

TP Notions d'Ostéologie

Introduction:

Le squelette des Craniates est constitué par un ensemble de pièces (206 pièces chez l'Homme) qui diffèrent par:

Leur forme: omoplate/vertèbres

Leur situation: tête/bras/pied

Leur genèse: os dermique ou alors os enchondral

Leur structure histologique:

- Stade mésenchymateux chez les Cyclostomes,
- Stade cartilagineux chez les Chondrichthyens,
- Stade osseux chez les autres Vertébrés.

Leur origine:

- Mésenchyme entourant la corde et le système nerveux central (pour le neurocrâne),
- Mésenchyme enveloppant la région antérieure du tube digestif (pour le splanchnocrâne).

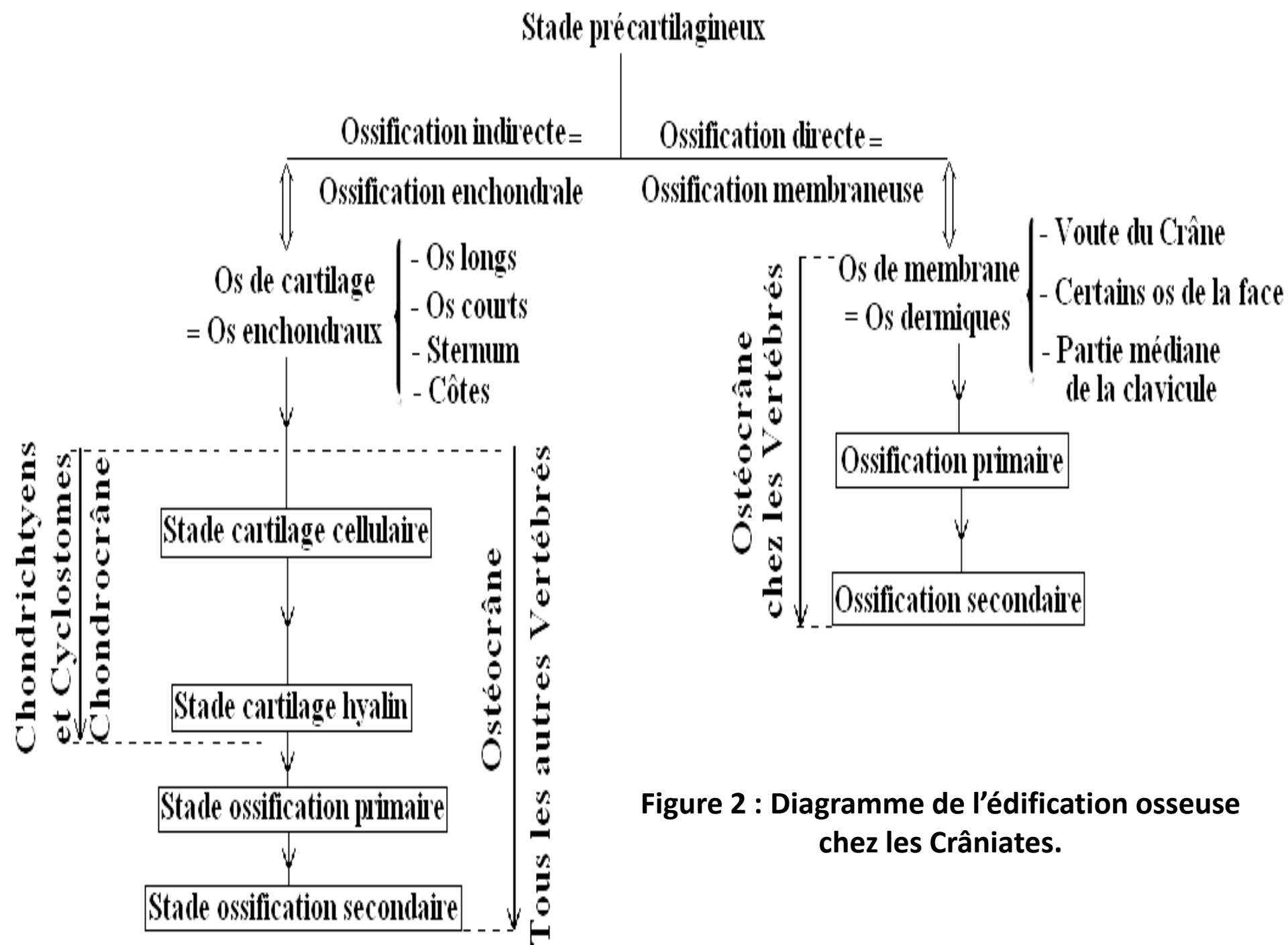
Le squelette peut être divisé en trois parties :

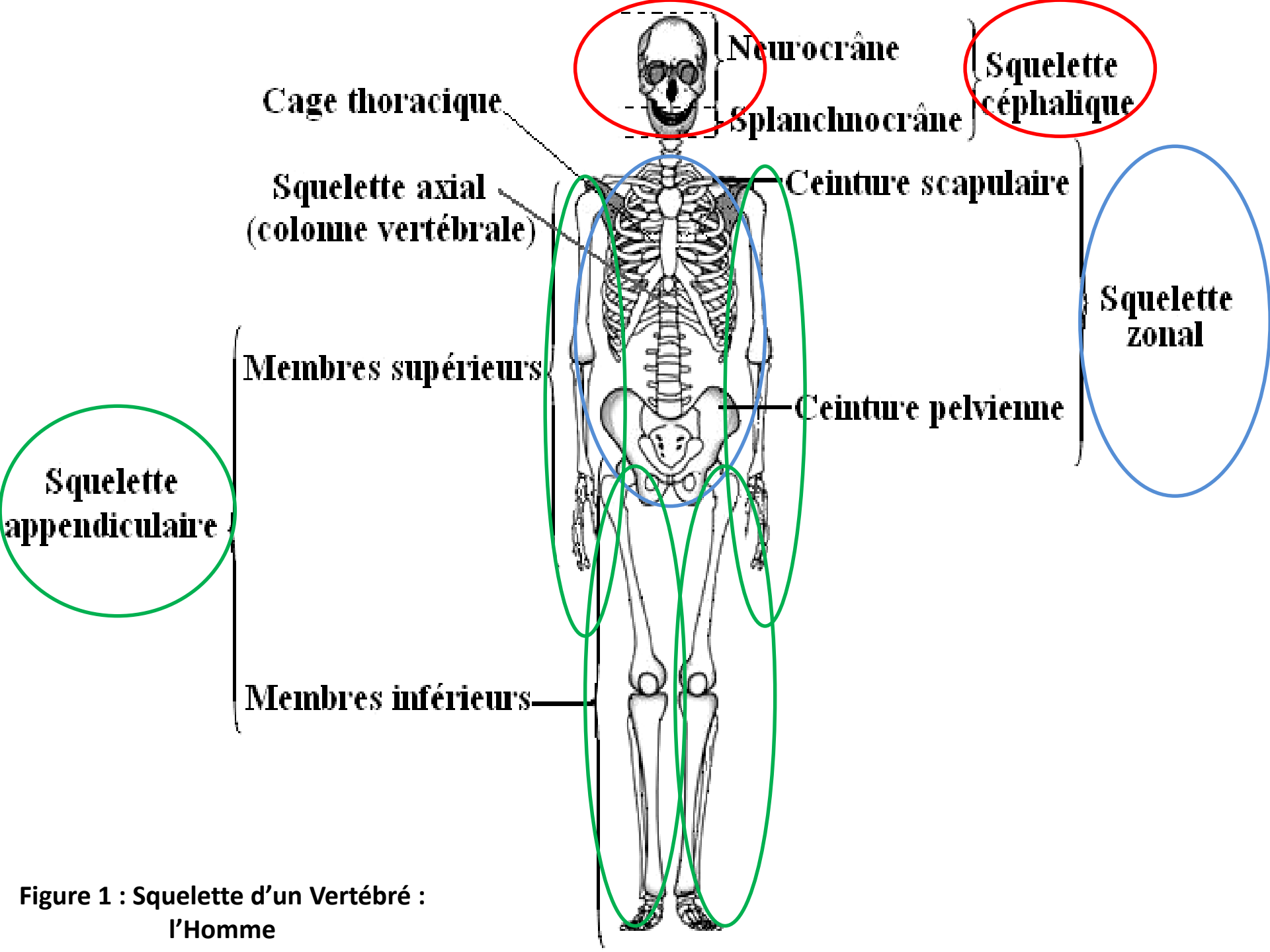
- Le **squelette céphalique** ou crâne, subdivisé en neurocrâne et en squelette viscéral ou splanchnocrâne.
- Le **squelette axial** ou colonne vertébrale. Il s'organise autour de la corde et de la moëlle épinière.
- Le **squelette appendiculaire** ou squelette des membres à rôle locomoteur, souvent associé au **squelette zonal** constitué par les ceintures.

Formation du tissu osseux : 2 types d'ossification

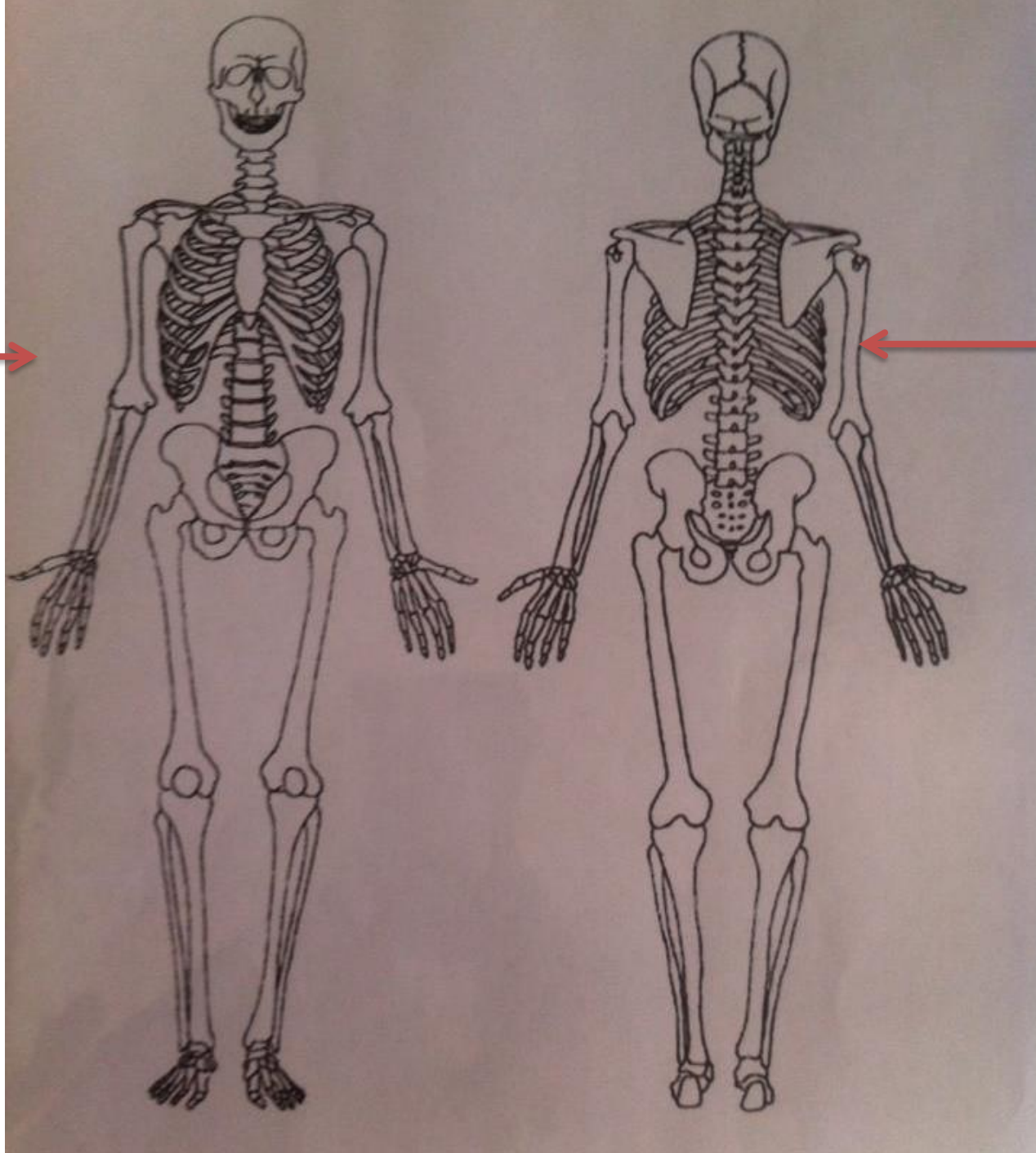
- **Ossification indirecte**= ossification enchondrale : os de cartilage et os enchondrale. Il constitue l'endosquelette.

- **Ossification directe**= ossification membraneuse : os de membrane ou dermique ou os de recouvrement. Il constitue l'exosquelette.





**Figure 1 : Squelette d'un Vertébré :
l'Homme**



Face →

← Dos

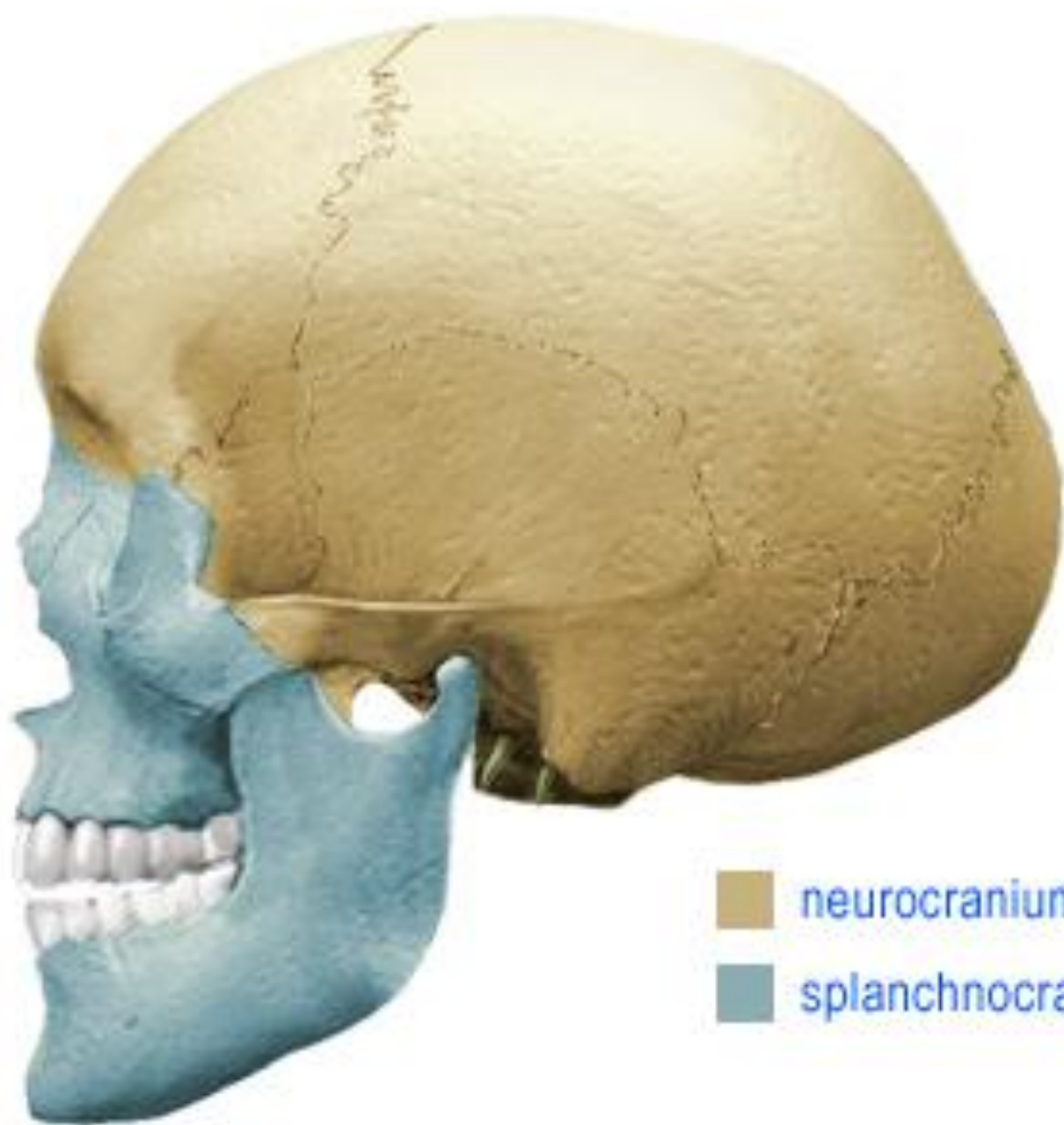
Le squelette céphalique ou crâne (lui-même subdivisé en) :

1. squelette neural ou neurocrâne:

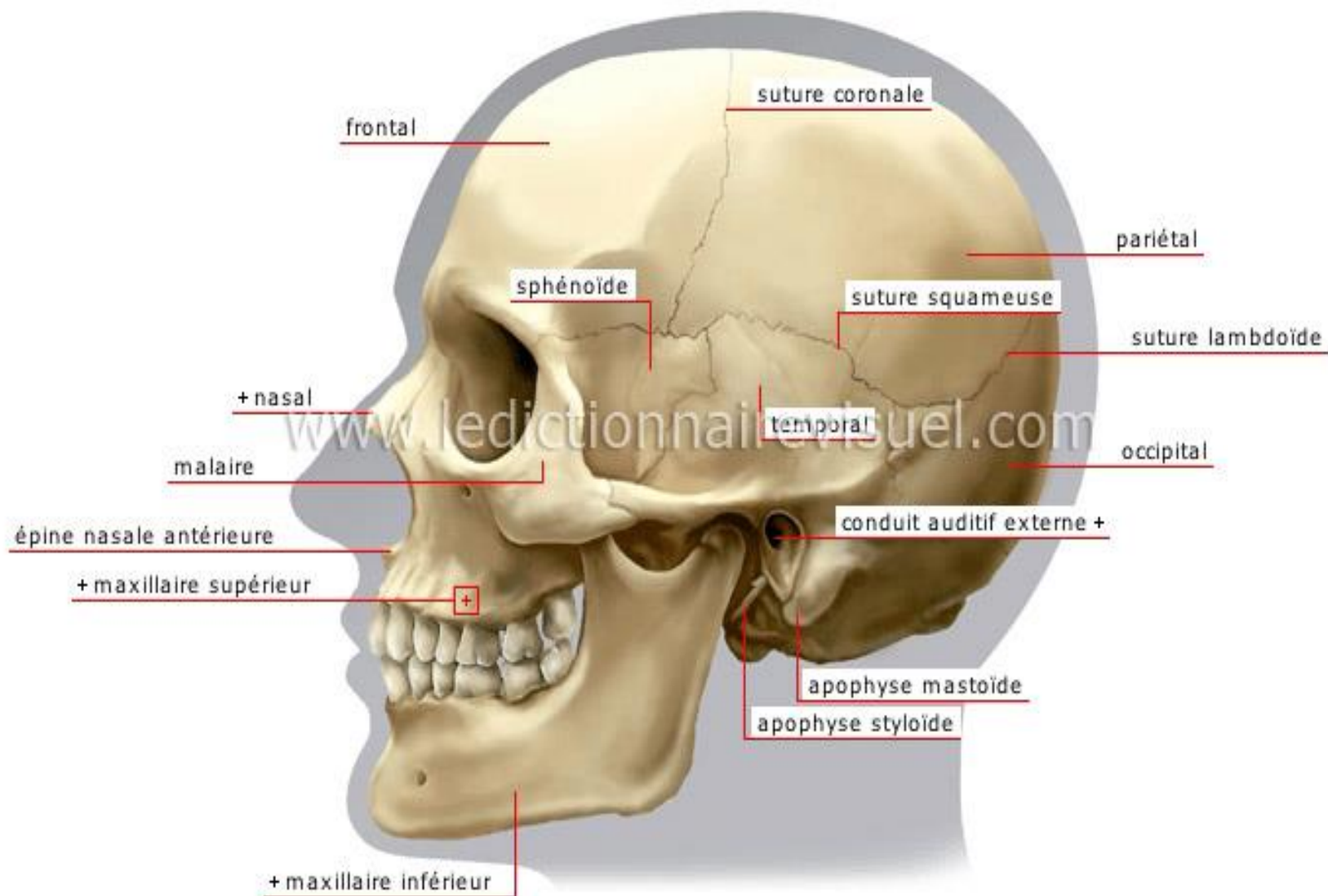
entoure et protège l'encéphale et les organes sensoriels pairs: visuels, olfactifs, stato-acoustiques (auditifs).

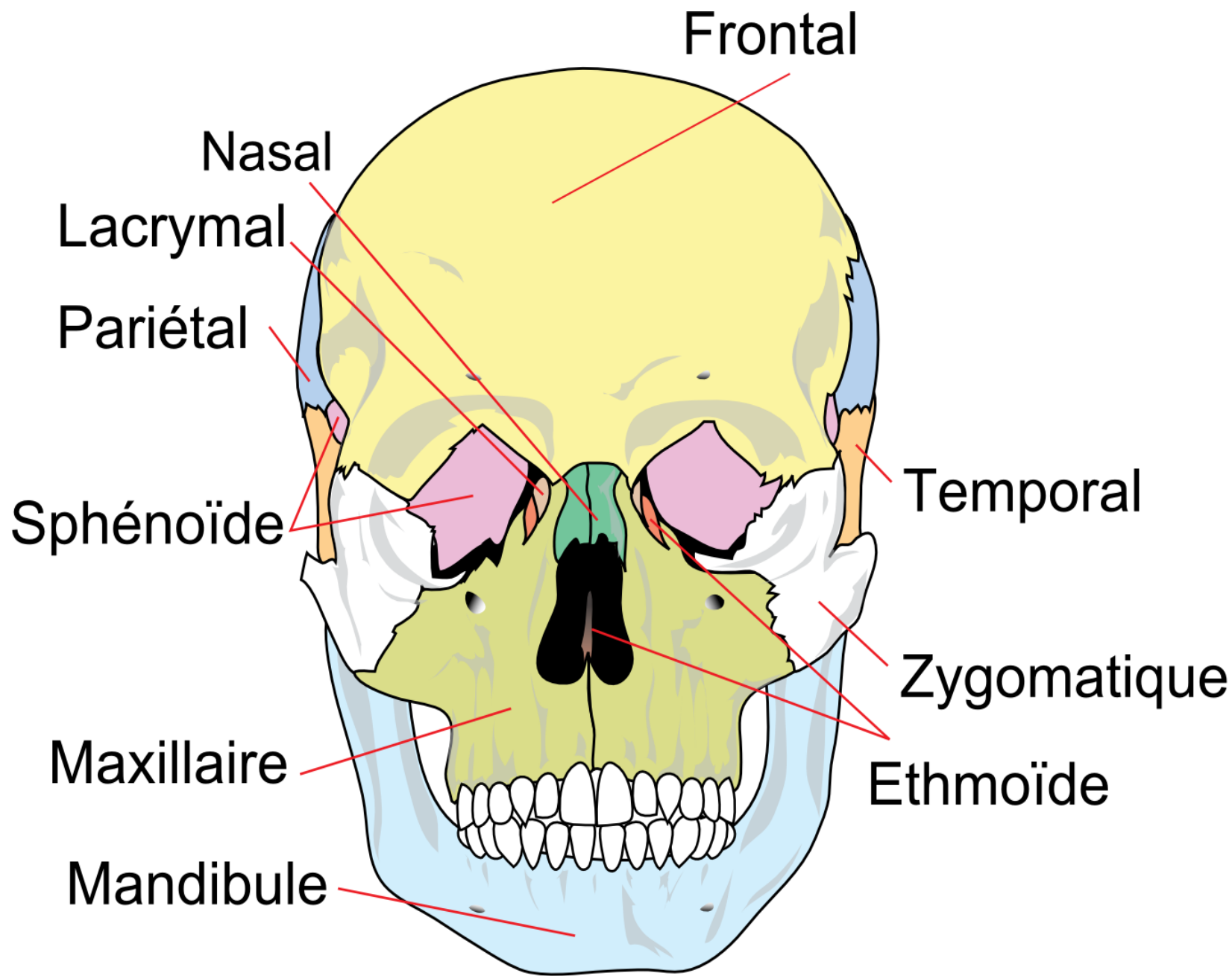
2. squelette viscéral ou splanchnocrâne:

support de la cavité buccale et pharyngienne. Il constitue les mâchoires et les arcs viscéraux.

