellules remplaçant progressivement les couches externes, qui se desquament.

L'épiderme est doublé intérieurement d'un tissu conjonctif, le **derme**, d'origine mésodermique.

Entre ces deux couches, il ya des différenciations tégumentaires qui sont des :

- Terminaisons nerveuses sensibles.

- Glandes ou cellules glandulaires.
- Cellules pigmentaires qui donnent la coloration à la peau.
- Des phanères (écailles, plumes, poils..).

3- Le squelette formé par:

- **Le squelette axial** formé de pièces **cartilagineuses** ou **osseuses**, se développent autour de la corde dorsale (disparaît chez l'adulte des groupes évolués). Ces pièces sont disposées métamériquement et groupées en vertèbres.
- **Le squelette céphalique** recouvre l'encéphale:
 - ✓ **Neurocrâne**: entoure et protège l'encéphale
 - ✓ **Splanchnocrâne** (squelette viscéral): entoure et soutient les cavités buccale et pharyngienne.
- **Le squelette appendiculaire** ou des membres ou zonal soutient les membres (nageoires ou membres chiridiens).
- **Les ceintures** qui relient les appendices sur le squelette axial.

4- Le système nerveux (d'origine ectodermique) se compose de :

- **un système nerveux central** formé de l'encéphale et de la moelle épinière
- **un système nerveux périphérique** formé de nerfs (mettant en rapport système nerveux central avec les récepteurs sensoriels et les organes effecteurs): ils se divisent en nerfs crâniens (issus de l'encéphale) et les nerfs spinaux ou rachidiens (issus de la moelle épinière).
- **un système nerveux végétatif** est un ensemble de centres et de nerfs en rapport avec les fonctions de coordination de l'activité des viscères.

5- Le tube digestif est formé d'une partie moyenne d'origine endodermique et deux invaginations ectodermiques: **le stomodéum** (s'ouvrant par la bouche) et le **proctodéum** (dont l'orifice est l'anus).

6- L'appareil circulatoire clos. Dans ce système un **cœur** ventral compartimenté fait circuler le sang dans les **artères** jusqu'aux capillaires microscopiques qui nourrissent presque toutes les cellules du corps. Après avoir circuler dans les capillaires retourne au cœur par les **veines**. L'oxygène est transporté par les **globules rouges** (hématies) qui contiennent de l'hémoglobine. Le sang est oxygéné lorsqu'il parvient à la peau ou aux membranes hautement vascularisées qui tapissent les branchies et les poumons.

7- La locomotion est assurée par des membres ou des nageoires plurisegmentaires.

8- Le système excréteur est constitué de nombreux néphrons groupés en 2 reins symétriques qui ont pour rôle la filtration des fluides internes et l'excrétion des déchets du métabolisme.

9- La reproduction s'effectue par **voie sexuée**. Chez certaines espèces, les œufs peuvent se développer dans un individu sans qu'il y ait eu fécondation: ce phénomène porte le nom **de parthénogenèse**. Les sexes sont séparés (gonochorisme). La fécondation peut-être **externe ou interne**.

L'embranchement des Vertébrés se subdivisé en 2 sous-embranchements en se basant sur l'absence ou la présence de mâchoires :

- **Le sous-embranchement des Agnathes** (du grec *a* = sans et *gnathos* = mâchoire).
Pas de mâchoire ni de membres, une ventouse buccale, des branchies, aquatiques, souvent ectoparasites. Exemples : Lamproie, Myxine.
- **Le sous-embranchement des Gnathostomes**, Vertébrés à mâchoires, se divise en
 - ❖ **La superclasse des Poissons**
 - les **Chondrichthyens** (Poissons à squelette interne cartilagineux : requins, raies)
 - les **Osteoichthyens** (Poissons à squelette interne osseux et à arêtes)
 - ❖ **La superclasse des Tétrapodes**
 - les **Amphibiens** ou **Batraciens** : anamniotes, poïkilothermes, peau nue, métamorphose, la larve (têtard) respire par des branchies (Anoures : grenouilles, et Urodèles : tritons et salamandres).
 - les **Reptiles** : amniotes, poïkilothermes, recouverts d'écailles épidermiques, ovipares ou ovovivipares (tortues, serpents, crocodiles, lézards).
 - les **Oiseaux** : amniotes, homéothermes, couverts de plumes, ailes, bec corné, ovipares.
 - les **Mammifères** : amniotes, homéothermes, en général vivipares, les petits se nourrissent du lait des mamelles, corps recouvert de poils (Monotrèmes, marsupiaux, Placentaires).

I- Sous-embranchement des Agnathostomes (ou Agnathes)

Le terme Agnathe (ou *Agnatha* du grec *a*, sans et *gnathos*, mâchoire), désigne l'ensemble des Vertébrés dépourvus de mâchoire. Leur squelette cartilagineux, leur corps allongé sans nageoires paires ni écailles, et la présence d'une seule narine médiane et d'au moins 6 paires de poches branchiales. Le sous-embranchement comporte deux classes ; la classe des

Ostracodermes (formes fossiles) et la classe des **Cyclostomes** (formes actuelles) représentée par deux familles, les Myxinidés marins, et les Petromyzonidés amphibiotes, aisément reconnaissables par la morphologie de leur tête et en particulier de leur bouche.

Classe des Cyclostomes (du grec *Kyklos*, cercle, et *stoma*, bouche)

La bouche est une simple ouverture ronde et sans mâchoires. En effet, leur bouche, ressemble plus à une ventouse, hérissée de petites dents, au centre de laquelle s'ouvre une sorte d'entonnoir-la bouche et la cavité buccale-, occupé par une langue, elle aussi munie de dents.

1- Famille des Myxinidés (Myxine)

Ils ont une allure vermiforme, sans mâchoire ni vertèbres. Les yeux sont sous la peau. La seule nageoire est caudale. La bouche comprend des plaques dentigères.

Les plaques portant des dents ne sont pas l'homologue des mâchoires des *Gnathostomes*.

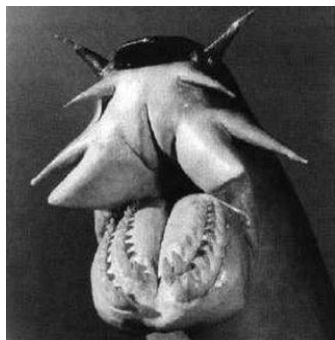
Ils vivent exclusivement en milieu marin. Ils s'enfouissent généralement sous la vase et n'en sortent que pour se nourrir des poissons malades ou morts qu'ils écorchent par succion et morsure. Ils mangent également de petits crustacés (crevettes) ou des polychètes. C'est parce qu'ils mangent par succion qu'il a fallu un support solide pour l'attachement des muscles, cartilagineux au départ, puis osseux.

La reproduction et le développement sont mal connus. On sait néanmoins que le développement est direct, c'est-à-dire absence de larve.

L'appareil branchial est très différent de celui des vertébrés : il est constitué de nombreuses petites poches en forme d'oignons, contenant les branches.

Le nombre d'orifices branchiaux est variable selon les espèces ; il va de 10 à 15.

La tête se termine par un orifice nasopharyngien unique entouré de 4 tentacules et s'ouvrant dans le pharynx. 4 tentacules tactiles entourent la bouche. De chaque côté, une série de 6 poches branchiales s'ouvrant à l'extérieur par un seul orifice ventral, et une série d'une centaine de pores muqueux.



2- Famille des Pétromyzonidés (Lamproie)

Il s'agit de vertébrés au corps allongé (=corps anguilliforme), sans nageoires paires.

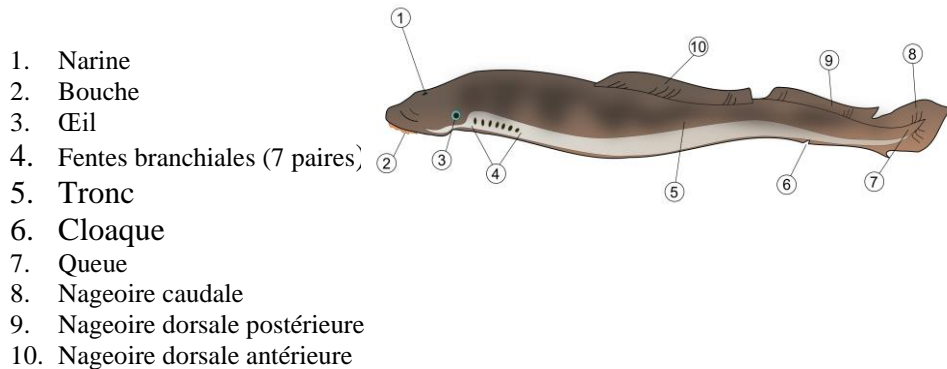
La tête est entourée d'une **ventouse et portant des dents cornées** et porte dorsalement un petit orifice naso-hypophysaire par lequel s'ouvre l'organe olfactif dans un tube aveugle. Il y a 7 paires d'orifices branchiaux latéraux et une ou deux nageoires dorsales et une caudale.

Les adultes vivent en milieu marin tandis que les larves vivent en eau douce.

Le plus souvent ectoparasites, ils se nourrissent du sang des poissons ou des cétacés. Ils disposent pour cela d'un système de piston qui leur permet de sucer à mort le sang de leurs victimes.

Les *lamproies* passent par un stade larvaire, puis une métamorphose. La larve a longtemps été considérée comme un animal distinct de l'adulte, auquel on avait donné le nom d'ammocètes.

Ce nom est resté pour désigner les larves ; on parle, en effet, de **larves ammocètes**.



Lamproie



Bouche d'une lamproie

II- Sous-embranchement des Gnathostomes (ou Gnathes)

Les Gnathostomes correspondent à des organismes possédant une mâchoire complète et des membres. On distingue la super-classe des Poissons (vertébrés aquatiques), qui constituent deux classes : Chondrichtyens et Ostéichtyens et la super-classe des Tétrapodes, qui forment

traditionnellement quatre classes : les Amphibiens (ou Batraciens), les Reptiles, les Oiseaux et les **Mammifères**.

1- Super- Classe des Poissons

1-1 Caractères généraux

Les poissons forment un groupe hétérogène de vertébrés ovipares, à sang froid (**poïkilothermes**) et rouge respirant toujours par des branchies (sauf les Dipneustes).

Le corps est généralement allongé et comprimé latéralement; la locomotion se fait à l'aide de nageoires, paires et impaires. Il possède une peau généralement recouverte d'écailles ; ovipare, il pond des œufs et la fécondation peut être interne ou externe.

Le tégument (peau) joue un rôle dans les échanges osmotiques et ioniques entre le milieu intérieur et le milieu extérieur. Il contient de nombreuses cellules glandulaires isolées. Ces cellules glandulaires sont de deux types : **cellules sécrétrices de mucus** qui s'étendent à la surface du tégument et jouent un double rôle :

- Protection mécanique et chimique.
- Amélioration du glissement de l'animal dans l'eau (hydrodynamisme) sans gêner les échanges osmotiques et ioniques.

On observe aussi des **cellules à sécrétion séreuse** ayant un rôle bactéricide et fongicide.

La peau contient des pigments de couleur appelés « **chromatophores** » qui offrent aux animaux Poissons de grandes facultés de camouflages.

La ligne latérale permet au poisson d'apprécier le courant, de percevoir les ébranlements vibratoires qui traversent l'eau et de localiser dans l'espace la source des vibrations.

1-2 Classe des Chondrichthyens

Cette classe est formé par des poissons au squelette entièrement cartilagineux; soit environ 846 espèces, se divise en **Sélaciens (requins et raies)** et **Holocéphales (chimères)**.

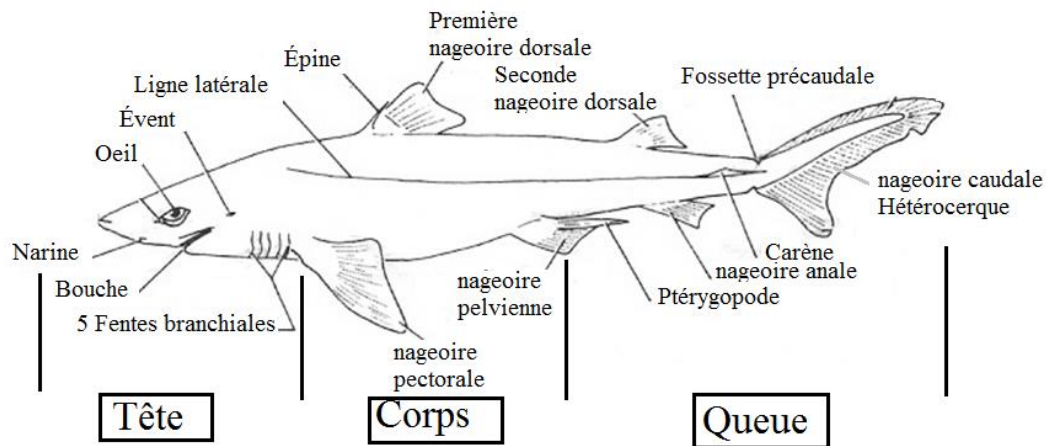
Parmi les sélaciens, on distingue :

- ceux qui ont les fentes branchiales sur le côté (Pleurotrèmes) c'est à dire les **requins**.
- ceux qui les ont sur la face ventrale (Hypotrèmes) c'est à dire les **raies**.

Les **fentes branchiales**, situées en arrière de la tête, ne sont pas recouvertes par un opercule. Ils s'ouvrent directement vers l'extérieur (5 à 7 paires de branchies). Dépourvus de vessie natatoire, ce qui leur permet de se poser sur le fond, ces poissons doivent nager en permanence pour pouvoir respirer.

La **peau** peut être nue ou plus ou moins recouverte d'**écailles placoïdes**. La nageoire caudale est **hétérocerque** (formée de deux lobes dissymétriques).

Chez les poissons cartilagineux, La fécondation se passe toujours à l'intérieur de la femelle, grâce à l'organe copulateur (**ptérygopodes**) du mâle qui est la transformation du bord postérieur des nageoires pelviennes de l'animal. Après fécondation, le type de développement des embryons varie : certaines espèces sont ovipares ; de nombreuses espèces sont ovovivipares ou vivipares.



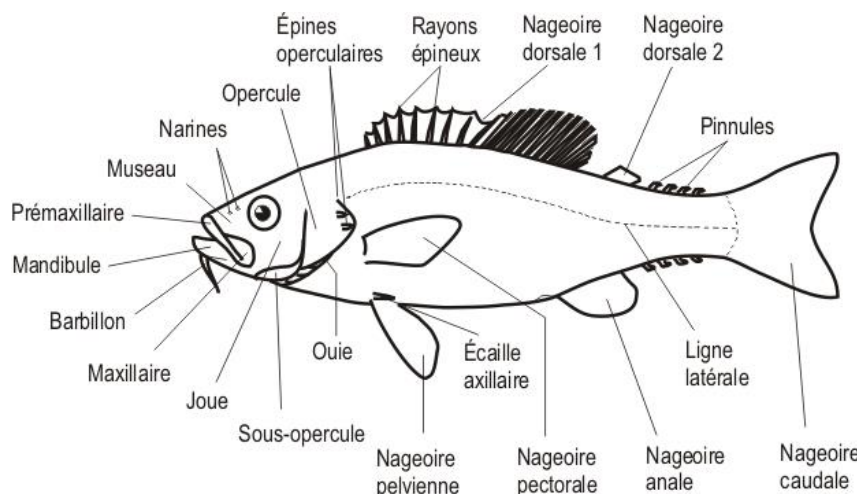
Morphologie externe d'un Requin

1-3 Classe des Ostéichthyens

Se sont des poissons au squelette partiellement ou totalement ossifié. Présence d'un opercule protégeant les branchies et d'un sac aérien (**vessie natatoire**) connectés au tube digestif.

Leur peau est recouverte d'**écailles** (osseuses) **cosmoïdes** ou **ganoïdes**. La nageoire caudale est **homocerque** (formée de deux lobes symétriques).

L'opercule et la musculature associés permettent de ventiler les branchies sans avoir à se déplacer c.à.d. même immobiles.



Morphologie externe d'un Ostéichthyen

La reproduction varie selon les espèces :

- En majorité **ovipare** et donc la fécondation **est externe**, après la ponte d'une grande quantité de petits **œufs** par la femelle.
- Chez d'autres espèces la reproduction et la fécondation **sont internes**.
- Nombreux cas d'hermaphrodisme (mérrou, dorade,...).

1-4 Etude des écailles et scalimétrie

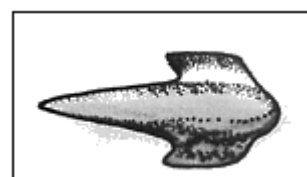
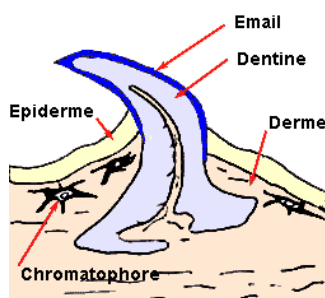
1-4-1 Les écailles

Les écailles recouvrent la totalité du corps du poisson. Elles sont totalement recouvertes par une peau très fine.

Chez certaines espèces de poisson, elles peuvent être complètement absentes. Leur base est implantée profondément dans la peau. Elles sont réparties comme les tuiles sur un toit. Leurs chevauchements protègent ainsi le poisson en évitant que les larves ou des parasites pénètrent dans leur peau.

1-4-1-1 Ecaïlles placôïdes (Chondrichthyens) :

Ce sont des dents cutanées d'origine dermo-épidermique présentant une cavité pulpaire centrale qui se bouche partiellement par de la dentine et recouverte d'une couche d'émail. Durant la vie du poisson, leur taille n'augmente pas alors que leur nombre s'accroît. Ils incrustent, par millions, la peau des requins et la rendent très rugueuse. Elles sont caractéristiques de la Classe des Chondrichthyens.



Ecaïlle placôïde

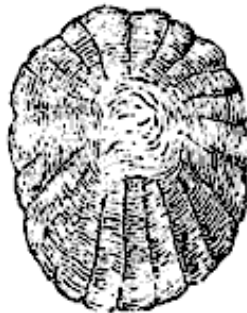
Coupe au niveau d'une écaïlle placôïde

1-4-1-2 Ecaïlles élasmoïdes (Téléostéens)

De formes variées, elles sont minces, transparentes, lamelleuses, imbriquées (en tuile ou en mosaïque) et contiennent du tissu osseux plus ou moins transformé. Ces écailles poursuivent

leur croissance pendant toute la vie du poisson.. Elles sont caractéristiques des Téléostéens. On distingue :

- Les **écailles cycloïdes**, les plus anciennes, ovales ou rondes, aux bords lisses (excepté quelques indentations mineures).
- Les **écailles cténoïdes**, propres aux formes plus évoluées, pourvues de rangées de spinules ou ctenii sur la partie postérieure. Ces écailles, sont en nombre constant durant toute la vie du poisson et leur taille augmente lorsque l'individu grandit.



Ecaille cycloïde

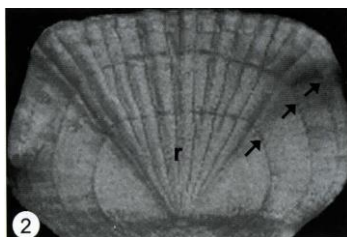


Ecaille cténoïde

1-4-1-3 Les écailles rhomboïdes

De forme rhombique, elles sont épaisses, rigides, juxtaposées et composées d'une épaisse plaque basale osseuse sur laquelle se développe une couche superficielle constituée de dentine et/ou de ganoïne. Elles se répartissent en deux types :

- les **écailles cosmoïdes** dont la principale caractéristique est l'existence d'une épaisse couche superficielle de cosmin. Ce type est présent chez les Dipneuste ;
- les **écailles ganoïdes** constituées d'une plaque basale d'os compact recouverte d'une couche de dentine. Ces écailles sont caractéristiques des Brachioptérygiens (ex: *Polypterus*), des Holostéens (ex: *Lepisosteus*).



Ecailles cosmoïdes



Ecailles ganoïdes

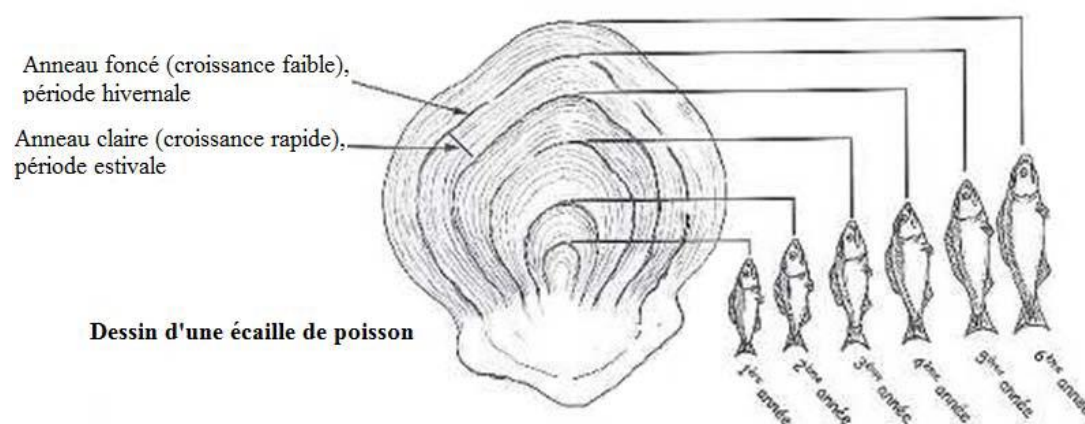
1-4-2 La scalimétrie

La croissance des poissons est continue durant toute leur vie, Les écailles grandissent par couches successives au même rythme que le poisson; rythme qui varie suivant les saisons, la quantité de nourriture disponible, l'état de santé, les migrations et tout ce qui concerne la vie d'un poisson.

Les scientifiques ont développé des méthodes permettant de donner l'âge des poissons et l'une des plus simples et l'étude des écailles : la **scalimétrie**.

La scalimétrie correspond à une méthode permettant de déterminer l'âge des poissons à partir de leurs écailles, plus précisément à partir des stries de croissance qu'elles affichent. Les écailles grandissent en effet en même temps que le reste du corps par adjonction de couches concentriques.

Chez les poissons, les périodes d'alimentation intensive provoquent une augmentation de l'espace séparant deux stries de croissance. Or, l'activité des poissons, et donc leur prise de nourriture, varie au cours de l'année : elle est élevée en été, faible en hiver et modérée entre ces deux saisons. Ces périodes donnent donc naissance à des séries de stries plus ou moins resserrées ou espacées dont la lecture permet alors de déterminer l'âge de l'organisme.



1-5 Respiration chez les poissons

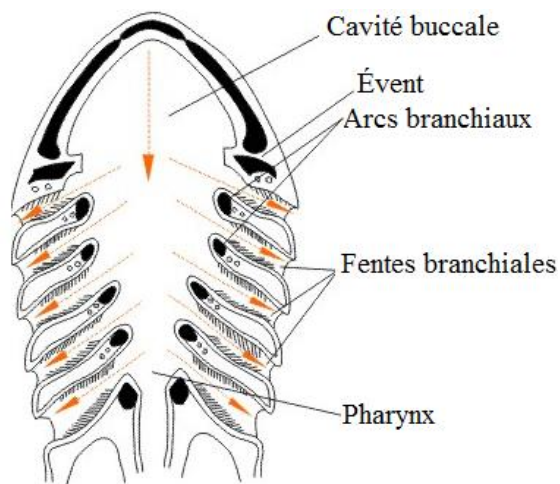
1-5-1 Respirer avec des branchies

Les poissons utilisent pour respirer l'oxygène dissous dans l'eau. Celle-ci pénètre par la bouche, aspirée par des mouvements volontaires ou réflexes de l'animal, ou grâce au courant généré par son déplacement. Elle passe ensuite à travers **les branchies**, sortes de **lamelles fortement vascularisées** qui permettent au sang de se charger en oxygène et de se débarrasser

du dioxyde de carbone issu du métabolisme avant de ressortir par les fentes branchiales chez les poissons cartilagineux, ou par les ouïes, ouvertures protégées par un opercule rigide chez les poissons osseux.

N.B : Les branchies jouent aussi un rôle dans l'osmorégulation en absorbant l'eau et en éliminant les sels et les déchets azotés.

1-5-1-1 Organisation de l'appareil branchial d'un Chondrichthyen



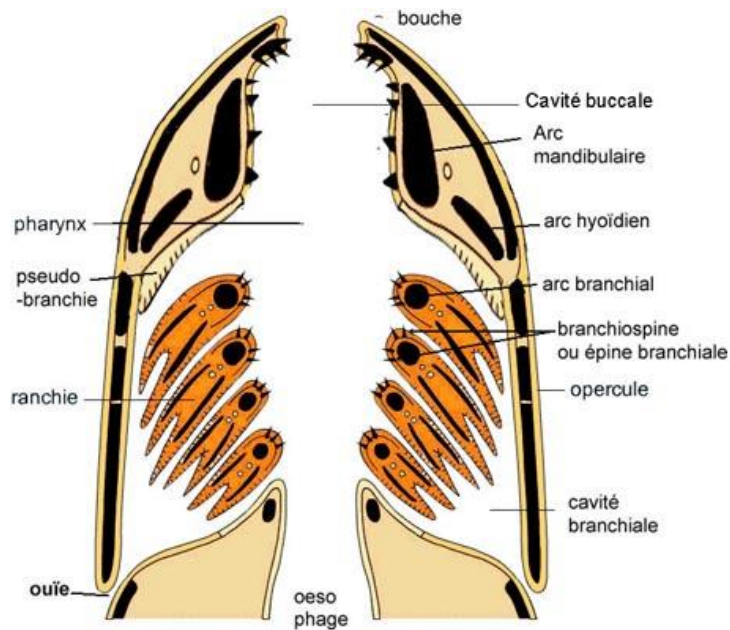
Les branchies sont logées entre les arcs branchiaux au nombre de 5 à 7 paires, dans des loges en communication directe avec l'extérieur et non protégées par des opercules. Cette absence limite la circulation d'eau et limite l'oxygénation. La pluparts sont donc obligés de nager pour respirer.

En avant des branchies et en arrière de chaque œil, une ouverture ou évent fait communiquer la chambre branchiale avec l'extérieur. Les « Spiracle » sont bien visibles chez les raies.

