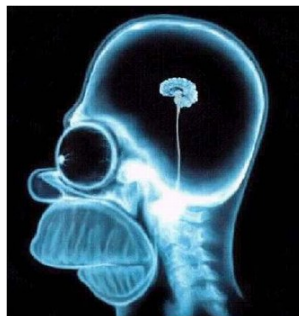


# TD OSTEOLOGIE L3VT

Année scolaire 2015 – 2016

Jean-Luc Voisin  
([jeanlucvoisin2004@yahoo.fr](mailto:jeanlucvoisin2004@yahoo.fr))



## COLLAGÈNE ET ÉLASTINE

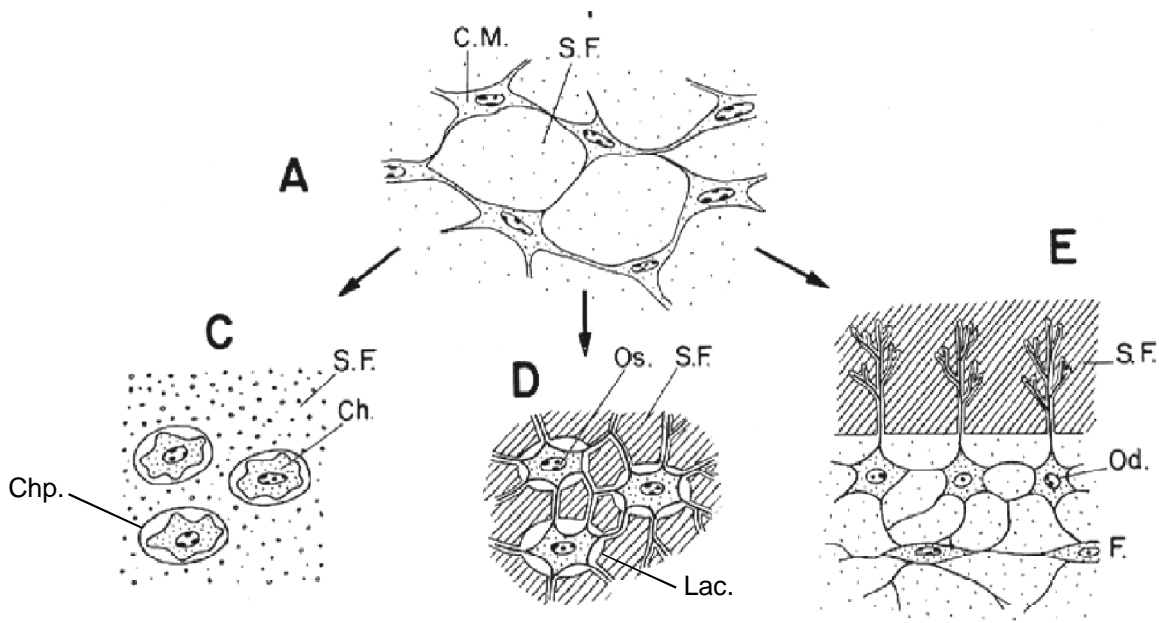
**Tableau 1** : Les différents types de collagène ainsi que leurs caractéristiques et les gènes associés (Wikipedia)