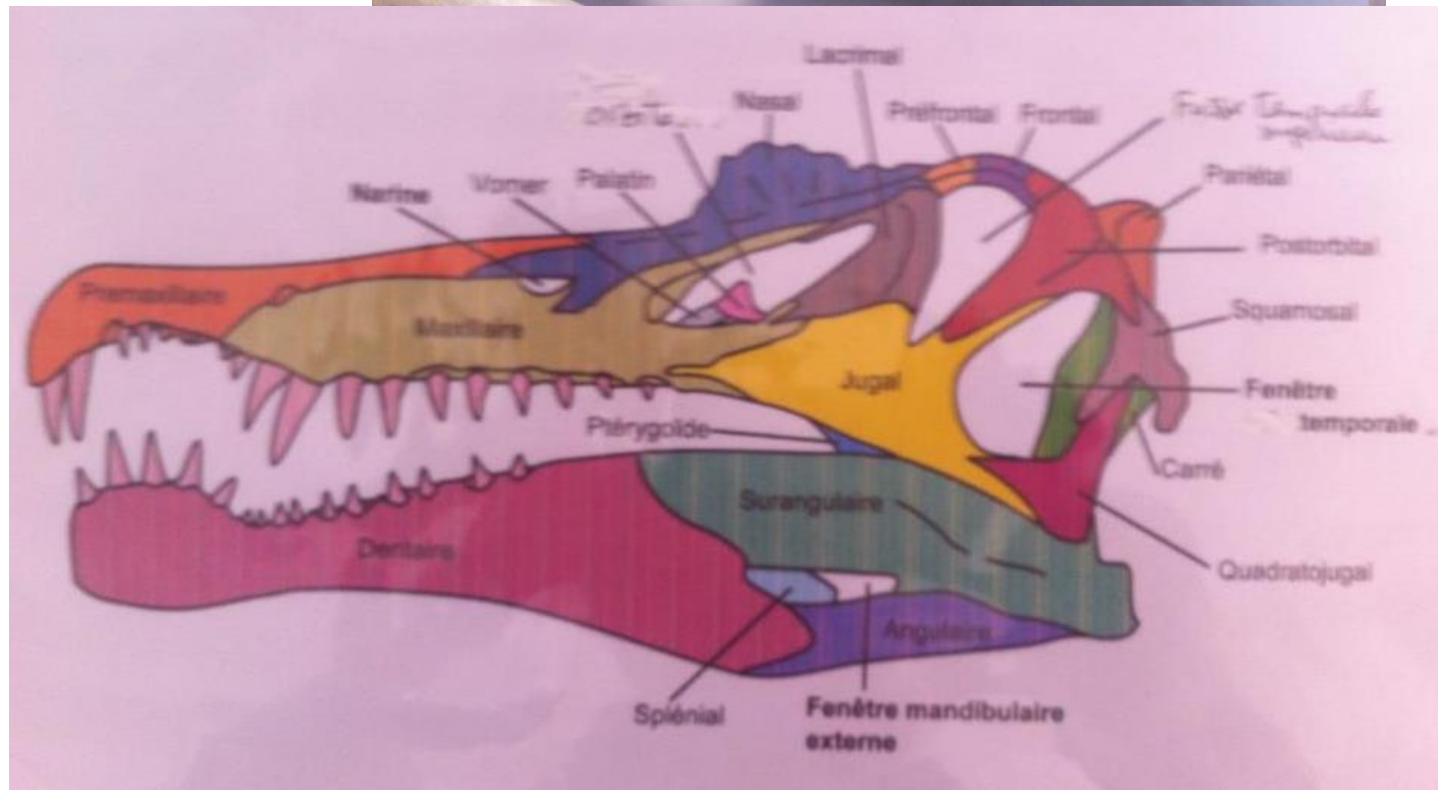


- neurocranium
- splanchnocranium









Evolution de la voûte dermique (ostéocrâne):

- **Chez les Ostéichtyens primitifs :**

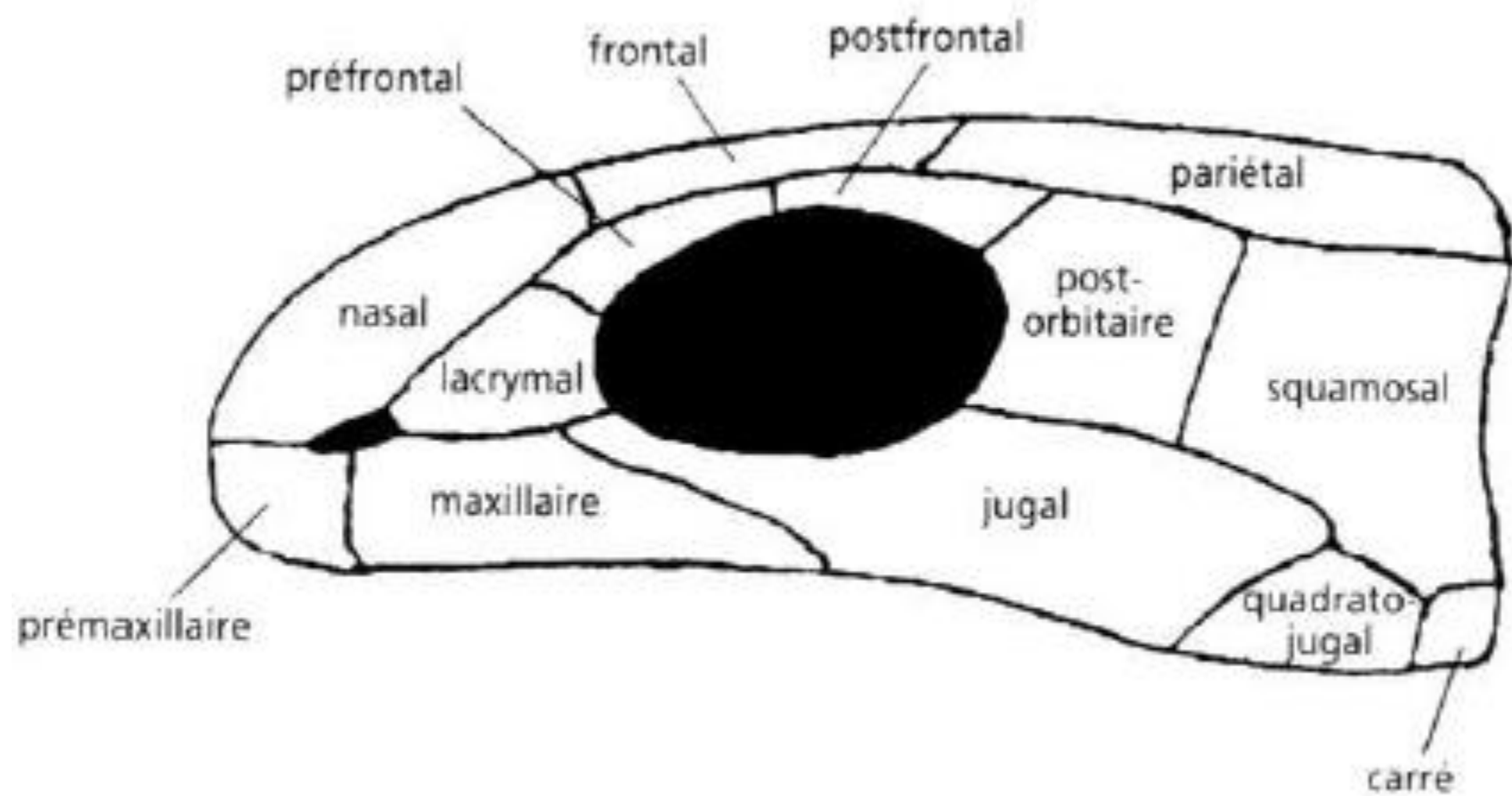
Chez les Ostéichtyens primitifs, la couverture externe du crâne, constituée par les os de membrane, est complète. Les seules ouvertures sont celles des orbites, des narines et l'œil pinéal.

A partir des Reptiles primitifs (Amniotes), on observe une fenestration latérale du toit dermique ou **fosses temporales** délimitant des arcs osseux qui :

- renforcent le crâne,
- supportent les mâchoires,
- délimitent les orbites.

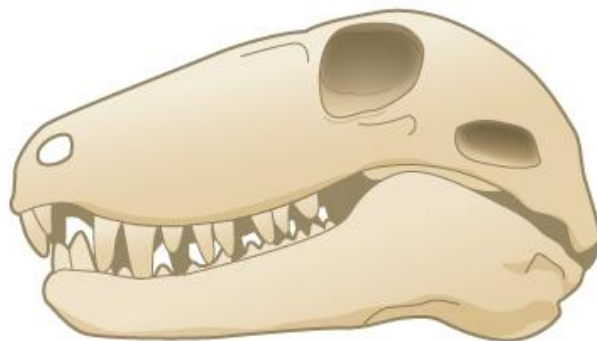
Le mode de formation de ces fosses conduit à distinguer 3 types principaux de voûte crânienne :

La **voûte crânienne** est constituée par un ensemble d'os convexes (os frontal en avant, os pariétal et os temporal latéralement, os occipital en arrière).

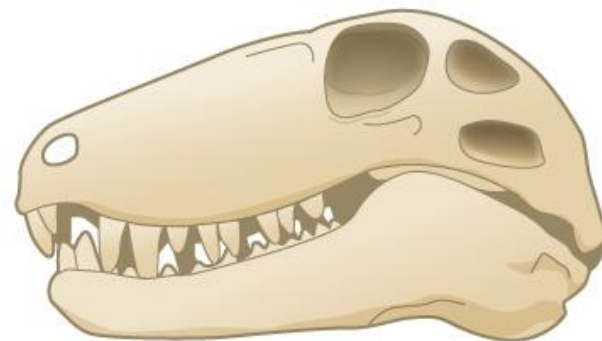




Anapsid skull



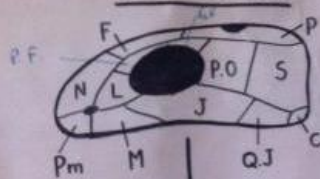
Synapsid skull



Diapsid skull

EVOLUTION DU TOIT DERMIQUE (voûte)

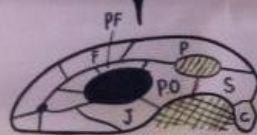
ANAPSIDES



DIAPSIDES



Crocodile



Lezard
(sauriens)

SQUAMATES



Serpent
(Ophidiens)



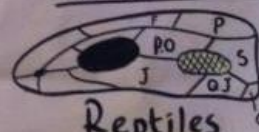
(Oiseau)

PARAPSIDES



Plesiosaure
+
Ichthyosaures

SYNAPSIDES



Reptiles
(Pelycosauriens)
Therapsides



ex: Chien



Mammifères

LIGNEE SAUROPSIDIENNE

LIGNEE MAMMALIENNE

Evolution du toit dermique

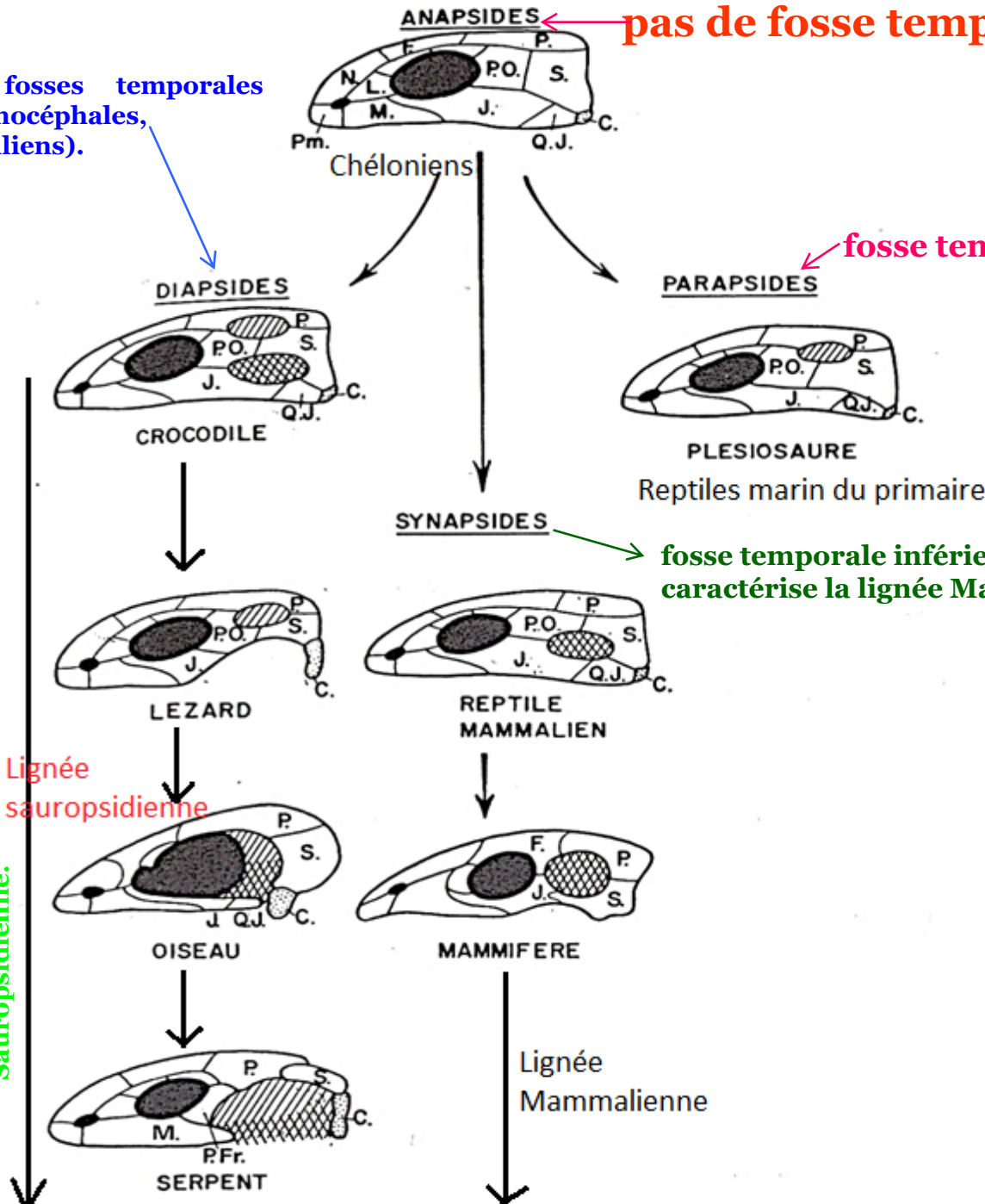
pas de fosse temporale.

•deux fosses temporales
(Rhynchocéphales,
Crocodiliens).

fosse temporale supérieure

fosse temporale inférieure. (Mammifères) qui caractérise la lignée Mammalienne

La disposition chez les Sauriens, Ophidiens et Oiseaux dérive de ce type diapside fondamentale qui caractérise la lignée Sauropsidienne.



Type Anapside

Chéloniens (Tortues actuelles)

La voûte crânienne est totalement couverte et ne présente que 4 perforations :

- 2 narines
- 2 orbites

Il n'existe donc **pas de fosse temporale**

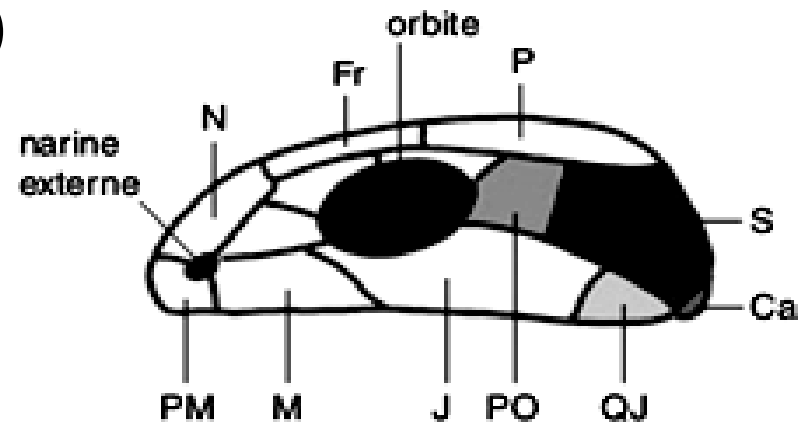


Figure 3 : Crâne anapside de tortue

Ca = carré, Fr = frontal, J = jugal, M = maxillaire, N = nasal, P = pariétal, PM = prémaxillaire, PO = post-orbitaire, QJ = quadratojugal, S = squamosal, PFr= post-frontal.

Type Diapside

deux fosses temporales>et<

Le carré est soudé au crâne et s'articule avec l'os de la mâchoire inférieure = **articulation reptilienne**.

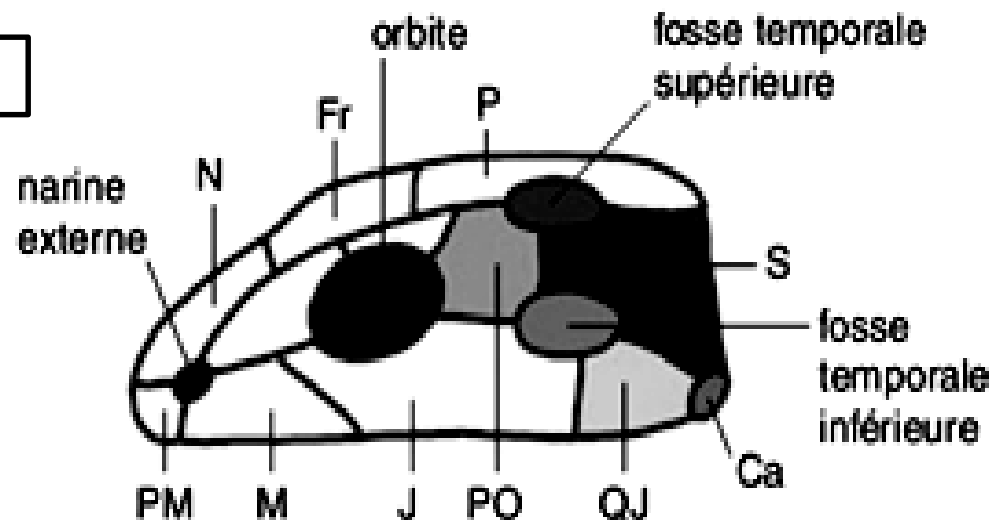


Figure 4 : Crâne diapside de crocodile

- Rupture de la barre temporale inférieure (J+QJ) = La FTI est largement ouverte en bas.

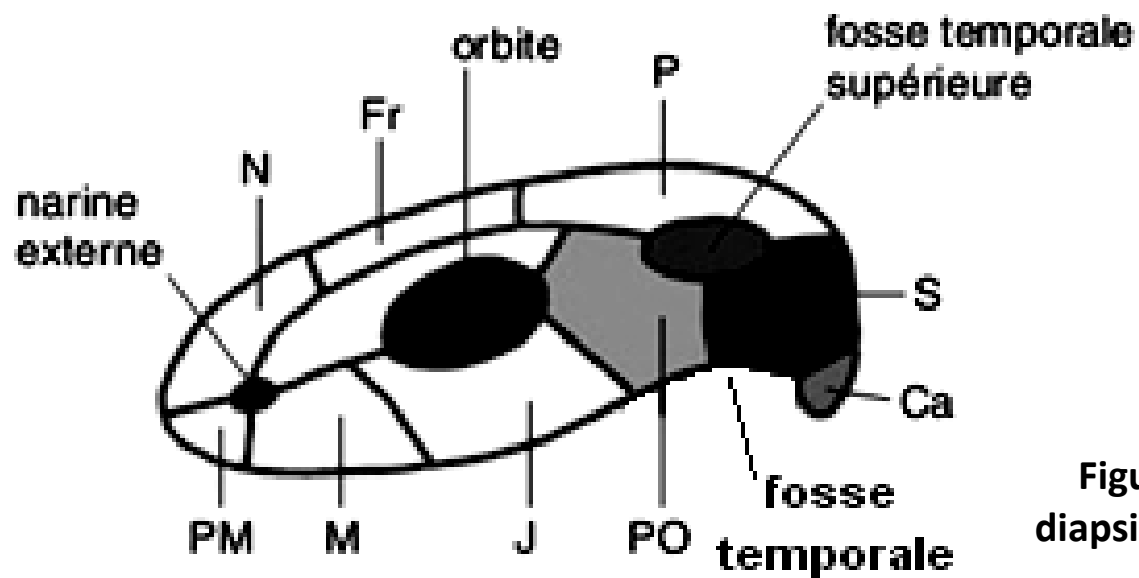


Figure 5 : Crâne diapside de sauriens

Ca = carré, Fr = frontal, J = jugal, M = maxillaire, N = nasal, P = pariétal, PM = prémaxillaire, PO = post-orbitaire, QJ = quadratojugal, S = squamosal, PFr = post-frontal.

Rupture des 2 barres temporales (PO+S) et (J+QJ)
=> Les 2 fosses temporales fusionnent et sont ouvertes vers le bas : l'os carré constitue une longue baguette articulée au crâne et à la mandibule => Enorme dilatation de la cavité

- Le post-orbitaire disparaît et est remplacé par le post-frontal.