1-5-1-2 Organisation de l'appareil branchial d'un Ostéichthyen

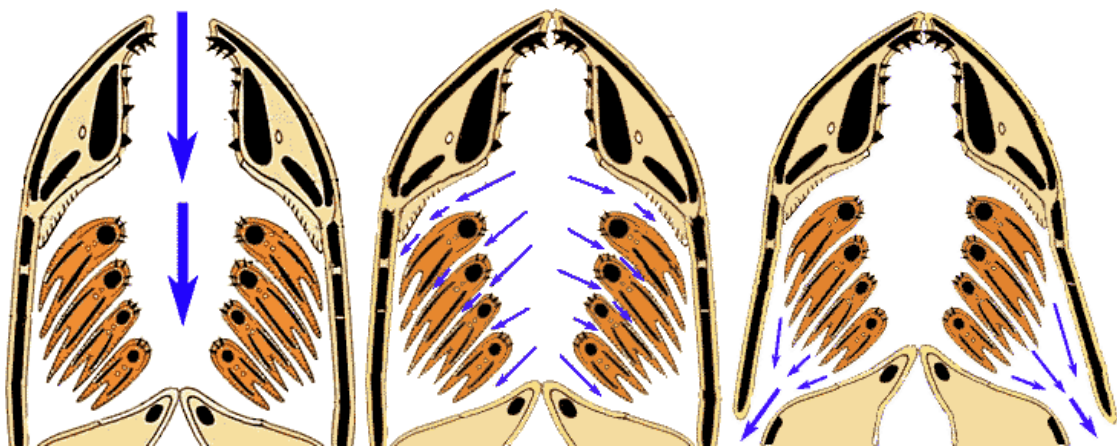
Chaque **branchie**, constituée de **deux lames** (= feuillets), est soutenue par un **arc branchial** (= os branchial), des rangées de **branchiospines** (petites épines) permettent de retenir des particules alimentaires dans le pharynx.

Chacune des **lames** branchiales est constituée de nombreux **filaments** branchiaux, portant transversalement de très fines **lamelles** branchiales fortement irriguées



Les différentes étapes de la circulation de l'eau

- La bouche étant ouverte, la cavité buccale se dilate et se remplit par l'abaissement de son plancher.
- Puis la bouche se ferme et le relèvement du plancher de la bouche chasse l'eau vers les fentes branchiales, l'eau pénètre dans la cavité branchiale :
- la cavité branchiale se contracte et l'opercule se soulève d'où sort de l'eau.



1-5-2 Respirer avec des branchies et des poumons

D'autres poissons vivant dans des marais où l'eau est peu oxygénée, (eaux chaudes, stagnantes, troubles) complètent leur respiration branchiale par une **respiration aérienne**.

C'est le cas du Polyptère qui remonte de temps en temps à la surface pour prélever de l'air. **L'oxygène de l'air** traverse la muqueuse buccale et passe dans le sang.

Les Protoptères, eux, possèdent même de vrais **poumons**. Ces poissons primitifs appartenant au groupe des **Dipneustes**, respirent avec leurs deux poumons en plus de leurs branchies (leurs larves sont dépourvues de poumon, elles ont quatre paires de branchies externes qui régressent peu à peu). Ils viennent régulièrement à la surface pour respirer profondément. Ces poissons passent la saison sèche dans une « cheminée » en pente qu'ils ont creusée dans la boue de la rivière. Quand le niveau de l'eau baisse, ils se retrouvent protégés dans ce cocon de vase durcie qui leur évite la déshydratation et leur permet de respirer par voie aérienne grâce à un orifice préalablement ménagé. Ils en seront libérés à la saison *Protoptère (Dipneuste)* des pluies suivante.

1-5-3 Respirer avec des branchies et par la peau

Un troisième mode de respiration, complétant la respiration branchiale, existe chez certains poissons d'eau saumâtre (les Périophtalmes) ; c'est la **respiration cutanée**.

Elle concerne des poissons amphibiens vivant dans les zones de mangrove qui ont la capacité de prélever l'oxygène de l'air et de l'eau au niveau de **leur peau très vascularisée** (surtout au niveau de la queue).

1-5-4 Respirer avec des branchies et un labyrinthe

Les Gouramis africains (*Ctenopoma*) possèdent un appareil respiratoire auxiliaire appelé labyrinthe. Localisé au dessus de la chambre branchiale, il est constitué de nombreux replis très vascularisés. Ce labyrinthe permet de prélever directement l'oxygène de l'air.

1-6 Les nageoires des poissons

Peuvent être comparées (en fonctionnalités essentiellement) aux membres.

Appelées ptérygium, elles permettent au poisson de se déplacer et se stabiliser.

1-6-1 Organisation

Les nageoires sont des replis cutanés en forme de palettes soutenues par des rayons squelettiques, osseux (chez les Ostéichthyens ou poissons osseux) ou cartilagineux (chez les Chondrichthyens ou poissons cartilagineux). IL existe deux types de rayons :

- **Les rayons endosquelettiques (radiaux)**. Profonds, généralement pluriarticulés, sur lesquels s'insère la musculature de la nageoire. Leurs bases peuvent fusionner pour donner des pièces basales. Les radiaux ou les pièces basales sont liées plus ou moins directement à la colonne vertébrale (nageoire impaires) ou articulées sur les ceintures (nageoires paires).

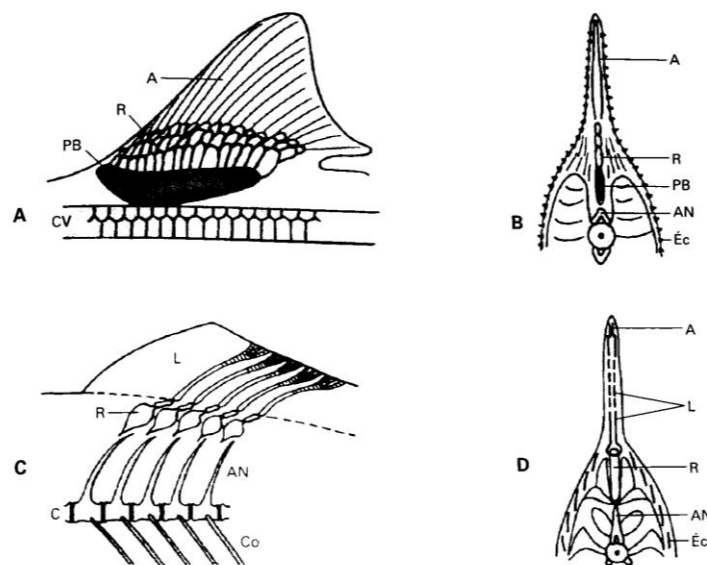
- **Les rayons exosquelettiques (dermiques).** Articulés sur les radiaux, ils soutiennent la partie périphérique de la nageoire. Ces rayons sont appelés actinotriches chez les Chondrichthyens et lépidotriches chez les Ostéichthyens.

On distingue 2 types de nageoires :

1-6-2 Les nageoires impaires

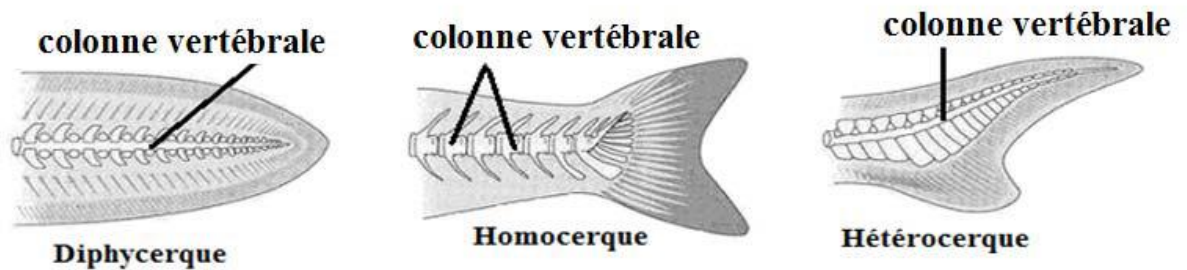
Ce sont celles qui n'existent qu'en un seul exemplaire : dorsales, anale, caudale. Ces nageoires sont situées dans l'axe de symétrie du poisson.

- **La dorsale** (simple ou multiple) et **L'anale** ont souvent un rôle dans le maintien de la trajectoire. Les radiaux de ces nageoires sont bien développées.



Nageoires dorsales : A-B Chondrichthyens et C-D Ostéichthyens

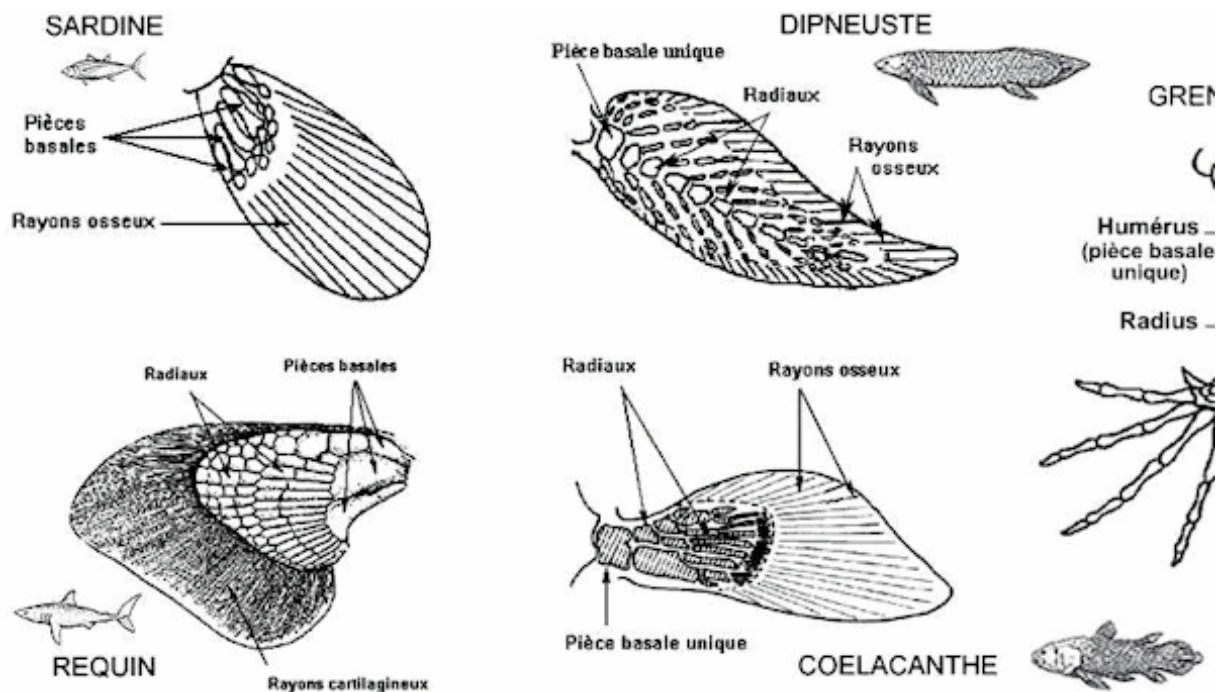
- **La caudale** : Elle a pour rôle essentielle la propulsion qui s'effectue généralement par des battements latéraux de cette nageoire. Les radiaux de ces nageoires sont peu nombreux et peu développés. Il existe 3 types de nageoires caudales :
 - ✓ **Hétérocerque** : les 2 lobes sont dissymétriques, l'extrémité de la colonne vertébrale s'engage dans le lobe dorsal (Exemple : Chondrichthyens et Chondrostéen).
 - ✓ **Homocerque** : les 2 lobes sont symétriques, la colonne vertébrale ne pénètre pas dans la nageoire. (Exemple : Téléostéens).
 - ✓ **Diphyrque** : la colonne vertébrale rectiligne entre jusqu'à l'extrémité de la nageoire (Exemple Dipneustes actuels).



1-6-3 Les nageoires paires

Le squelette de ces nageoires s'articule sur les ceintures par l'intermédiaire de pièces basales. Elles comprennent : les **pectorales** (Elles ont généralement un rôle essentiel dans le changement de direction et le freinage) et les **pelviennes** (Elles interviennent dans le maintien de l'orientation du Corps). On distingue 3 types :

- **Les nageoires monobasales** : l'articulation avec la ceinture se fait par l'intermédiaire d'une seule pièce basale (Exemple : Dipneustes).
- **Les nageoires tribasales** : l'endosquelette s'articule sur la ceinture par l'intermédiaire de 3 pièces basales (Exemple : Chondrichthyens actuels).
- **Les nageoires pluribasales** : L'exosquelette s'articule sur une rangée de petits radiaux qui sont en liaison avec 4 pièces basales (Exemple : Actynopterygiens).



Nageoires paires (pectorales)

Classification

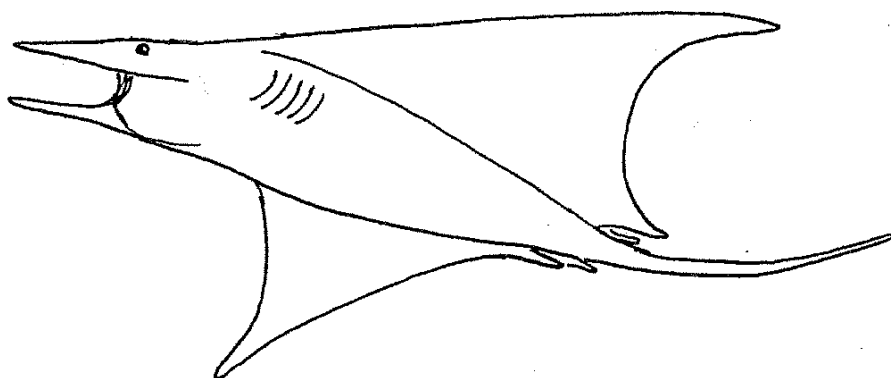
Super- Classe des Poissons

1- Classe des Chondrichthyens

1-1 Sous Classe / Sélaciens (Elasmobranches)



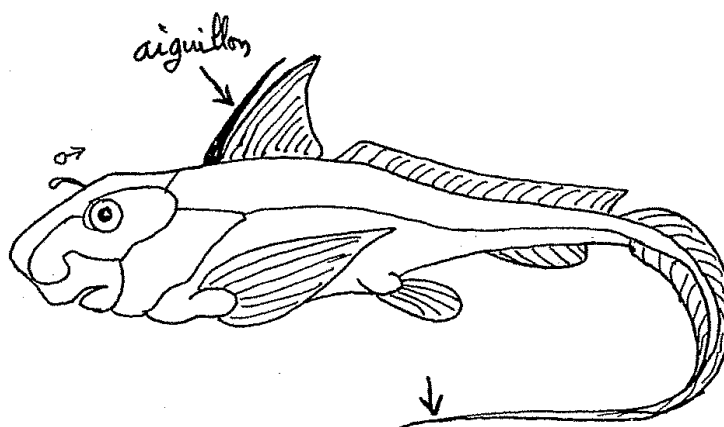
Requin



Raie

1-2 Sous Classe des Bradyodontes

Ordre des Holocéphales

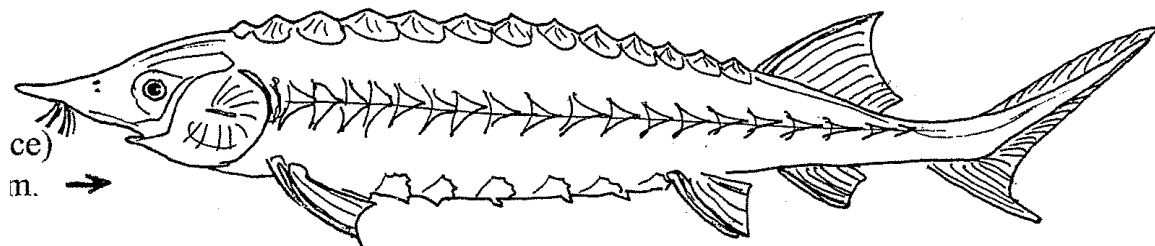


Chimère

2 Classe des Ostéichthyens

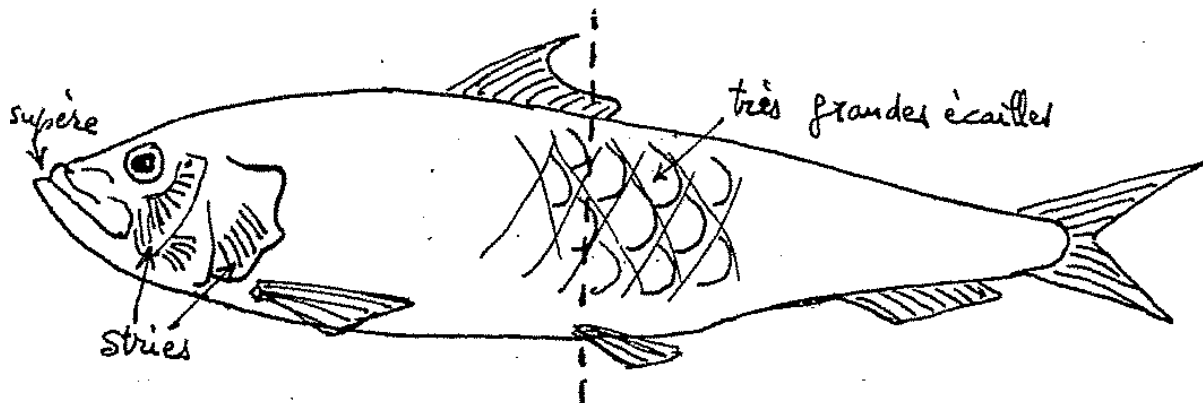
2-1 Sous Classe des Actinoptérygiens

2-1-1 Super- Ordre des Chondrostéens



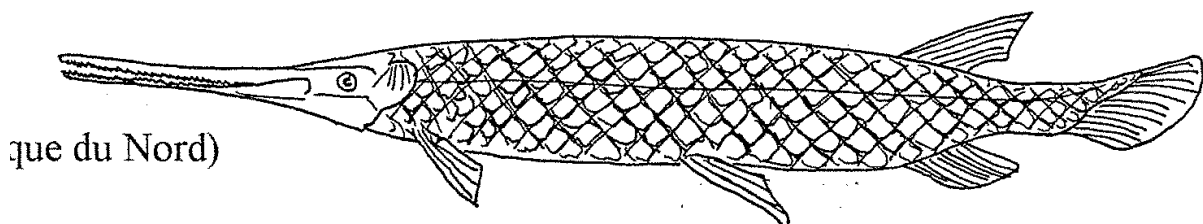
Esturgeon

2-1-2 Super- Ordre des Holostéens



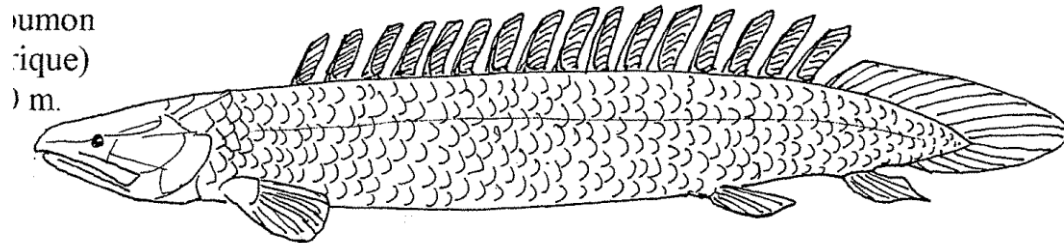
Sardine

2-1-3 Super- Ordre des Téléostéens



Lépisostée

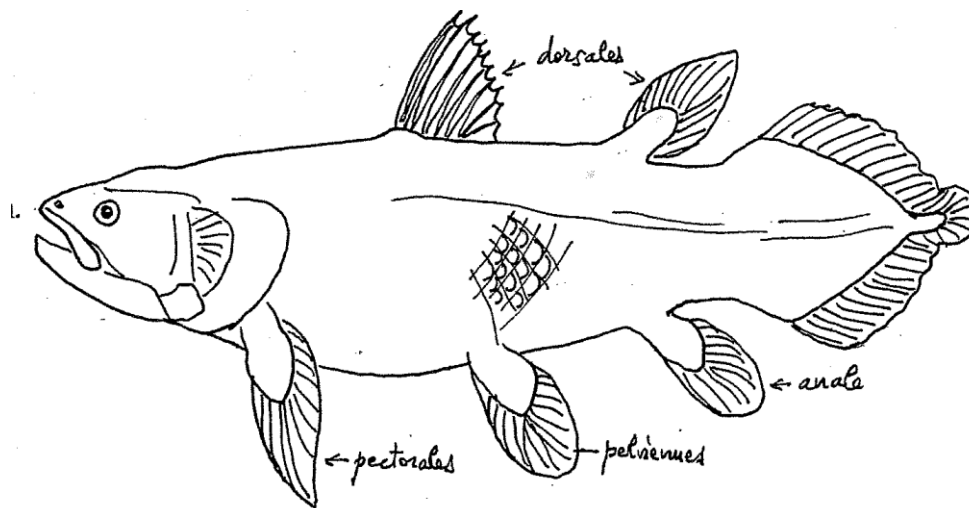
2-1-4 Super- Ordre des Brachioptérygiens



Polyptère

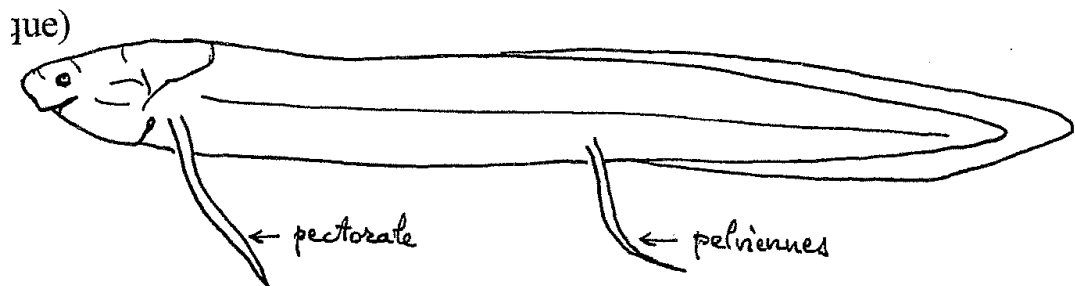
2-2 Sous Classe des Sacroptérygiens

2-2-1 Super- Ordre des Crossoptérygiens



Coelacanthé (Latimeria)

2-2-2 Super- Ordre des Dipneustes



Protoptère

2- Super- Classe des Tétrapodes

Ce sont des vertébrés qui habitent le milieu terrestre et le milieu aquatique. La Super- Classe des Tétrapodes regroupe aujourd'hui la **Classe des amphibiens (anamniotes)** et les **amniotes** qui englobent les classes **Reptiles, Oiseaux et Mammifères**). Ils sont caractérisés par la présence de deux paires de membres chiridiens (deux membres antérieurs ou scapulaires et deux membres postérieurs ou pelviens) dont la structure est similaire chez tous les représentants.

2-1 Classe des Amphibiens

2-1-1 Caractères généraux

Les amphibiens sont des Vertébrés Tétrapodes anamniotes, **poïkilothermes** (ectothermes), c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas réguler la température de leur corps, et sont donc dépendants des conditions thermiques extérieures (leurs température interne est variable). Les adultes respirent grâce à leurs **poumons** en forme de sacs, et à leur peau (**respiration cutanée**), nue (sans écaille), mince (faiblement kératinisée), richement vascularisée et souvent humide couverte de **mucus** (permet les échanges gazeux par diffusion, la limitation de la déshydratation et éventuellement contient des **toxines** pour se défendre, surtout chez les espèces tropicales). La larve possède des **branchies**, externes durant les premiers temps, puis interne.

Les Amphibiens sont caractérisés par la présence des membres pairs (Sauf les **Apodes**) avec quatre doigts aux membres antérieurs et cinq doigts aux membres postérieurs. Le cœur se compose d'un seul ventricule et de deux oreillettes chez l'adulte, et la circulation est double (petite circulation et grande circulation).

La plupart des Amphibiens ont une phase de vie aquatique (sous forme de larves) et une phase de vie terrestre (sous forme adulte). Le passage de la larve à l'adulte se fait par **métamorphose**. Cette métamorphose s'accompagne généralement par la perte de la queue chez les amphibiens appartenant à l'ordre des **Anoures** et du développement des membres. Les adultes des espèces les mieux adaptées à la vie aérienne doivent revenir vers le milieu aquatique d'eau douce pour pondre des œufs. Il y a accouplement en général mais sans fécondation interne, le mâle déversant son sperme au moment où la femelle pond ses œufs. Il existe cependant des exceptions comme par exemple la plupart des salamandres, Amphibiens de l'ordre des **Urodèles**, où la femelle après une fécondation interne conserve les embryons et les larves dans les voies génitales (cas de **viviparité**).

Cependant, les trois Ordres d'Amphibiens vivant actuellement sont assez différents, tant par leur mode de vie que par leur apparence.

2-1-2 Classification

Ordre des Urodèles ou Caudata

Les Urodèles, ordre composé des salamandres et des tritons, sont très dépendants du milieu aquatique, elles ont un corps allongé, une longue queue à l'état larvaire et adulte et quatre petites pattes.



Salamandre



Triton

Ordre des Anoures

Les Anoures sont des Amphibiens sans queue à l'âge adulte et un corps court et trapu, leurs pattes postérieures plus développées que les antérieures. Ces Anoures, subissent une spectaculaire métamorphose du stade têtard au stade adulte, et peuvent alors vivre assez éloignés du monde aquatique. Certaines espèces sont même vivipares. Cet ordre regroupe entre autres les espèces appelées grenouilles et crapauds et rainette.



Grenouille



Crapaud



Rainette

Ordre des Apodes ou Gymnophiones (cécilies)

Amphibiens serpentiforme vivant dans la terre humide à la manière des Lombrics. Leurs yeux et leurs oreilles sont atrophiés. L'animal creuse des galeries souterraines, comme un ver de terre, grâce à des mouvements de tout le corps.



Cécilies

2-1-3 Le tégument des Vertébrés

Tous les vertébrés, quels qu'ils soient, possèdent une enveloppe corporelle. Cette enveloppe est appelée tégument ou appareil tégumentaire. Elle constitue un véritable appareil fonctionnel puisqu'elle joue des rôles multiples qui sont souvent primordiaux. Le tégument va notamment isoler, protéger le milieu intérieur de l'individu, constituer une interface entre l'organisme et son milieu,

Le tégument des Vertébrés est formé :

- D'un épiderme pluristratifié d'origine ectodermique, qui forme l'enveloppe protectrice du corps de l'animal. La couche la plus interne ou couche génératrice (basale), forme constamment de nouvelles cellules remplaçant progressivement les couches externes, qui se desquament.
- D'un derme (couche profonde) tissu conjonctif d'origine mésodermique qui supporte et nourrit l'épiderme.
- Et parfois d'un hypoderme tissu lâche (faible densité des fibres) qui permet la souplesse de la peau par rapport aux organes en dessous. Il permet aussi un grand stockage de graisse.