Type	Description	Gène (s)
I	90 % du collagène d'un vertébré. Il constitue la trame de l'os, et plus généralement des tissus conjonctifs banals. Il se trouve dans les os, la peau, les tendons, la cornée et les organes internes.	COL1A1, COL1A2
II	Forme de fines fibrilles dans la substance fondamentale du cartilage hyalin (avec les collagènes IX, X et XI) dans le <i>nucléus pulposus</i> du disque intervertébral et dans le corps vitré de l'œil.	COL2A1
III	Il est constitutif des fibres de réticuline trouvées en proportion importante dans les tissus hématopoïétiques. À l'état de collagène, il se trouve en particulier dans le muscle squelettique et dans la paroi des vaisseaux sanguins.	COL3A1
IV	Spécifique des lames basales.	COL4A1, COL4A2, COL4A3, COL4A4, COL4A5, COL4A6
V	Localisé dans les tissus conjonctifs, il s'associe au type I	COL5A1, COL5A2, COL5A3
VI	Localisé dans les tissus conjonctifs, il s'associe au type I	COL6A1, COL6A2, COL6A3
VII	Constituant de la lame basale. Il forme des fibrilles permettant l'accrochage de la lame basale au tissu conjonctif sous-jacent.	COL7A1
VIII	Localisé dans les cellules endothéliales.	COL8A1, COL8A2
IX	Localisé dans le cartilage, s'associe au collagène de type II	COL9A1, COL9A2, COL9A3
X	Localisé dans le cartilage hypertrophié et minéralisé.	COL10A1
XI	Localisé dans le cartilage.	COL11A1, COL11A2
XII	Interagit avec les types I et III.	COL12A1
XIII		COL13A1
XIV		COL14A1
XV	Disséminés; près de la lame basale des muscles.	COL15A1
XVI		COL16A1
XVII	Aussi appelé BPAG2, c'est une protéine transmembranaire qui se fixe à la lame basale d'hémidesmosomes, au niveau de l'épiderme notamment. Les fibres de collagène de type XVII sont disposées parallèlement aux intégrines $\alpha 6\beta 4$ . Ces deux protéines permettent donc de renforcer l'ancrage de la lame basale.	COL17A1
XVIII	Collagène de « jonction d'ancrage ». C'est l'un des collagènes retrouvés au niveau de la couche fibrillaire des membranes basales. Précurseur de l'Endostatine.	COL18A1
XIX		COL19A1
XX		COL20A1
XXI		COL21A1
XXII		COL22A1
XXIII		COL23A1
XXIV		COL24A1
XXV		COL25A1
XXVII		COL27A1
XXVIII		COL28A1

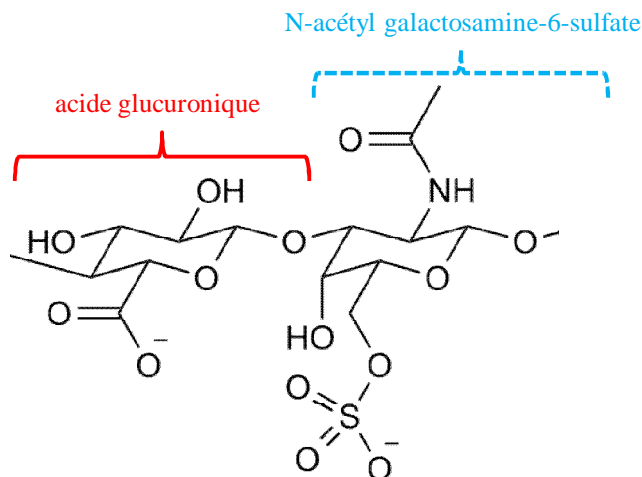
**Tableau 2** : Quelques caractéristiques biochimiques de l'élastine

	Nombre de gène codant	Chromosome et locus	Masse atomique	Nombre d'acide aminé	Structure tertiaire
Élastine	1	N°7, locus 7q11.23	68 kDa	830	Aucune car c'est une protéine linéaire

## TISSUS CONJONCTIFS ET GLYCOSAMINOGLYCANNES



**Figure 1** Les tissus squelettiques et leur origine embryonnaire. **A** : *Mésenchyme embryonnaire* (S.F. : substance fondamentale & C.M. : cellule mésenchymateuse) ; **C** : *Tissu cartilagineux* (S.F. : substance fondamentale, Ch. : chondrocyte & Chp. : chondroplaste) ; **D** : *Tissu osseux* (S.F. : substance fondamentale, Os. : ostéocyte & Lac. : lacune), notez la présence de canalicules qui relient les lacunes entre elles, permettant aux ostéocytes de développer des ponts cytoplasmiques entre eux et aussi de recevoir des nutriments ; ces lacunes n'existent pas dans les cartilages ; **E** : *Dentine* (S.F. : substance fondamentale & F. : fibroblaste & Od. : odontoblaste). Beaumont et Cassier (1987)



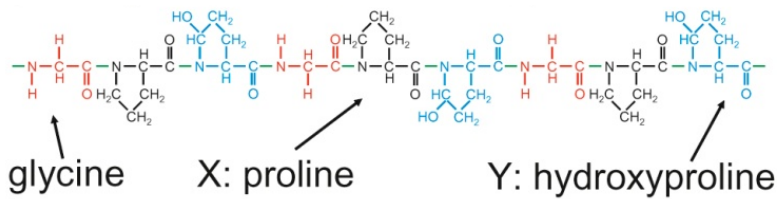
### Remarques sur les glycosaminoglycannes