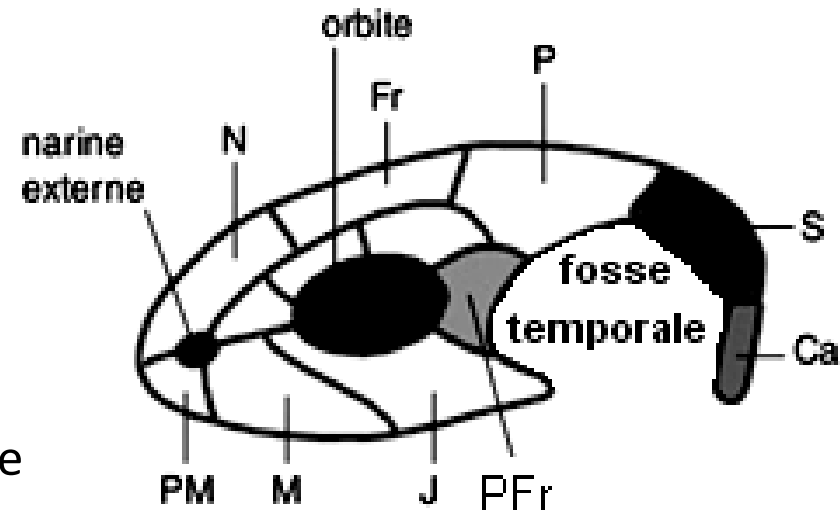


Figure 6 : Crâne diapside de serpent

- Rupture de la barre temporale supérieure (PO+S) et de la barre orbitaire (PO+J) => Les fosses temporales sont confondues avec l'orbite => la cavité commune est très grande.

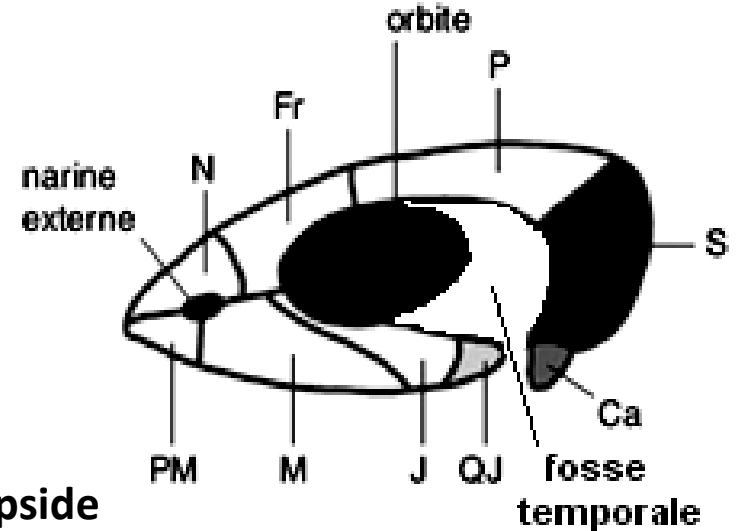


Figure 7 : Crâne diapside d'Oiseaux

Ca = carré, Fr = frontal, J = jugal, M = maxillaire, N = nasal, P = pariétal, PM = prémaxillaire, PO = post-orbitaire, QJ = quadratojugal, S = squamosal, PFr= post-frontal.

Type parapside

- Chez les Reptiles marins du primaire :
- fosse temporale supérieure unique.

Type Synapside

Fosse temporale inférieure

L'os post-orbitaire et le quadrato-jugal ont disparu alors que l'os carré et l'articulaire se trouvent englobés dans l'oreille moyenne.

La voûte crânienne n'est plus composée que **de 4 os** :

- La **barre orbitaire** est formée du frontal et du jugal,
 - La **barre (ou arc) zygomatique** est formée du **jugal** et du **squamosal**,
- L'articulation de la mâchoire inférieure (os dentaire) se fait avec l'os squamosal du toit dermique => **articulation mammalienne**

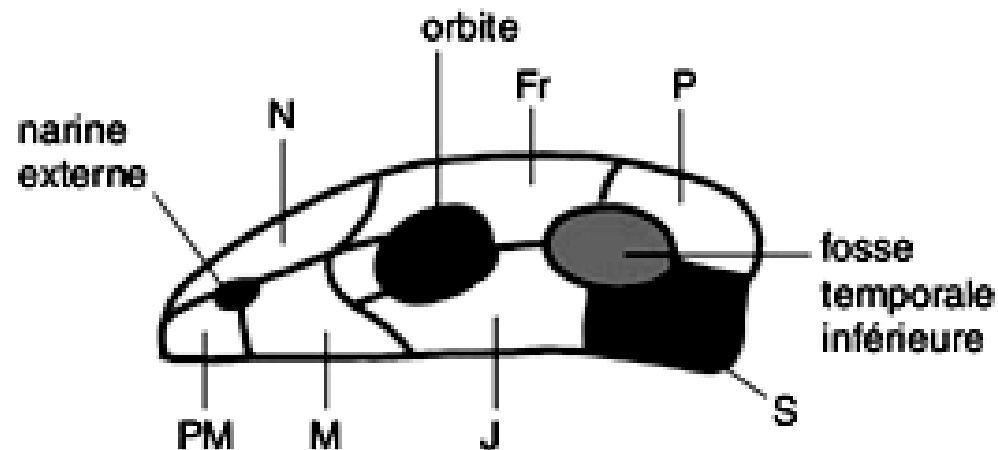
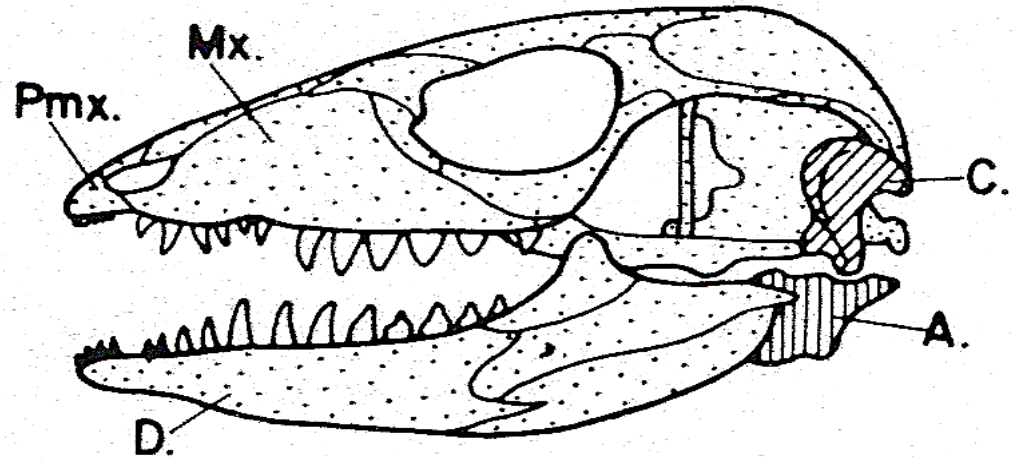
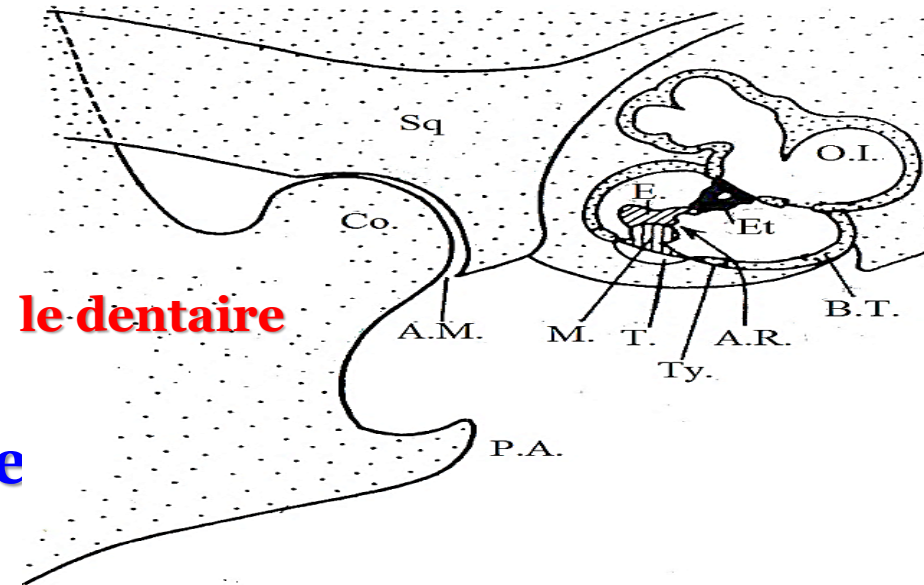


Figure 8 :Crâne de Mammifères

Articulation reptilienne articulation « carré-arti



SAURIEN



Articulation mammalienne articulation « dentaire- squamosal »



Crâne d'une tortue: anapside



Crâne d'un crocodile: Diapside



Crâne d'un serpent: diapside

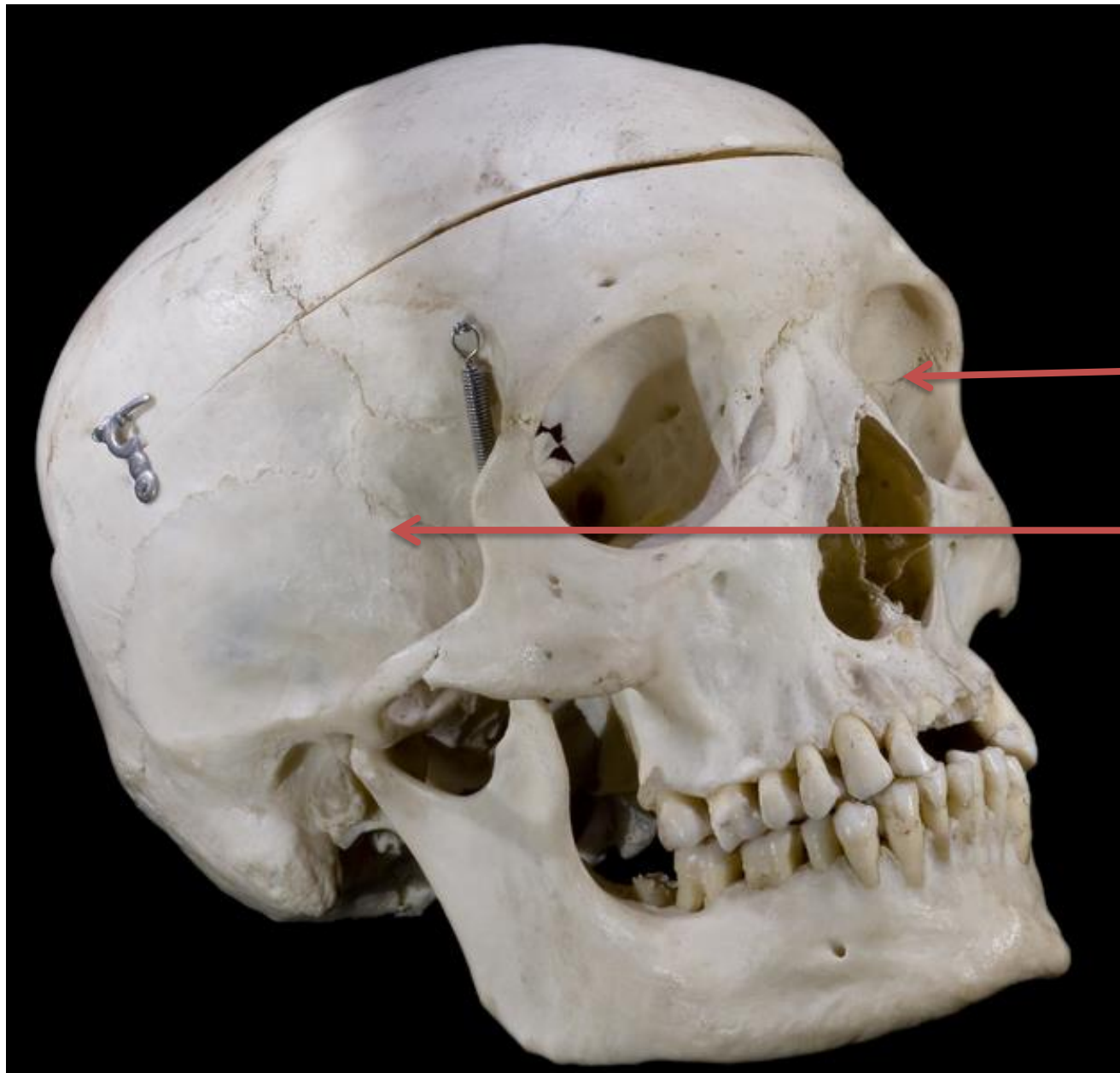


Crâne d'un Oiseau:diapside

Chez le Chien, exceptionnellement, il y a disparition de la barre orbitaire et la FTI communique avec l'orbite.



Crâne d'un chien: synapside



Orbite

**Fosse
temporale**

Mammifères:Crâne humain: synapside

•Le squelette axial :

Il prolonge le neurocrâne dans le tronc et la queue. Il s'organise autour de la corde (qu'il fait souvent disparaître) et de la moelle épinière qu'il protège.

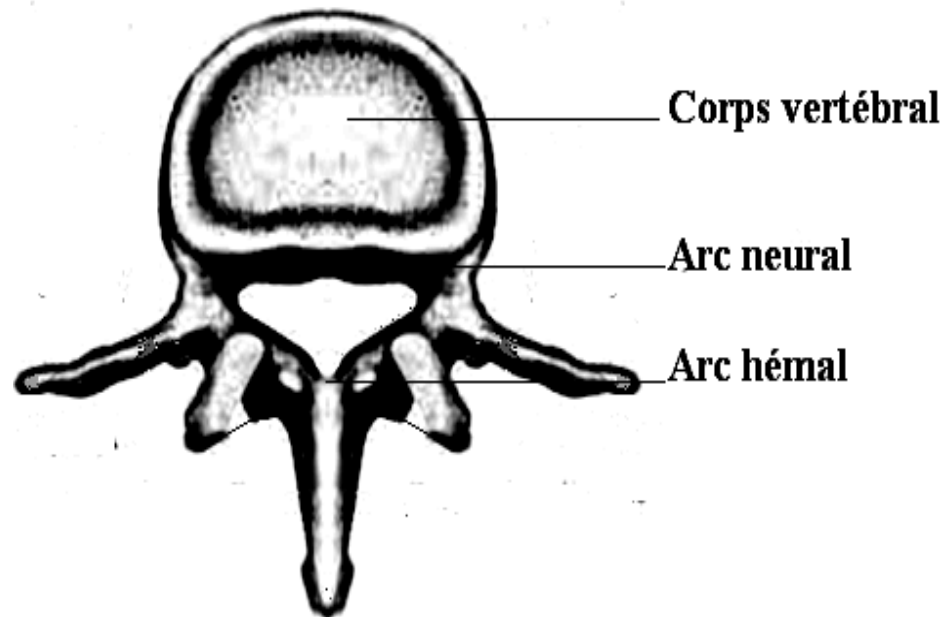
Il est le seul à porter l'empreinte de la métamérisation partielle du corps des Vertébrés. La partie essentielle est la colonne vertébrale formée de pièces régulièrement métamériques et primitivement semblables : les vertèbres. Il faut y ajouter les côtes et le sternum.

Les Vertèbres dans la série des Crâniates.

Les vertèbres n'ont pas la même forme d'une extrémité à l'autre de la colonne vertébrale. Cette caractéristique entraîne des différenciations régionales de la colonne vertébrale définissant plusieurs régions du corps.

Une vertèbre comprend au maximum 3 parties :

- Un corps vertébral (ou centre) qui se forme autour de la corde,
- Un arc neural, dorsal, qui entoure la moelle épinière,
- Un arc hémal, ventral, qui entoure l'artère et la veine caudales.



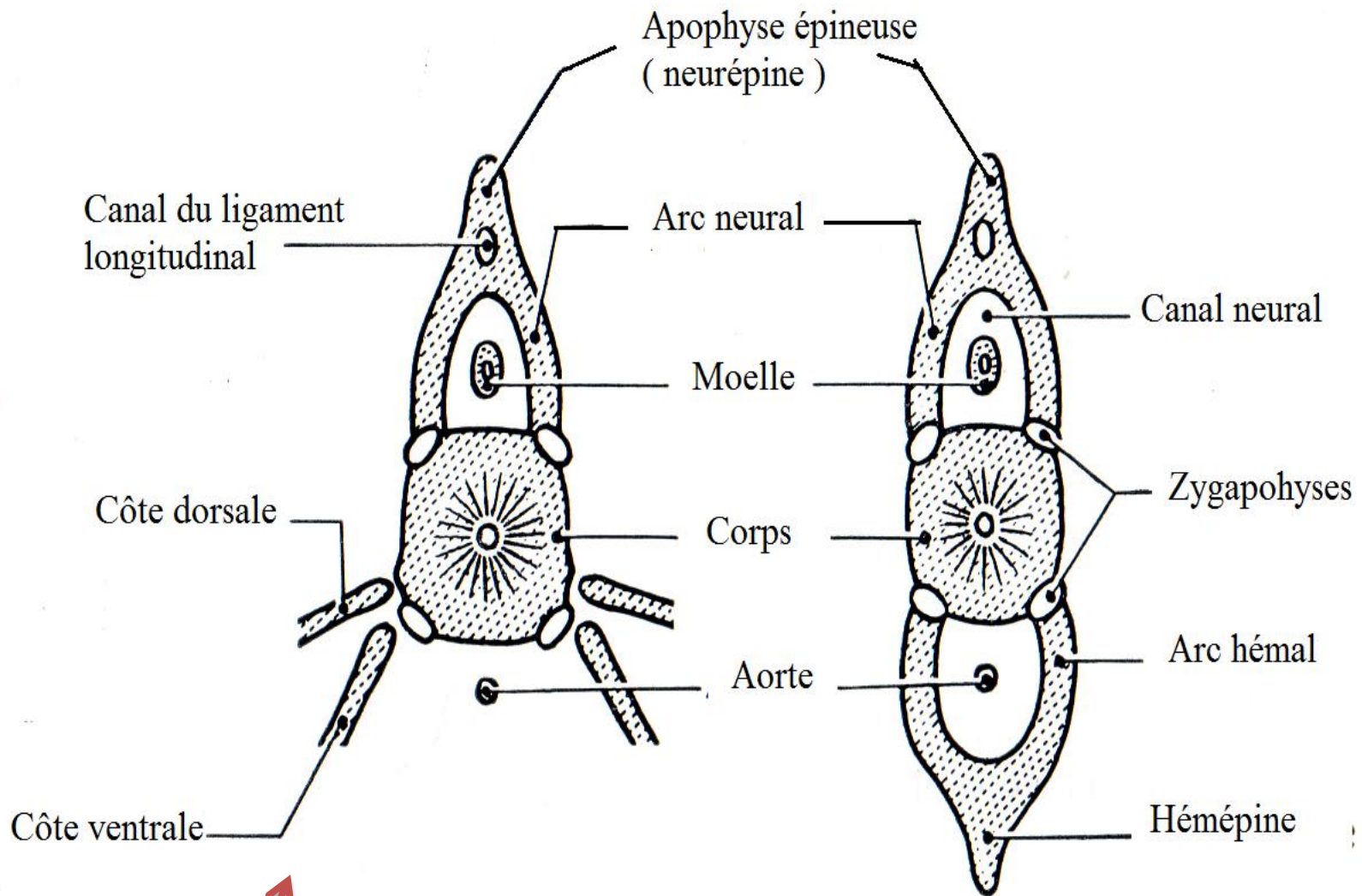
Principaux constituants d'une vertèbre chez l'Homme

•**Chez les Poissons Téléostéens.**

La colonne vertébrale est divisée en deux régions. Le tronc et la queue présentant ainsi deux catégories de vertèbres :

- * Vertèbres du tronc présentant un arc neural bien développé, et un arc hémal ouvert avec des côtes.

- * Vertèbres caudales avec un arc neural identique à celui de la vertèbre du tronc mais l'arc hémal est fermé, et sans côtes.



Structure des vertèbres d'un Téléostéen (Crâniates aquatiques).
Vertèbre du tronc (A) et vertèbre caudale (B).

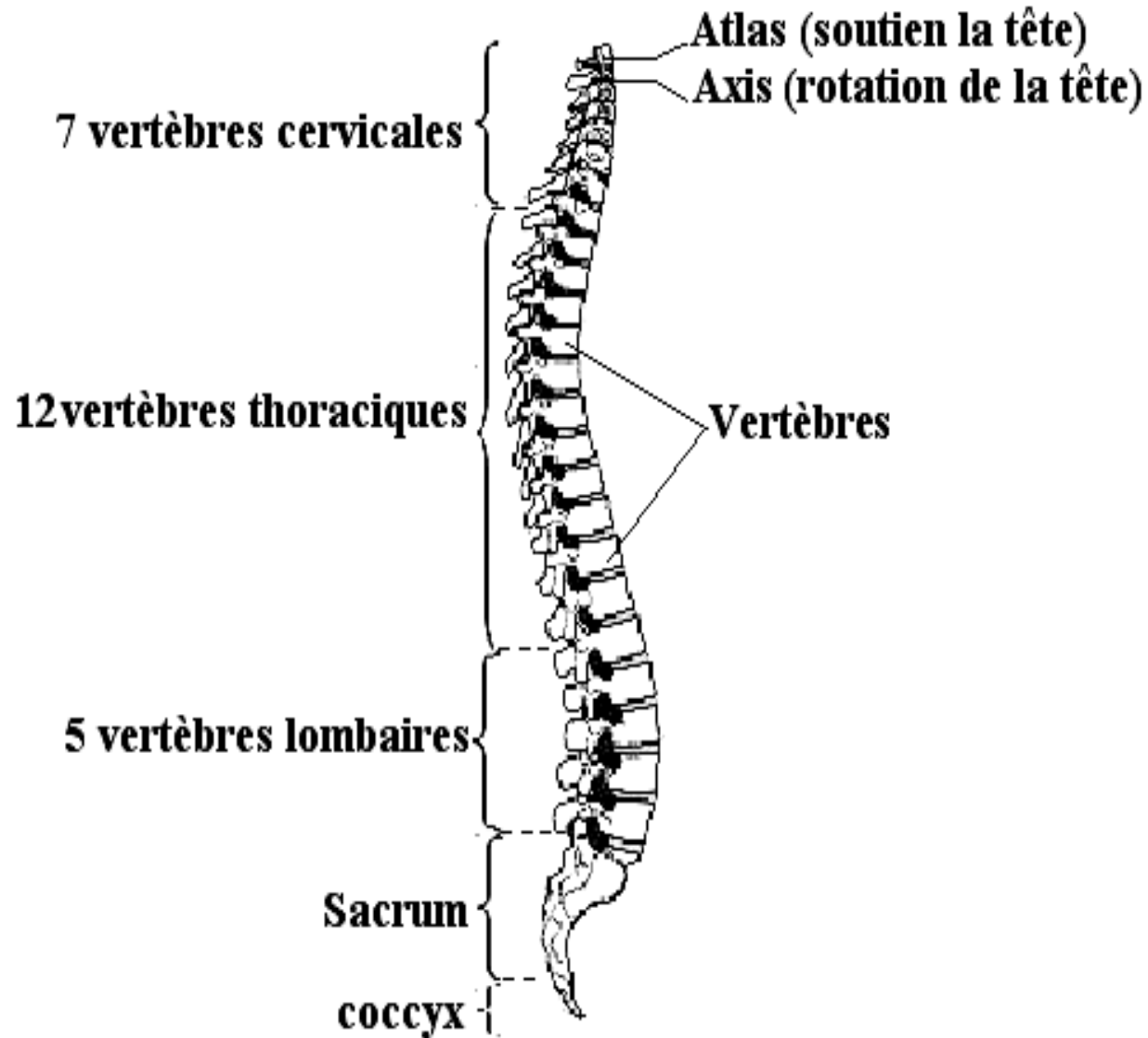


Chez les Vertébrés Terrestres :

Les arcs et les corps s'ossifient entièrement et s'unissent en une seule pièce. La colonne vertébrale peut se subdiviser en 4 régions différentes dans lesquelles les vertèbres ne présentent pas les mêmes caractères.