Pendant toute la vie de l'animal les cellules de la couche basale ou couche génératrice ont la faculté de se multiplier indéfiniment. Cette activité est compensée par l'élimination concomitante des cellules des couches superficielles.

Le tégument des Vertébrés participe à la formation d'annexes ou structures spécialisées:

- ✓ les glandes cutanées (formations en creux) à partir de l'épiderme,
- ✓ les phanères cornés (formations saillantes),

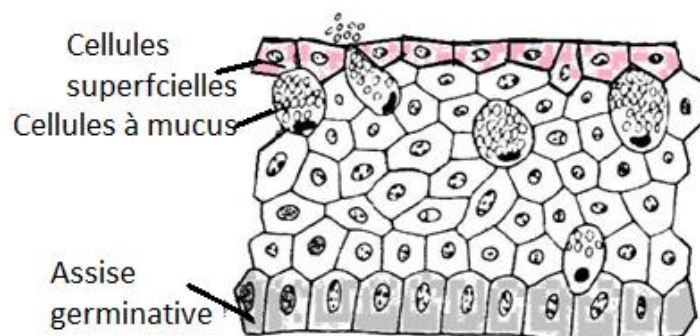
- ✓ les formations squelettiques à partir du derme, par ossification dermique.

Suivant le mode d'adaptation à la vie aquatique ou aérienne, les téguments présentent une couche kératinisée plus ou moins épaisse.

Chez les vertébrés inférieurs aquatiques et les larves d'Amphibiens, les cellules restent vivantes dans toute l'épaisseur de l'épiderme. Chez les Tétrapodes (Vertébrés terrestres), les cellules superficielles du tégument s'imprègnent de protéines spécifiques : les Kératines, elles se dessèchent et meurent. La couche cornée (ou Kératinisée) superficielle de l'épiderme constitue alors un écran limitant les pertes d'eau par évaporation ce qui montre que la Kératinisation constitue une adaptation des Tétrapodes à la vie terrestre.

2-1-3-1 Tégument de la larve d'Amphibiens

L'épiderme peu épais et dépourvu de cellules kératinisées, très mince est perméable donc il permet les échanges osmotiques et ioniques entre l'organisme et le milieu extérieur. Il est pourvu de cellules glandulaires, qui, à partir d'une assise germinative, sont véhiculées vers la surface où leurs produits de sécrétion sont déversés recouvrant le corps de l'animal d'une couche gluante de mucus qui forme un film protégeant l'organisme contre les parasites et permettant le flux d'eau.

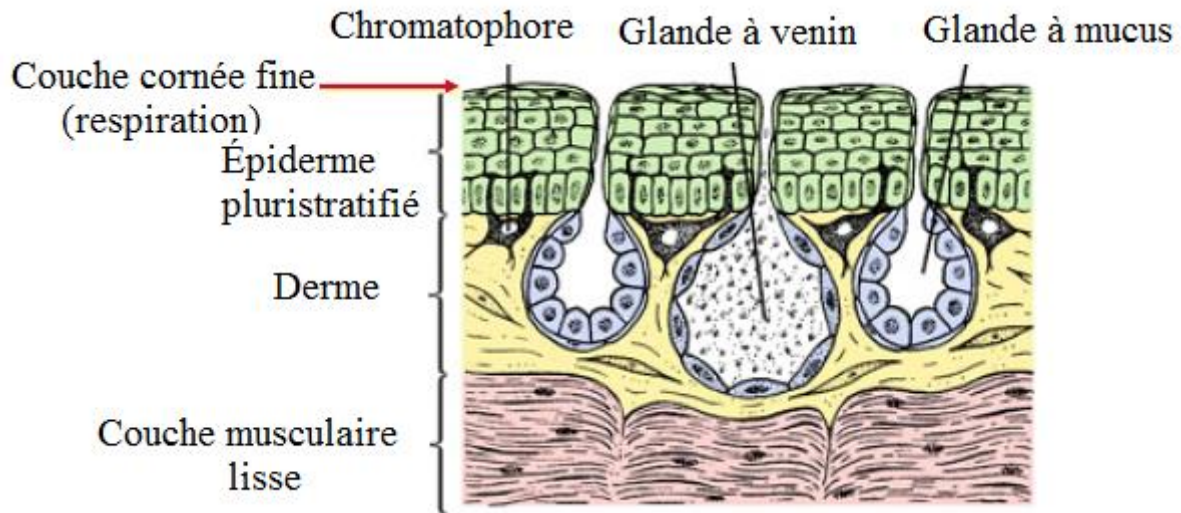


Coupe transversale du tégument de larve d'Amphibiens

2-1-3-2 Tégument des Amphibiens adultes

L'épiderme est composé de plusieurs couches cellulaires et recouvert d'une couche superficielle kératinisée transparente est mince, généralement limitée à une seule assise cellulaire. Les cellules mortes sont éliminées périodiquement par lambeaux par le phénomène de mue (L'exuviation). Leur peau reste mince est perméable ce qui permet les échanges osmotiques et gazeux. Les phanères sont sous forme de verrucosités de la peau des crapauds, gaine cornée des doigts et des orteils des Anoures et des Urodèles ou des coussinets développés sur les doigts du membre antérieur chez le male au cours de la période de

reproduction. Tous les Amphibiens renouvellent leur peau plusieurs fois par an et cela durant toute leur existence ; elle est généralement ingurgitée.



Coupe au niveau d'un tégument d'un Amphibien adulte

Chez les Amphibiens adultes, on distingue deux types de glande : **les muqueuses** et **les granuleuses**

- **Les glandes muqueuses** de petite taille, réparties sur toute la surface du corps. Elles sécrètent un mucus qui, une fois réparti sur la peau, le maintient toujours humide, même hors de l'eau ; il permet également de réguler la température du corps en cas de forte chaleur.
- **Les glandes granuleuses (glandes séreuses)** plus volumineuses, sécrètent une substance désagréable ou venimeuse assurant une protection contre les prédateurs. Ces glandes cutanées sont un moyen de défense, les anoures étant dépourvus d'armes comme de grandes dents ou des griffes.

La peau contient également des cellules pigmentaires (**chromatophores**) dont la rétraction ou l'épanouissement déterminent des changements de couleur à l'animal.

2-1-4 Respiration cutanée chez les Amphibiens.

Après une respiration branchiale à l'état larvaire, succède une perspiration pulmo-cutanée à l'état adulte auxquelles s'ajoute une respiration bucco-pharyngée.

Les poumons des Amphibiens sont des sacs relativement simples et présentent peu de compartiments (alvéoles) internes et sont en relation directe avec la glotte (absence de trachée).

La plupart des Amphibiens sont en mesure de réaliser des échanges gazeux dans l'eau ou dans l'air par l'intermédiaire de leur peau. Cette respiration cutanée nécessite une peau humide et richement vascularisée à fin de permettre à l'oxygène de se diffuser à un taux suffisamment élevé.

Pendant l'hivernage, la baisse d'activité fait que la respiration cutanée suffit : certaines espèces peuvent donc hiverner au fond d'une mare, dans la vase par exemple, se contentant de l'oxygène contenu dans l'eau.

En effet, chez les Amphibiens 30 à 87% d'oxygène est absorbé par la peau. L'élimination de CO₂ par la peau est également importante.

2-2 Classe des reptiles

2-2-1 Caractéristiques

Vertébrés Tétrapodes Amniotes poïkilotherme (à sang froid) à température corporelle variant selon le milieu environnant, à respiration pulmonaire pendant toute leur existence, a corps protégé par une peau sèche, recouverte d'une couche cornée épaisse résistante formant des granules, des plaques ou des écailles juxtaposées ou imbriquées affectant les formes les plus diverses. Le développement se fait par des mues.

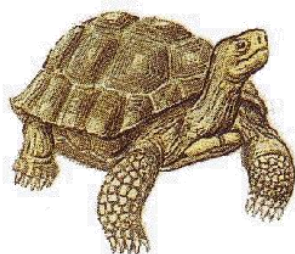
Le plus souvent ovipares, plus rarement ovovivipares (vipère). Membres présents, bien développés ou rudimentaires, ou absents. Le cœur est formé de 2 oreillettes et d'un ventricule incomplètement cloisonné (sauf les crocodiliens), les crosses aortiques droite et gauche sont fonctionnelles et complètes.

Le derme contient des chromatophores (cellules pigmentaires) permettant la coloration de la peau.

2-2-2 Classification

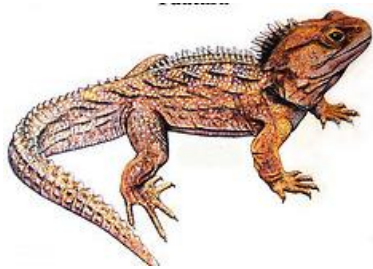
Les reptiles se divisent en quatre ordres :

2-2-2-1 Ordre des Chéloniens (Tortues).



La tortue de Galápagos

2-2-2-2 Ordre des Rhynchocéphale (Sphénodon).



Sphénodon

2-2-2-3 Ordre des Squamates :

- ✓ Sous-ordre des Ophidiens (Serpents).



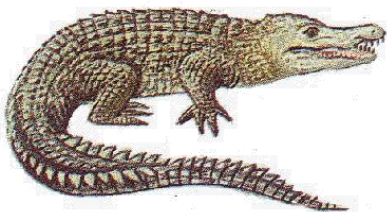
Le cobra royal

- ✓ Sous- ordre des Sauriens (Lézards).



Le lézard

2-2-2-4 Ordre des Crocodiliens (Crocodiles).



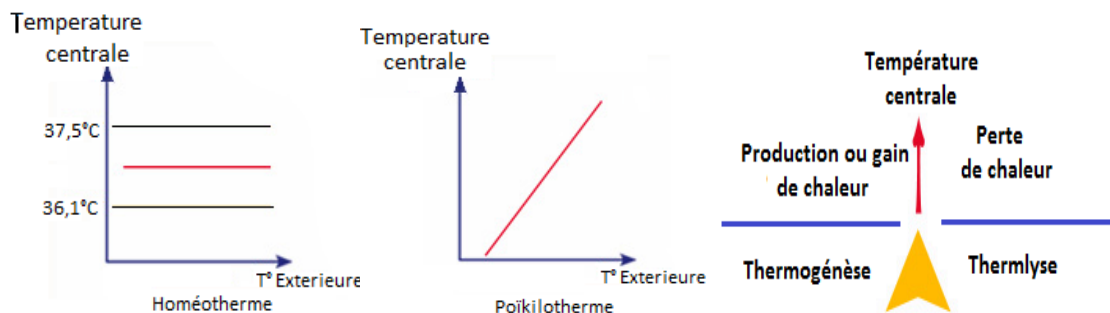
Le crocodile

2-2-3 Poïkilothermie et homéothermie

Les différentes méthodes de thermorégulation des animaux sont basées sur la stabilité de leur température corporelle.

Lorsqu'ils sont exposés à des variations de température du milieu extérieur, les animaux :

- **poïkilothermes** (animaux à sang froid) voient leur température corporelle varier, dans le même sens que la température ambiante. C'est le cas des poissons, des amphibiens, et des reptiles.
- **homéothermes** (animaux à sang chaud) sont capables de maintenir leur température corporelle constante (stable), indépendamment du milieu extérieur. Ils régulent leur température corporelle à une valeur physiologique quasi constante grâce à un équilibre entre la Thermogénèse (production de chaleur). Ce groupe rassemble classiquement l'ensemble des mammifères et des oiseaux.



Thermogénèse et thermolyse

Conserver sa chaleur constante est un défi permanent pour les animaux homéothermes. Pour cela, de nombreuses stratégies ont été développées :

- ✓ Développer une isolation thermique importante. La pilosité du yack ou les plumes des oiseaux.
- ✓ Développer une couche épaisse de graisse (baleine, ours...).
- ✓ Développer un système sanguin adapté, comme le loup ou les oiseaux dont le sang descendant vers les pattes réchauffe le sang remontant vers le cœur.
- ✓ Développer une couleur de peau adéquate. Le noir absorbe l'ensemble du rayonnement lumineux visible, le blanc le réfléchit.
- ✓ Développer une vie de groupe, comme les manchots empereurs de l'Antarctique.
- ✓ Adapter son exposition au soleil : s'y exposer lorsqu'on a froid, se mettre à l'ombre lorsqu'on a chaud.

N.B : un schéma complémentaire de classification basé sur la source de chaleur utilisée par l'animal s'ajoute. Dans cette classification, les animaux **endothermes** génèrent leur propre chaleur corporelle via la production de chaleur par le métabolisme, et conservent ainsi leur température corporelle bien au dessus de celle du milieu ambiant. Cela leur permet de conserver la chaleur en dépit d'un fort gradient de température entre le corps et l'environnement.

Les mammifères et les oiseaux illustrent parfaitement les animaux qui régulent leur température centrale dans un faible intervalle et sont donc par conséquent définis comme des animaux « **homéothermes endothermes** ».

Les animaux **ectothermes** ont une faible production de chaleur via la voie métabolique et possèdent une forte conductance thermique. Cela implique une faible isolation. Ainsi la chaleur produite par le métabolisme est rapidement perdue vers un milieu extracorporel plus froid.

Les animaux, **hétérothermes** sont des animaux capables de faire varier le degré de production de chaleur endotherme et qui ne régulent pas, leur température corporelle dans un intervalle de température étroit. C'est particulièrement le cas des mammifères et des oiseaux qui entrent en hibernation (exemple : l'ourse).

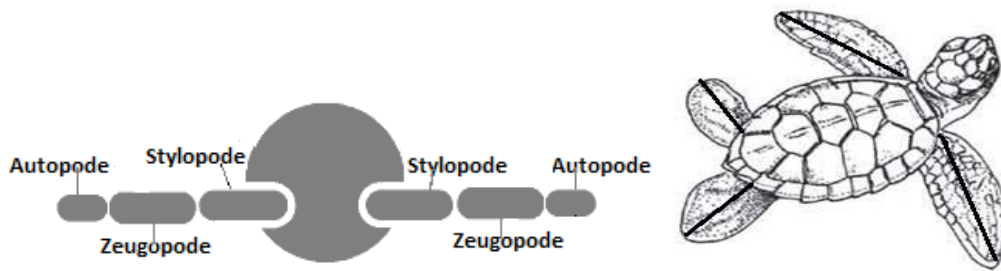
2-2-3 Mode de déplacement des Reptiles.

Le nom de reptile vient du latin reptilis, " rampant ", ce qui correspond parfaitement au mode de déplacement des espèces qui sont dépourvues de pattes. Même chez les espèces qui possèdent des pattes, le corps n'est pas soulevé en permanence pendant la marche et le ventre se trouve par moment très près du sol. Cette démarche est liée à la disposition des membres, qui sont insérés latéralement, et perpendiculairement à la colonne vertébrale.

Les Reptiles sont des Vertébrés Tétrapodes (Vertébrés à quatre pattes), cependant certains groupes ne sont pourvus que des membres antérieurs (les Seps), alors que les serpents et les Lézards apodes ont complètement perdus leurs membres. La locomotion apode peut se faire de plusieurs manières : mouvement rectiligne, ondulation latérale, mouvement en accordéon, nage par ondulation latérale de gauche à droite. Ces mouvements sont rendus possible par ce que La colonne vertébrale est constituée de telle sorte qu'elle autorise une grande souplesse. Mais les ondulations du corps sont également rendues possibles par l'existence de longs et puissants muscles latéraux. I

Selon le mode de locomotion chez les reptiles à membres, on a deux types de Disposition de ces membres par rapport au corps:

➤ **Le membre horizontal** : Les trois parties du membre sont alignées dans un plan horizontal. Ces membres ne pouvaient donc pas porter le corps mais ils servent à la nage et à la reptation (Tortue marine)



Membre horizontal

➤ **Le membre transversal** : c'est le membre des amphibiens et des reptiles, ce membre est plié en Z dans le plan transversal c'est à dire que Le stylopode fait un angle de 90 degrés avec la colonne vertébrale. Le zeugopode s'est relevé à la verticale (les 3 segments sont dans un plan transversal au corps) ces membres permettent donc de soulever le corps. L'angle zeugo-stylopodique est dirigé vers le bas : il permet la reptation mais avec une ondulation du corps obligatoire.

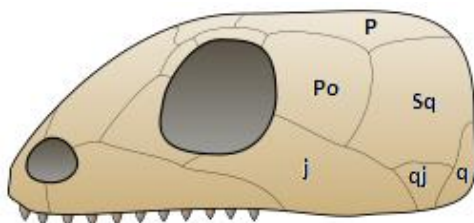


Membre transversal

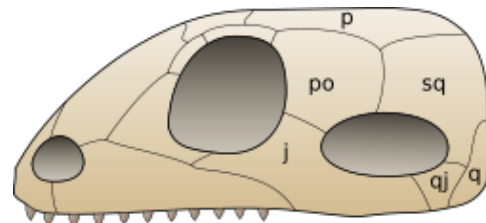
2-2-4 Les fosses temporales

Sont des fenestrations latérales du toit dermique qui apparaissent en arrière de l'orbite par écartement des os du crâne des Amniotes en créant des ouvertures qui allègent considérablement le crâne, mais elles permettent aussi l'insertion des muscles qui actionnent la mandibule (la mâchoire inférieure). La contribution des différents os à la bordure de ces fenêtres varie selon les groupes considérés. La présence ou l'absence de ces fosses ainsi que leur nombre et leur position permet de distinguer plusieurs types de crânes :

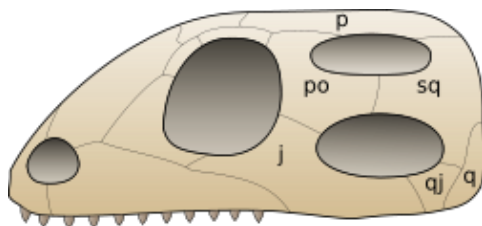
- Crâne **anapside** : Aucune fenêtre n'est présente dans la partie postérieure. Ce type de crâne existe chez les tortues, qui sont actuellement les seules à avoir un crâne fermé
- Crâne **synapside** : le crâne est percé d'une fenêtré temporelle inférieure. Cette configuration est présente chez les Reptiles Mammaliens
- Crâne **diapside** : est caractérisé par la présence de fosses temporelles supérieures et inférieures. Cette configuration est présente chez les lépidosauriens (dont le Sphénodon, les iguanes, les lézards, les varans ou les serpents) et les crocodiliens actuels.
- Crâne **euryapside** : correspond à la présence de fosses temporelles supérieures uniquement. Cette configuration existe chez certains reptiles aquatiques.



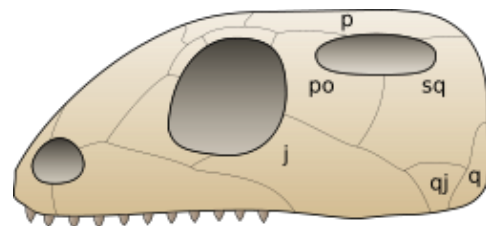
Configuration anapside



Configuration synapside



Configuration diapside



Configuration euryapside

Vue latérale gauche de différents types de crânes

(j = jugal, p = pariétal, po = postorbitaire, q = carré, qj = quadratojugal, sq = squamosal)

2-3 Classe des Oiseaux

2-3-1 Caractère généraux

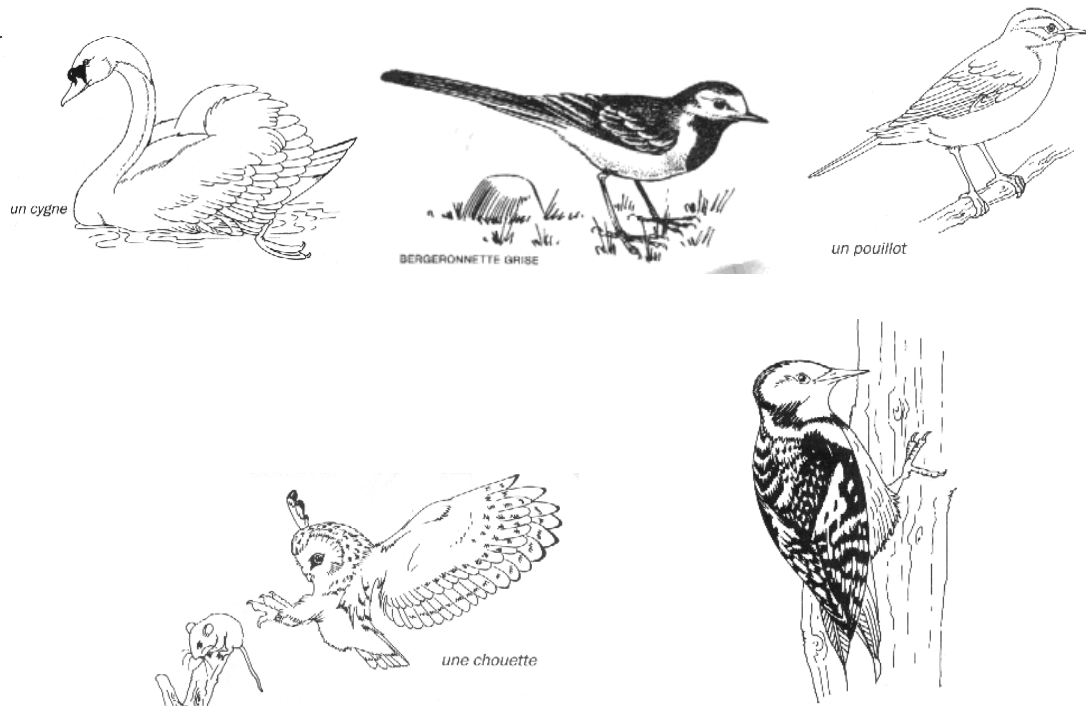
Les Oiseaux sont des Tétrapodes Amniotes, homéothermes (à sang chaud), ovipares, au corps couvert de plumes, à bouche garnie d'un bec corné. Ils ont 4 membres, les antérieurs transformés en ailes. Les os sont pneumatiques, la respiration exclusivement pulmonaire, des sacs aériens étant annexés aux poumons. Du cœur à 4 cavités part une seule crosse aortique à droite.

La peau montre un épiderme mince, très plissé, à couche cornée s'exfoliant continuellement et un derme généralement mince. Il n'y a pas d'ossifications dermiques, mais seulement, par places, un revêtement corné (bec, éperons alaires, écailles des pattes). La peau des Oiseaux

très riche en terminaisons nerveuses tactiles, possède des glandes uropygiennes placées au-dessus du croupion à la base de la queue. Ces glandes sécrètent un sébum (une matière grasse) avec lequel l'oiseau entretient son plumage. Elles manquent chez certaines espèces.

Les membres postérieurs des Oiseaux sont des pattes (à 4 doigts en général) recouvertes d'écailles analogues à celles des Reptiles.

Les pattes des oiseaux sont des outils très spécialisés qui permettent selon les cas de **nager**, de **marcher**, de **se percher**, d'**attraper** une proie, de **grimper** ...



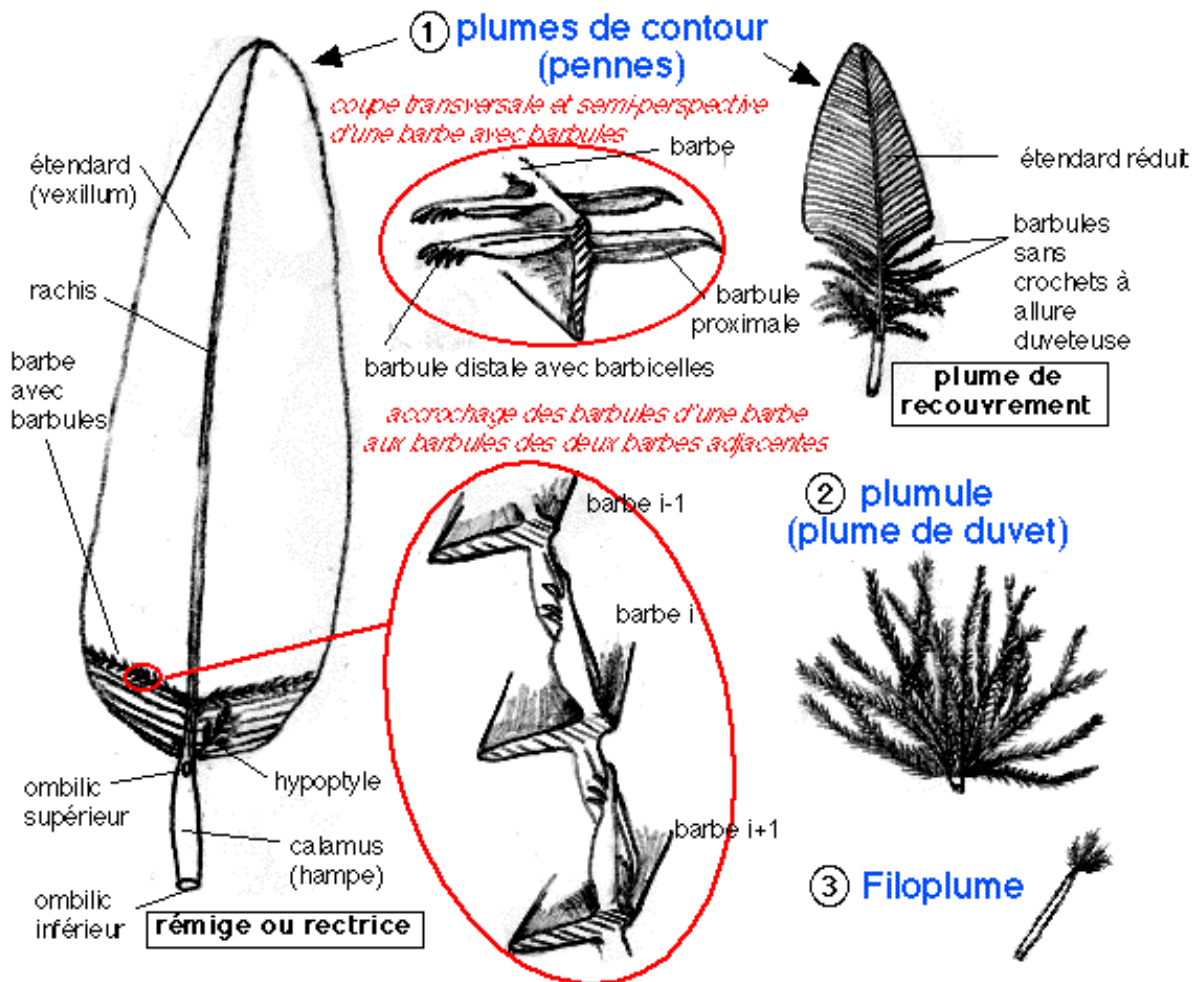
2-3-2 Les plumes d'Oiseaux

Ces phanères caractéristiques du tégument des Oiseaux, constitue un revêtement fortement Kératinisé de nature épidermique. C'est une structure robuste et légère qui régénère 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.