Ils ont longtemps été désignés sous le terme de « mucopolysaccharides acides » en raison de leur forte capacité de rétention de l'eau, de leur nature glucidique et de leur caractère acide provenant de leurs multiples charges négatives. Il s'agit en effet de chaînes linéaires sulfatés (sauf l'acide hyaluronique) composées de la répétition d'un diholoside de base contenant toujours une hexosamine (glucosamine ou galactosamine et un autre ose (galactose, acide glucuronique, acide iduronique)). (Wikipedia)

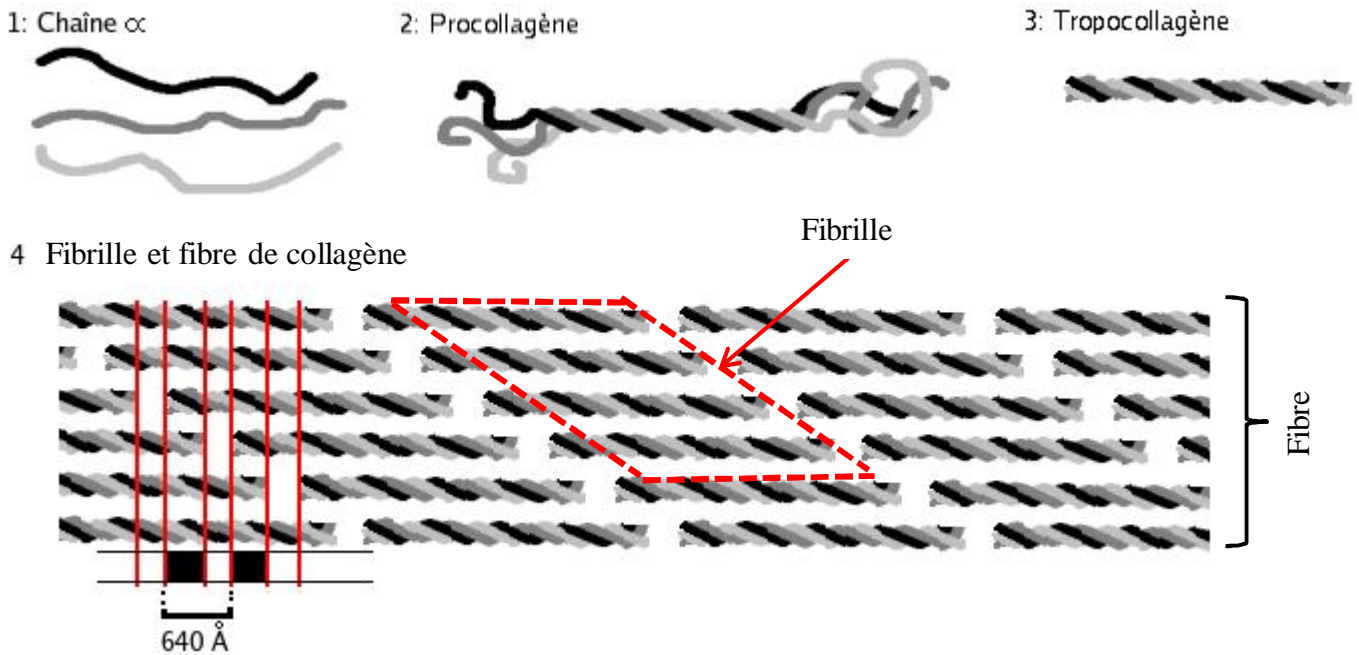
**Figure 2** : Unité structurale du sulfate de chondroïtine (un glycosaminoglycanne) qui est constitué d'un acide glucuronique lié en  $\beta$ 1-3 au N-acétyl galactosamine-6-sulfate. Le sulfate de chondroïtine est glycosaminoglycanne. (wikipedia)

# LE COLLAGÈNE

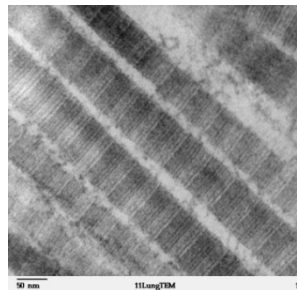
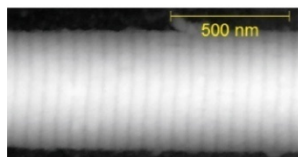
## A. Structure primaire d'une chaîne $\alpha$ de tropocollagène