•La région cervicale :

- Les Amphibiens ne possèdent qu'une seule vertèbre cervicale.
- Chez les Amniotes, les 2 premières vertèbres cervicales se sont spécialisées en rapport avec l'articulation du crâne : il s'agit de **l'atlas** et de **l'axis**. Ces modifications permettent la rotation de la tête par rapport au tronc, assurant ainsi la mobilité du cou.
- Chez les Mammifères, les vertèbres cervicales sont en général au nombre de 7, quelle que soit la longueur du cou .

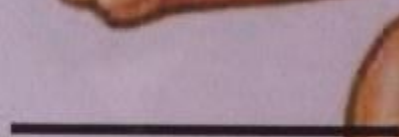


Le squelette axial chez l'Homme

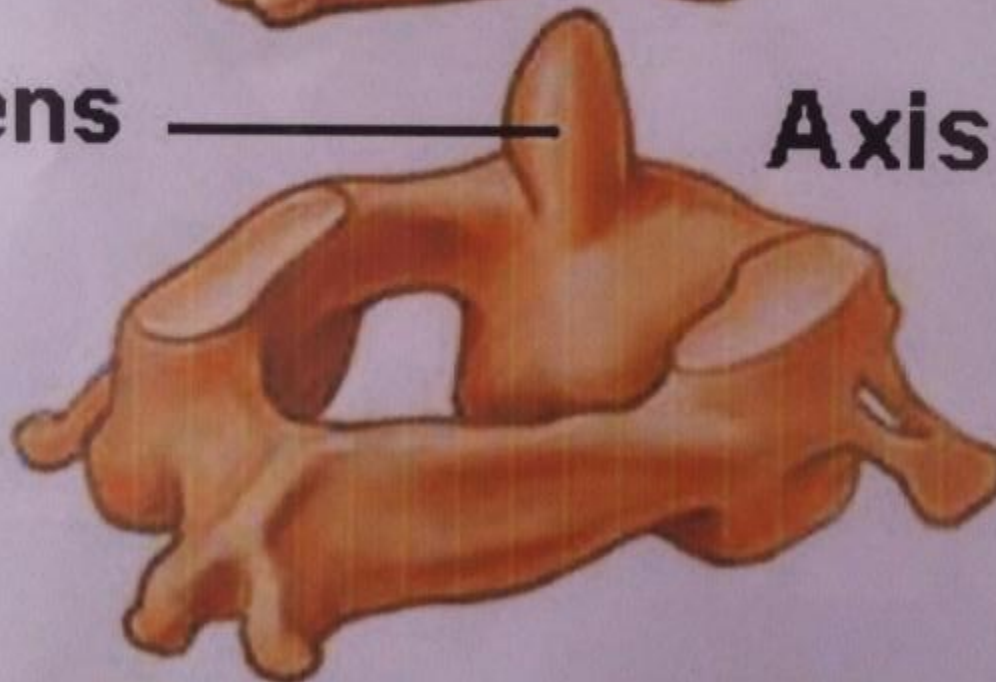
Atlas (C1)



Dens



Axis (C2)



•La région dorso-lombaire :

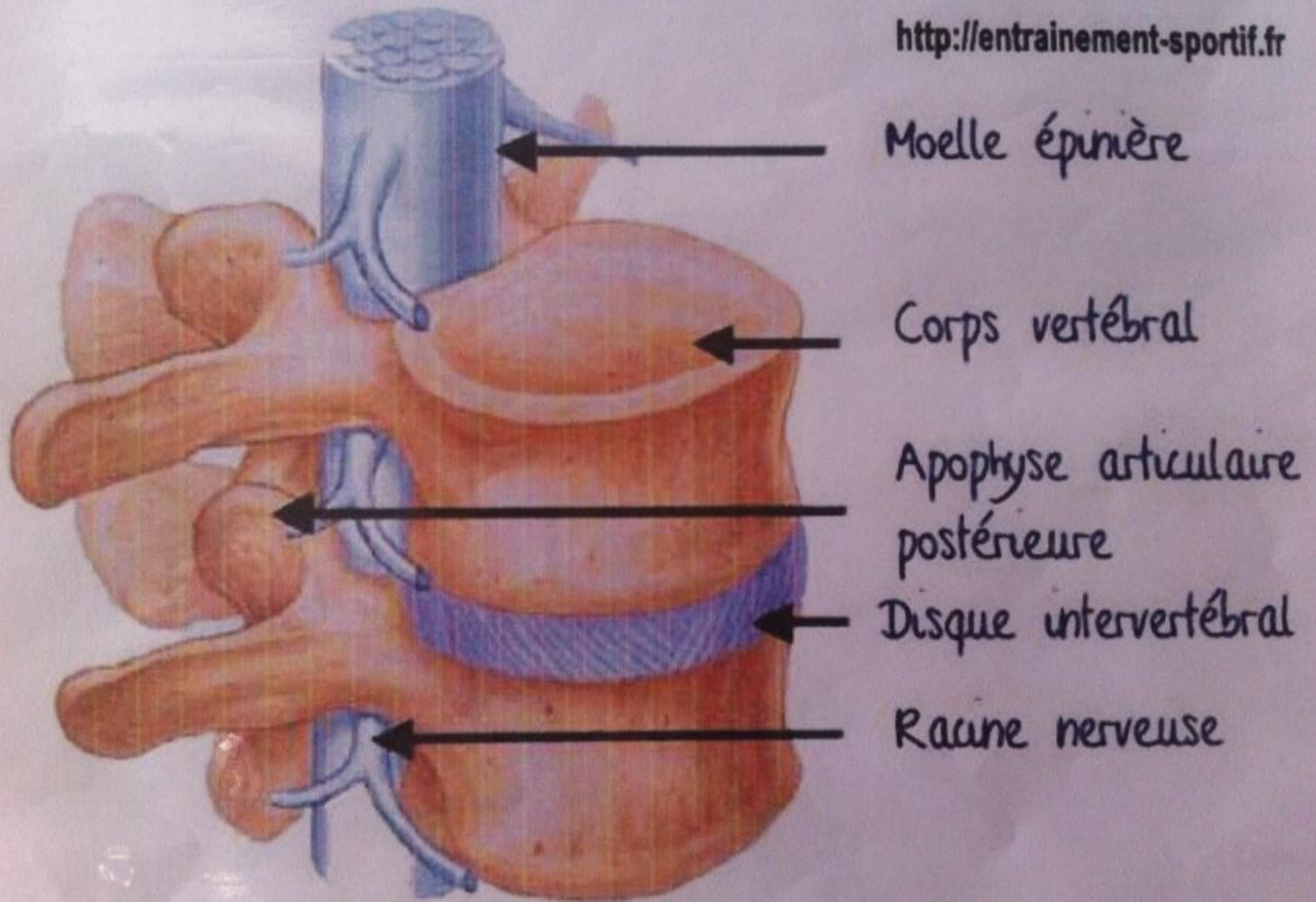
Chez de nombreux Amniotes, on peut la subdiviser en :

- Région dorsale** ou thoracique antérieure: chez les Mammifères, les vertèbres dorsales sont en nombre très variable.

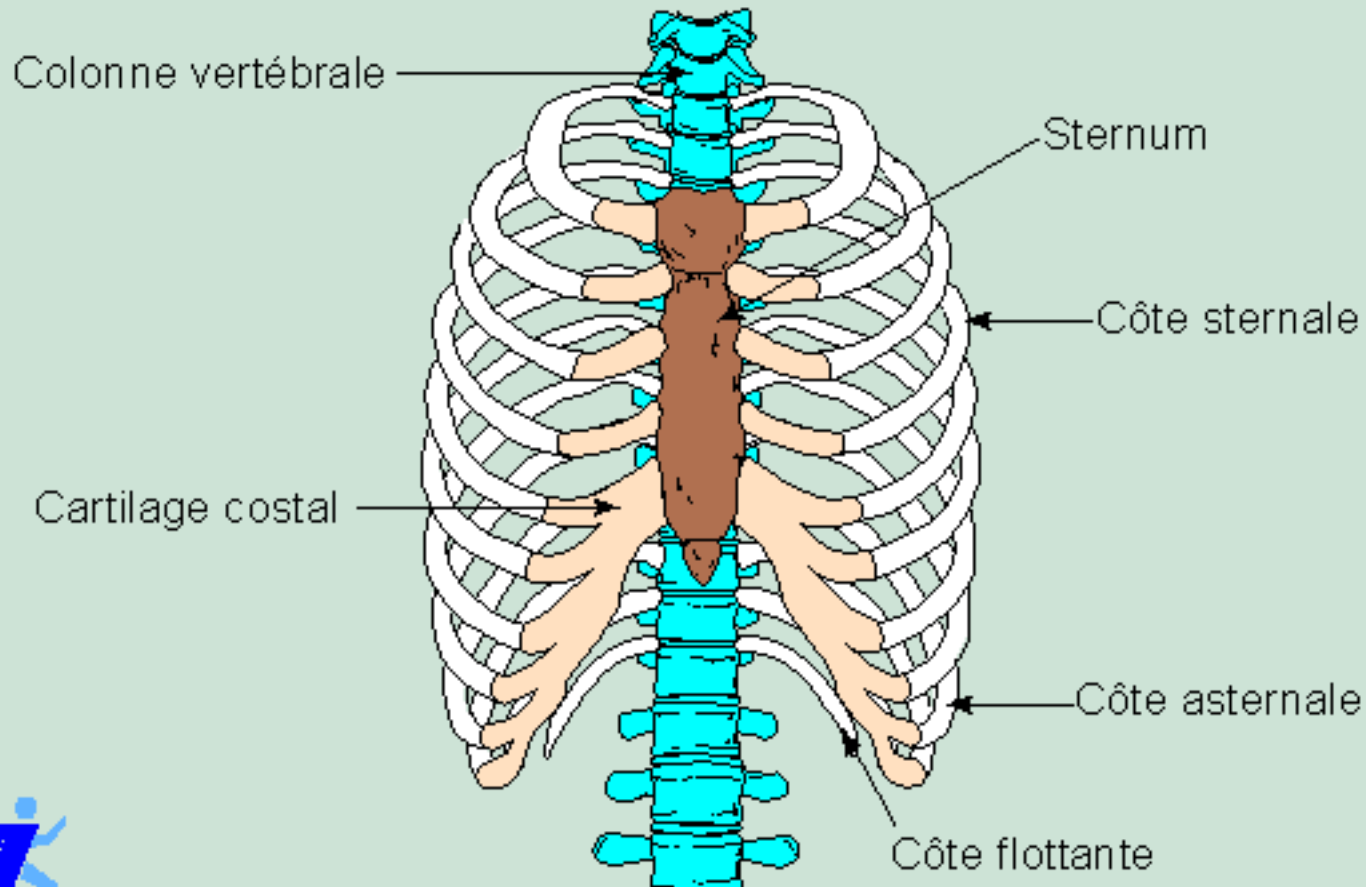
En principe, chaque **vertèbre troncale** peut porter une paire de côtes : petite baguette comportant une tête articulée (ou soudée) aux vertèbres et une extrémité ventrale soudée au **sternum** réalisant la **cage thoracique** qui, par ses mouvements, joue un rôle essentiel dans la ventilation pulmonaire.

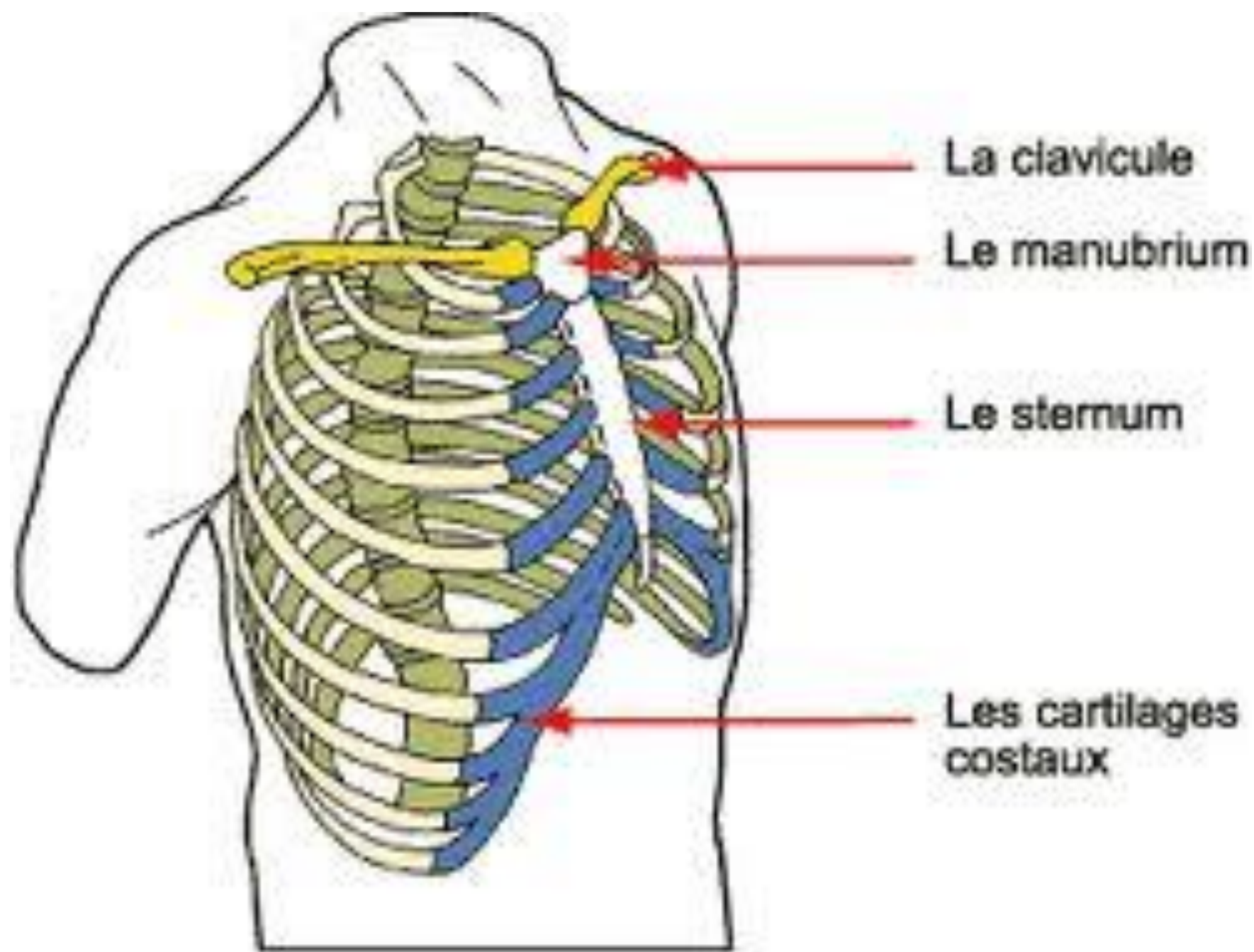
Il existe 12 vertèbres troncales chez l'Homme (ou dorsales) où s'insèrent 12 paires de côtes:

- 7 paires de vraies côtes,
- 3 paires de fausses côtes,
- 2 paires de côtes flottantes.



Vue antérieure de la cage thoracique





- Le **sternum** est une **pièce impaire** située dans la paroi antéro-ventrale du tronc des Tétrapodes (à l'exception des Ophidiens et chéloniens). Il est relié antérieurement à la ceinture pectorale. Chez les Oiseaux, il est particulièrement développé car il comporte une carène médiane ou **bréchet** (absent chez les ratites) qui augmente la surface d'insertion des muscles pectoraux (adaptation au vol).

- **Région lombaire** : Les vertèbres lombaires sont moins nombreuses : cinq chez l'Homme et ne portent pas de côtes.

Région sacrée :

Les vertèbres sacrées (5 chez l'Homme), se soudent en un os impair : le **sacrum** encastré entre 2 ilions.

Région caudale :

Chez les Mammifères, le nombre de vertèbres caudales est extrêmement variable. Chez l'Homme, il existe 4 vertèbres soudées en un seul os : le **coccyx**.

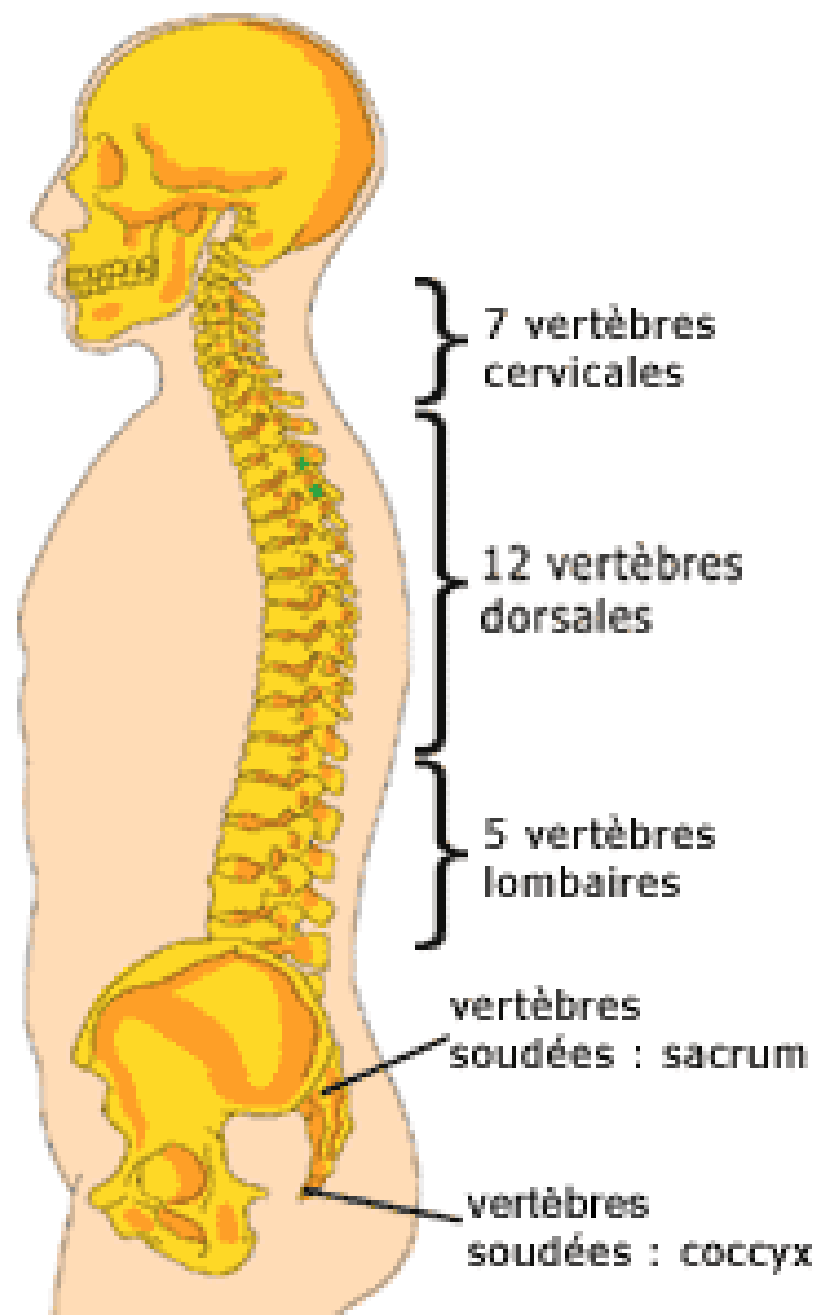
L'**urostyle** (fusion des vertèbres caudales) des Amphibiens Anoures a la même origine.



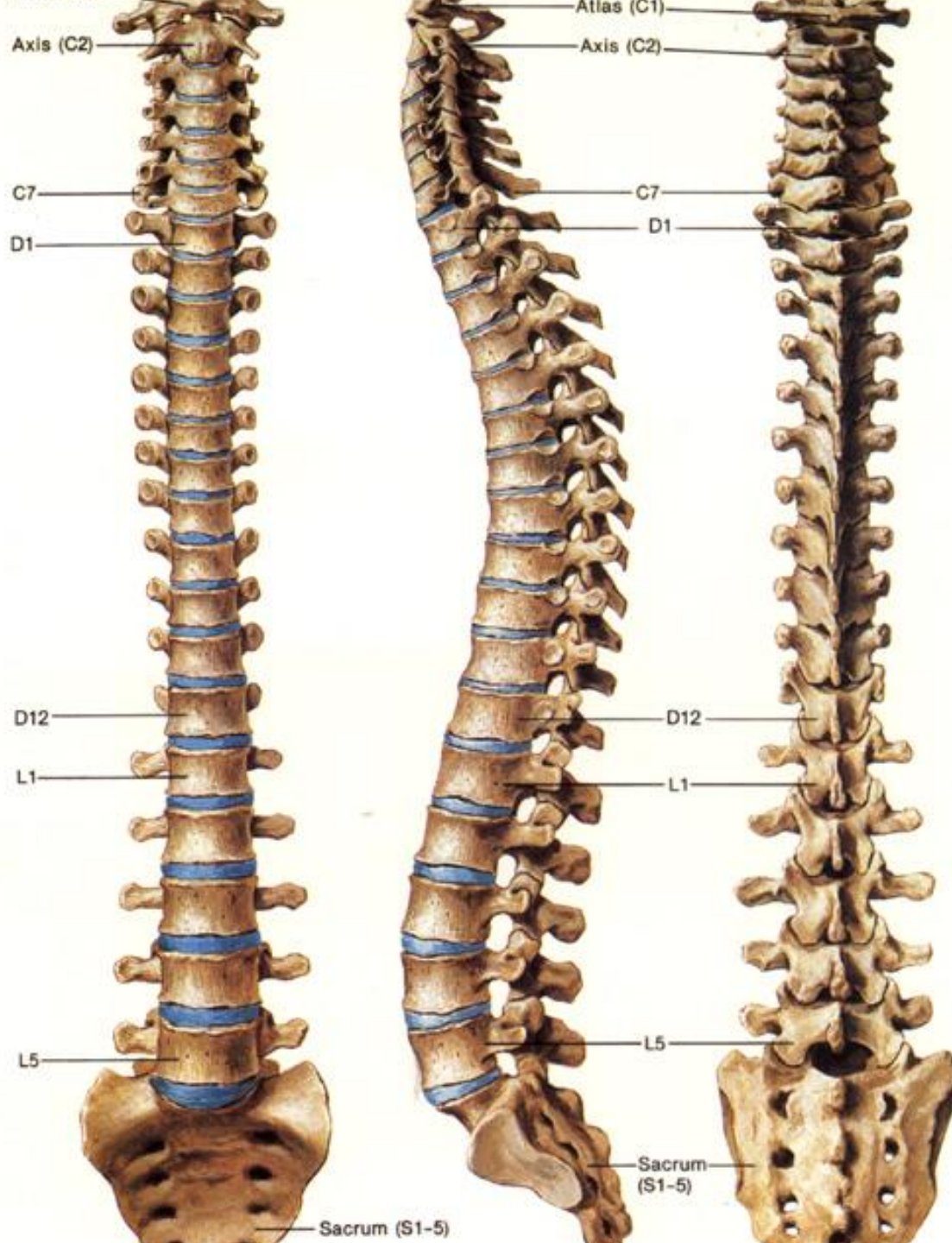
sacrum

coccyx

Carlyn Iverson



Colonne vertébrale - vue de côté



- **Le squelette appendiculaire (ou des membres) et le squelette zonal :**

- 1. Le squelette appendiculaire :**

- **Le membre pentadactyle ou chiridium :**

Il est bâti sur un type morphologique commun au membre antérieur et au membre postérieur et qui se retrouve chez tous les Tétrapodes.