Le plumage des Oiseaux comprend les **plumes de contour (pennes)**, le **duvet**, les plumes **piliformes**, avec d'ailleurs tous les termes de passage.

- **Plumes de contour ou pennes**, qui selon leur position sont nommées **rémyges** (plumes de contour des ailes), **rectrices** (plumes de contour de la queue) et **tectrices** (plumes de couvertures). Elles comportent toutes un axe rigide, partagé en calamus (ou hampe, cylindre creux dont la cavité est cloisonnée transversalement) proximal et rachis (plein

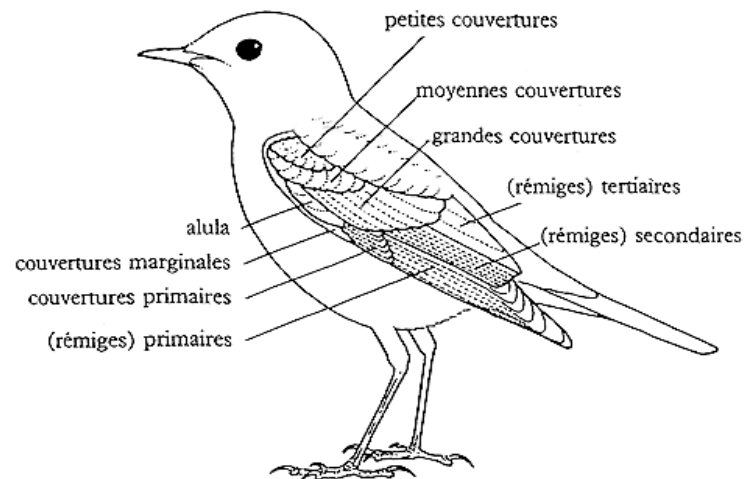
mais creusé d'un sillon ventral) distal, ce dernier supportant l'étendard ou vexillum, composé de barbes (lames parallèles) portant deux rangées de barbules, les barbules proximales d'une barbe s'entrecroisant avec les barbules distales de la barbe voisine, grâce aux barbicelles, petites excroissances crochues des barbules distales (les barbules proximales sont lisses). Ces plumes interviennent dans la recherche et le choix des partenaires reproducteurs...



➤ **Les rémiges** : ce sont les plumes situées sur les ailes, qui permettent à l'oiseau de voler. Elles sont assez solides et aussi flexibles. On distingue :

- les rémiges primaires : les "doigts" de l'oiseau, rémiges les plus grandes situées au bout de l'aile sur les phalanges et le métacarpe.
 - ✓ couvertures primaires : petites rémiges situées au-dessus des rémiges primaires.
- les rémiges secondaires : rémiges moyennes, après les rémiges primaires. situées au niveau de l'ulna.

- ✓ couvertures secondaires : petites rémiges situées au-dessus des rémiges secondaires.
- Les rémiges tertiaires, plus petites encore que les secondaires, situées au niveau de l'humérus.



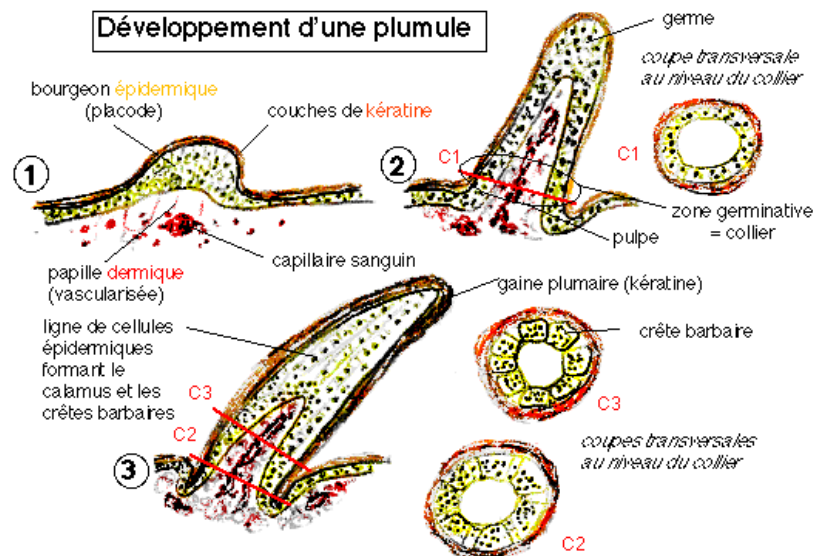
- **Les rectrices** : ce sont les plumes de la queue ; elles sont longues (et souvent très longues par rapport au corps de l'oiseau) et servent de gouvernail à l'oiseau. Grâce aux rectrices, les oiseaux peuvent changer de direction en l'air, mais aussi piquer, monter en flèche et freiner. Mais elles servent aussi à attirer les femelles lors de la parade nuptiale... Beaucoup d'oiseaux dressent leurs plumes colorées de la queue pour qu'une femelle décide de fonder famille.
- **Les tectrices** : ce sont des plumes assez petites qui se chevauchent sur certaines parties du corps de l'oiseau (surtout sur le ventre, mais aussi sur le croupion et sur d'autres parties). Elles jouent le même rôle que les duvets. Elles se trouvent assez facilement même en dehors de la période de la mue, car elles tombent souvent quand l'oiseau fait sa toilette
- **Plumules ou plumes de duvet** sont de structure remarquablement uniforme chez tous les oiseaux. Une touffe de barbes s'insérant sur un court calamus (rachis réduit ou absent). Chaque barbe porte deux rangées de barbules lisses, toujours plus développés vers la base que vers le sommet. Ces petites plumes situées près de la peau servent à garder la chaleur du corps, c'est, l'air emprisonné entre les barbes et barbules qui sert de matelas isolant

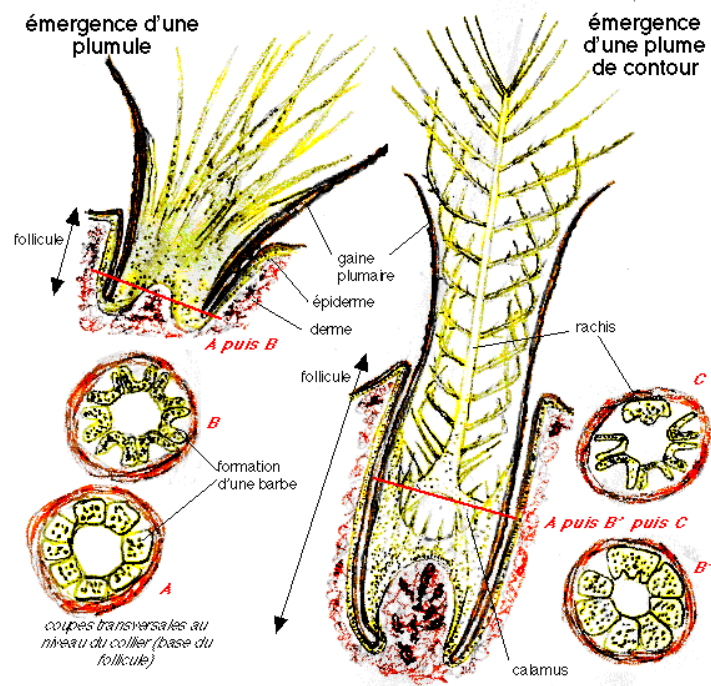
- **Filoplumes**, qui sont réduites à un rachis filiforme, portant parfois quelques barbes à son extrémité. Elles sont situées à la base des plumes de contour, se formant sur la paroi latérale de leur follicule.

2-3-3 Formation des plumes

Une plume naît d'un bourgeon épidermique que soulève une papille dermique vascularisée. Le bourgeon s'allonge en un cylindre épidermique oblique entourant un axe dermique ou pulpe, puis s'enfonce progressivement par sa base sous la surface de la peau, entraînant l'épiderme qui s'invagine en un follicule plumaire.

Au sein de l'épiderme épaissi de la partie apicale du bourgeon, des files longitudinales de cellules poussent à partir d'une zone germinative annulaire ou collier, se vacuolisent, se kératinisent et constituent les crêtes barbaies. Des crêtes barbulaires se différencient de la même façon de part et d'autre des crêtes barbaies. L'ensemble de l'ébauche plumaire est revêtu d'une gaine kératinisée, différenciée à la périphérie du bourgeon épidermique. L'évolution de l'ébauche est simple dans le cas du duvet, complexe dans le cas d'une plume de contour.





2-3-4 Le renouvellement des plumes

Au cours de sa vie, l'oiseau porte 3 types de plumages:

le duvet (ou plumage du poussin, porté quelques semaines habituellement),
le plumage juvénile (plumes ne diffèrent guère de celles de l'adulte si ce n'est par la taille, la forme, la pigmentation, la structure plus lâche due à un nombre de barbes plus faible),
 et, après la mue juvénile, rarement totale, **le plumage adulte** (plumage définitif progressivement atteint par des mues successives). C'est ce dernier qui présente souvent un dimorphisme sexuel et parfois un dimorphisme saisonnier (très marqué par exemple chez le vanneau ou les cormorans).

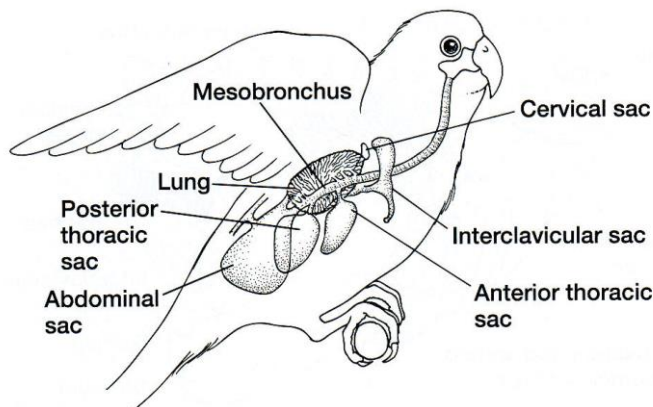
La mue assure le renouvellement périodique annuel (lors du repos sexuel, après la reproduction) ou bisannuel (mue supplémentaire juste avant la période de reproduction) du plumage. La plume ancienne se décolle de sa gaine et tombe. Elle est remplacée par une nouvelle plume qui peut parfois pousser en s'engageant dans le calamus de l'ancienne plume. La formation d'une plume résulte toujours de la reprise d'activité d'une papille plumaire ancienne dont le nombre et la disposition sont donc définitifs chez l'adulte.

La mue est rarement totale et toujours progressive, l'oiseau n'est pas privé de ses capacités de vol, sauf exceptions: Canards, Oies, Cygnes, Flamants, perdant brusquement toutes leurs rémiges et étant incapables de voler pendant plusieurs jours. Font aussi exception, les Manchots, très amaigris lors de la mue, leurs pertes thermiques augmentant fortement, et n'allant pratiquement plus nager, du fait qu'ils "se mouillent".

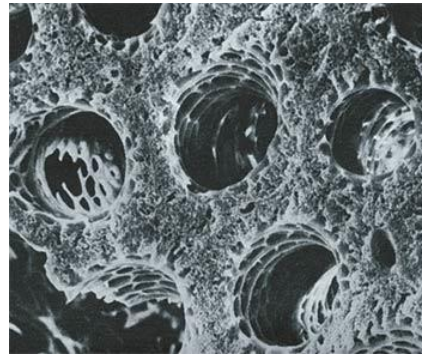
2-3-5 Les poumons tubulaires des Oiseaux

La structure et le fonctionnement du poumon des Oiseaux constituent une exception parmi les Vertébrés Tétrapodes, probablement en relation avec leur adaptation au vol. Ce poumon, dépourvu d'alvéoles, est constitué de tubes associés à des sacs contractiles, les sacs aériens (généralement 9 sacs). Ces sacs proviennent du bourgeonnement des extrémités des bronches qui s'insinuent entre les viscères, hors de la cavité thoracique.

L'**hématose** s'effectue au niveau de tubes très fins, les capillaires aériens, qui joignent des ramifications parallèles de l'arbre bronchique, les parabronches. L'endothélium des capillaires sanguins est directement appliqué contre l'épithélium des capillaires aériens et les échanges, généralement à contre-courant, sont très efficaces.



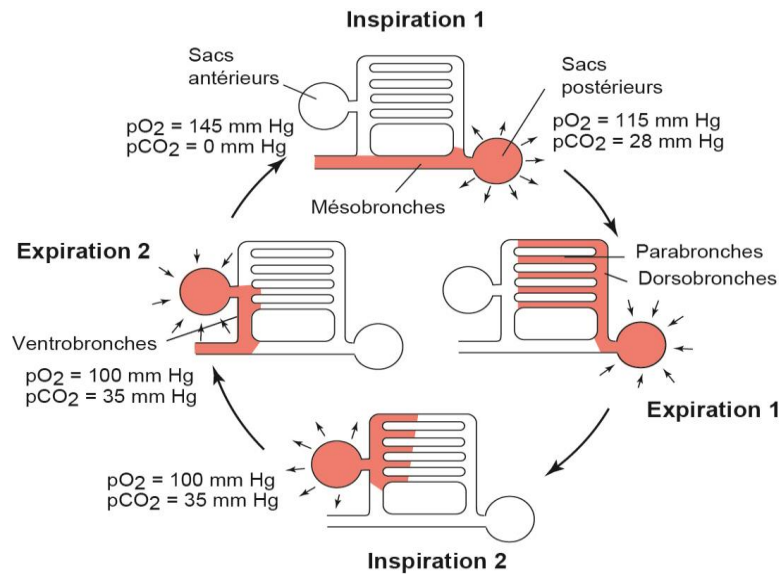
Sacs aériens chez l'Oiseau



Poumons tubulaires des Oiseaux

La ventilation est assurée, dans ce poumon, par les contractions coordonnées des sacs aériens qui mettent l'air en circulation par une succession de dépressions et de surpressions. Elle s'effectue sur au moins deux cycles respiratoires successifs

- une première inspiration conduit l'air inspiré vers les sacs aériens postérieurs. Cet air ne traverse pas les parabronches et l'hématose n'est que très partielle ;
- la contraction des sacs aériens postérieurs (expiration) vide l'air dans les parabronches et l'hématose se réalise au niveau des capillaires aériens ;
- une deuxième inspiration dilate les sacs antérieurs, l'air des parabronches est alors aspiré ;
- une seconde expiration vide l'air des sacs antérieurs et le rejette à l'extérieur.



Mécanique ventilatoire des Oiseaux

À la différence des poumons sacculaires ou parenchymateux, l'écoulement de l'air est ici unidirectionnel, continu, et aucun air résiduel ne demeure dans le poumon. Cette mécanique ventilatoire complexe ne fait pas intervenir la cage thoracique, rendue indéformable par la soudure des côtes.

2-3-6 Adaptation au vol

Les modes de déplacement sont en rapport avec les milieux de vie (airs, eau, terre) et la recherche de nourriture (pour échapper au prédateur ou attraper sa proie).

Pour se déplacer,

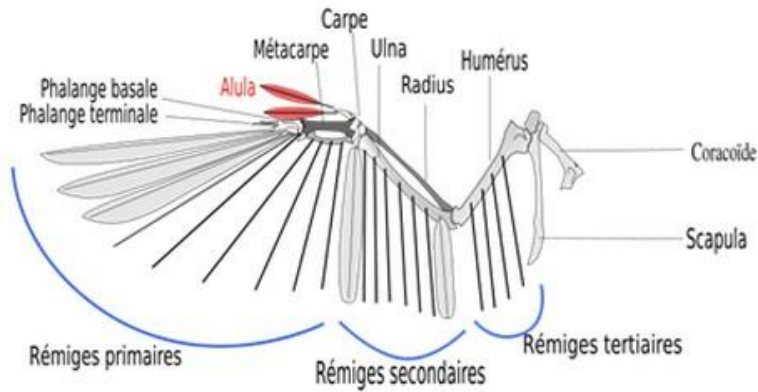
- Milieu terrestre: marche, course, saut, reptation (pattes)
- Milieu aérien: vol (ailes)
- Milieu aquatique : nage ramée, nage par réaction, nage par ondulation (nageoires).

Tous les animaux vertébrés ont le même plan d'organisation, en particulier pour le squelette : la colonne vertébrale, des membres avec les mêmes os... Mais il y a une relation entre la structure du squelette des membres et le mode de déplacement.

Cas des Oiseaux

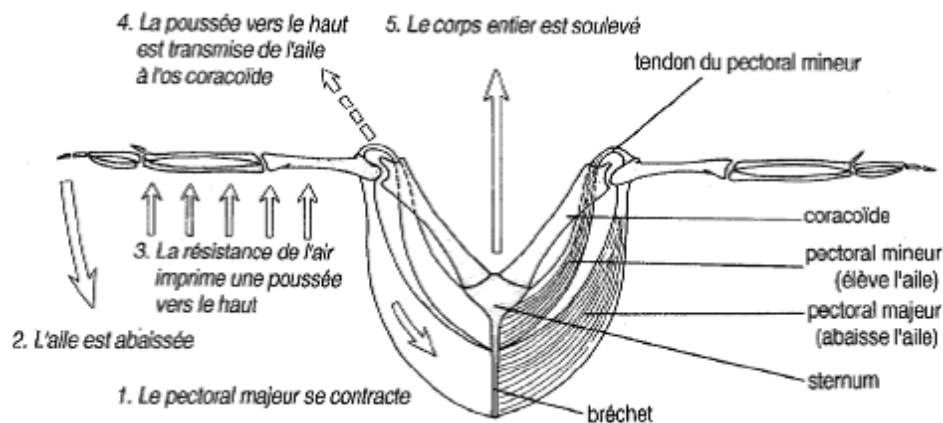
- Ailes emplumées caractérisées par une réduction du nombre des métacarpiens et des phalanges
- Bréchet (lame osseuse perpendiculaire au sternum) permet l'insertion des muscles pectoraux puissants actionnant les ailes (15 % de la masse corporelle chez les oiseaux).

- Les os sont généralement creux et renforcés par des cloisons
- Présence de sacs aériens qui pénètrent dans les os permet de diminuer la masse corporelle et aider l'Oiseau à obtenir les énormes quantités d'oxygène nécessaires au vol.

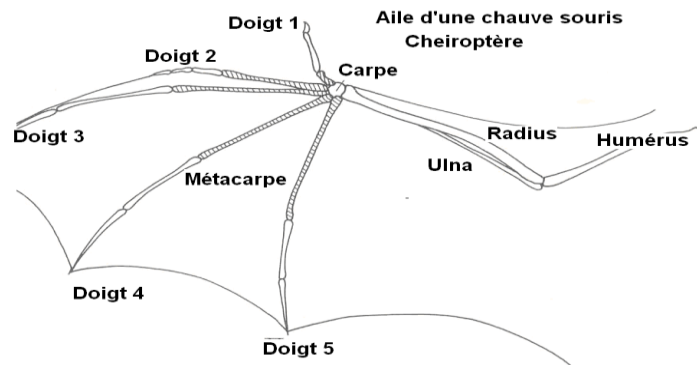


Structure d'un os d'Oiseau

Les muscles pectoraux assurent le décollage et le vol



Cas des Chiroptères (Mammifères volants)



- Radius est l'os principal de l'avant bras et le cubitus (ou ulna) n'est plus qu'une fine baguette qui contribue à former l'articulation du coude.
- Métacarpiens subissent un allongement extraordinaire, sauf le premier.
- Phalanges très allongées subissent une réduction en nombre.
- 2ème doigt ne possède que 2 phalanges.
- Ces os tendent la membrane appelée le patagium.

2-3-7 Classification des Oiseaux

Sous-Classe des Archéornithes

La plus ancien des représentant c'est l'Archéoptéryx qui date du Jurassique (150 Ma) et qui avait les caractères des reptiliens et les caractères des Oiseaux. Il possédait, un squelette avec une longue queue, une mâchoire avec des dents et le corps est recouvert de plumes.



Sous –Classe des Néornithes

Représentée par les oiseaux actuels. Les espèces oiseaux existantes sont approximativement 10000 espèces reconnues et se répartissent sur l'ensemble de la planète.

Super-Ordre des Ratites (Paléognathes)

Sternum sans bréchet. Les Ratites ne peuvent donc pas voler, leurs ailes sont atrophiées et non fonctionnelles. Pattes très robustes terminées par 2 ou 3 doigts libres. La course étant leur seul moyen de locomotion, on dit également que ce sont des « oiseaux coureurs » (exemple l'autruche).

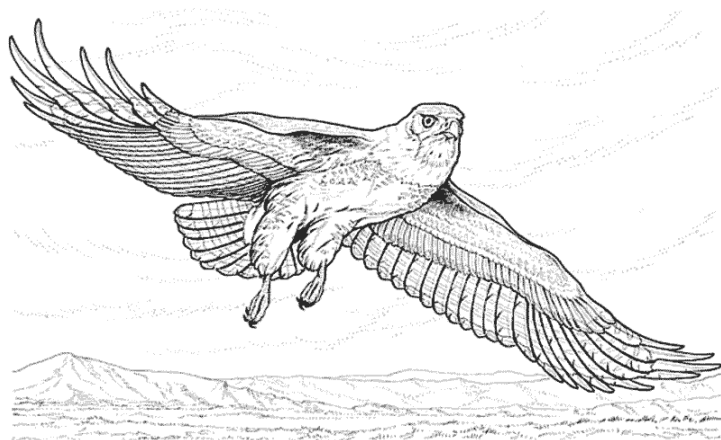


Super-Ordre des Carinates (Néognathes)

Les Carinates, aux ailes normales ou très rarement atrophiées, ont un sternum pourvu d'un bréchet (ou carène) où s'insèrent les muscles pectoraux (le grand pectoral étant le muscle abaisseur de l'aile et le petit pectoral le muscle releveur de l'aile). La plupart sont donc capables de voler (exemple l'aigle) à l'exception des manchots chez lesquels, les ailes sont transformées en palettes natatoires, adaptés à la vie marine.



Manchot



Aigle royale

2-4 Classe des Mammifères

2-4-1 caractères généraux

Les Mammifères sont des Vertébrés Amniotes, vivipares (à l'exception des Protothériens), à sang chaud (homéotherme), corps couvert de poils (réduits ou absents chez certaines espèces) pourvus de quatre membres (absents chez les Cétacés) adaptés à divers formes de locomotion, Cerveau hautement développé, l'appareil circulatoire comporte un cœur complètement cloisonné constitué de 2 oreillettes et de 2 ventricules, dans lequel sont totalement séparés sang artériel (riche en oxygène) et sang veineux (désoxygéné), la crosse aortique est à la gauche

L'appareil respiratoire est plus efficace que chez les autres vertébrés. Avec un diaphragme (cloison musculaire séparant la cavité thoracique de la cavité abdominale) améliorant les mouvements de ventilation, la ramification considérable des alvéoles pulmonaires permet de très importants échanges gazeux entre le sang et l'air.

Les Mammifères sont gonochoriques (Sexes séparés) la fertilisation est interne avec un développement embryonnaire dans l'utérus en présence d'un placenta qui est rudimentaire chez Marsupiaux et absent chez Monotrèmes, le jeune est nourri par le lait sécrété par les glandes mammaires (Mammifères)

Les Mammifères forment une petite classe ne comprenant, parmi les 44 000 espèces de vertébrés, qu'environ 4 500 espèces se répartissant en trois sous-classes très inégales :

➤ **Les protothériens** ou **monotrèmes** sont les plus primitifs et ont la particularité de pondre des œufs exemple l'Ornithorynque.

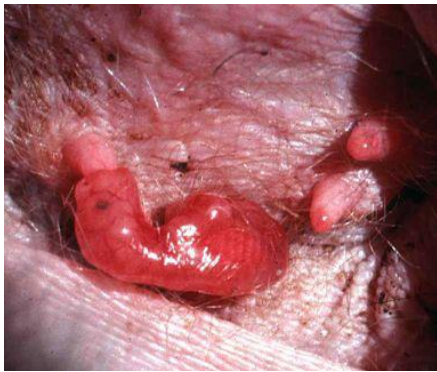


Œuf de l'Ornithorynque



Ornithorynque

➤. Les **métathériens**, ou **marsupiaux**, dont les jeunes naissent à l'état d'embryons et finissent leur développement dans une poche ventrale de la mère (marsupie), (exemple typique : les kangourous).



➤. Les **euthériens ou placentaires**, dont les embryons se développent entièrement dans l'utérus de la mère, où ils sont nourris par l'intermédiaire du placenta, qui est connecté au système circulatoire de cette dernière. La plupart des mammifères appartiennent à ce groupe.



2-4-2 le poil

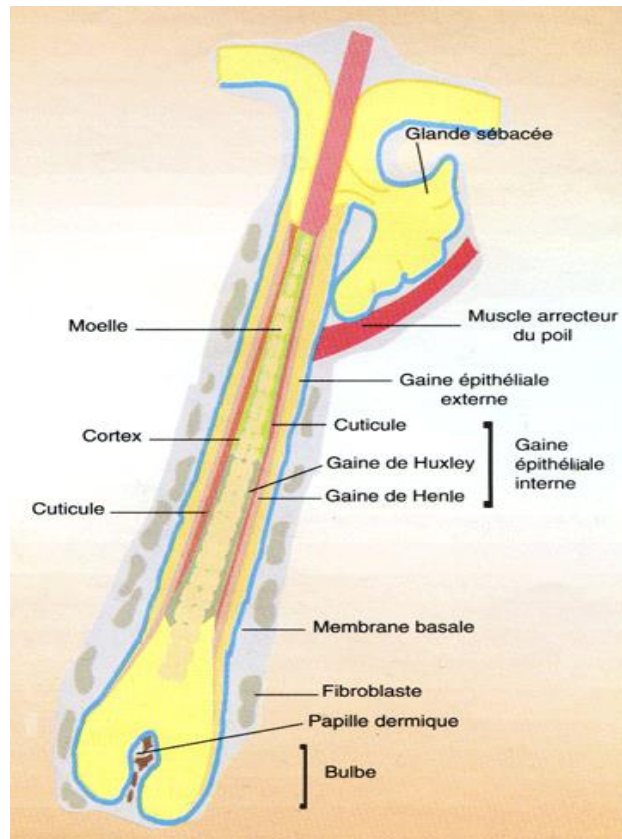
Les poils sont des phanères caractéristique des Mammifères sauf chez les Cétacés, ils sont des filaments kératinisés leur longueur varie de quelques millimètres à plus d'un mètre.