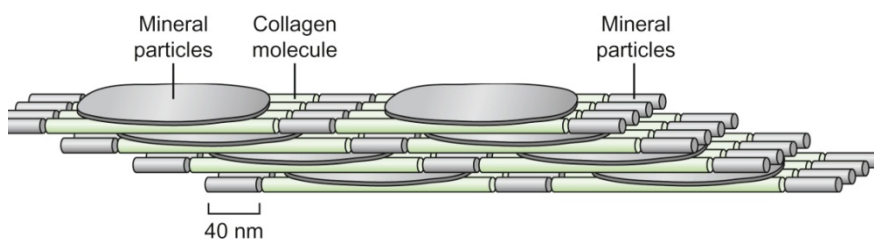
## B. De la chaîne $\alpha$ à la fibre de collagène



## C. Fibre de collagène au microscope électronique



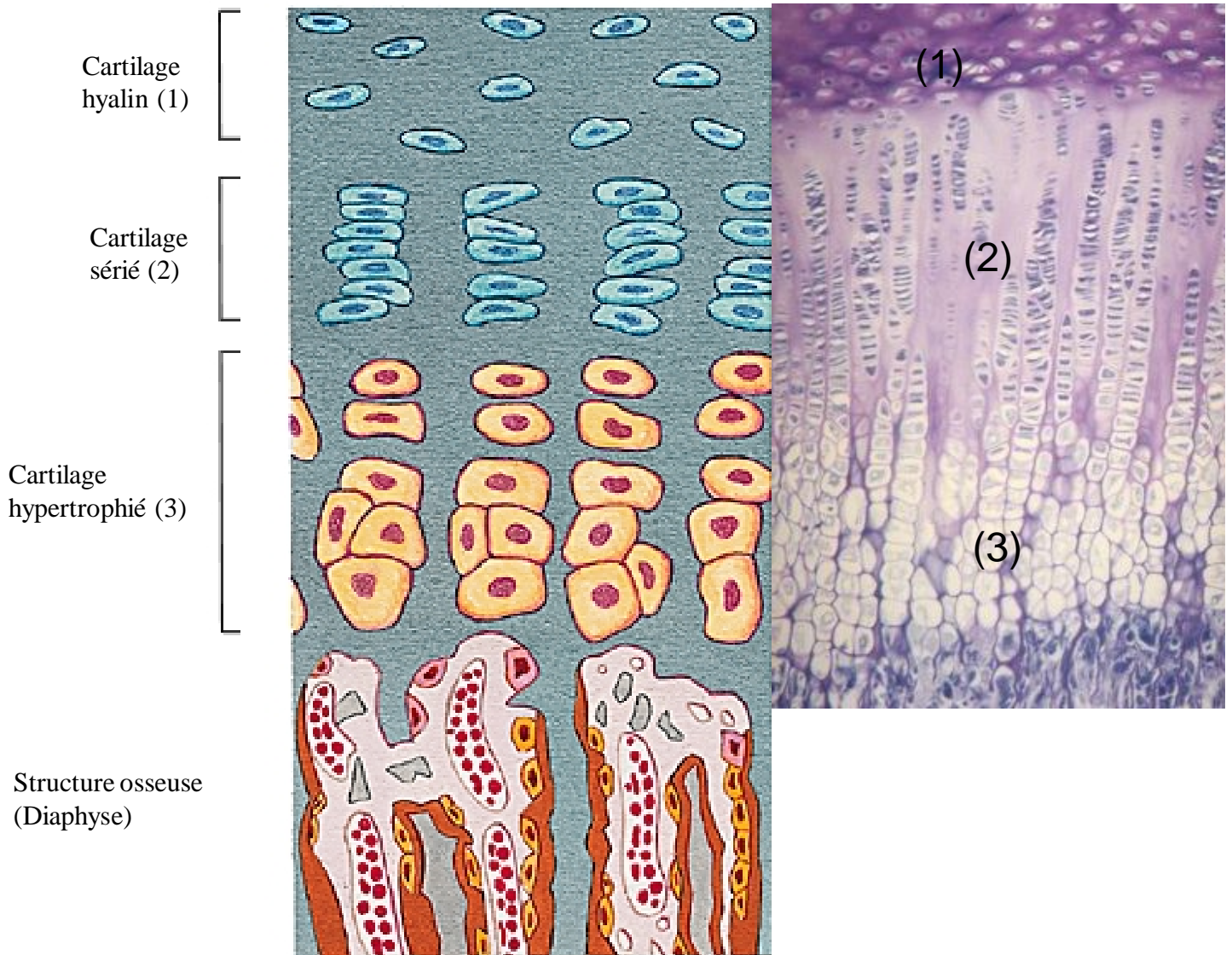
## D. Disposition des phases minérale et organique