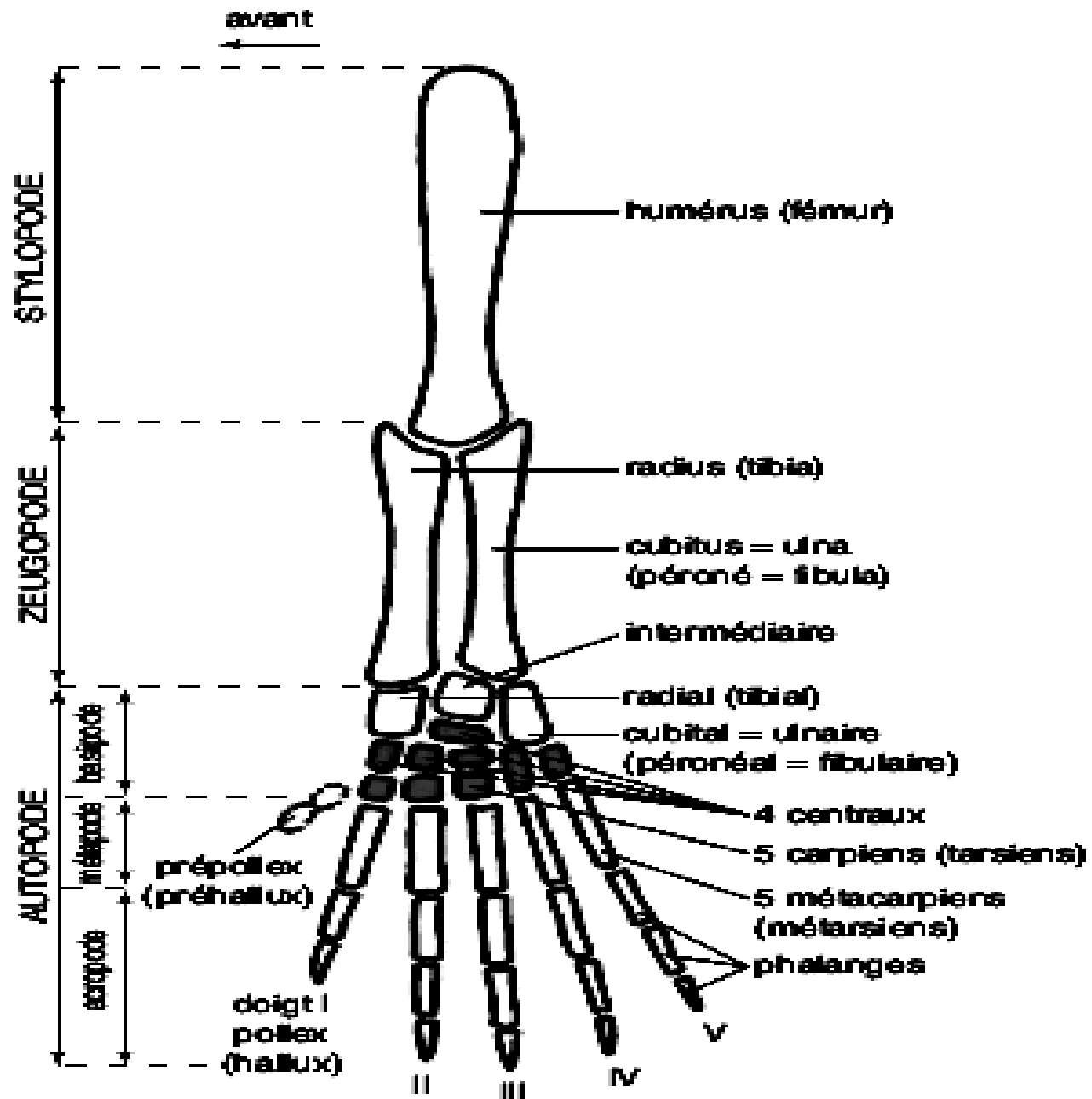
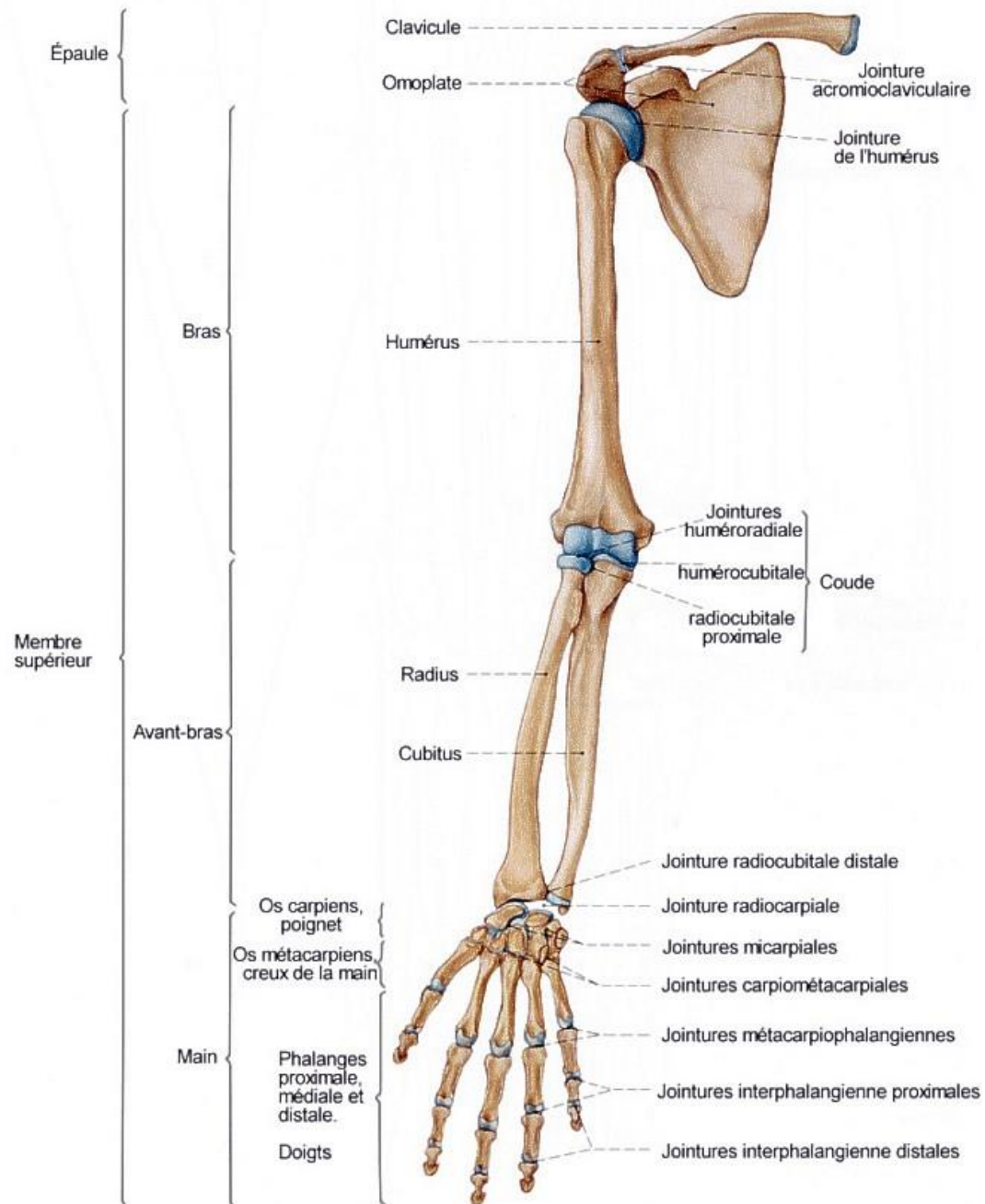
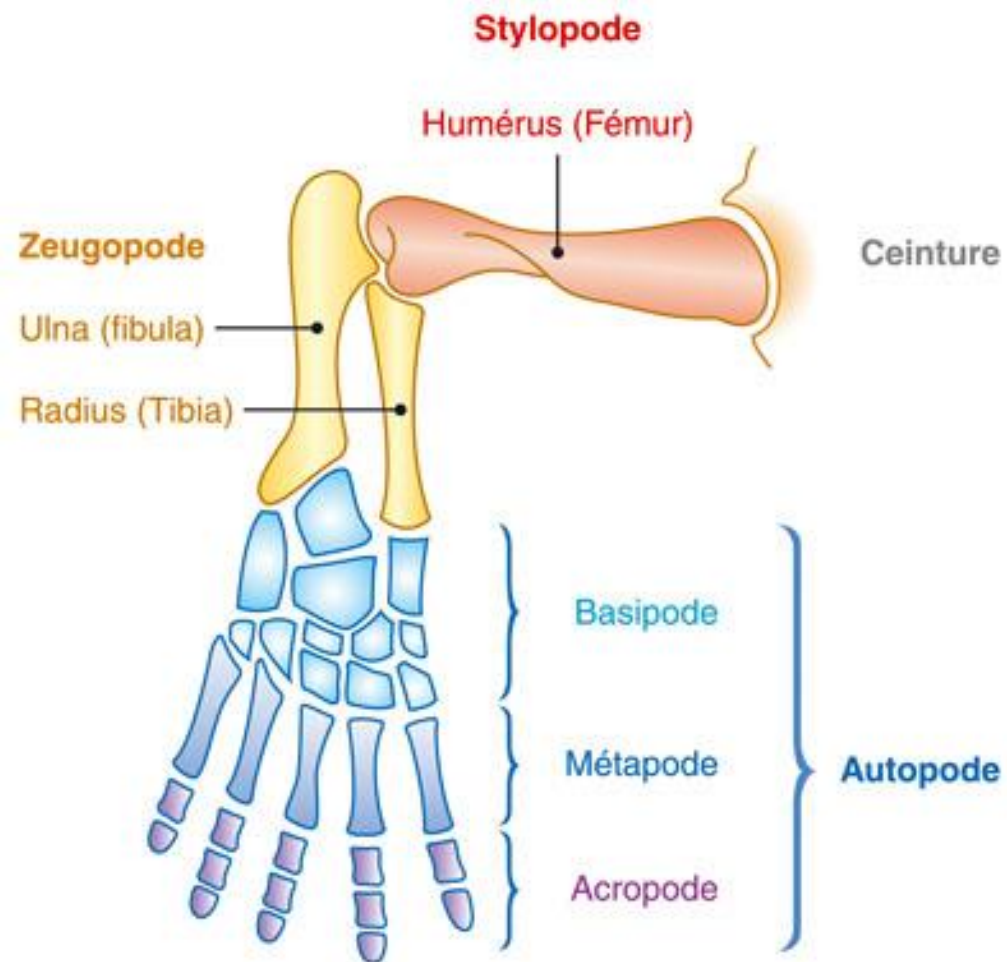


Figure 11 : Membre pentadactyle ou chiridien





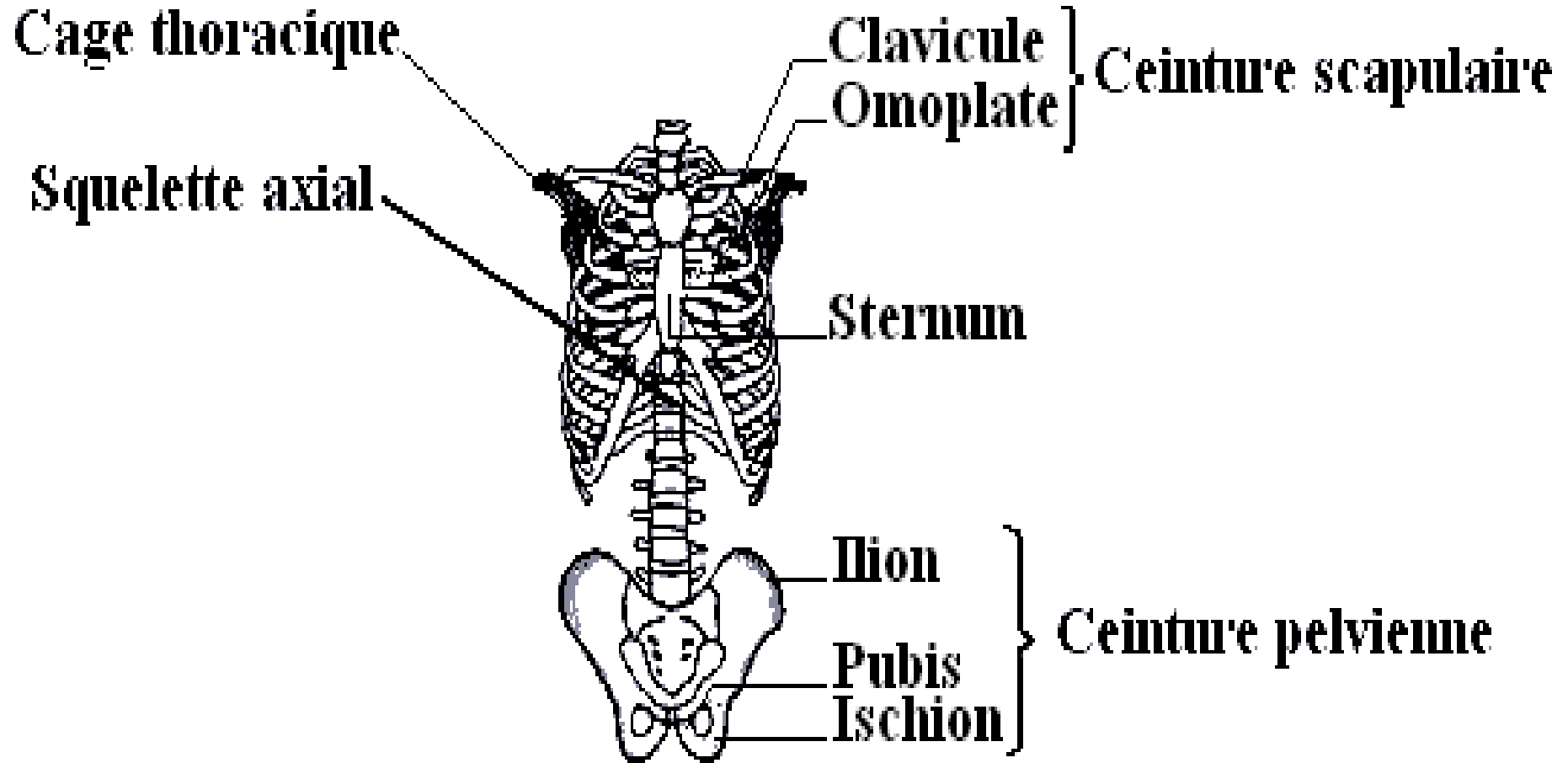
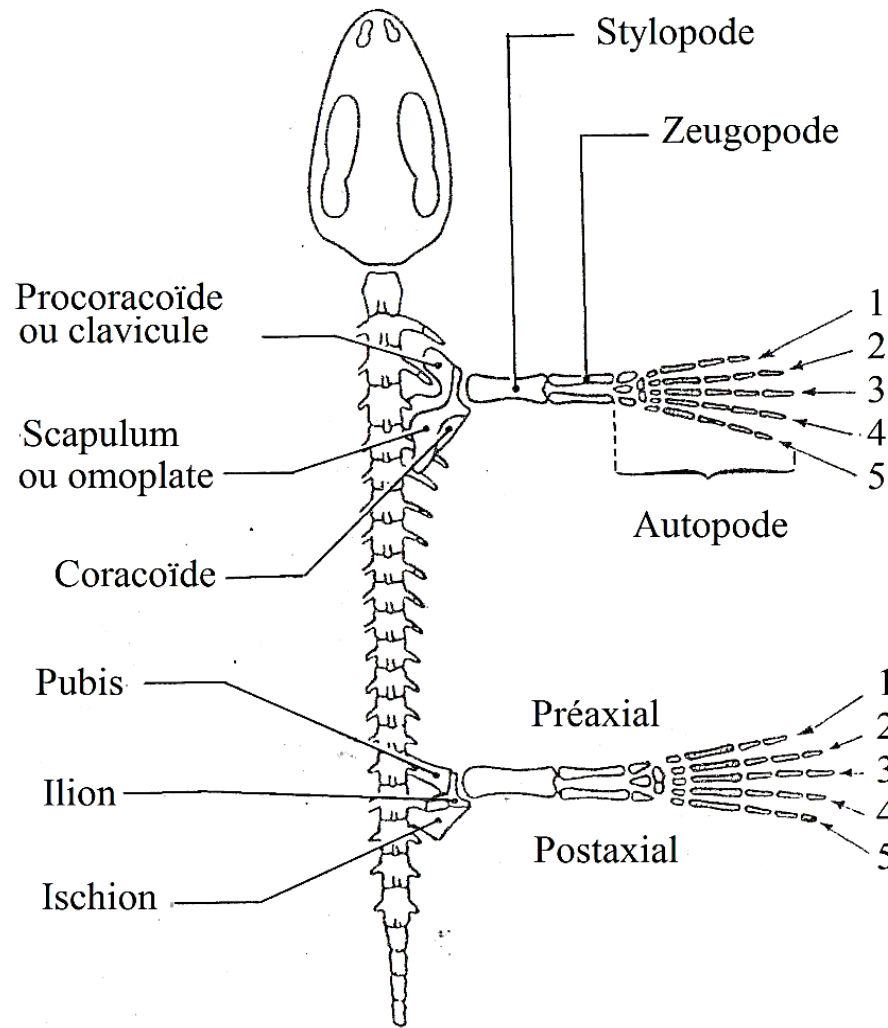


Figure 12 : Schéma du squelette zonal chez l'Homme



Structure des ceintures pectorale (scapulaire), pelvienne et des membres des Crâniates terrestres (Tétrapodes).

ETUDE DE QUELQUES ADAPTATIONS

Le membre des Tétrapodes s'est adapté à différents types de locomotion en modifiant les proportions ou la structure de certains de ses segments. C'est essentiellement l'autopode qui subit les transformations les plus importantes.

1.Adaptation à la course quadrupède (marche sur les 4 membres)

Elle est réalisée essentiellement chez les Mammifères, par 3 modifications concomitantes:

- Allongement des membres
- Relèvement progressif de l'autopode
- Réduction du nombre des doigts

1. Allongement des membres :

C'est surtout le **zeugopode** et le **métapode** qui le réalisent.

2. Relèvement progressif de l'autopode (Fig. 28. 13) :

• Chez les Plantigrades :

Ils pratiquent la **marche** et leur allure est le **pas**. L'autopode reste à plat sur le sol : Ours- Hérisson- Homme.

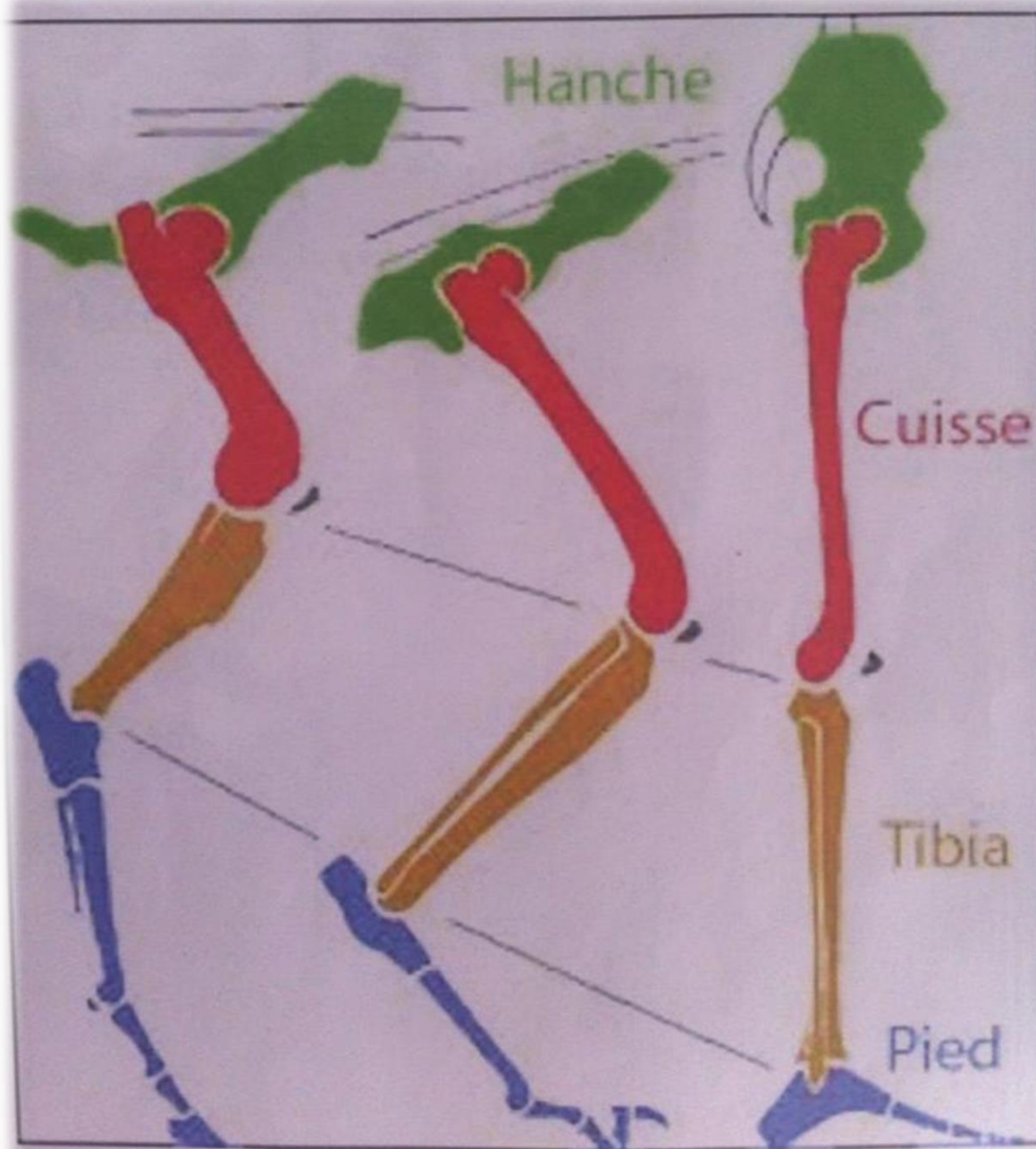
• Chez les Digitigrades :

Ils pratiquent la **semi-course** et leur allure est le **trot**. Le métapode se relève et l'animal marche sur les doigts : Chat- Chien.