On distingue deux parties dans un poil : **La tige pileaire** qui est libre à la surface du tégument et **la racine** située dans le derme (la partie basale de la racine est le bulbe pileux). En règle générale, on parle de follicule pileux ou pilo-sébacé.

2-4-2-1 Structure du poil

Les cellules kératinisées qui constituent le poil sont disposées en couches concentriques et sont au nombre de quatre au maximum : la **médulla** ou **moelle** centrale peu kératinisée, l'**écorce (cortex)** très kératinisé, **cuticule** et la **gaine épithéliale**.

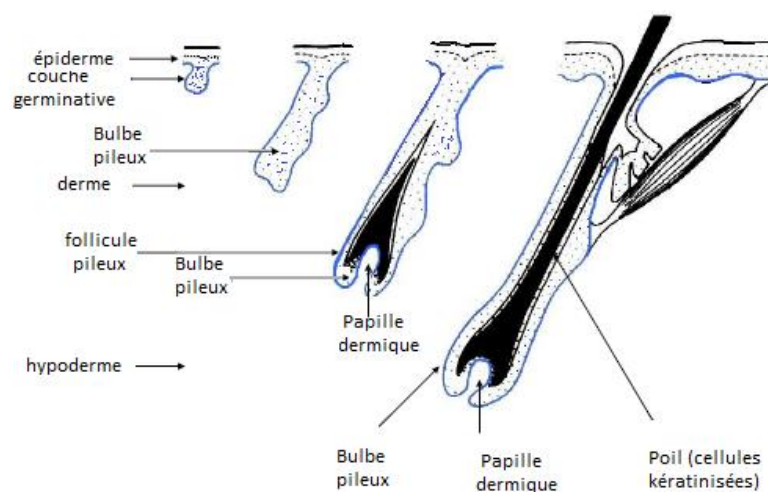
Au poil sont annexées une glande sébacée dont les sécrétions lubrifie sa surface et un petit muscle lisse arrecteur (ou horripilateur) dont la contraction fait saillir le poil et facilite l'excrétion du sébum.



Le follicule pileux en coupe longitudinale

2-4-2-2 Croissance d'un poil

Les poils se forment par invagination de la couche germinative qui s'enfonce obliquement dans le derme jusqu'à former un follicule pileux. A la base du follicule pileux vont exister des cellules vivantes, qui vont se kératiniser et venir former un cylindre qui va grandir, aller jusqu'au tégument, le percer et former le poil.



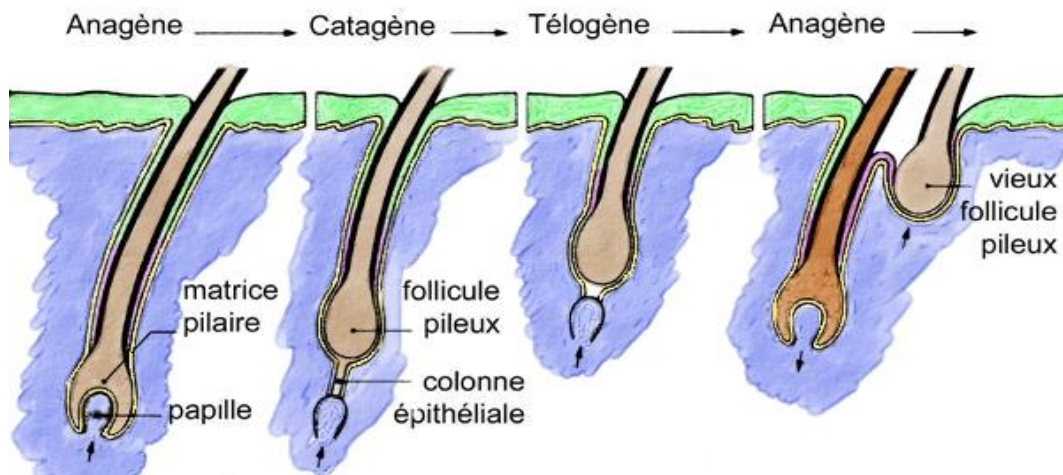
2-4-2-3 Cycle de vie du poil

Le cycle pileux chez l'homme est la succession de trois phases :

La phase anagène : C'est la phase de croissance du cheveu (3 à 7ans). Le bulbe est en pleine activité, nourri par la papille richement vascularisée qui lui apporte les nutriments pour sa croissance. Les cellules germinatives qui coiffent la papille se multiplient, ainsi le cheveu pousse.

La phase catagène : C'est la phase d'inactivité folliculaire, caractérisée par l'arrêt de la multiplication des cellules matricielles (3 semaines). Le follicule se rétracte, le bulbe se détache de la papille et devient plein -> il n'est plus nourri par les vaisseaux sanguins de la papille.

La phase télogène : C'est la phase de mort et de chute du cheveu (3 à 4 mois). Le cheveu, non alimenté par le sang, meurt. Il est ensuite repoussé par un jeune cheveu en phase anagène.



2-4-3 Les mamelles ou glandes mammaires

Ce sont des glandes tubuleuses ou tubulo-acineuses qui, ne font défaut chez aucun Mammifère, leur sécrétion constitue le lait indispensable au nouveau-né. Elles sont distribuées sous la forme de paires isolées ou bien en nombre variable sur la partie ventrale du corps. Chaque glande mammaire est une entité fonctionnelle indépendante qui peut allaiter un ou plusieurs petits. Deux types de mamelles peuvent être distingués d'après leur structure :

2-4-3-1 Mamelles simples

Sont faites d'une seule glande mammaire tubulo-acineuse dont le canal excréteur débouche au sommet d'un mamelon exemple des Ruminants (Vache, Brebis, Chèvre...)

2-4-3-2 Mamelles composées

Elles se subdivisent en deux catégories :

- Les mamelles des monotrèmes composées de 50 à 200 glandes mammaires tubuleuses débouchant individuellement à la base d'un poil de la peau abdominale c'est le champ lactéal le jeune suce le poil le long duquel s'écoule le lait.
- Les mamelles des Marsupiaux et de la plus part des Euthériens sont composées d'un grand nombre de glandes mammaires tubulo-acineuses dont les canaux débouchent individuellement au sommet d'un mamelon. Chez les Marsupiaux les mamelons sont situés au fond d'une poche cutanée abdominale (la marsupie) le nouveau né prématuré achève son développement dans cette poche. Alors que chez les Euthériens les mamelons sont disposés selon deux lignes ventrales dont le nombre est variable selon les espèces.

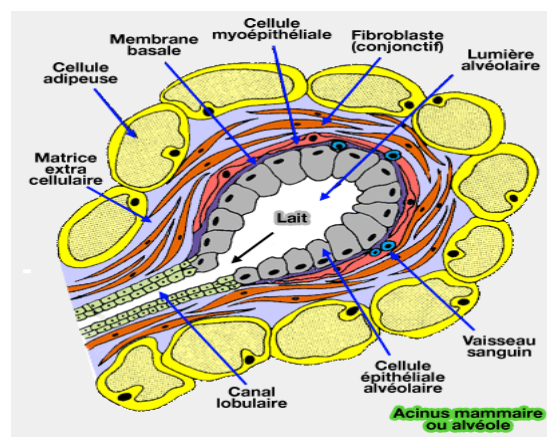
2-4-3-3 Développement des glandes mammaires

Le développement des glandes mammaires est très lent débute dans la vie fœtale et se termine avec la première gestation. Il se passe selon trois étapes :

- Etape prénatale : correspond à la mise en place dans les deux sexes de glandes mammaires réduites à un court système de tubules.
- Etape prépubertaire : les glandes du mâle subissent un développement très limité alors que chez la femelle s'accroissent plus rapidement sous l'influence des hormones ovariennes.
- Gestation : Avec la gestation les glandes atteignent leur plein développement, elles s'hypertrophient sous l'influence de la prolactine hypophysaire.

2-4-3-4 Structure de glande mammaire

La glande mammaire est constituée d'un tissu épithélial tubulo-alvéolaire et d'un stroma comprenant des tissus annexes (adipocytes, tissu conjonctif, muscles, vaisseaux sanguins et



lymphatiques, terminaisons nerveuses). Les cellules épithéliales sont d'origine ectodermique, le stroma est d'origine endodermique.

2-4-4 Squelettes céphaliques ou Crâniens des Vertébrés

Le squelette céphalique (crâne) se divise en deux parties : Le **neurocrâne** qui entoure et protège l'encéphale et les organes sensoriels. Le **splanchnocrâne** qui va entourer et soutenir la cavité buccale et pharyngienne.

Au niveau histologique: 3 types de tissus

- **Tissus conjonctif** : souples et mous
- **Tissus cartilagineux** : cartilage synthétisé par les chondrocytes, tissu dur et élastique
- **Tissus osseux** : généré par les ostéocytes, tissu minéralisé, plus dur, rigide et résistant.

Le développement du squelette crânien passe par 2 stades histologiques successifs cartilagineux et osseux :

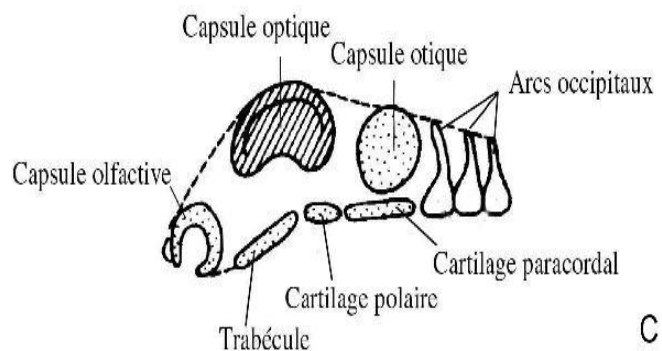
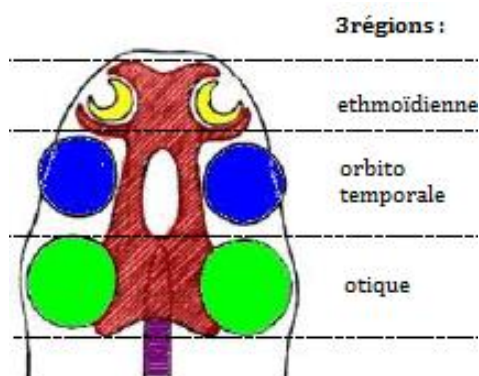
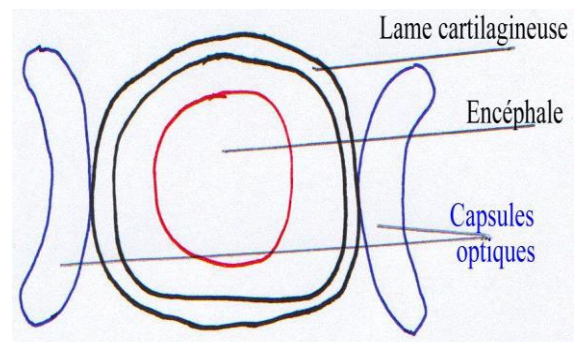
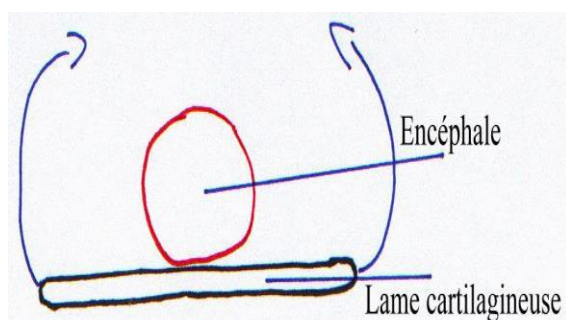
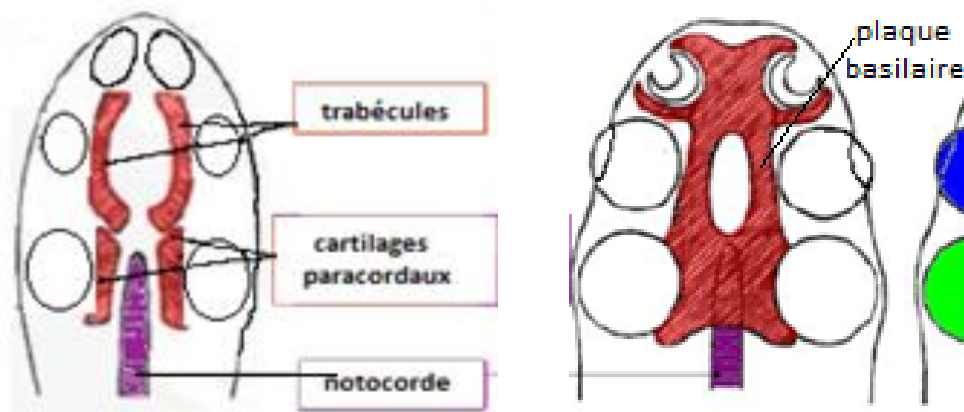
- Premier stade par chondrification qui donne un **chondrocrâne** (Crâne cartilagineux) qui n'est définitif que chez Cyclostomes et les Chondrichtyens. Chez les autres vertébrés, il est observé uniquement à l'état embryonnaire.
- Deuxième stade (chez tous les autres Vertébrés adultes) par :.
 - ✓ Ossification enchondrale qui donne un **osteocrâne** (Crâne osseux). C'est l'ossification du Crâne cartilagineux embryonnaire. Elle est réalisée par la destruction des cartilages et leur remplacement par le tissu conjonctif qui s'ossifie pour former l'endosquelette.
 - ✓ Ossification dermique qui ajoute des os de revêtement. les os formés, proviennent du derme et forment l'exosquelette.

2-4-4-1 Le chondrocrâne

Il est constitué de deux parties le neurocrâne et le splanchnocrâne.

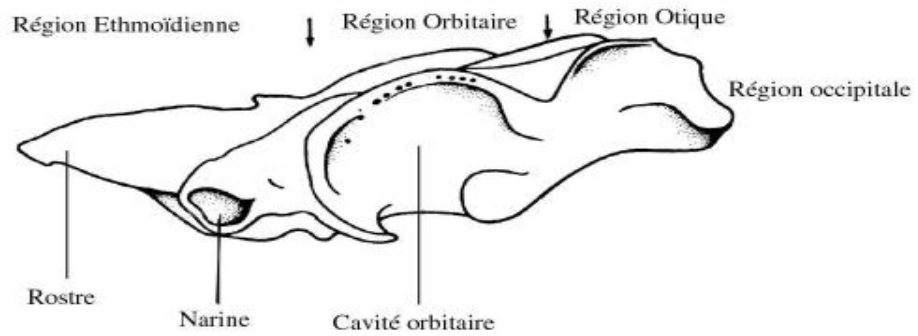
➡ Le neurocrâne

Quatre pièces cartilagineuses (2 trabécules et 2 cartilages paracordaux) vont fusionner pour former la plaque (ou lame) basilaire. Cette lame cartilagineuse située sous le cerveau, se développe en se retournant sur elle-même. Elle englobe latéralement l'encéphale. En même temps, trois capsules vont se former, capsules protectrices, cartilagineuses, qui vont venir protéger les organes sensoriels. On trouve les capsules olfactives qui protègent les organes de l'olfaction, les capsules optiques qui protègent les yeux et les capsules otiques qui vont être responsable de la sensation qui permet à l'animal de s'équilibrer dans le milieu.

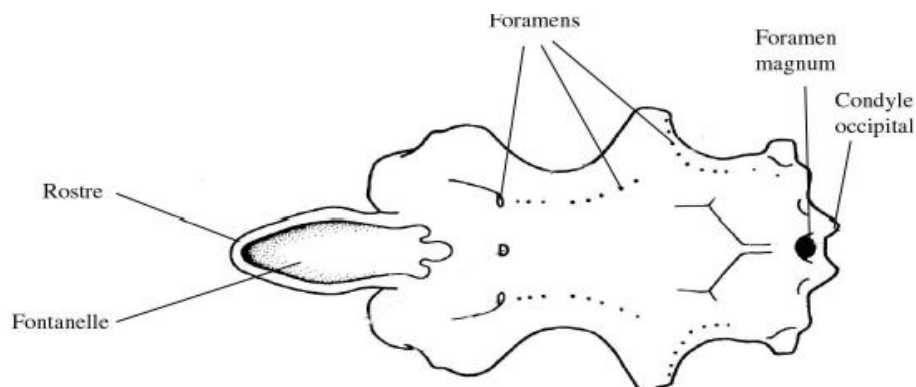


Ce stade s'arrête chez les Cyclostomes. On l'appelle le **Paléocrâne**, il est constitué de trois régions : ethmoïdienne, Orbito-temporale et Otique.

Chez les Chondrichthyens, Il apparaît une région occipitale (formée par soudure des premières vertèbres) perforée par le foramen magnum qui laisse passer la moelle épinière. D'autres foramen sont présents pour laisser le passage des vaisseaux des nerfs crâniens. 4 régions peuvent être définies de l'avant vers l'arrière : l'ethmoïdienne, l'orbitaire, l'otique et l'occipitale.



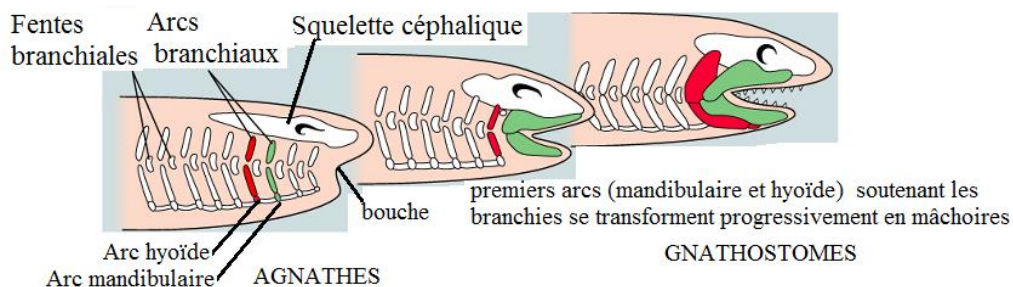
Neurocrâne des Sélaciens en coupe sagittale : Toi en vue latérale



Neurocrâne des Sélaciens : Plaque basilaire en vue dorsale

➡ Le splanchnocrâne.

Chez les Cyclostomes (Agnathes), une membrane perforée à l'avant par la bouche sans mâchoire et latéralement par une série de douze à quinze orifices branchiaux. Chaque poche branchiale est séparée des autres par un arc osseux. Les arcs branchiaux sont sous le neurocrâne.

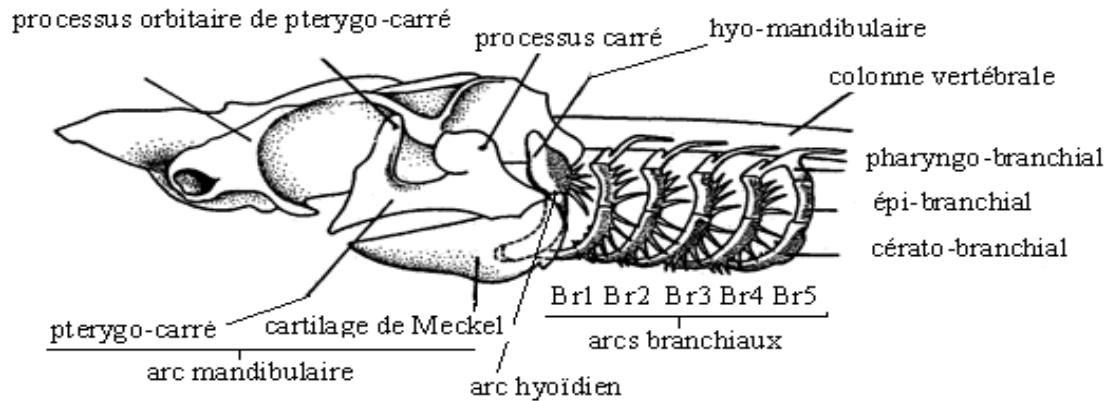


Chez les Chondrichthyens, il est constitué de 7 paires d'arcs viscéraux entourant les cavités buccale et pharyngienne.

- ✓ Le premier arc viscéral ou arc mandibulaire constitue le squelette buccal. Il se place sous le neurocrâne pour donner les mâchoires, formées de deux pièces cartilagineuses.

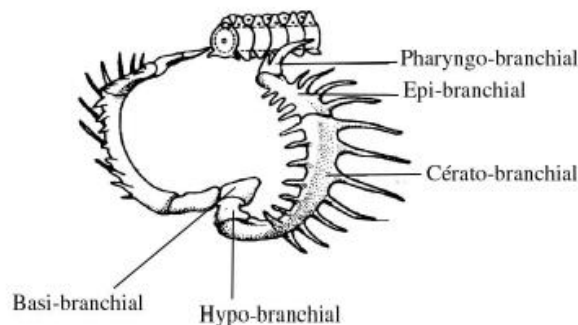
La pièce supérieure donne le **cartilage ptérygo-carré**. La pièce inférieure donne le **cartilage de Meckel**.

- ✓ Le deuxième arc viscérale ou l'arc hyoïde, comprend 2 **hyomandibulaires** dorsales qui servent à l'attache de la mâchoire supérieure sur le neurocrâne et 2 céroto-hyals ventraux unis par un basi-hyal impaire médian.



Splanchnocrâne des Sélaciens

- ✓ Les 5 arcs viscéraux (3 à 7) ou arcs branchiaux sont situés en arrière des fentes branchiales correspondantes. Chaque arc comprend 4 paires de pièces disposées dorsoventralement : 2 **pharyngobranchiaux**, 2 **épibranchiaux**, 2 **cératobranchiaux** et 2 **hypobranchiaux**. Les hypobranchiaux sont réunis par un **basibranchial** impaire.



Premier arc branchial

En allant des Vertébrés inférieurs aux Vertébrés supérieurs, les arcs viscéraux ont évolué différemment :

- Le premier arc viscéral constitue l'ébauche des mâchoires.
- L'hyomandibulaire est incorporé à l'oreille moyenne, il devient ainsi la columelle tympanique.

- Le reste de l'arc hyoïde et les autres arcs branchiaux forment l'appareil hyoïdien qui soutient la langue et le cartilage du larynx.

2-4-4-2 L'ostéocrâne

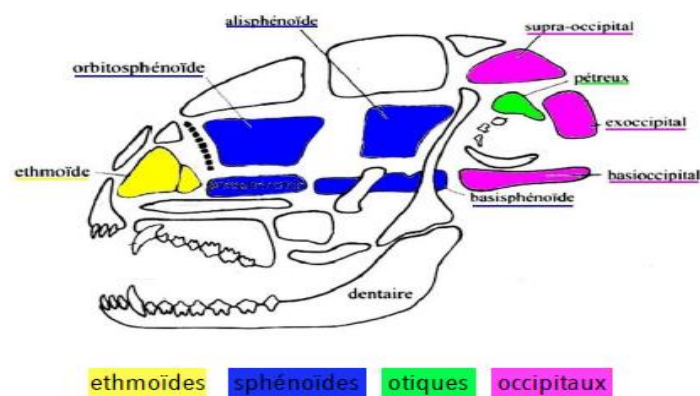
Chez les Ostéichthyens, le crâne va s'ossifier pour donner un **Osteocrâne**. Le chondrocrâne embryonnaire va être remplacé par un crâne osseux par ossification enchondrale et dermique :

- ✓ Ossification enchondrale pour les os du plancher (**endocrâne**) et
- ✓ Ossification dermique pour les os du toit crânien (toit dermique ou **dermocrâne**).

L'endocrâne

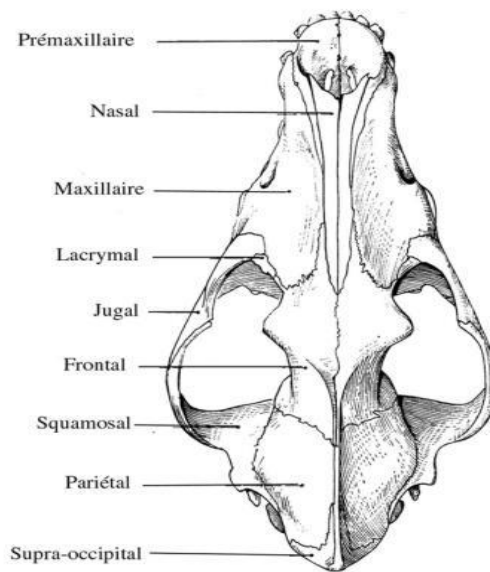
Les principaux os endocrâniens dont on retrouve les homologues chez les Vertébrés sont :

- en région ethmoïdienne, le sphénethmoïde
- en région orbitaire : le basisphénoïde
- en région otique : 5 os otiques. Chez les Mammifères, trois de ces os fusionnent pour former le rocher.
- en région occipitale : 4 os. 1 supra-occipital, 1 basi-occipital, et 2 exo-occipitaux

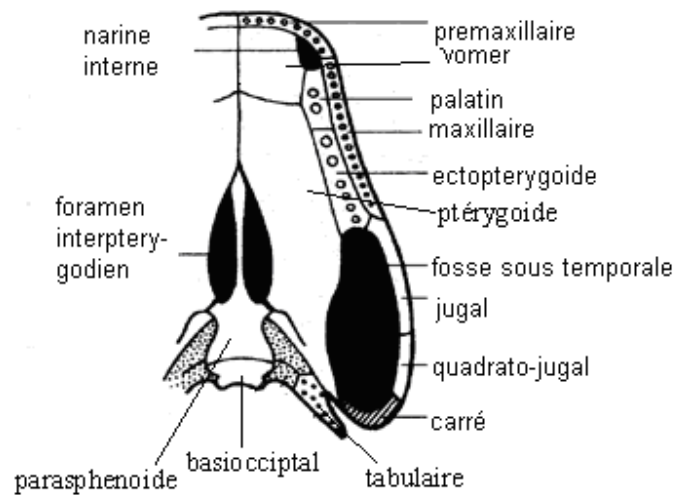


Le dermocrâne (toit dermique)

Formé d'os dermiques, il recouvre latéralement et dorsalement l'endocrâne. Parmi ses principaux constituants on peut citer : le prémaxillaire, le maxillaire, le nasal, le lacrymal, le frontal, le jugal, le pariétal et le squamosal.