**Figure 3 :** **A.)** Le tropocollagène est formé de 3 chaînes  $\alpha$  gauche qui s'assemblent en tripe hélice droite. Chaque chaîne comprend environ 1000 acides aminés qui sont caractérisés par une succession de triplet Gly-X-Y. Les groupes X et Y pouvant être n'importe quel acide aminé mais très souvent ils sont occupés par une proline et hydroxyproline respectivement. L'hydroxyproline réalise des liaisons hydrogène avec l'eau et l'hydroxylysine réalise des liaisons covalentes avec les glucides. **B.)** Les fibres de tropocollagène s'assemblent en une structure appelée fibrille de collagène. L'assemblage de plusieurs fibrilles forme la fibre de collagène. Les fibrilles présentent une alternance de phase sombre et claire due à l'espacement et au décalage des fibres de tropocollagène. **C.)** Fibre de collagène au microscope électronique, notez l'alternance de zones sombres et de zones claires. **D.)** Substance fondamentale osseuse : disposition de la phase minérale parmi les molécules de collagène (wikipedia, Burr & Akkus, 2014).

## CARTILAGE DE CONJUGAISON

Épiphyse



**Figure 3 bis :** Le cartilage de croissance est formé de couches successives individualisables en microscopie optique. Ces cartilages se caractérisent par de nombreuses mitoses de chondrocytes sur le versant diaphysaire, alors que de l'autre coté les chondrocytes sont au repos. La prolifération des chondrocytes permet la formation de colonnes cellulaires verticales (cartilage sérié). Les chondrocytes de forme arrondie deviennent progressivement de plus en plus aplatis. Le volume des chondrocytes augmente ensuite considérablement (Cartilage hyperthrophié). Ces derniers synthétisent du collagène de type X et de la phosphatase alcaline qui sont libérées dans la matrice extra-cellulaire. La phosphatase alcaline permet la libération de phosphate inorganique qui se lie au calcium pour former des cristaux d'hydroxy-apatite, au niveau de la zone de cartilage calcifié. Parallèlement, les chondrocytes hypertrophiques dégèrent et meurent par apoptose.

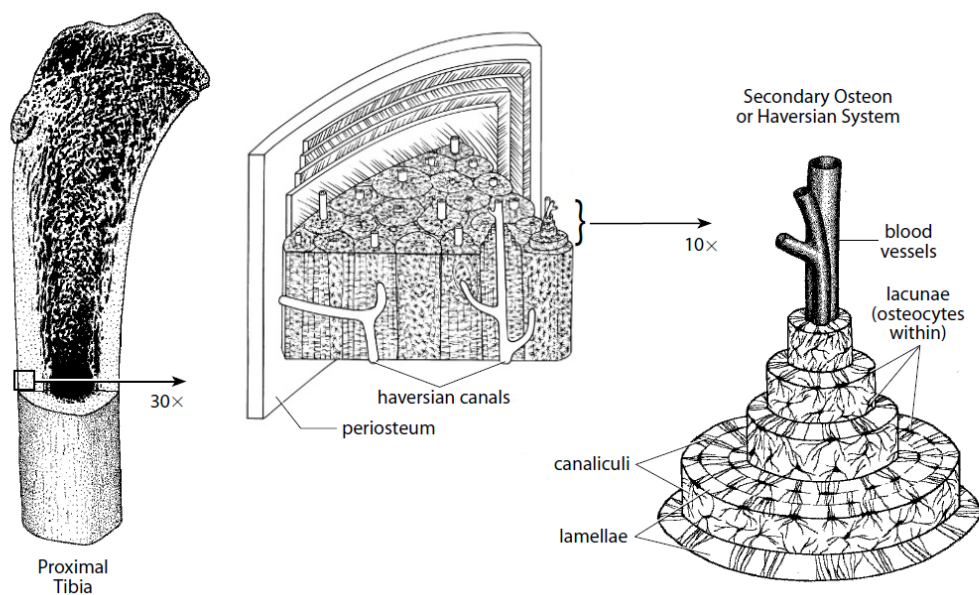
Dans les chondroplastes laissés vide par l'apoptose des chondrocytes et la phagocytose de leurs restes par des ostéoclastes, des capillaires sanguins venus de l'os sous-chondral y pénètrent et amènent des cellules mésenchymateuses indifférenciées issues de la moelle osseuse. Ces cellules se différencient en ostéoblastes ; ces derniers élaborent du tissu osseux qui progressivement remplace le tissu cartilagineux. Ainsi, au fur et à mesure que les cartilages de conjugaison s'accroissent par prolifération des chondrocytes, ils sont remplacés par du tissu osseux.