• Chez les Onguligrades :

Ils pratiquent la **course** et sont capables de maintenir une allure très rapide : Le **galop**.

Les membres ne touchent plus le sol que par la dernière phalange, protégée par un sabot corné : Cheval-Vache.



Stylopode

Zeugopode

Autopode

Basipode

Métopode

Acropode

Fémur

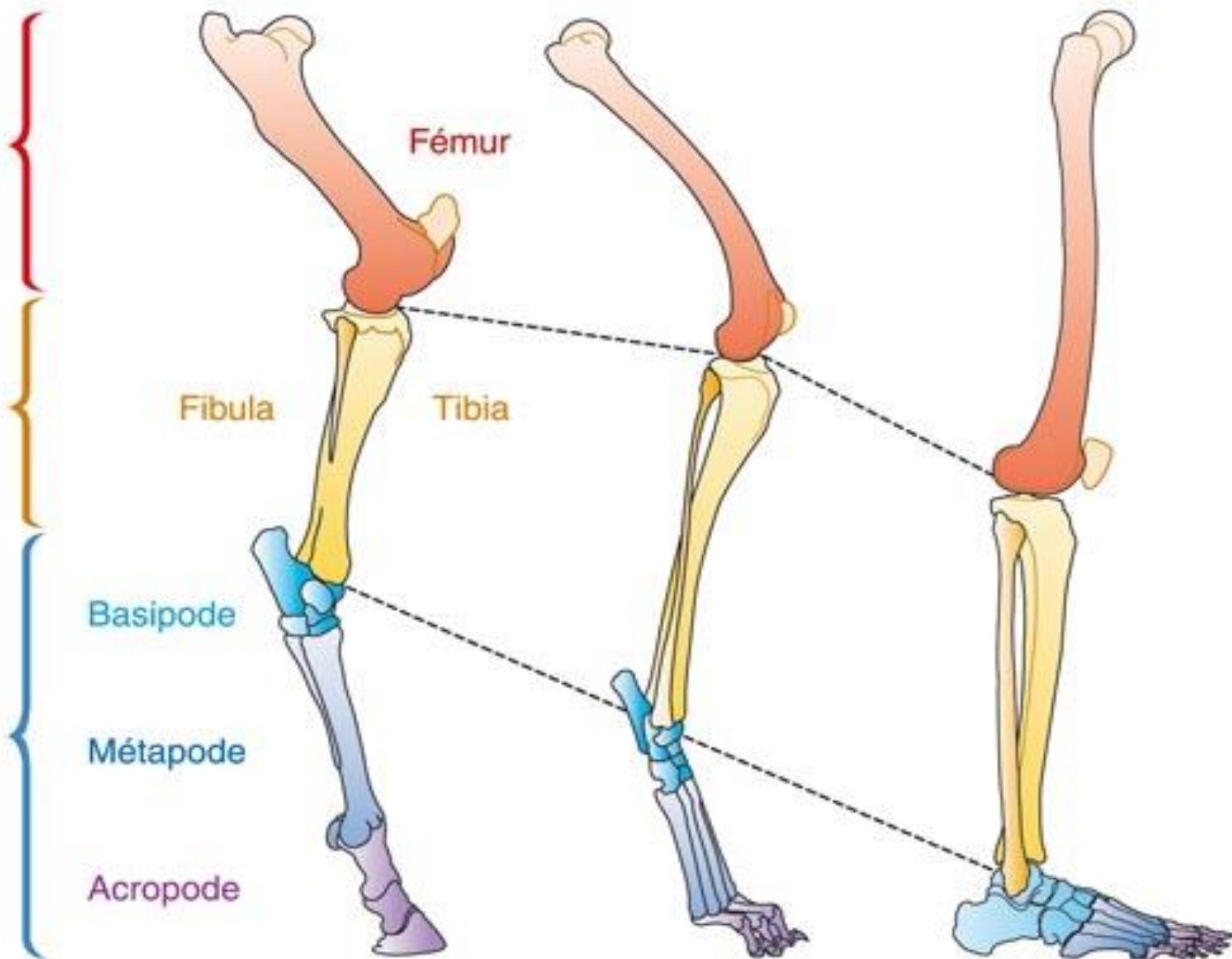
Fibula

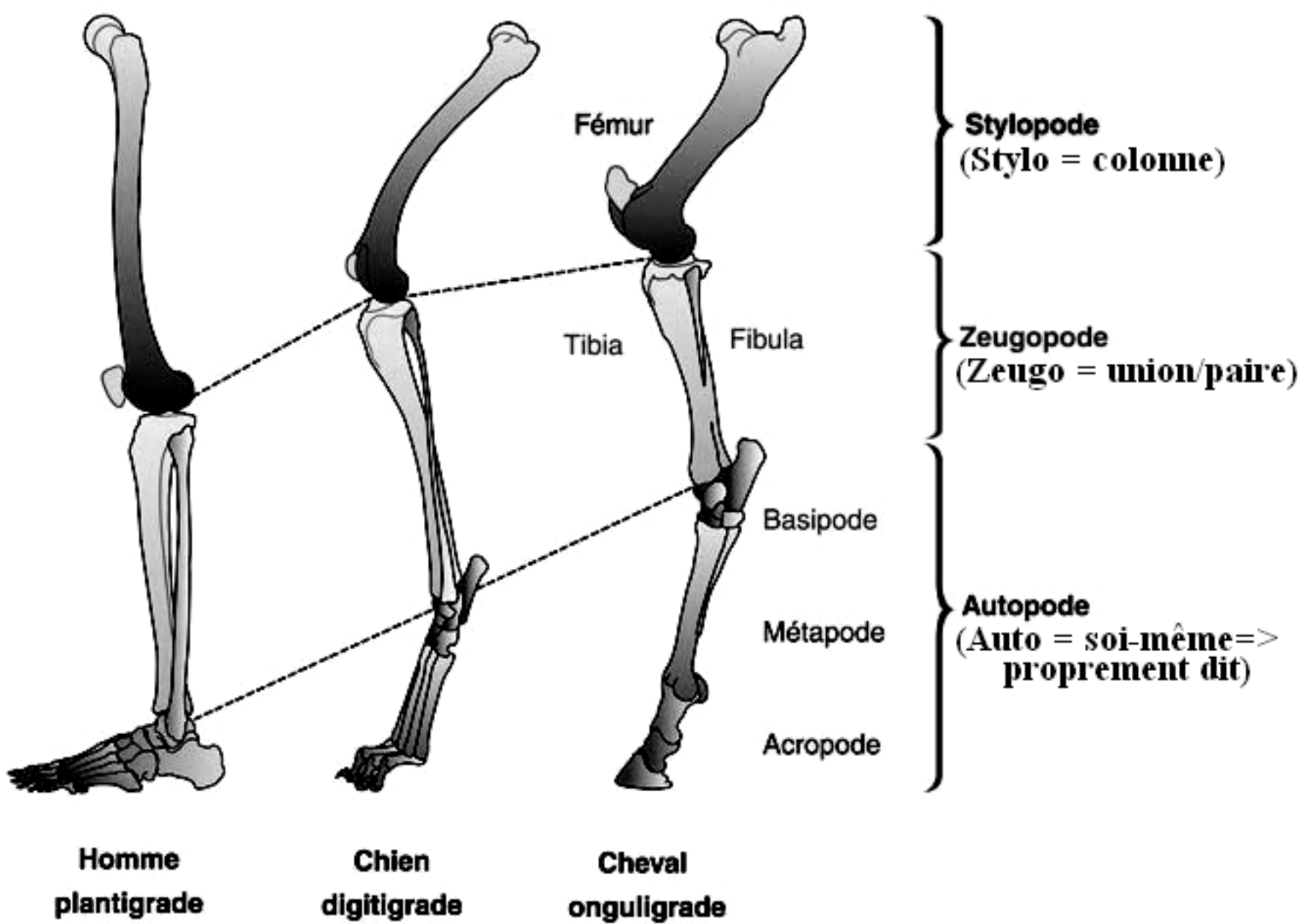
Tibia

Cheval
onguligrade

Chien
digitigrade

Homme
plantigrade





Relèvement progressif de l'autopode du membre postérieur chez l'Homme, le chien et le cheval

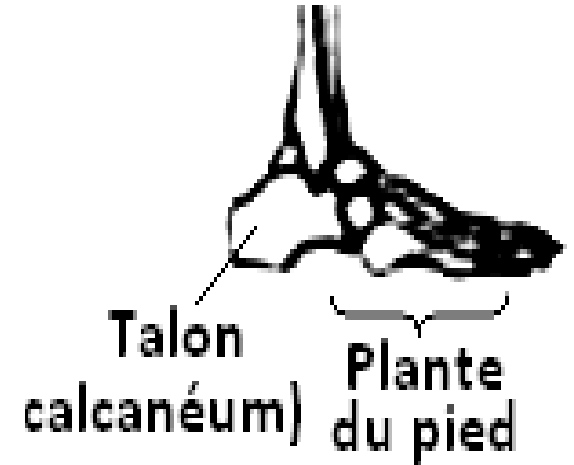
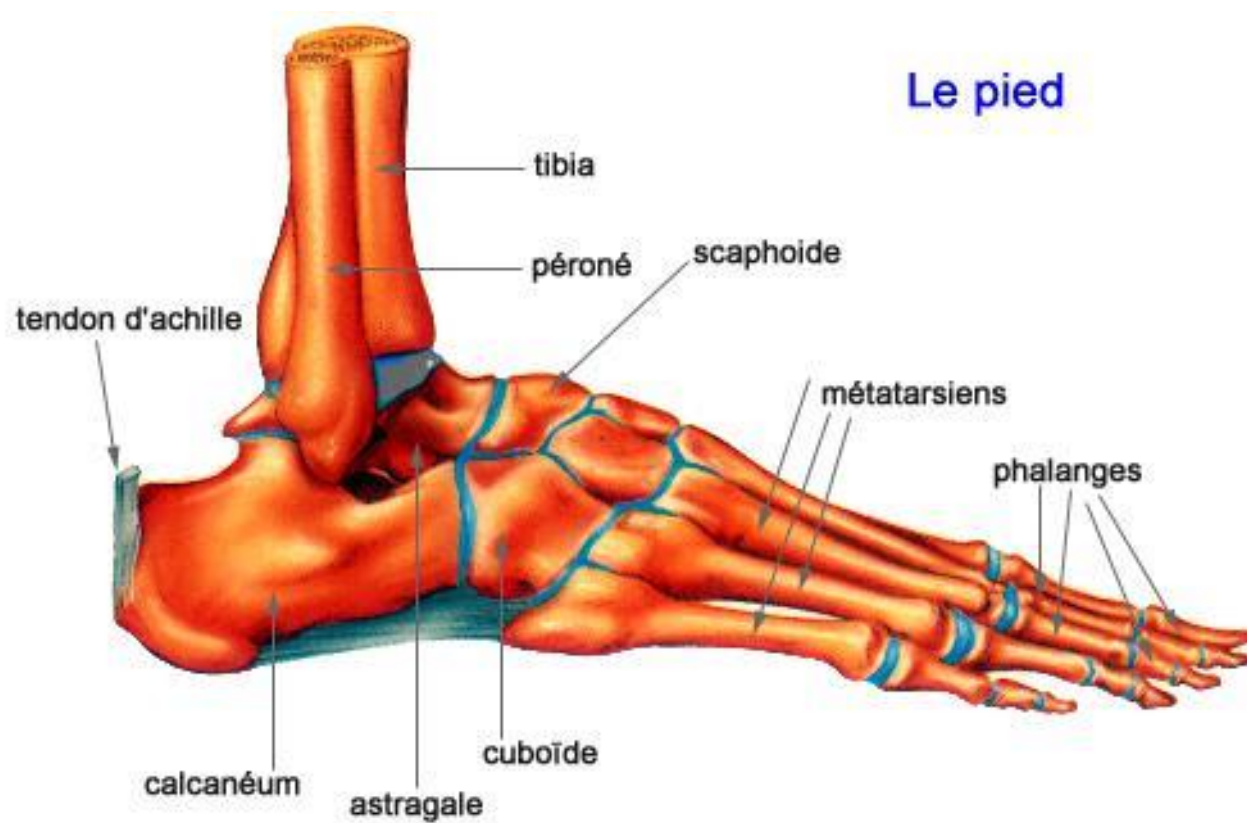
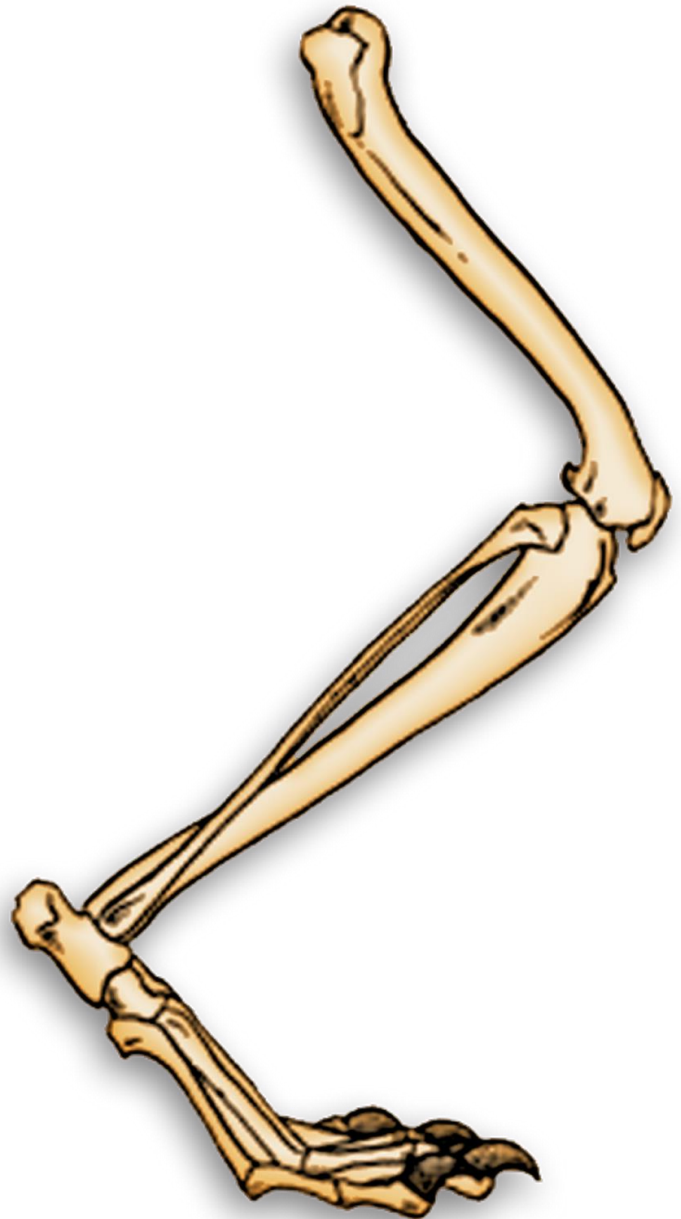


Figure 16 : Schéma montrant le talon chez l'Homme (Plantigrade)



Fig. — Patte postérieure du Jaguar, animal digitigrade.



3- Réduction des nombres de doigts:

Chez les Onguligrades actuels, le métapode s'est extrêmement allongé et le nombre de doigts se réduit. On observe deux séries évolutives:

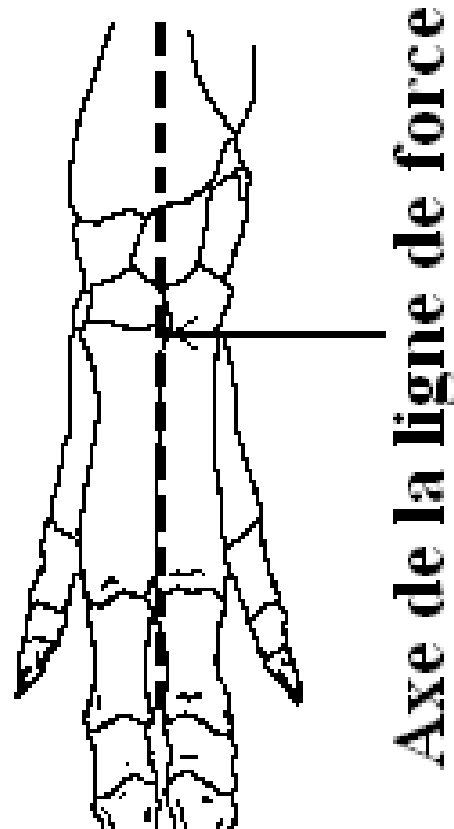
•Cas des Artiodactyles :

Ils possèdent un nombre pair de doigts (2 ou 4 doigts) :

- Le doigt 1 (pouce) manque,
- La ligne de force (axe fonctionnel de l'autopode) passe entre les doigts centraux : type paraxonien.

Chez les Porcins

Ils possèdent 4 doigts. Les doigts 2 et 5 sont complets mais régressent et touchent à peine le sol. Les sabots qui les recouvrent sont appelés **ergots** : Porc – Sanglier.



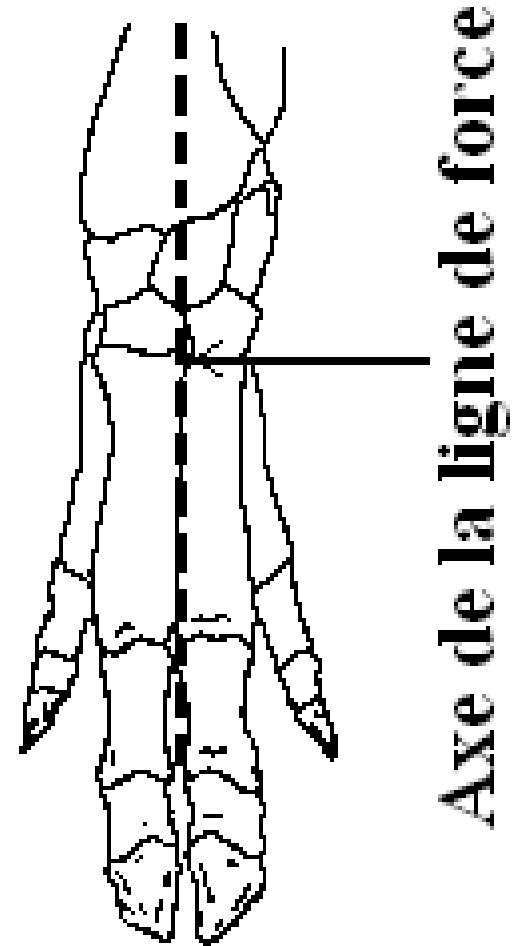


Figure 14 : Schéma d'un Onguligrade Artiodactyle de type paraxonien

Chez les Ruminants

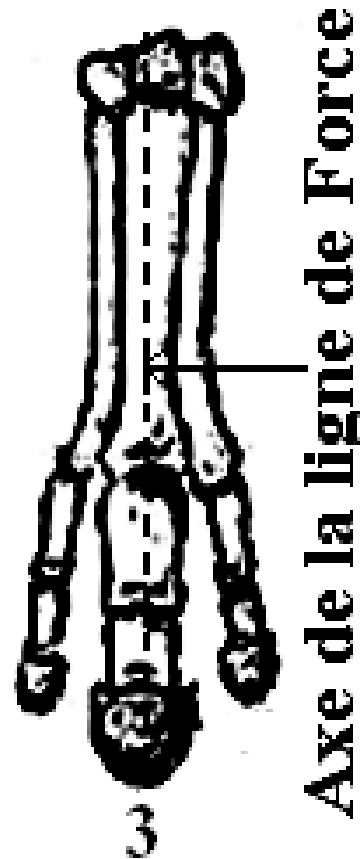
Ils ne possèdent que les doigts 3 et 4. Les métacarpiens (et les métatarsiens) 3 et 4 sont soudés en un seul os : l'**os canon** : Vache, Bœuf.

- **Cas des Périssodactyles :**

Ils possèdent un membre de doigts impair. C'est le doigt 3 qui est le plus développé ainsi que son métacarpe et son métatarse,

- La ligne de force passe au milieu du doigt 3 : type **mésaxonien**.

**Schéma d'un Onguligrade
Périssodactyle de type
mésaxonien**



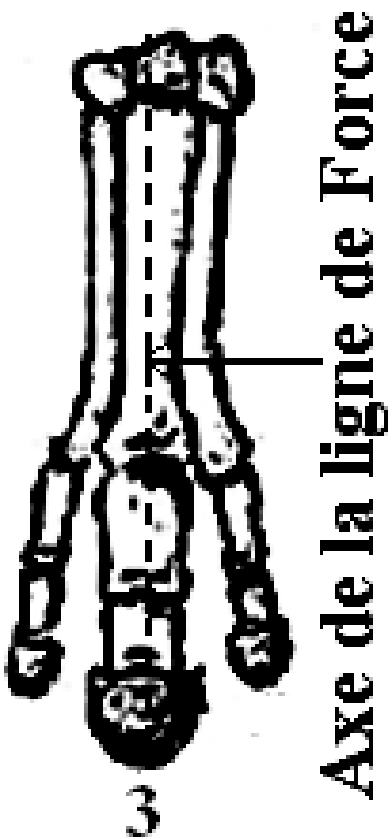


Fig. 842. — Pied de Rhinocéros (*Rh. indicus* Cuv.).