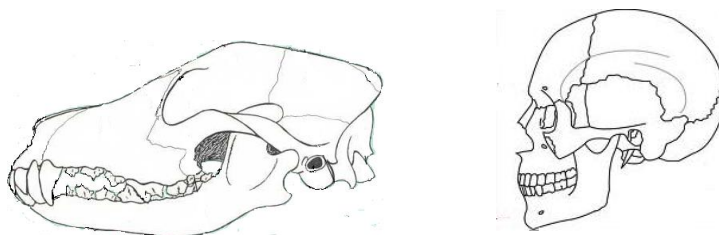
Le complexe palatin (palais dermique)



2-4-4-3 Evolution de l'ostéocrâne

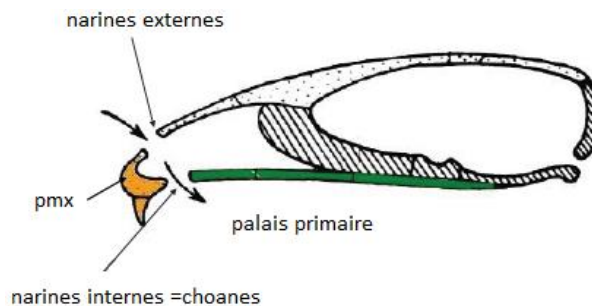
Il va évoluer dans les différents groupes de Vertébrés. L'évolution va aller dans le sens d'une:

- Diminution du nombre d'os. Certains vont disparaître, d'autres vont fusionner pour n'en former plus qu'un.
- Migration du neurocrâne vers l'arrière, qui va permettre l'individualisation du museau, différenciation du bec.

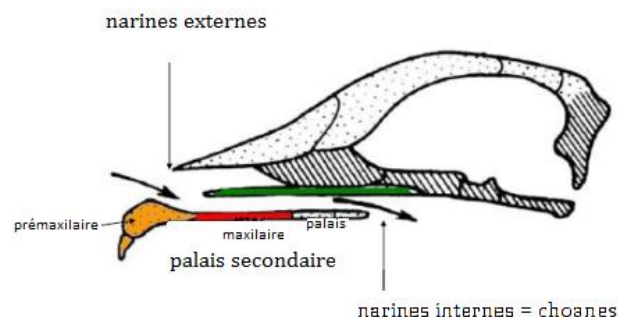


- Développement de la partie antérieure (chez les Mammifères) : devient de plus en plus important au détriment du museau qui va avoir tendance à raccourcir. Laisse énormément de place au crâne.
- Formation de fosses ou fenêtres temporales: elles ont le rôle d'alléger le crâne. On trouve plusieurs types de crâne en fonction de la présence ou d'absence de ces fosses temporales (anapsides, synapside et diapsides).
- Evolution des narines : chez les actinoptérygiens – narines externes et vont avoir un rôle olfactif. Chez les Vertébrés terrestres – narines externes et internes, puisqu'ils sont pulmonés, jouent un rôle dans la respiration, l'air va arriver dans la cavité buccale.
- Evolution du palais : en relation avec les narines chez les Vertébrés terrestres.

- ✓ Chez les Amphibiens, Chéloniens, Squamates, Oiseaux – **palais primaire**



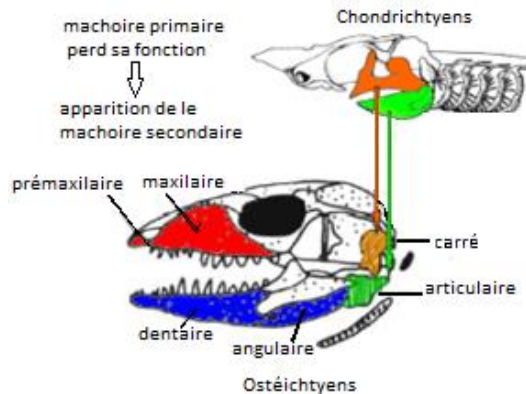
- ✓ Chez les Crocodiliens et les Mammifères, prémaxillaires, maxillaires et le palatin vont fusionner pour former un **palais secondaire**, il va se superposer au premier. Entre les deux palais s'est formé le canal naso-palatin qui longe la bouche vers l'arrière et qui débouche au fond de celle-ci par les choanes secondaires. L'air ne va pas arriver directement dans la cavité buccale. Il permet à l'animal de manger et respirer en même temps.



2-4-4-4 Evolution du splanchnocrâne

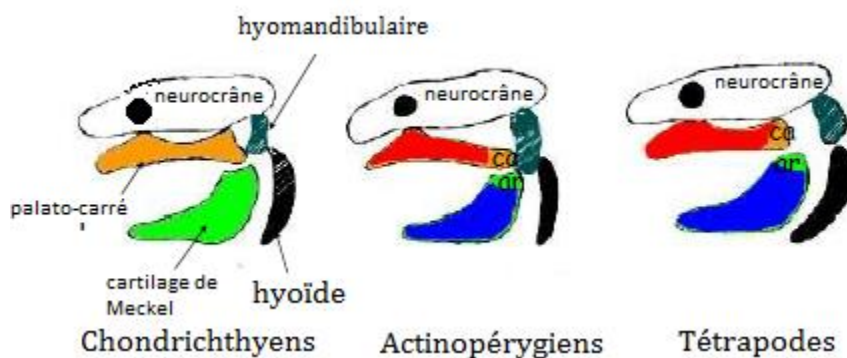
Evolution de l'arc mandibulaire

- Le palato-ptérygo-carré donne 3 os: Le **palatin** et le **ptérygoïde** (palais primaire) et le **carré** (articulation)
- 2 os dermiques se forment : Le **prémaxillaire** et le **maxillaire** (mâchoire supérieur).
- Le cartilage de Meckel régresse pour donner **L'articulaire** (articulation).
- 2 os dermiques se forment : Le **dentaire** et l'**angulaire** (mâchoire inférieur).

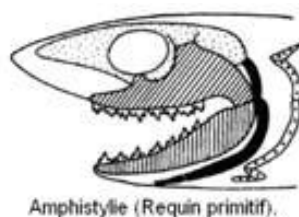


Le splanchnocrâne des Ostéichthyens

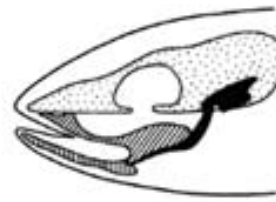
Evolution de la suspension de la mâchoire



- **Suspension amphistylie** : Le ptérygo-carré s'articule ventralement avec l'hyomandibulaire peu développé et qui a un rôle très faible dans la suspension mandibulaire.



- **Suspension hyostylique** : Hyomandibulaire joue un rôle majeur dans la suspension et permet l'ouverture de la bouche.

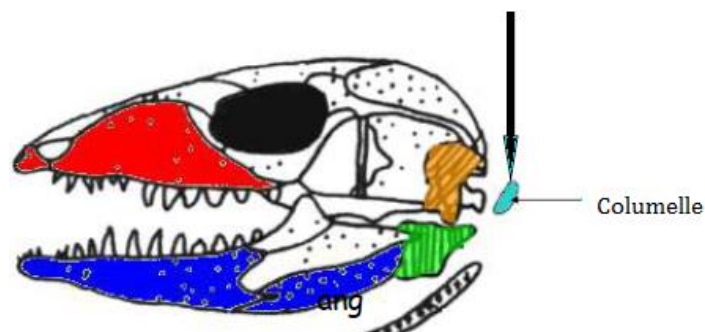


Hyostylie (jeune alevin de truite).

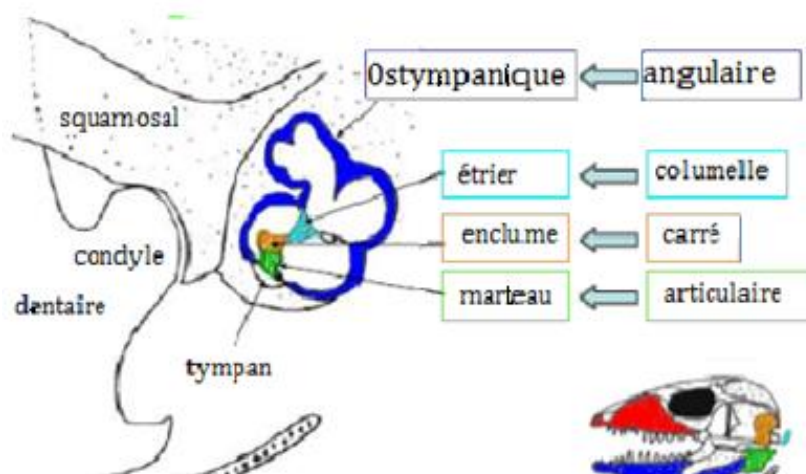
- **suspension autostylique** : la mâchoire supérieure soudée totalement en neurocrâne et reste indépendante de l'arc hyoïdien.

Evolution de l'arc hyoïdien

- **1^{ère} étape** : L'os hyomandibulaire régresse et forme chez les Amphibiens et les sauropsidés, la columelle tympanique qui va se localiser dans l'oreille moyenne des animaux et va avoir un rôle dans l'audition



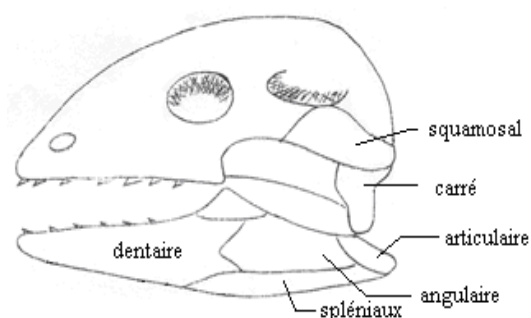
- **2^{ème} étape** : plusieurs os se modifient complètement et l'articulation se transforme en organe auditif (chez les Mammifères).



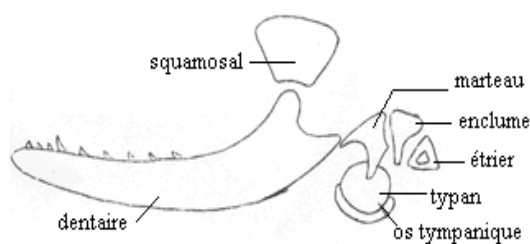
Evolution de l'articulation des mâchoires

Deux types d'articulations :

- Siege de l'articulation des mâchoires chez les Reptiles : entre le **carré** et l'**articulaire**.
- Siege de l'articulation des mâchoires chez Mammifères : entre le **dentaire** et le **squamosal**.



Articulation réptilienne



Articulation mammalienne

De nouvelles structures sont apparues : Développement des **condyles** qui vont permettre l'articulation de la mâchoire inférieure sur la mâchoire supérieure, c'est l'apparition de la mastication chez les Mammifères.

Evolution des arcs branchiaux

Chez les tétrapodes les arcs branchiaux ont connu une régression en nombre et en taille

- 4 paires chez les anoures
- 3 paires chez les Urodèles (salamandre)
- 2 paires chez les Squamates, les Chéloniens, les Ophidiens, les Crocodiliens et les Mammifères
- 1 paire chez les Oiseaux.

Anatomie comparée des encéphales

Pour évoluer dans leur environnement, les animaux ont besoin d'une structure centrale qui reçoit l'information et élabore des réponses appropriées. Cette structure se compose en plusieurs parties : cerveau, tronc cérébral et moelle épinière. ne prendrons pas en compte l'évolution de cette dernière.

Les vertébrés ont en commun une chorde dorsale qui persiste à l'âge adulte, un rachis ossifié pour protéger le système nerveux et un crâne pour mettre le cerveau à l'abri. On sait aujourd'hui que ce dernier est à l'origine de l'élaboration des mouvements, de la perception de l'environnement externe et interne ou encore du comportement social indispensables à la survie de l'animal.

I Origine et formation.

La partie antérieure du tube neural, à l'origine de l'encéphale. Dès que le tube neural est formé, son extrémité antérieure se développe plus rapidement que son extrémité postérieure. Des constriction primaires apparaissent dans la partie antérieure du tube neural et délimitent trois vésicules primitives qui de la partie rostrale à la partie caudale sont respectivement :

- le prosencéphale ou cerveau antérieur
- le mésencéphale ou cerveau médian
- le rhombencéphale ou cerveau postérieur

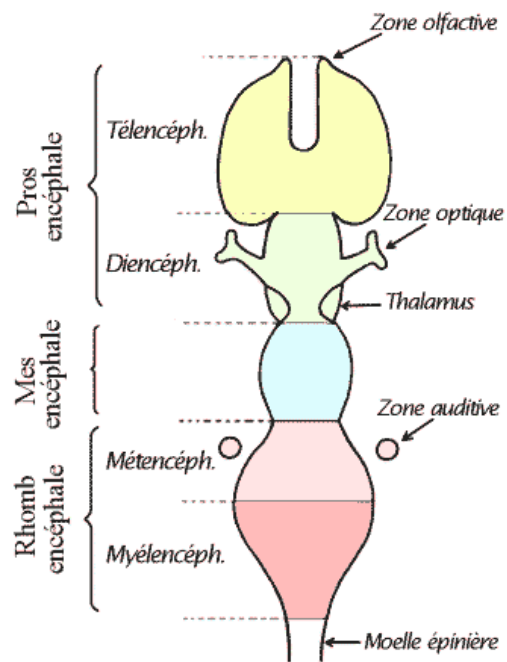
Le reste du tube neural correspond à la future moelle épinière.

Les trois vésicules primitives du cerveau vont ensuite subir un certain nombre de mouvements morphogénétique (courbure, plissement...) et se différencier pour donner naissance aux cinq subdivisions encéphaliques dont les principales fonctions sont détaillées dans le tableau ci-après :

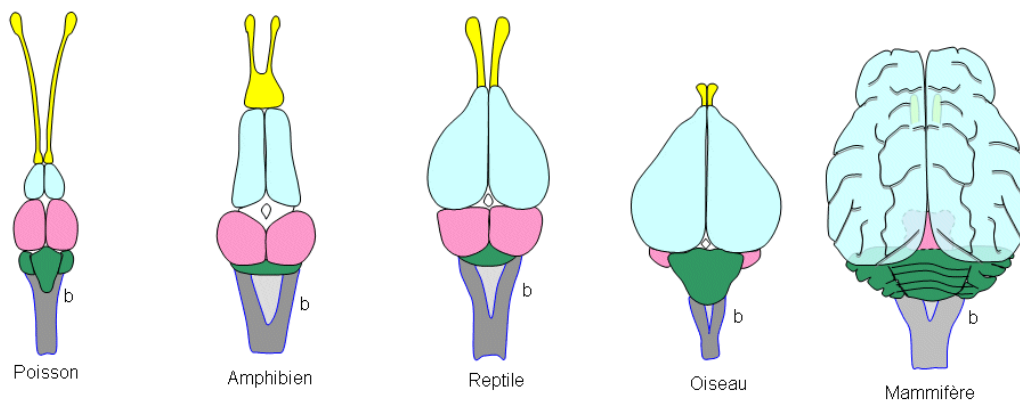
- Le prosencéphale (du grec pro : en avant et enképhalon : cerveau) est à l'origine de deux vésicules encéphaliques secondaires qui sont :
 - ✓ le télencéphale
 - ✓ le diencéphale
- Le mésencéphale est la seule région du tube primitif qui ne se dédouble pas.
- Le rhombencéphale forme également deux vésicules encéphaliques secondaires qui sont :
 - ✓ le métencéphale
 - ✓ le myélencéphale

Ces cinq subdivisions constituent les ébauches des principales divisions anatomiques du cerveau qui vont se développer par la suite.

La partie antérieure du tube neural est à l'origine de la formation de l'encéphale et la partie postérieure de la moelle épinière. Les premières étapes de la mise en place de l'encéphale au cours du développement embryonnaire sont similaires pour toutes les espèces appartenant au groupe des vertébrés. En revanche l'achèvement de la formation de l'encéphale varie selon le niveau d'organisation et de complexité de l'espèce étudiée.

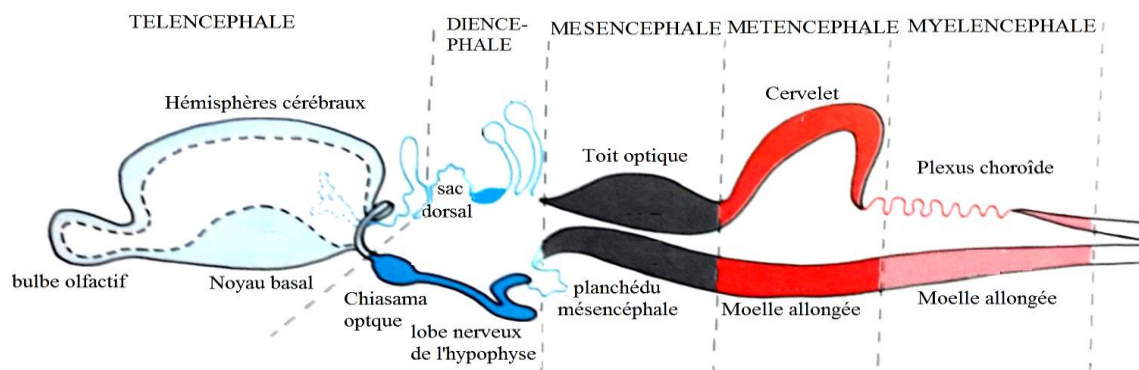


encéphales de vertébrés



- lobes olfactifs
- hémisphères cérébraux
- mésencéphale : lobes optiques
- cervelet

b : bulbe rachidien



II Evolution

La structure de l'encéphale reflète les besoins en traitement de l'information de chaque espèce, en fonction du mode de vie et de l'habitat.

Exemple : un animal parasite comme la lamproie ne va pas avoir un système moteur développé.

1 Le télencéphale : origine de l'olfaction et facultés intellectuelles supérieures

Initialement vésicule de petite taille, il se distend latéralement en deux expansions latérales, les futurs hémisphères cérébraux, dont l'importance ira grandissante des Cyclostomes aux Mammifères. Il donne aussi les bulbes olfactifs.

- Deux hémisphères cérébraux pairs
- Couche superficielle : cortex (matière grise)

Evolution du télencéphale

Jusqu'aux reptiles (inclus), le télencéphale est dédié à l'olfaction.

Chez les Chondrichthyens et les Ostéichthyens, il est rudimentaire et très peu développé. Les hémisphères cérébraux se continuent vers l'avant par les lobes olfactifs, très gros du fait que les Poissons s'adaptent à la faible teneur en molécules dissoutes.

Chez les Reptiles, Le télencéphale devient de plus en plus volumineux et de plus en plus complexe fonctionnellement, cela se traduit par une olfaction plus fine.

Chez les Anamniotes et chez presque tous **les Reptiles**, la quasi-totalité du télencéphale est au service de l'olfaction.

En revanche, on retrouve des lobes olfactifs très petits chez **les Oiseaux** qui ne possèdent alors qu'une olfaction médiocre.

Chez les mammifères, les hémisphères prennent de l'ampleur dans de telles proportions qu'ils se replient sur eux-mêmes, vers l'arrière, et recouvrent partiellement ou totalement le reste de l'encéphale.

Pour résumer, le télencéphale peut être considéré comme un cerveau olfactif chez les non mammaliens. Des animaux aquatiques aux animaux aériens il passe d'un stade bulbe avec des tractus à un stade bulbe avec des vrais nerfs crâniens (Ière paire des nerfs crâniens). La faible teneur en molécules odorantes dans l'eau par rapport à l'air est à l'origine de ce phénomène. Cependant on constate une exception chez les Oiseaux qui présentent une olfaction très minime.

2 Le Diencephale : régulateur de l'homéostasie

Le diencephale est à l'origine de trois structures :

- L'épithalamus régule les rythmes biologiques (photopériode) et contrôle la pigmentation de la peau (mélatonine). ex. du Sphénodon
- Thalamus
 - ✓ Thalamus ventral a rôle moteur, bien développé chez les anamniotes, il régresse chez les amniotes au profit du cortex moteur.
 - ✓ Thalamus dorsal : relais important des voies sensorielles, très développé chez les mammifères.
- Hypothalamus
 - ✓ Connecté à l'hypophyse
 - ✓ Impliqué dans les comportements assurant la survie de l'animal (reproduction, appétit, veille, émotions, équilibre hydrique, température)
 - ✓ Développement maximal chez les Poissons

On retiendra que le diencephale est présent chez toutes les classes c'est un centre d'intégration, de relais et de contrôle de nombreux comportements assurant la survie de l'animal (faim, soif, comportement sexuel); qu'il assure au plus haut niveau la régulation des processus homéostatiques tels que la pression artérielle, la régulation thermique (homéothermie), l'équilibre de l'eau et des sels minéraux.

3 Le Mésencéphale : source de la vision

Chez les Poissons, les lobes optiques sont volumineux puisqu'ils doivent s'adapter à un milieu ambiant dont la turbidité peut varier. L'importance des lobes optiques ne traduit pas une vision fine, mais le fait qu'il faille développer dans l'eau de grosses structures pour, au final, n'avoir qu'une vue suffisante.

Les Amphibiens portent, en plus de ces tubercules bijumeaux, deux saillies postérieures, ébauches d'une deuxième paire de tubercules.

Dans le mésencéphale des Oiseaux, les tubercules bijumeaux montrent un développement important responsable d'une acuité visuelle excellente.

La vision des Oiseaux est largement comparable à celle des Mammifères les mieux pourvus à cet égard (Primates, Homme) et on peut même la qualifier de supérieure chez les Oiseaux.

Aux lobes bijumeaux s'ajoutent, chez les Mammifères, deux autres lobes postérieurs : il s'agit des tubercules quadrijumeaux.

Nous pouvons retenir que le mésencéphale est à l'origine de la vision chez les Vertébrés par le biais des lobes optiques (ou tubercules bijumeaux) chez les Poissons qui seront complétés par l'apparition des tubercules quadrijumeaux améliorant la coordination des mouvements de la tête et des yeux.

4 Le Métencéphale : cerveau de l'équilibre

Le métencéphale va donner principalement le cervelet responsable de la complexité des mouvements corporels :

- Maintien de l'équilibre
- Régulation de l'activité motrice

Evolution du cervelet

- Sa taille est fonction de la complexité des mouvements corporels.
- Gros chez les espèces actives, pour lesquelles la position et l'équilibre sont importants (poissons, oiseaux, mammifères).

Chez les Poissons, le métencéphale comprend une partie dorsale importante et le cervelet, organe bien développé. Ceci étant dû au fait que ces animaux doivent avoir un très bon équilibre leur permettant d'évoluer dans les profondeurs souhaitées.

En revanche, celui **des Amphibiens** a connu un accroissement médiocre. Son faible développement peut être mis en relation avec les activités motrices relativement simples des Amphibiens.

Le métencéphale **des Oiseaux** présente un développement remarquable (signalons l'importance du cervelet avec deux lobes latéraux et un lobe médian) qu'il faut mettre en relation avec le mode de vie aérien, (c'est à dire dans un environnement tridimensionnel, comparable en cela au milieu aquatique des Poissons). Soulignons que c'est dans la classe des Oiseaux qu'appartiennent les seules espèces de Vertébrés capables de se déplacer aisément autant en milieu aérien que terrestre ou aquatique (par exemple, le canard).

A ce cervelet, s'ajoute chez **les Mammifères** deux hémisphères cérébelleux. Ces derniers, assurent le contrôle des mouvements volontaires.

Le développement maximal du cervelet chez les Tétrapodes s'explique par le fait qu'ils doivent coordonner l'oscillation de leurs membres et percevoir les contractions de leurs muscles.

On constate une progression dans le développement du métencéphale, des Agnathes aux Mammifères, essentiellement liée à l'accroissement des exigences du système locomoteur

5 Le Myélencéphale : siège des activités végétatives

Chez les vertébrés, il s'agit d'une structure de transition entre la moelle épinière et le cerveau. Le myélencéphale abrite la plupart des noyaux des nerfs crâniens ainsi que les centres qui contrôlent la respiration, le rythme cardiaque et divers centres gérant des activités tels que la déglutition, la toux, le vomissement etc.

Chez les Mammifères, on parle de bulbe rachidien c'est un centre de croisement des informations ascendantes et descendantes. Il s'élargit chez les Mammifères pour donner le Pont.

Nous avons constaté que cette partie du système nerveux central n'a pas connu de grosses évolutions au niveau fonctionnel depuis les Poissons et qu'il a pour rôle de réguler les fonctions autonomes vitales.

En résumé

Au stade embryonnaire à trois vésicules, il n'y a pas de différenciation entre les différentes classes des vertébrés. Par contre dès l'apparition des cinq vésicules, il est possible de déterminer leur appartenance à un groupe particulier. Ces cinq parties du cerveau contribuent donc à établir la systématique de l'individu.

Tout d'abord nous avons constaté que le télencéphale est essentiellement lié à l'olfaction. Sa taille est très variable d'une classe à l'autre, les animaux n'en ayant pas tous la même utilité selon leur environnement, notamment la teneur en molécules odorantes.

Ensuite, le diencephale a été décrit comme étant le centre de régulation des fonctions viscérales et endocrines. Il intervient également en tant que modulateur du rythme circadien chez les animaux aquatiques essentiellement.

Nous retiendrons l'implication du mésencéphale dans la vision. Celle-ci étant nécessaire à la majorité des vertébrés, le mésencéphale est relativement bien développé dans la plupart des classes à des degrés différents selon l'opacité de l'eau, le repérage de l'environnement pendant le vol, la localisation des proies, etc.

Puis en ce qui concerne le métencéphale, il a été démontré que son évolution aboutit au cervelet responsable de la coordination des mouvements et de la localisation du corps dans l'espace. Il est donc particulièrement développé chez les animaux évoluant dans un milieu tridimensionnel.

Enfin, le myélencéphale permet la régulation des fonctions végétatives essentielles.

Ainsi l'environnement conditionne la structure de l'encéphale, en privilégiant le développement de certaines parties au détriment d'autres. Les vertébrés ont donc su s'adapter selon les besoins qu'exigeait leur milieu.