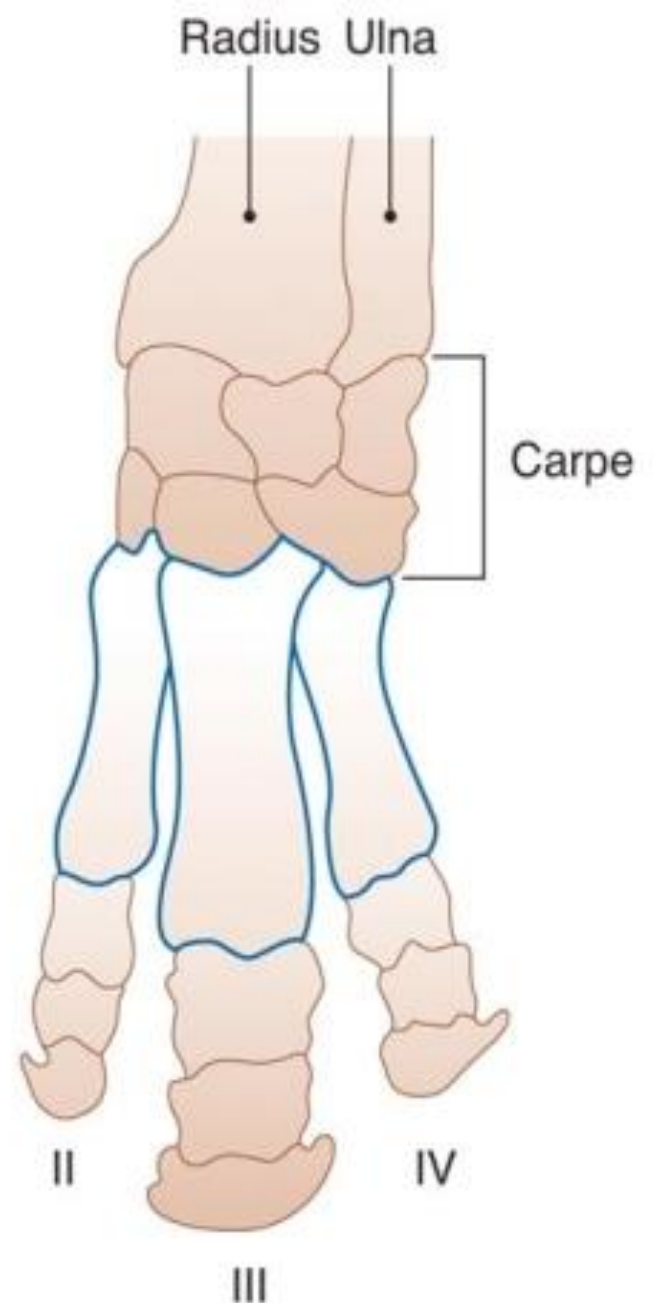


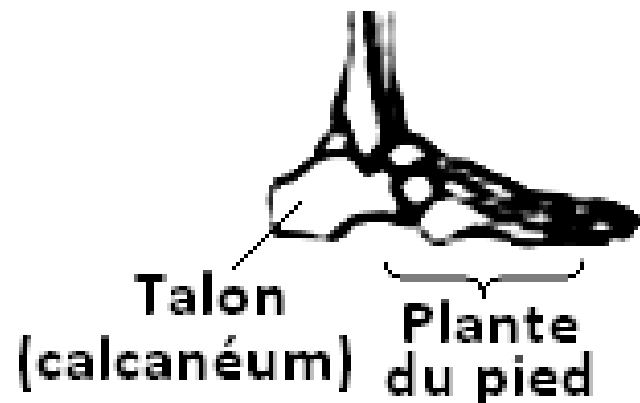
Figure 15: Schéma d'un Onguligrade Périssodactyle de type mésaxonien

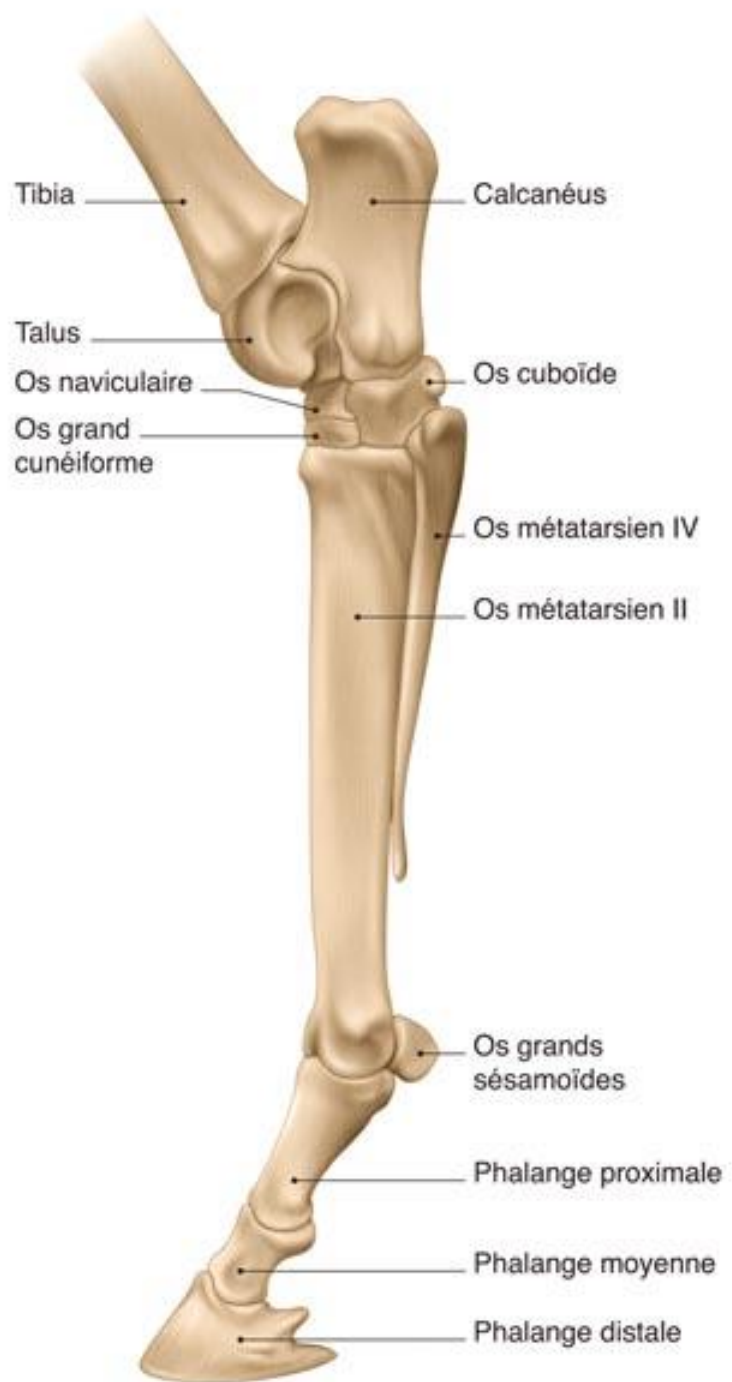
Chez les Equidés

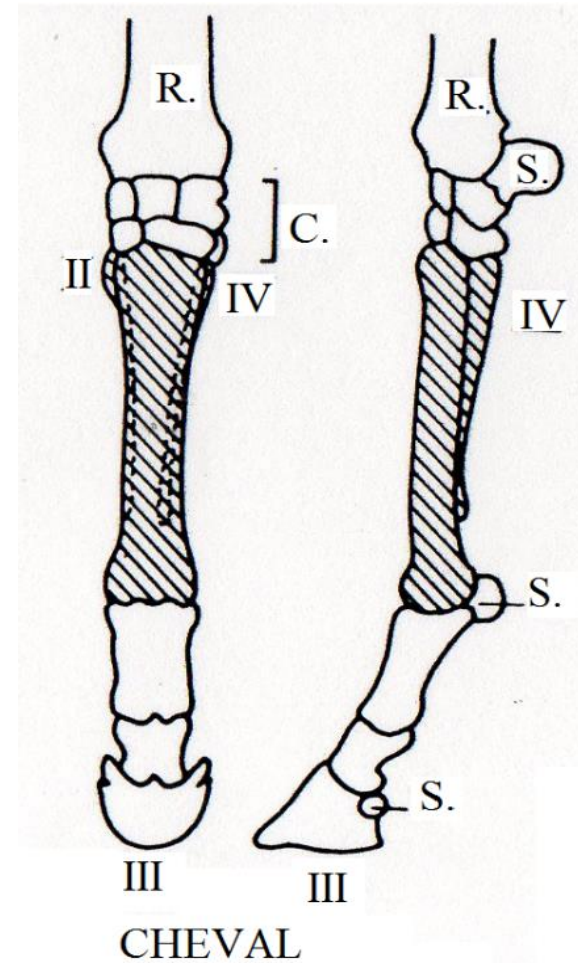
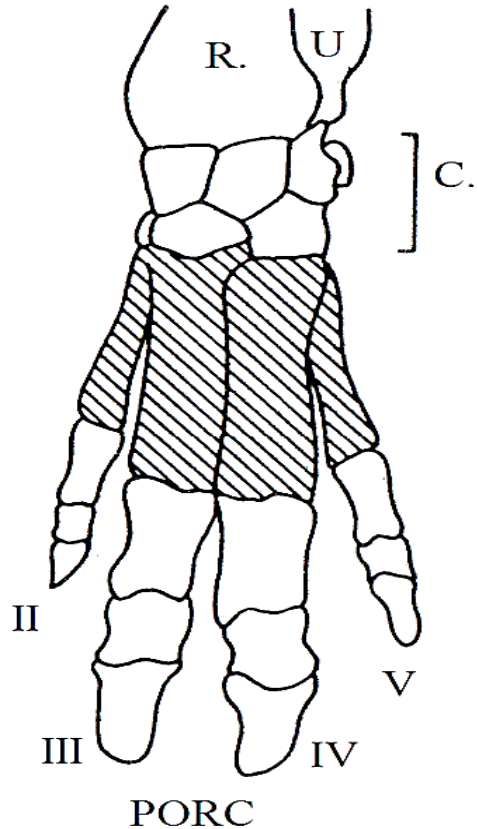
Seul le doigt 3 est développé ainsi que le métapode correspondant. Les métapodes 2 et 4 subsistent sous forme de stylets accolés à l'os canon : Cheval.

- Le membre postérieur se différencie du membre antérieur par la présence du **calcanéum** (quelques os fusionnés du basipode), correspondant au **talon** chez l'Homme.

Schéma montrant le talon
chez l'Homme







Adaptation à la course quadrupède : réduction du nombre de doigts
(Série Artiodactyle (A) ; Série Périssodactyle (B)).



2.Adaptation au vol et à la bipédie chez les Oiseaux (Fig. 28. 17) :

Chez les Oiseaux, la rigidité du tronc est obtenue par l'union de diverses vertèbres constituant une véritable poutre.

De nombreuses modifications alliant une forte stabilité à un maximum de légèreté permettent l'**adaptation au vol** :

- L'union de diverses vertèbres assure la rigidité du tronc.
- L'allongement du bassin permet de capter une grande partie du tronc et des vertèbres caudales.
- Important développement du thorax vers l'arrière.
- Ventralement, le bréchet constitue une large surface d'insertion à des muscles pectoraux puissants.
- La ceinture pelvienne, constituant le bassin, est caractérisée par son allongement en avant et en arrière de la **cavité cotyloïde**. Elle forme ainsi une large surface d'attache pour les muscles qui maintiennent le corps dressé sur les deux pattes.
- Le centre de gravité de l'animal situé en arrière de l'attache des ailes ainsi que les mouvements de la tête, des membres postérieurs et de la queue pouvant déplacer légèrement l'animal vers l'avant ou vers l'arrière, entraînent une stabilité en vol.
- Le pied, dressé verticalement, permet à l'oiseau de marcher uniquement sur les doigts : il est **digitigrade**. Le talon est donc loin du sol et la station bipède diffère beaucoup de celle de l'homme, d'autant plus que le tronc est très oblique et la cuisse, horizontale, est unie au

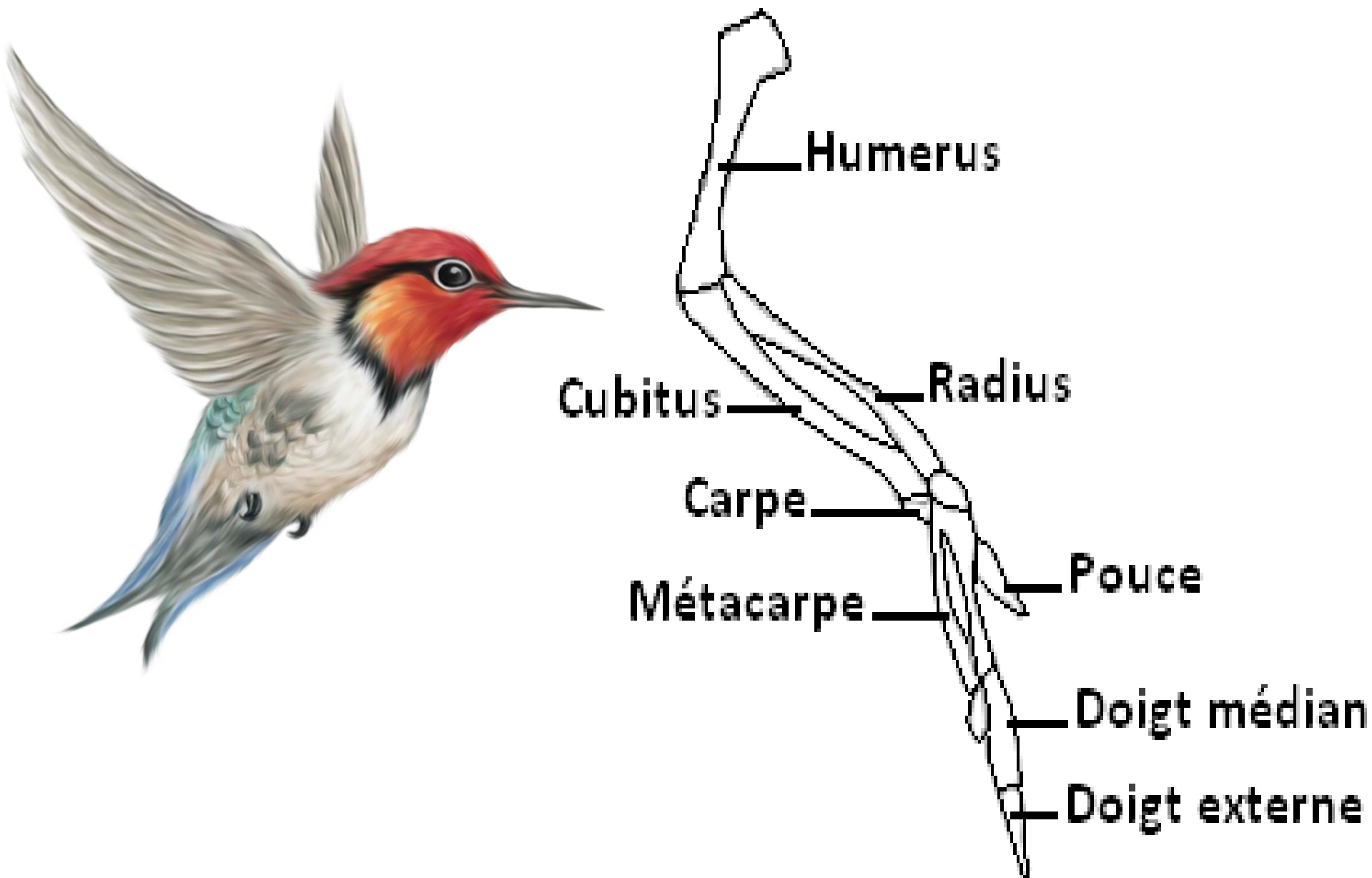
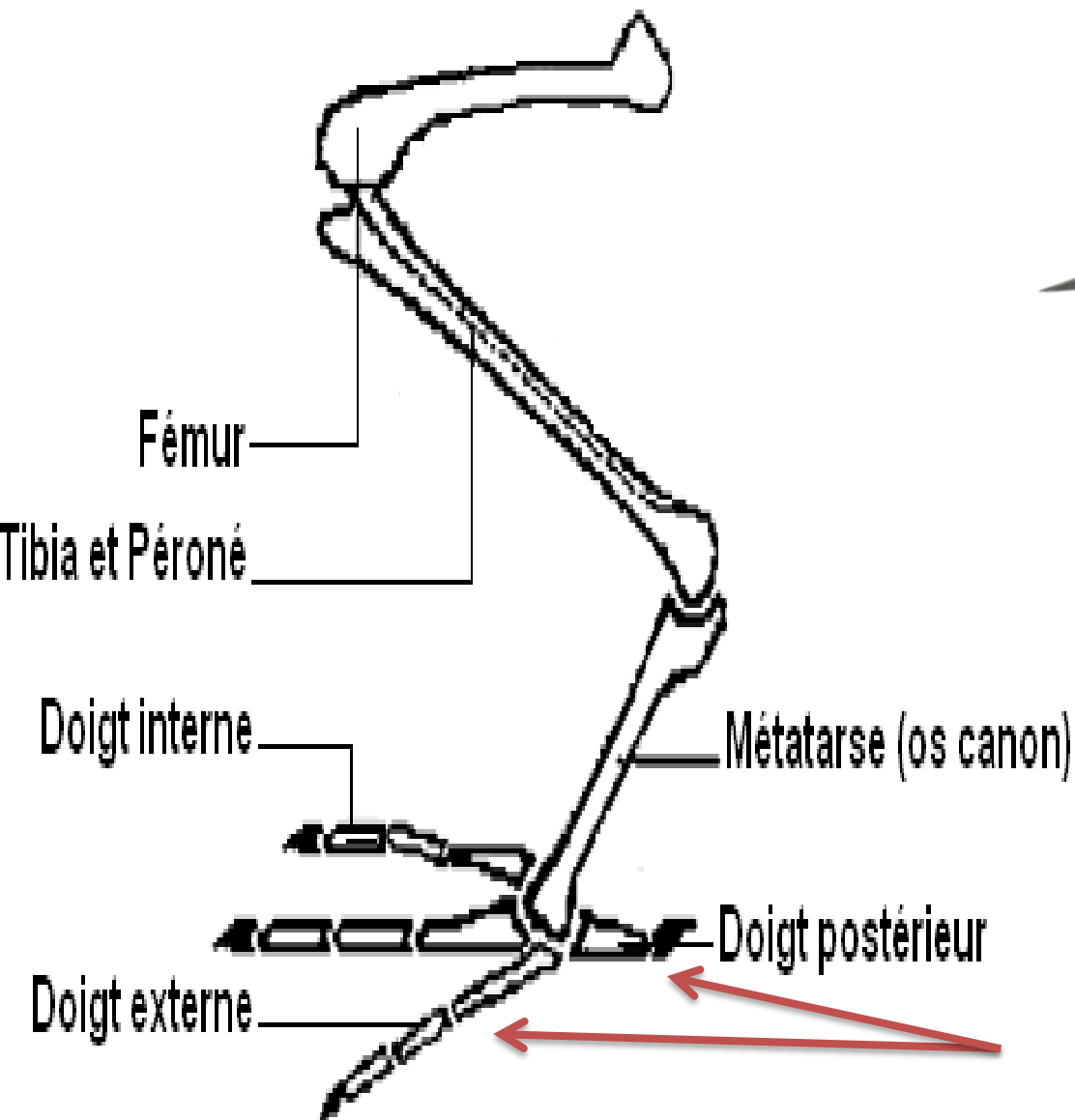


Figure 18 : Détail du membre antérieur chez les Oiseaux



**Patte avec 4 doigts et dernière phalange est recouverte par ongle ou griffe;
Doigts horizontaux, et disposés +souvent 3 en avant et 1 arrière**

Figure 19 : Détail du membre postérieur chez les Oiseaux

Le membre antérieur est transformé **en aile**. La transformation porte sur **l'autopode** :

- Basipode : Le Carpe est formé de deux os : radial et cubital.
 - Métapode : Les Métacarpes 2,3 et 4 sont soudés. Les métacarpiens 3 et 4 sont plus longs et séparés dans leur partie moyenne.
 - Acropode : Le doigt 3 porte deux ou trois phalanges. Le doigt 4 ne porte pas de phalange.
- L'adaptation au vol chez les Oiseaux entraîne **une bipédie** de type **digitigrade**.

1 Le squelette axial :

La colonne vertébrale se divise en 5 régions très différenciées.

- **La région cervicale :**

Elle comporte 12 vertèbres cervicales :

- La 1ère, **atlas**, a la forme d'un anneau creusé d'une cavité où s'engage le condyle occipital du crâne,
- La seconde, **axis**, porte une apophyse odontoïde qui sert d'axe de rotation à l'atlas,
- Les autres vertèbres dites en « **selle** », antérieure et postérieure, présentent une surface d'articulation à la fois concave et convexe. Ce type d'articulation permet une grande mobilité de la région cervicale et confère une grande souplesse au cou ce qui permet à l'oiseau de se déplacer vers l'arrière ou vers l'avant.

- **La région dorsale :**

Elle comprend 8 vertèbres :

- Les 2 premières sont libres,
- Les 3 suivantes sont soudées en une seule masse,
- La 6ème est libre,
- La 7ème et la 8ème sont réunies en un bloc soudé à l'ilion.

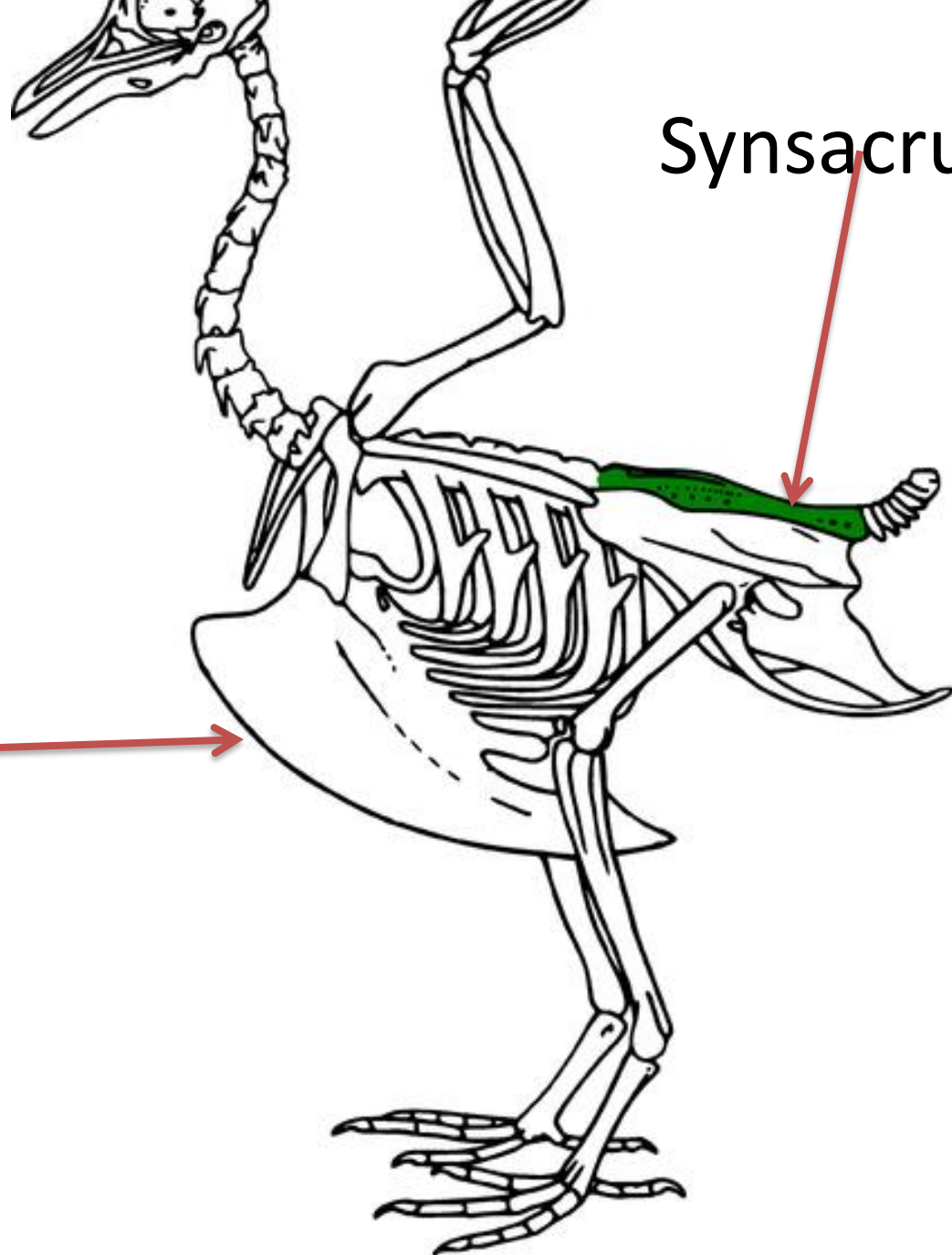
Les côtes sont situées de chaque côté des vertèbres :

- Les deux premières et la dernière sont flottantes.
- Chacune des 5 autres comprend une partie vertébrale qui s'insère sur le corps vertébral par une tête et une partie sternale (ou ventrale).

Les côtes forment une cage thoracique importante pour la respiration. Le sternum est très développé et fournit d'importantes insertions fixés aux muscles moteurs des ailes. Il recouvre ventralement le thorax et une grande partie de l'abdomen formant un bouclier. Ventralement, il porte une carène verticale, le **bréchet** dont les dimensions sont en rapport avec la puissance du vol.

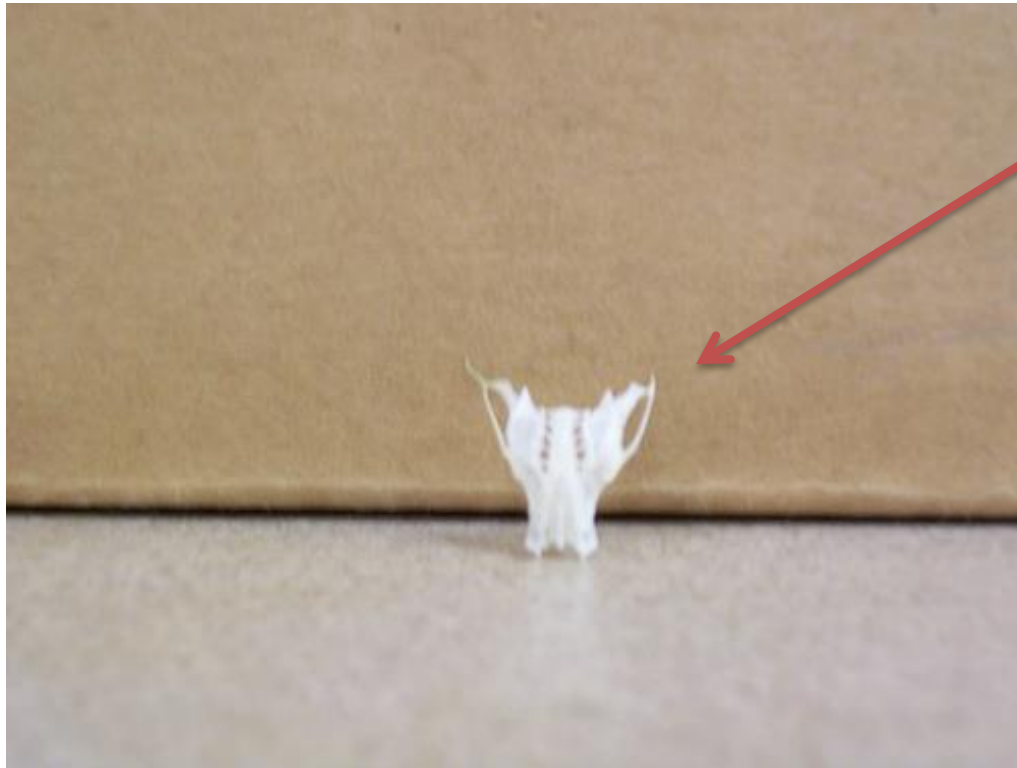
Brechet

Synsacrum



- **Les régions lombaire et sacrée :**

Les vertèbres lombaires (au nombre de 12) et les vertèbres sacrées (au nombre de 2) se soudent entre elles et peuvent incorporer des vertèbres caudales et des vertèbres thoraciques constituant ainsi le **symsacrum**.



Un *symsacrum*, chez les *Oiseaux*, est un os issu de la fusion de nombreuses vertèbres lombaires et caudales.



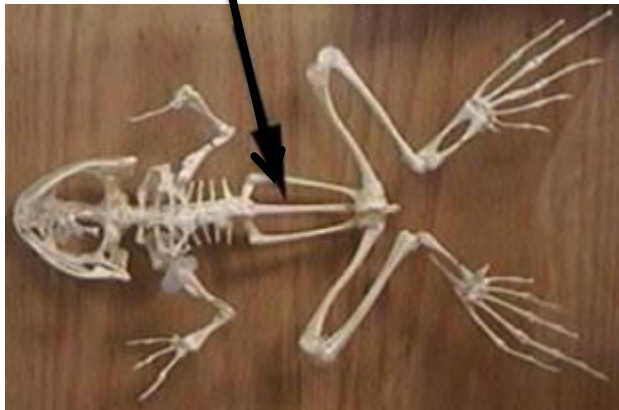
Synsacrum

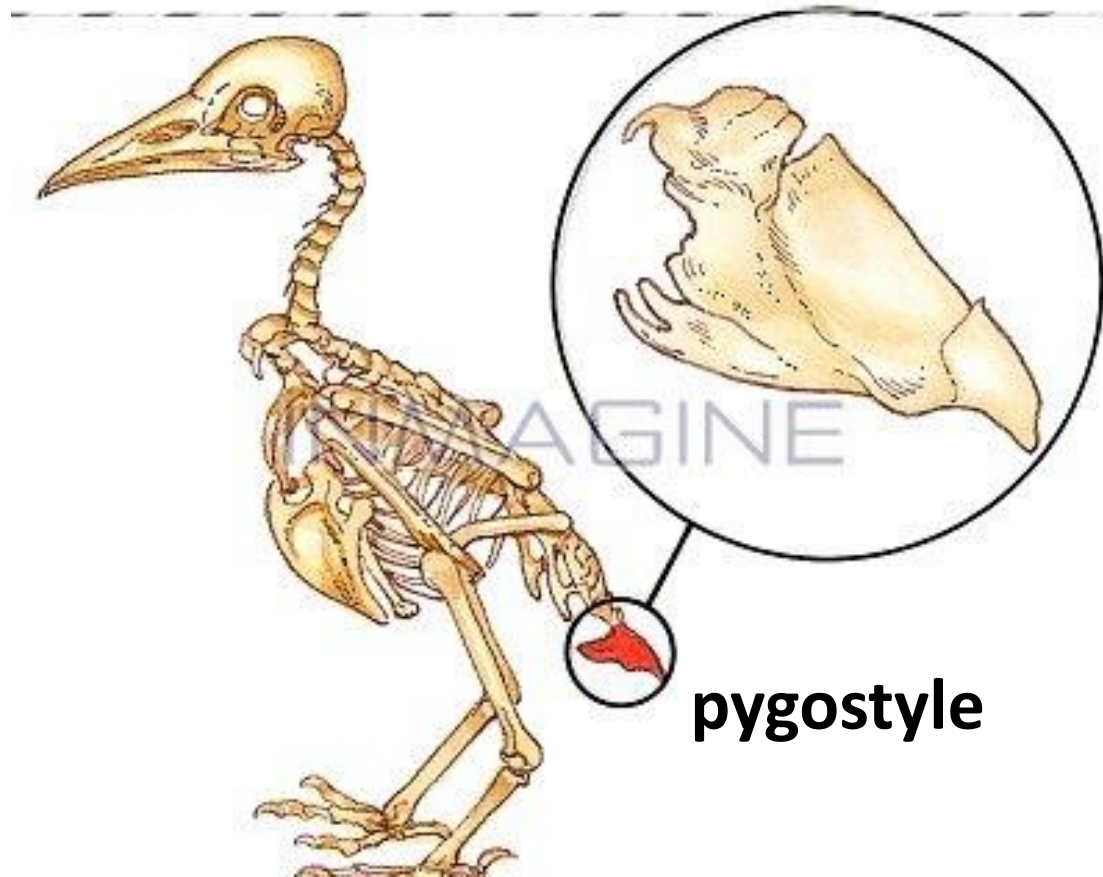
- **La région caudale :**

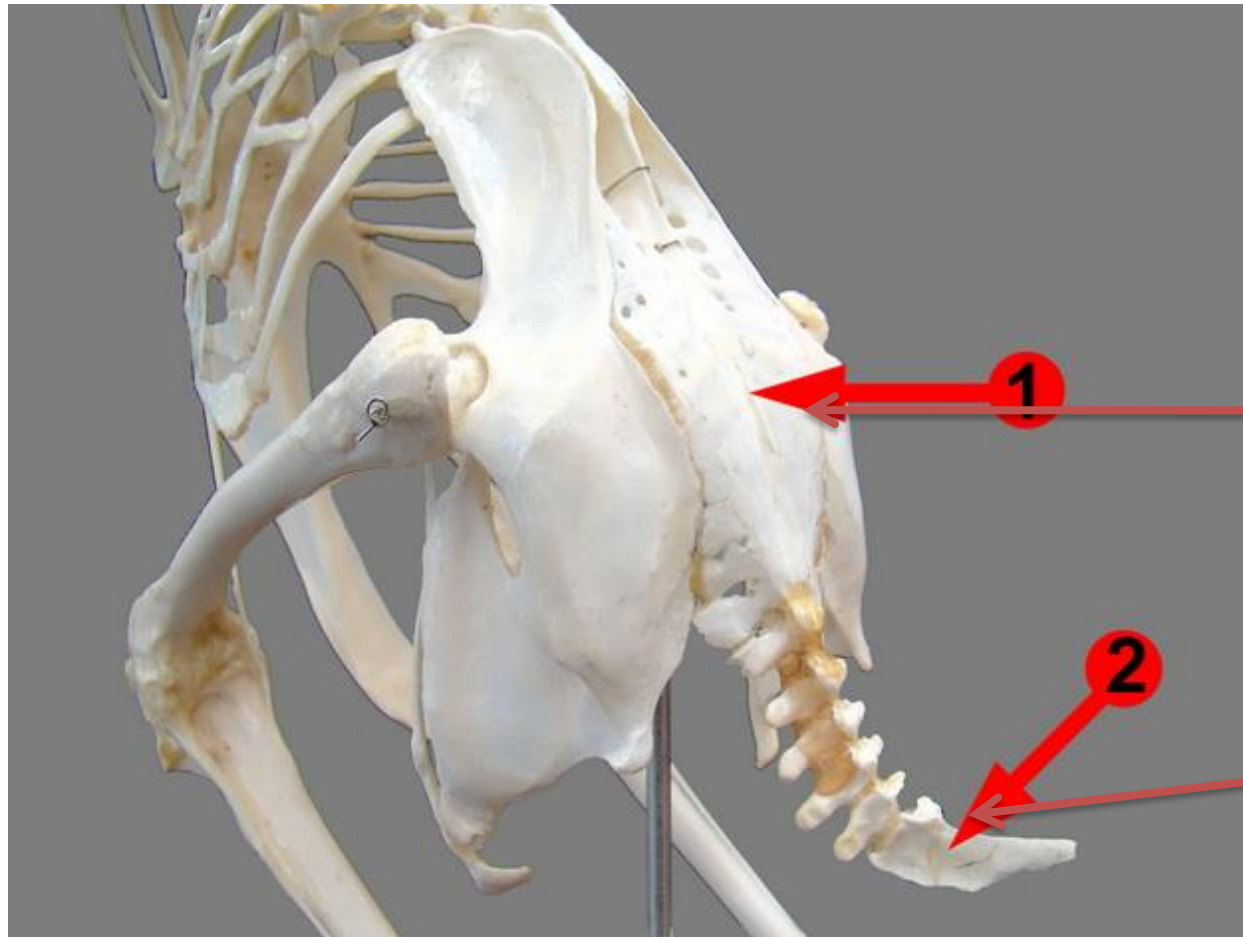
Les vertèbres caudales (coccygiennes) sont au nombre de 7 :

- Les 6 premières sont petites et mobiles,
- La dernière vertèbre caudale est très grande, aplatie latéralement et relevée en crête : c'est le pygostyle (os en soc de charrue) qui supporte les grandes plumes rectrices. Cette dernière région constitue le « croupion ».

urostyle







Synsacrum

pygostyle

•3-Adaptation à la nage chez les Mammifères Cétacés :

Tous les os sont courts, aplatis, pratiquement immobiles et sont situés dans un même plan. Ils forment ainsi un ensemble élargi et allongé dû à l'hyperphalangie. Ils sont enveloppés dans une épaisse masse musculaire et recouvert par une enveloppe commune de peau et de tissu conjonctif. Les membres antérieurs sont ainsi transformés en nageoires pectorales souples, sans trace de doigts à l'extérieur. Des régressions secondaires ont permis aux Cétacés d'adopter une nage perfectionnée. Les modifications les plus importantes concernent :

- La ceinture scapulaire qui ne comporte pas de clavicule,
- La ceinture pelvienne très réduite,
- Les membres postérieurs absents ou vestigiaux,
- La queue, puissante et sans squelette s'élargissant en une nageoire étalée sur un plan horizontal.

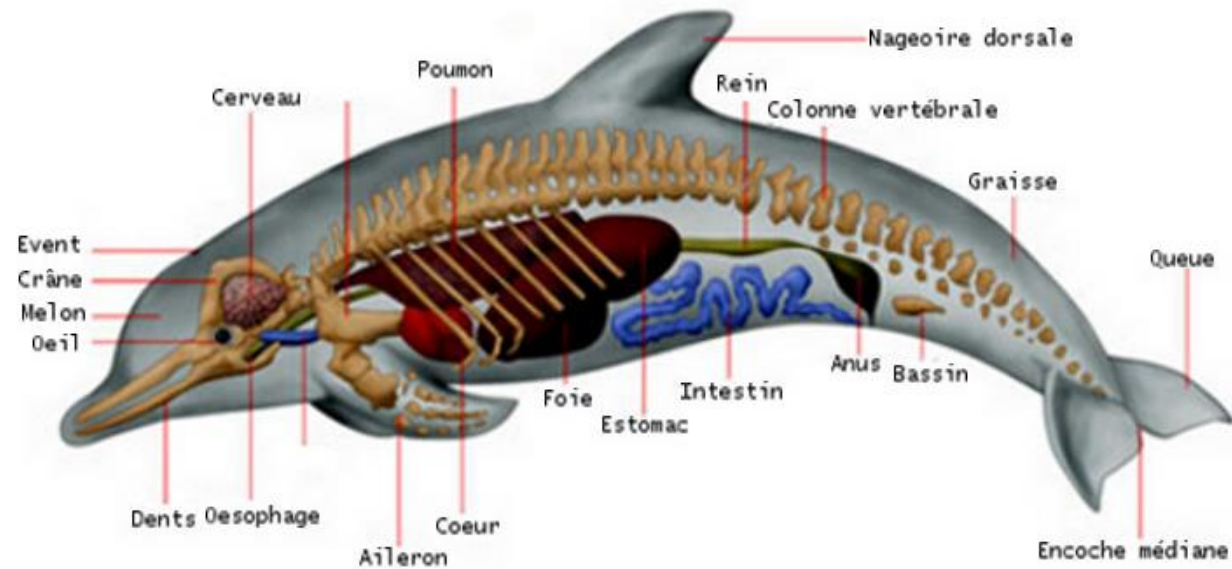
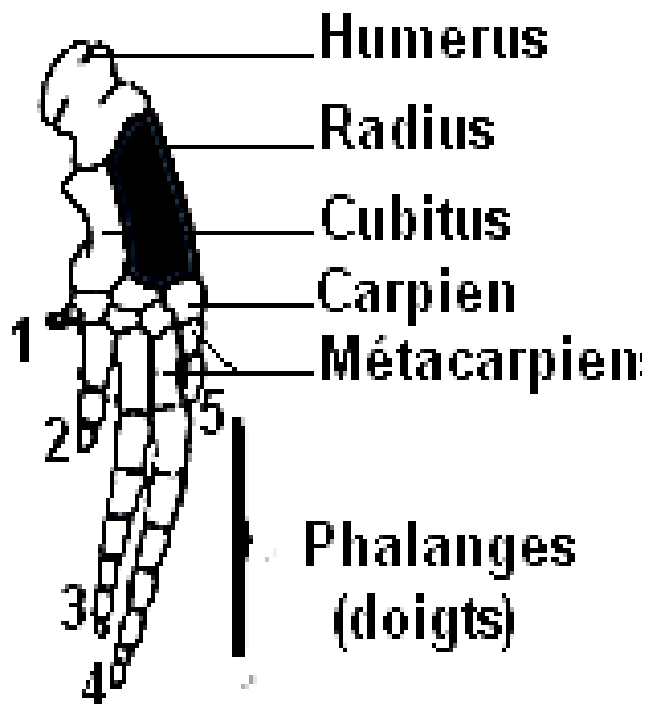
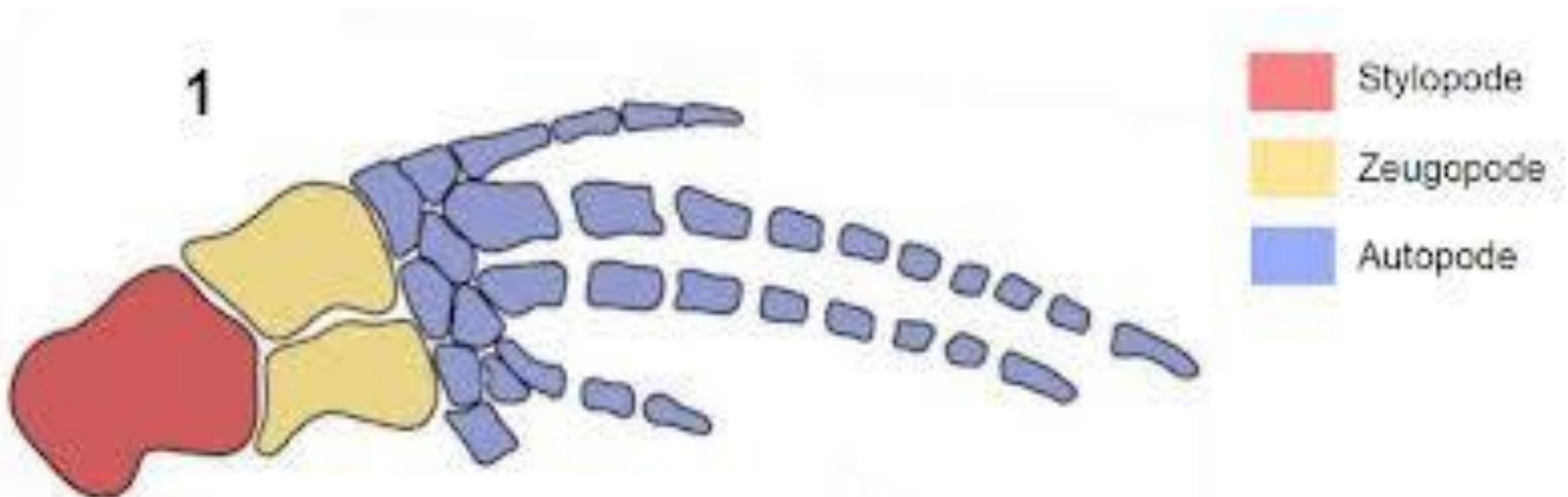


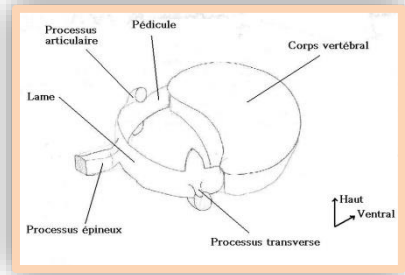
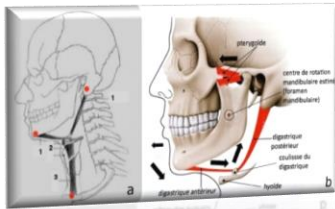
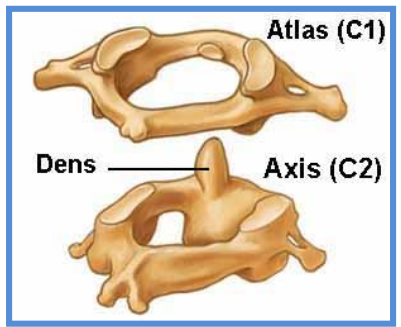
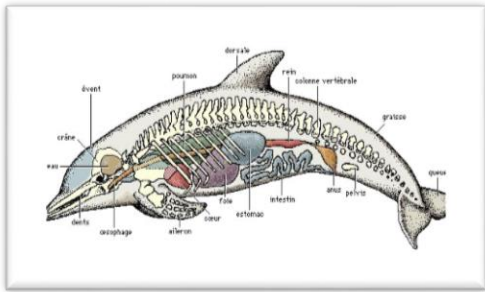
Figure 20 : Membre antérieur des Cétacés (Dauphin)

- Le membre antérieur

Il est devenu une nageoire, analogue à celle des « poissons » :

- L'humérus, court et trapu, s'articule fortement à l'omoplate et forme une plaque puissante située immédiatement en arrière du crâne,
- Le radius et le cubitus, aplatis, sont placés côte à côte ce qui empêche toute rotation,
- Le carpe est formé de cinq os plats, aussi larges que longs, disposés sur deux rangées et montrant de nombreuses soudures,
- Le métacarpe court est formé de cinq os (plus ou moins longs),
- Les doigts, au nombre de quatre (le pouce est très réduit) possèdent de grandes phalanges aplaties et pratiquement immobiles, et multipliées en nombre.
- Les doigts centraux présentent une hyperphalangie très marquée.





Fin