INTRODUCTION À L'ANATOMIE COMPARÉE DES VERTEBRES

A. L'appareil circulatoire

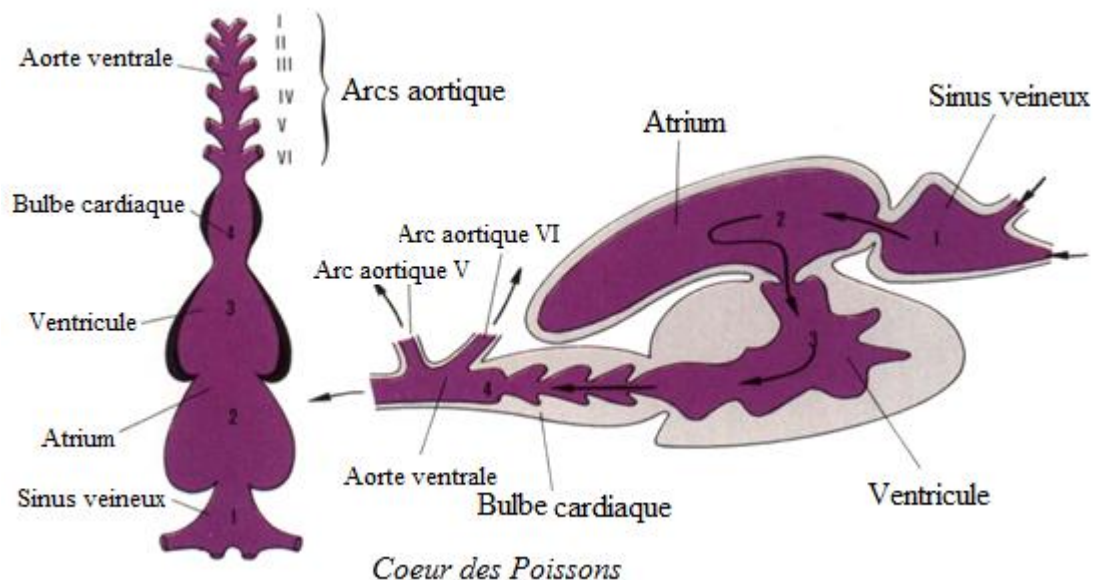
L'appareil circulatoire est constitué d'un :

- Système artériel dans le quel circule un sang riche en oxygène (O_2).
- Système veineux dans le quel circule un sang riche en gaz carbonique (CO_2)
- Cœur qui est un organe de propulsion.
- Système capillaire dans lequel circule la lymphe.

I. Le cœur

1. Chez les Poissons :

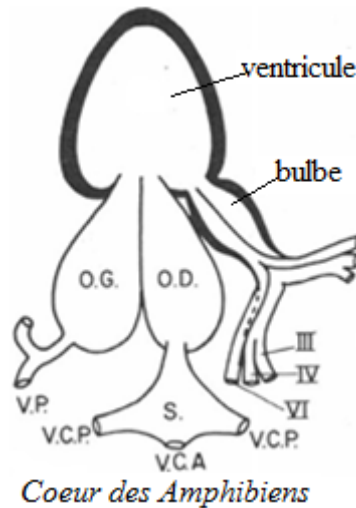
Le cœur comporte un sinus veineux, une oreillette (atrium), un ventricule et un bulbe artériel qui se prolonge vers l'avant par une aorte ventrale, de cette aorte partent les arcs aortiques qui vont vers les branchies.



2. Chez les Amphibiens

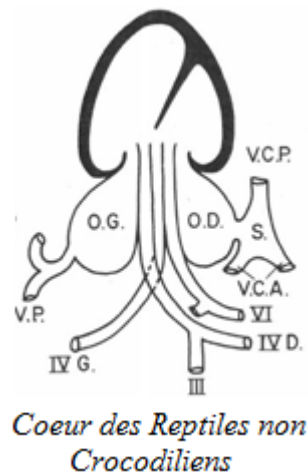
Le cœur des Amphibiens est plus complexe. L'atrium (Oreillette) est complètement divisé en deux oreillettes, le sinus s'ouvre dans l'oreillette gauche le ventricule n'est pas divisé, le bulbe artériel est divisé en deux par une cloison (division imparfaite). Du bulbe partent des artères (carotidiennes, pulmocutanées et aortique). Le sang non hématosé arrive au sinus par les veines caves, passe ensuite dans l'oreillette puis dans le ventricule et enfin dans le bulbe gauche d'où il est envoyé vers la peau et les poumons. Le sang oxygéné arrive dans l'oreillette gauche par les veines pulmonaires, puis passe dans le ventricule et en fin dans le

bulbe pour être envoyé aux organes à travers les carotides et les crosses aortiques. Le ventricule chez les Amphibiens est rempli par un sang oxygéné et un sang carbonaté qui ne se mélangent pas totalement du fait que le cœur présente des différences anatomiques (replis de la paroi ventriculaire et présence d'une cloison spiralée du bulbe) et physiologique (décalage de la contraction entre les deux oreillettes).



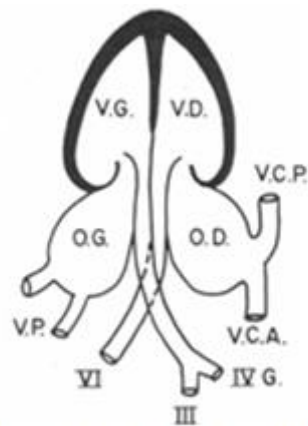
3. Chez les Reptiles non Crocodiliens

Chez les Reptiles non Crocodiliens la séparation est nette entre les deux oreillettes, cloisonnement incomplet du ventricule (cloison inclinée). Meilleure séparation du sang mais incomplète.



4. Chez les Crocodiliens, Oiseaux et Mammifères,

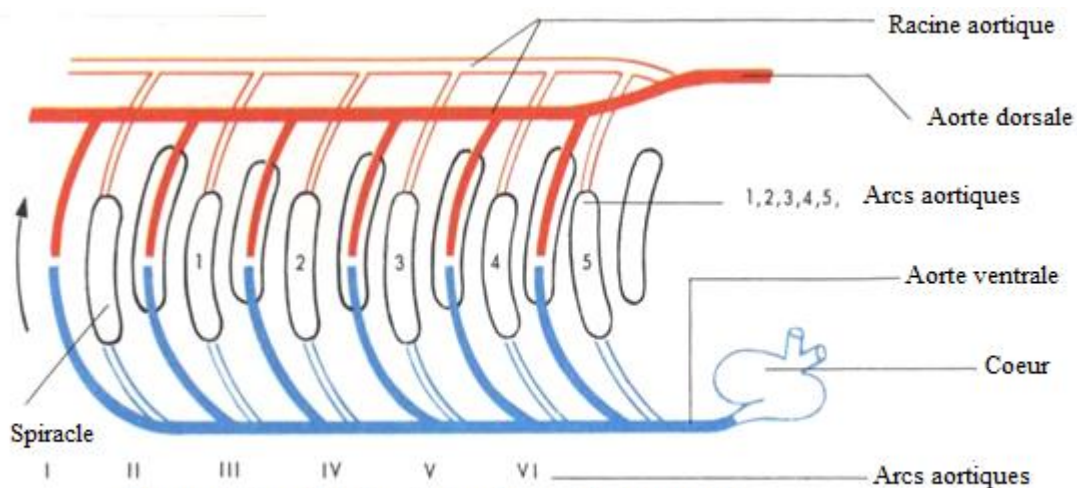
Chez ce groupe le cœur est composé de 4 cavités (2 oreillettes et 2 ventricules), le sang est totalement séparé.



*Cœur des Reptiles crocodiliens,
Oiseaux et Mammifères*

II. Appareil circulatoire de l'embryon des Vertébrés

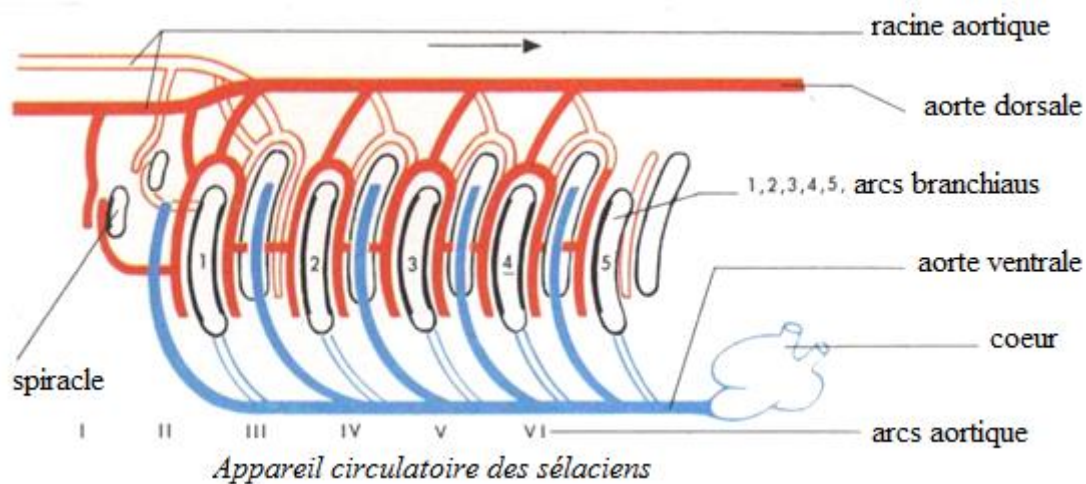
Comprend un cœur avec une aorte ventrale impaire. Les arcs aortiques en nombre de 6, sont soutenus par les arcs branchiaux. A l'état adulte,



Appareil circulatoire de l'embryon des Vertébrés

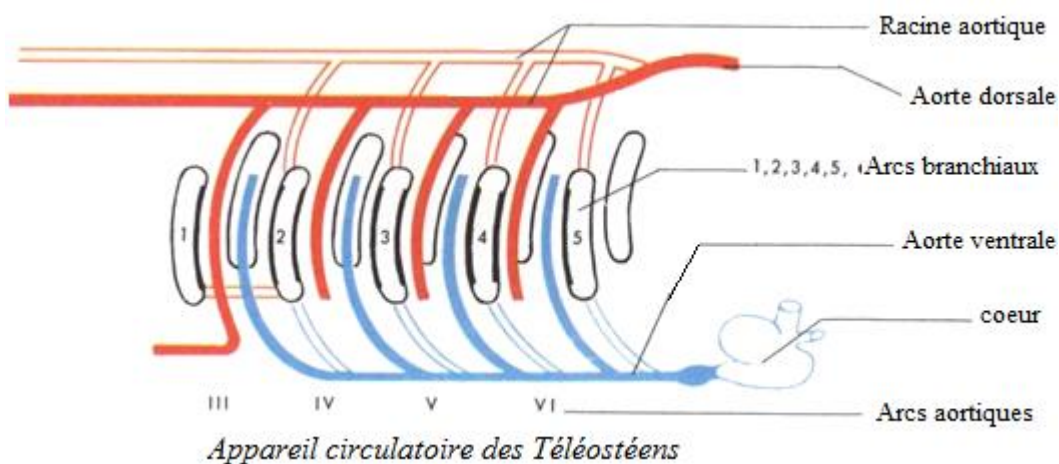
a. Appareil circulatoire des Sélaciens (Chondrichthyens)

Chez les Sélaciens il y a disparition du 1^{er} arc aortique. Les autres arcs aortiques dorsaux sont reliés entre eux. C'est au niveau des fentes branchiales que s'effectue l'oxygénation du sang.



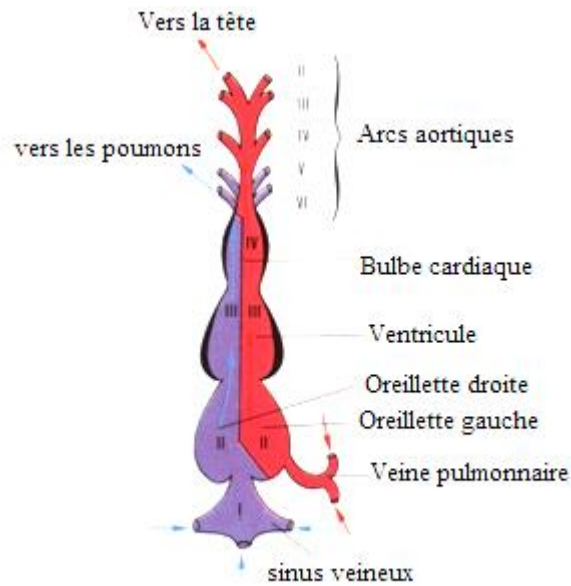
b. Appareil circulatoire des téléostéens (Actinoptérygiens)

Les arcs I et II ont disparus (Pas chez tous les Téléostéens) au niveau des branchies se fait l'hématose.

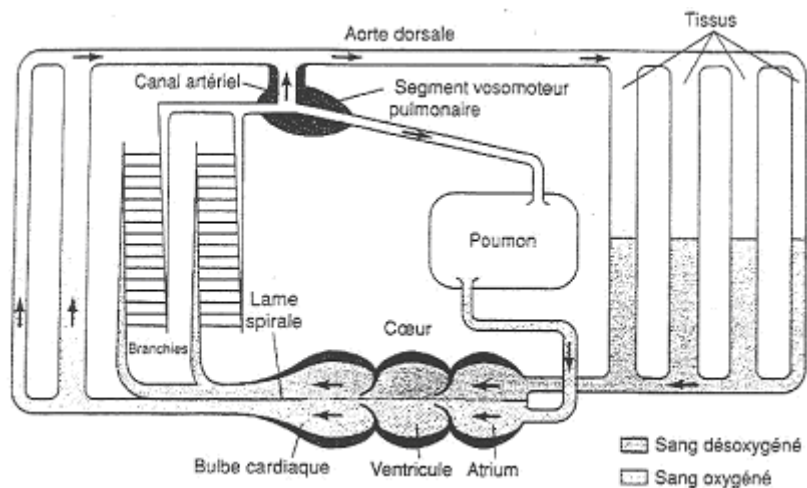


c. Appareil circulatoire des Dipneustes (Ostéichthyens).

Ces Poissons possèdent des poumons et des branchies, on note une très sensible modification de l'appareil circulatoire. L'oxygénation du sang se fait soit au niveau des branchies soit au niveau des poumons. Le sang oxygéné au niveau des branchies s'en va directement dans l'aorte dorsale par contre s'il est oxygéné au niveau des poumons, le sang est obligé de repasser au niveau cœur pour être propulsé dans un vaisseau ventral impaire et parvient aux arcs aortiques II, III et IV puis rejoint les racines aortiques et l'aorte dorsale.

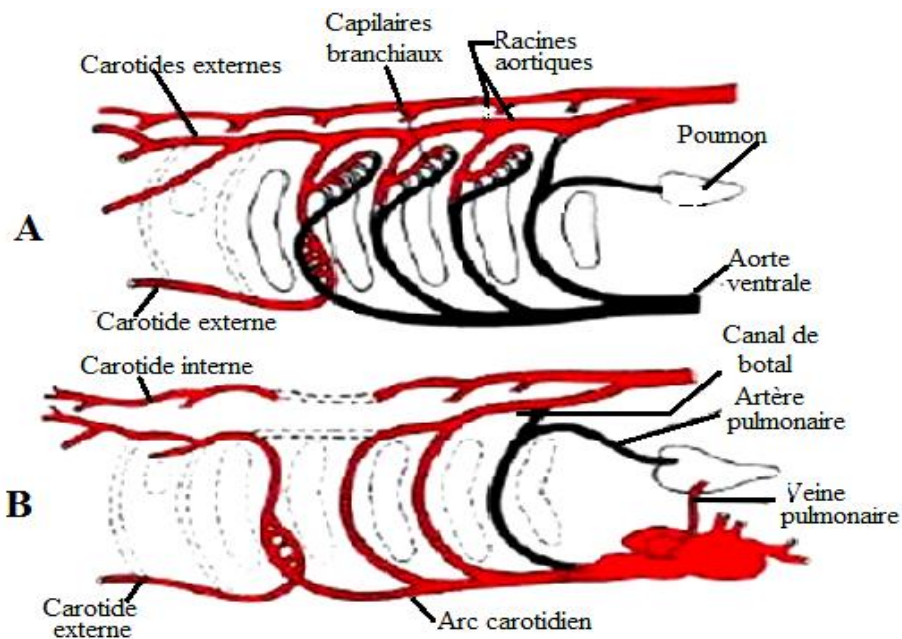


Appareil circulatoire des Dipneustes



d. Appareil circulatoire des urodèles.

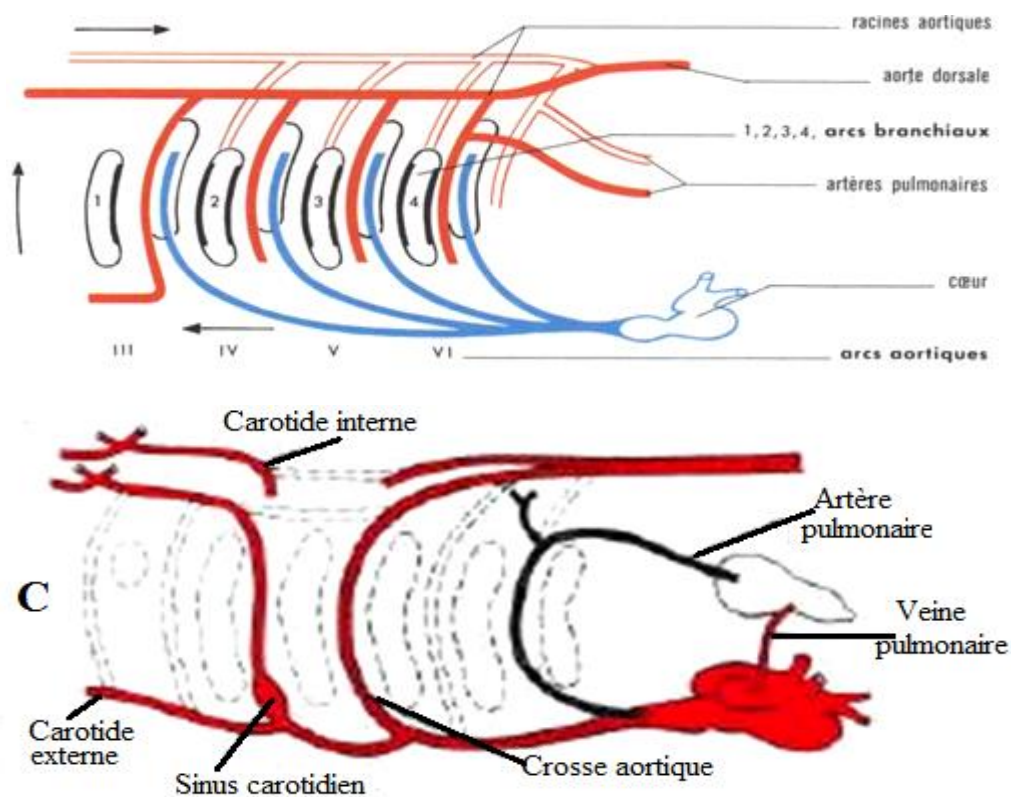
Les arcs aortiques I et II ont disparus, l'hématose ne se fait qu'au niveau des arcs III, IV, V et VI, le sang oxygéné au niveau de l'arc III est propulsé vers la tête. Le sang hématosé au niveau des Arcs IV et V est dirigé dans l'aorte dorsale (séparation incomplète des deux circulations). Chez l'adulte la respiration est pulmonaire, il n'y a pas d'oxygénation au niveau des branchies. Le sang oxygéné est propulsé dans les arcs III, IV et V. l'arc III irrigue essentiellement la région céphalique ? Les arcs IV et V irriguent le tronc et l'abdomen.



Appareil circulatoire des Urodèles

e. Appareil circulatoire des Anoures

L'arc III reçoit le sang hématosé des poumons et le propulse vers la tête, l'arc V disparaît, ce qui reste c'est l'arc IV appelé crosse aortique et l'arc VI appelé artère pulmonaire.

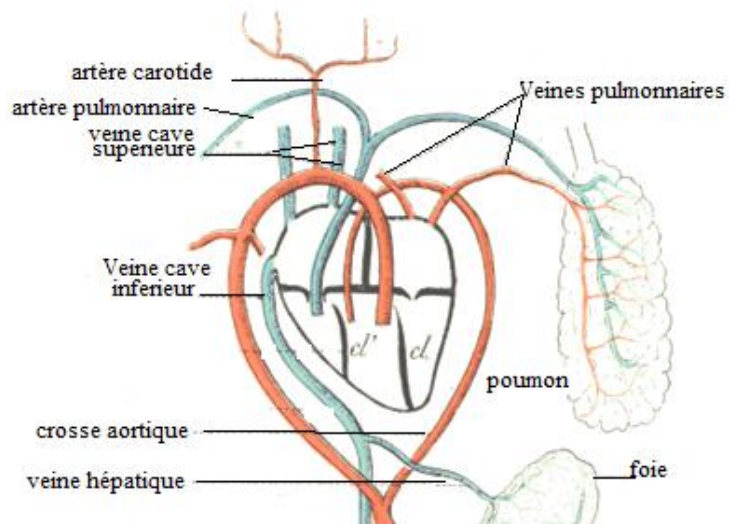


Appareil circulatoire des Anoures

f. Appareil circulatoire des Reptiles

Les deux crosses aortiques gauches et droites s'isolent au départ du cœur, le tronc 5 arc carotidien s'insère sur la crosse droite.

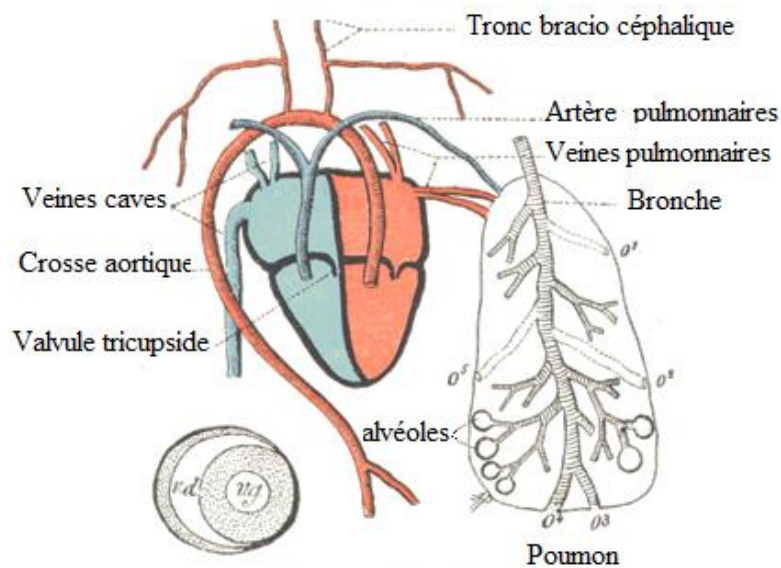
N.B. : La persistance du canal carotidien chez les Lézards et le canal artériel chez les Tortues.



Appareil circulatoire des Reptiles

g. Appareil circulatoire des Oiseaux

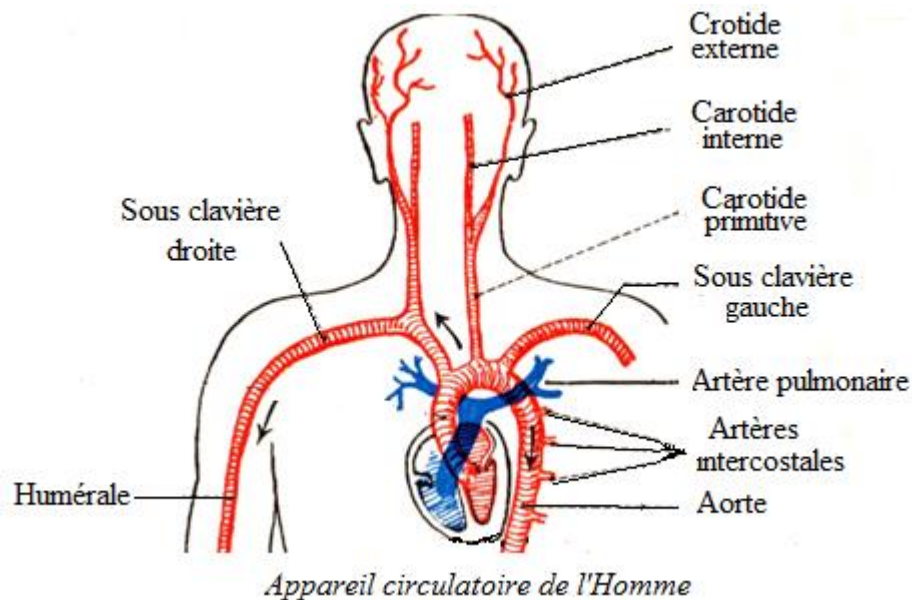
L'appareil circulatoire devient dissymétrique, avec la persistance d'une seule crosse aortique (droite) qui porte le tronc carotidien.



Appareil circulatoire des Oiseaux

h. Appareil circulatoire des Mammifères

Persistance de la crosse aortique gauche, qui porte le tronc carotidien. Chez l'Homme, le tronc disparaît et les carotides sont séparées.



B. L'Appareil digestif

L'appareil digestif se présente sous forme d'un long tube plus au moins contourné qui s'étend de la bouche à l'anus.

La digestion met en œuvre trois phénomènes : des phénomènes mécaniques assurant la fragmentation et le transport des aliments, des phénomènes chimiques qui consiste en une dégradation enzymatique des molécules complexes contenues dans les aliments et des phénomènes physiologiques qui réalisent l'absorption de ces petites molécules et leur pénétration dans le sang qui les distribue dans l'organisme.

Le tube digestif se divise en 5 segments :

I. La bouche :

La bouche est un organe de préhension et de fragmentation des aliments.

1. Chez les poissons, Amphibiens et les Reptiles, les mâchoires sont garnies de dents caduques disposées en rangées, une rangée fonctionnelle suivie de quelques rangées de dents de remplacement. Les dents fonctionnelles ont une existence assez courte et sont remplacées de façon continue et pratiquement illimité, on parle de polyphyodontie.

2. Chez les Oiseaux, il y a absence de dents, un bec corné enveloppe les mâchoires

3. Chez les Mammifères la denture est caractérisée par une spécialisation très marquée. Le nombre de dents est assez réduit et généralement fixe pour une espèce donnée en plus les dents ne sont pas identiques. (Incisives, canines, prémolaires et molaires). Enfin, le remplacement de la denture n'est réalisé qu'une seule fois on parle de diphodontie.

II. Le pharynx

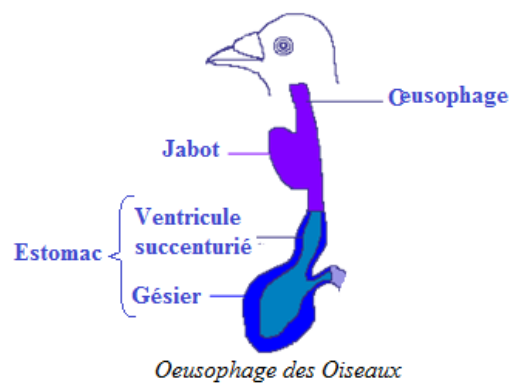
L'étude de pharynx se rattache logiquement à celles des fentes branchiales, des branchies, de leurs dérivés ainsi qu'à celle des poumons et des voies respiratoires.

III. L'œsophage

L'œsophage est un conduit qui achemine les aliments vers l'estomac.

1. Chez les poissons osseux l'œsophage est court, il reçoit le canal pneumatique de la vessie natatoire.

2. Chez les Oiseaux l'œsophage présente une dilatation : le jabot (chambre de stockage des aliments).



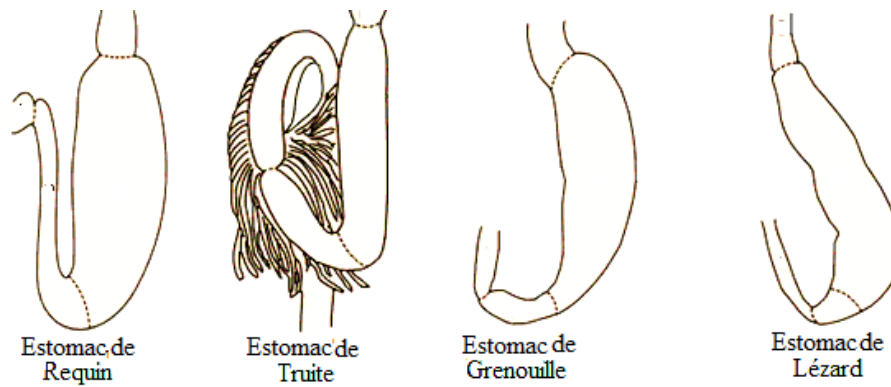
3. Chez les Mammifères l'œsophage est très long et traverse le diaphragme.

IV. L'estomac

L'estomac est une dilatation du tube digestif où les aliments sont stockés et subissent une hydrolyse enzymatique dans un milieu acide. Il présente un certain nombre de régions (Œsophagienne, cardiaque, gastrique et pylorique).

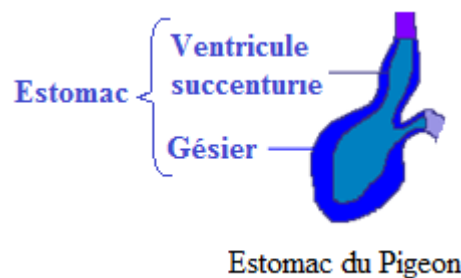
1. Chez la plus part des Poissons, Amphibiens et reptiles

L'estomac est tubulaire, elle se présente en forme de **J**, de **U** ou de **Y**.



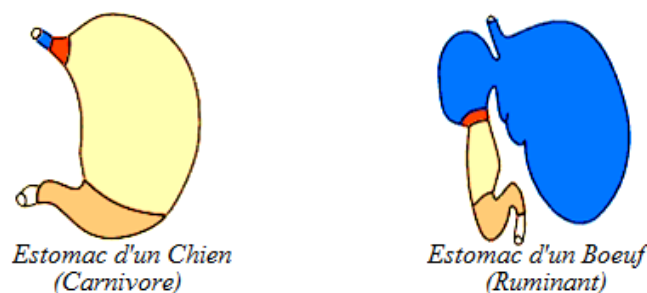
2. Chez les Oiseaux

L'estomac des Oiseaux est divisé en deux poches qui sont le ventricule succenturié (région gastrique) situé dans la partie antérieure, c'est une région sécrétant le suc gastrique (digestion chimique) dans la région cardinale et le gésier (formation musculaire assurant une digestion mécanique) dans la région pylorique. Les proportions de ces différentes régions varient en fonction du régime alimentaire des espèces.



3. Chez les Mammifères,

L'estomac des Mammifères se présente sous des formes variées, parfois divisées en plusieurs poches successives. Chez la plus part des Mammifères, l'estomac reste simple, unilobulaire. Chez les ruminants augmentant la surface absorbante. Ainsi que certains autres herbivores et différentes espèces aquatiques (Dauphin, Baleine,...), il se divise en poches, essentiellement d'origines œsophagienne. Chez les herbivores, ces poches interviennent dans le processus d'absorption.

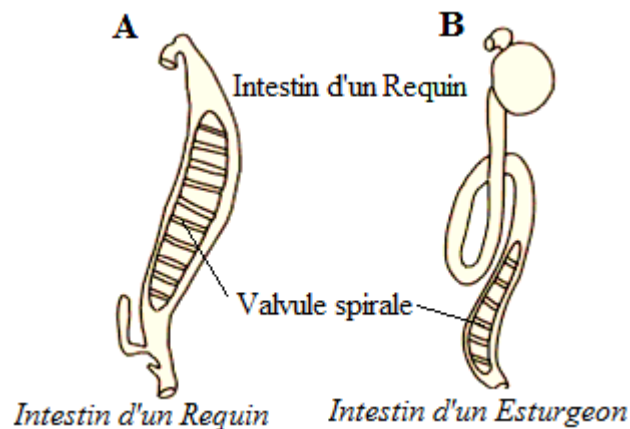


IV. L'intestin

L'intestin c'est le dernier segment du tube digestif et le plus long. Il termine la digestion par ses propres sécrétions ainsi que par celles des deux glandes qui lui sont associées (pancréas et le foie). Il assure également Les processus d'absorption. Il présente des dispositifs augmentant la surface absorbante.

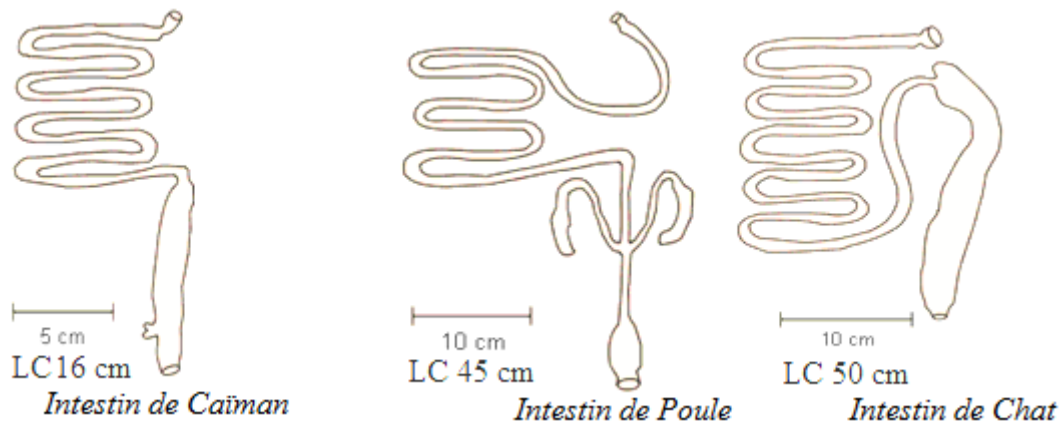
1. Les Poissons Téléostéens

Ces Poissons ont un intestin gros et court possédant à l'intérieur des replis longitudinaux à disposition spiralée (valvule spirale) ce qui ralentie considérablement le cheminement du contenu intestinal (le bol alimentaire) en augmentant son trajet.



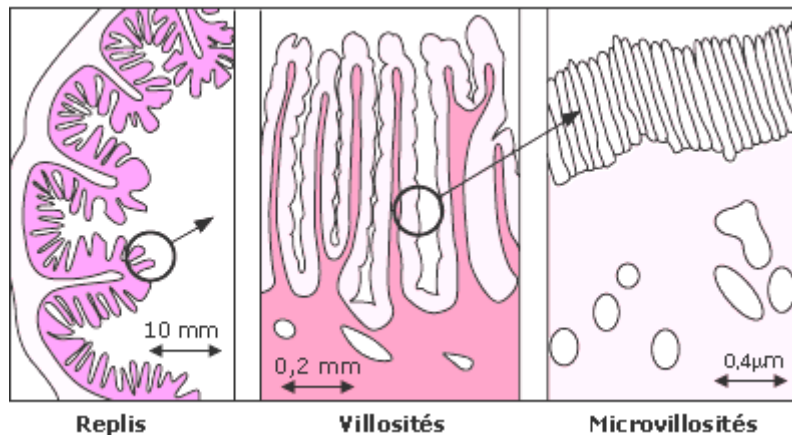
2. Chez les tétrapodes

L'augmentation de la surface absorbante est réalisée par un allongement de l'intestin (grêle) qui fait ainsi de nombreuses circonvolutions et occupe l'essentiel de la cavité abdominale. Cet allongement est accentué chez les herbivores que chez les carnivores.



3. Chez les Oiseaux et les Mammifères

Chez les Oiseaux et les Mammifères l'épithélium intestinal présente de très nombreuses évaginations microscopiques (les villosités intestinales).



Les villosités intestinales des Mammifères et les cœca pyloriques de nombreux Poissons semblent augmenter plus au moins l'absorption intestinale et marque la limite entre l'intestin grêle antérieur et le gros intestin postérieur dépourvus de villosité.

V. Les glandes annexes :

Chez la plus part des Vertébrés, le tube digestif est muni de glandes annexes qui jouent un rôle essentiel dans le processus digestif. On distingue deux structures : le pancréas et le foie.

1. Le pancréas

Le pancréas déverse dans la partie haute de l'intestin un suc relativement riche en enzyme digestives. A côté de ses fonctions digestives, le pancréas exerce également une fonction endocrine importante et sécrète l'insuline et du glucagon, deux hormones impliquées dans la régulation de la glycémie et du métabolisme du glucose.

2. Le foie

Le foie exerce plusieurs fonctions dont certaines sont liées au métabolisme ou à la détoxification de l'organisme. Il joue par ailleurs un rôle important dans l'assimilation des lipides et la gestion des réserves de glycogène et de graisse. Dans sa fonction digestive, le foie produit la bile qui joue un rôle dans la digestion des lipides.

C. L'appareil respiratoire

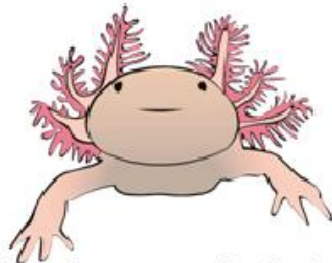
La respiration est assurée par les organes respiratoires qui sont de deux types : branchies (respiration aquatique) et les poumons (respiration aérienne).

I. Les branchies.

Les branchies permettent de prélever l'oxygène dissous dans l'eau. Ce sont des formations lamellaires qui sous un volume réduit, présentent une grande surface de contact avec l'eau. Ces branchies peuvent extraire 70 à 90% de l'oxygène dissous dans l'eau. Cela compense la pauvreté relative de l'eau en oxygène (l'eau contient 1% d'oxygène à 0°C. L'air en contient 21%). Il existe deux types de branchies.

1. Les branchies externes

Chez les larves de Certains amphibiens (Nectones, Axolotl, Protée) et certains Poissons (Dipneustes et Brachioptérygiens) gardent des branchies externes à l'âge adulte. Ces branchies externes se forment à partir de bourgeons ectodermiques au niveau des arcs viscéraux, chez les larves d'Amphibiens on observe 3 paires de branchies, 4 chez les Dipneustes, une seule chez les polyptéridiformes.

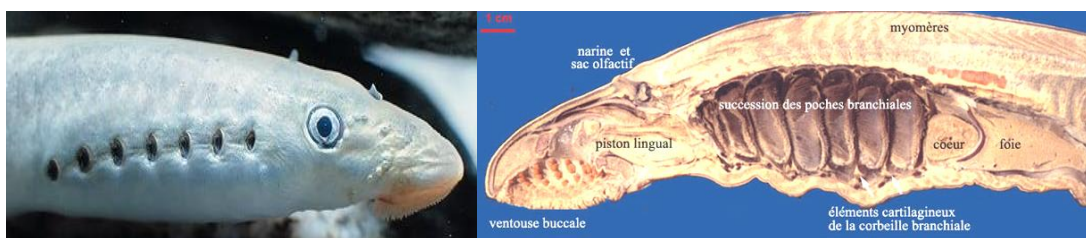


Les branchies externes chez les Amphibiens

2. Les branchies internes

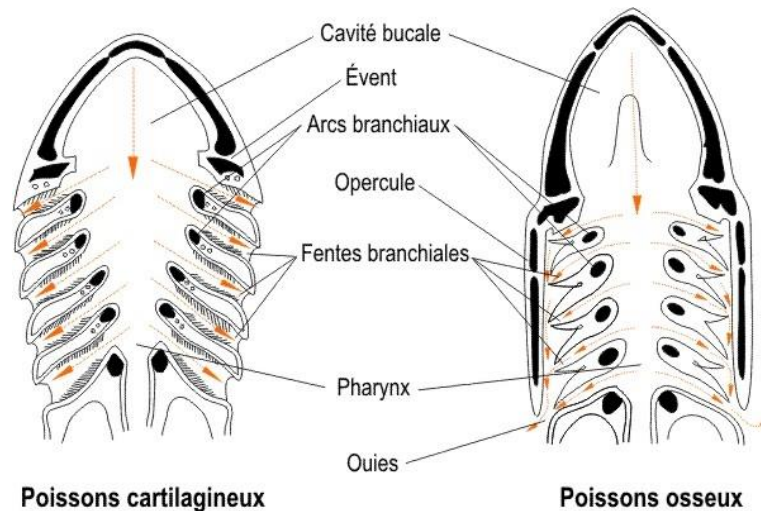
Les branchies internes se forment à partir de poches viscérales, c'est la paroi pharyngiennes qui s'évagine entre les arcs viscéraux. Ces poches s'ouvrent en général à l'extérieur par les fentes branchiales.

Les plus primitives (exemple **la Lamproie**), les poches branchiales (7 paires) s'ouvrent à l'extérieur par des pores branchiaux, l'eau entre par l'entonnoir buccal traverse les poches branchiales et sort par les pores branchiaux (au cours de la nage). Mais généralement l'eau entre par les pores branchiaux (animal fixé).



a. Chez les Chondrichthyens

Les sacs branchiaux (5 paires) s'ouvrent à l'extérieur par les fentes branchiales. L'eau circule au niveau des branchies par contraction et dilatation de la cavité buccopharyngée.



b. Chez les Ostéichthyens,

Les 4 paires de branchies sont séparées par 5 paires de fentes branchiales. L'eau passe à travers les fentes branchiales arrive dans la cavité branchiale, délimitée par un opercule et sort à l'extérieur par l'ouïe la circulation de l'eau est assuré par les mouvements des opercules.

II. Les poumons.

Les poumons assurent l'extraction de l'oxygène dans l'air, les poumons ne sont pas propre aux Tétrapodes. En effet, certains Poissons (Dipneustes, Brachioptérygiens) possèdent également des poumons, fonctionnels.

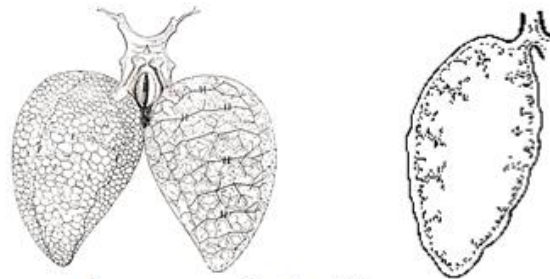
1. Chez les Poissons.

Les poumons sont sous forme de simples sacs à parois lisse (Brachioptérygiens), soit leur paroi présente des replis (Dipneustes).



2. Chez les Amphibiens.

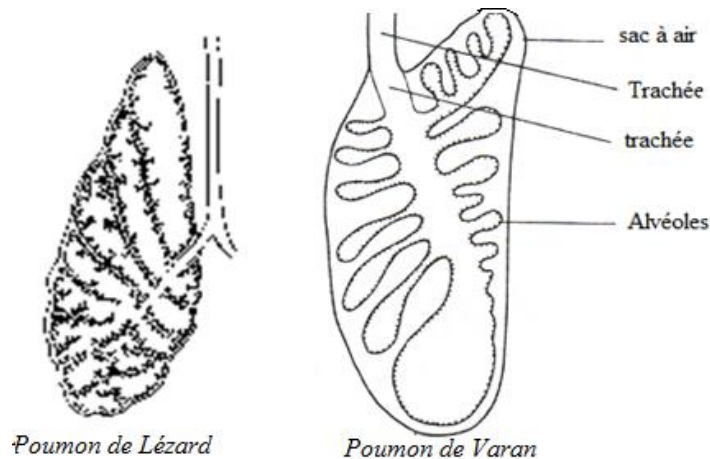
Les parois internes des poumons présentent une faible alvéolisation. Il faut noter que la respiration pulmonaire est doublée par une respiration cutanée importante. Au moins 30% de l'oxygène est absorbé par la peau.



Les poumons des Amphibiens

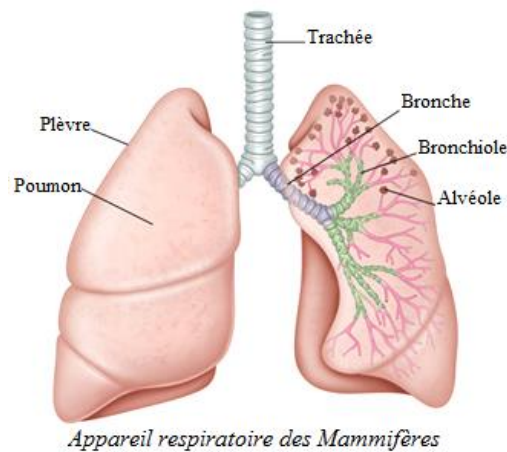
3. Chez les Reptiles.

Les poumons des Reptiles présentent une alvéolisation croissante lorsqu'on passe des Reptiles primitifs aux Reptiles évolués, les branches font leur apparition.



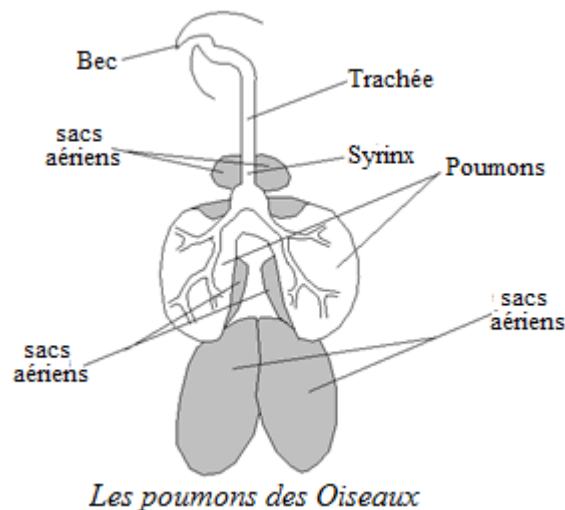
4. Chez les Mammifères

Les poumons des Mammifères présentent une alvéolisation très importante ce qui augmente la surface respiratoire (exemple : chez l'Homme la surface totale des alvéoles est de 100 à 250 m²).



4. Chez les Oiseaux.

Les poumons des Oiseaux sont différents de ceux des autres Amniotes, les poumons sont tubulaires, non alvéolés et servent uniquement aux échanges respiratoires tandis que la ventilation (circulation d'air) est assurée par des sacs aériens extrapulmonaires qui sont en relation avec les os et leur confèrent une pneumatocité aidant l'oiseau dans son vol.



Le squelette axial

La partie essentielle de ce squelette est en effet la colonne vertébrale qui est formée de pièces régulièrement métamériques, les vertèbres. Il faut signaler aussi la présence des côtes et du sternum.

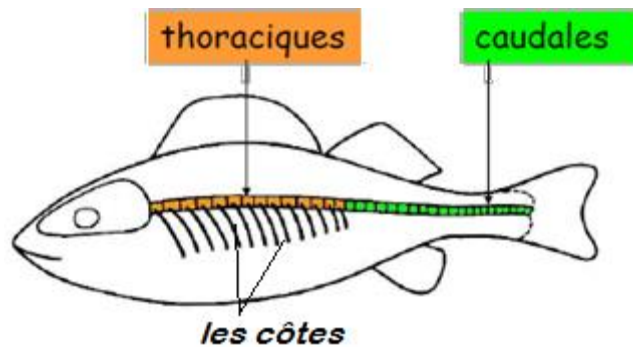
1- Différenciation des vertèbres

Les vertèbres n'ont pas la même forme d'une extrémité à l'autre de la colonne vertébrale et peuvent aussi changer d'un groupe à l'autre.

a- Chez les Poissons

La colonne vertébrale est divisée en deux régions :

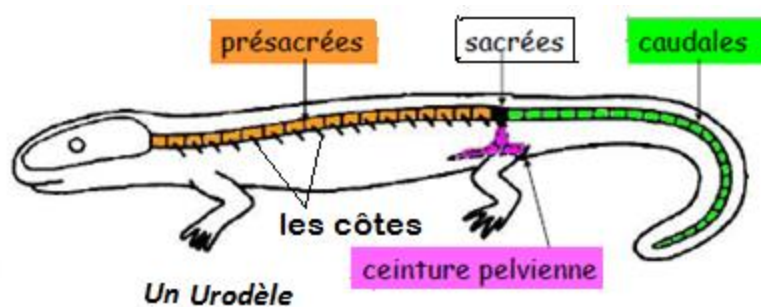
- Une région antérieure (tronc) où les vertèbres portent les côtes
- Une région postérieure (caudale) sans côtes



b- Chez les Amphibiens (Batraciens)

La colonne vertébrale est divisée en Trois régions :

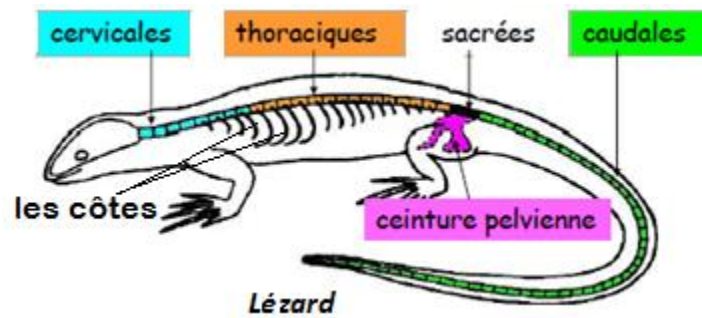
- Une région troncale (présacrée)
- Une région sacrée
- Une région caudale



c- Chez les Reptiles

Chez les Reptiles la colonne vertébrale est formée de 4 régions :

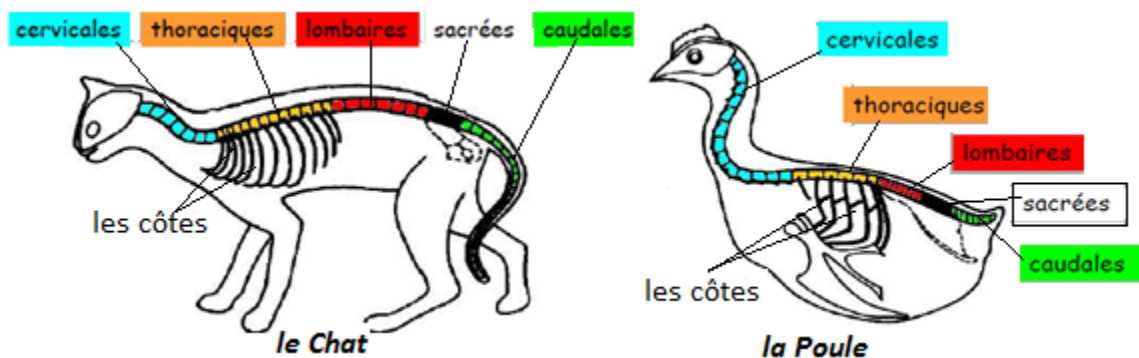
- Une région cervicale
- Une région dorsale
- Une région sacrée
- Une région caudale



d- Chez les Oiseaux et Mammifères

La colonne est divisée en 5 régions :

- Une région cervicale
- Une région troncale
- Une région lombaire
- Une région sacrée
- Une région caudale



2- les côtes

En principe chaque vertèbre porte une paire de côtes. Leur extrémité ventrale est libre (anamniote) ou soudé au sternum ce qui donne la cage thoracique (amniotes).

a- Chez les Poissons

Chez les Poissons les côtes se terminent librement et sont effilée à leur extrémité distale.

b- Chez les Amphibiens

Chez les Amphibiens, les côtes sont courtes et ne forment pas de cage thoracique. Elles sont bifurquées à leur extrémité proximale.

c- Chez les Reptiles

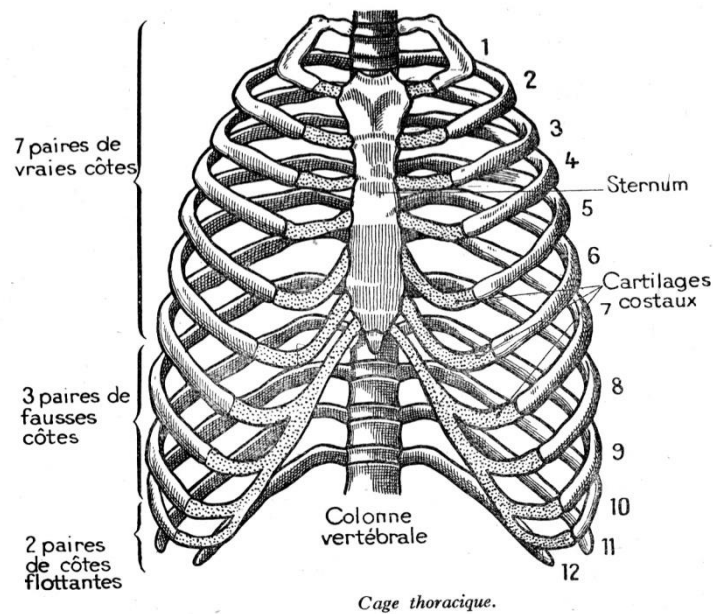
Chez les reptiles les côtes dorsales (sauf ophidiens), se lient au sternum et forment la cage thoracique.

d- Chez les Oiseaux

Chez les oiseaux, les côtes troncales s'unissent directement au sternum. Elles présentent un segment dorsal et segment ventral qui s'articulent.

c- Chez les Mammifères

Chez les Mammifères des côtes s'unissent directement au sternum (vraies côtes), les suivantes sont reliées par un cartilage (fausses côtes) ou se terminent librement (côtes flottantes).



3- le sternum

C'est une pièce endosquelettiques qui relie les extrémités ventrales des côtes. Il est absent chez les Ophidiens, il est particulièrement développé chez les Oiseaux et porte une carène médiane (bréchet) sur le quel s'insèrent les muscles pectoraux (muscle du vol).