(d'après <http://www.chups.jussieu.fr/polys/histo/histoP1/POLY.Chp.5.1.2.html>)

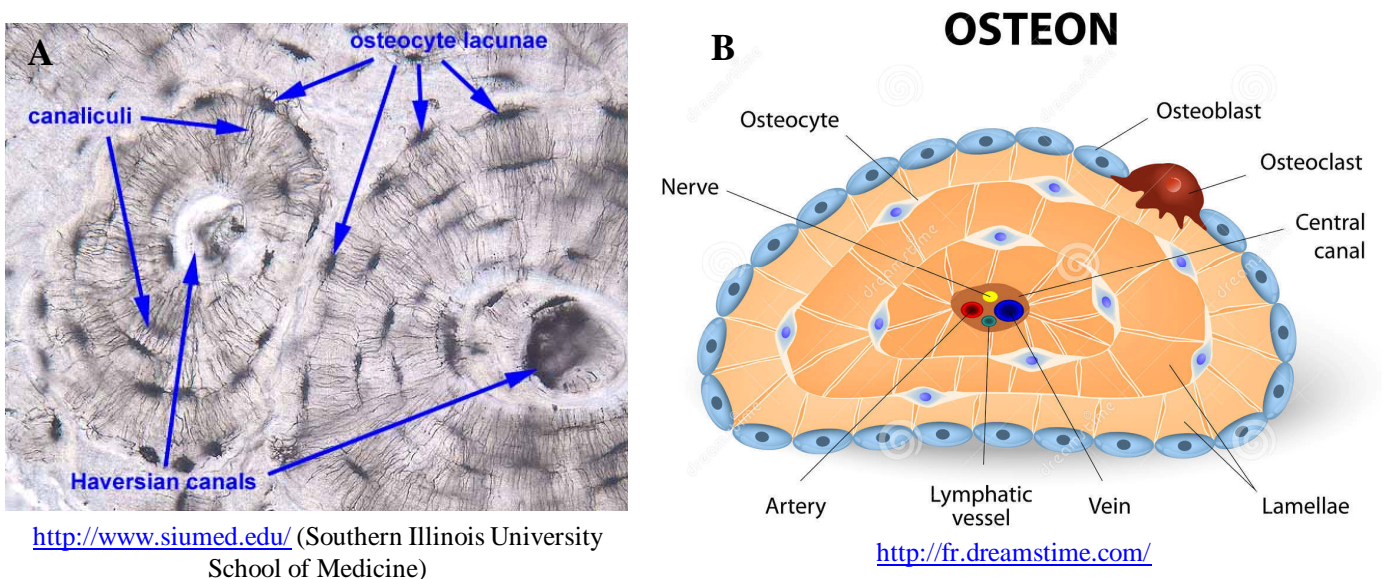
## ANATOMIE ET TISSUS OSSEUX

**Tableau 3 : Les caractéristiques des os réticulaires et lamellaires**

Localisation	Caractéristiques	Type
<b>Os réticulaire</b> - Embryon (100%) - Adulte (zone de réparation de fracture)	- Matrice peu minéralisé, - Collagène déposé sans ordre, - Très nombreux ostéocytes	
<b>Os lamellaire</b> - Vie post-natale	- Fortement minéralisé, - Matrice extracellulaire déposée en lamelles concentriques - Ostéocytes moins nombreux	Os spongieux (trabéculaire) <hr/> Os dense (cortical)

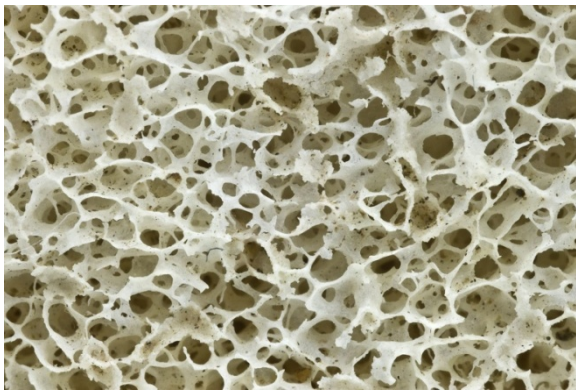


**Figure 4 :** Le tissu osseux cortical, représenté à différentes échelles (White et al., 2012)

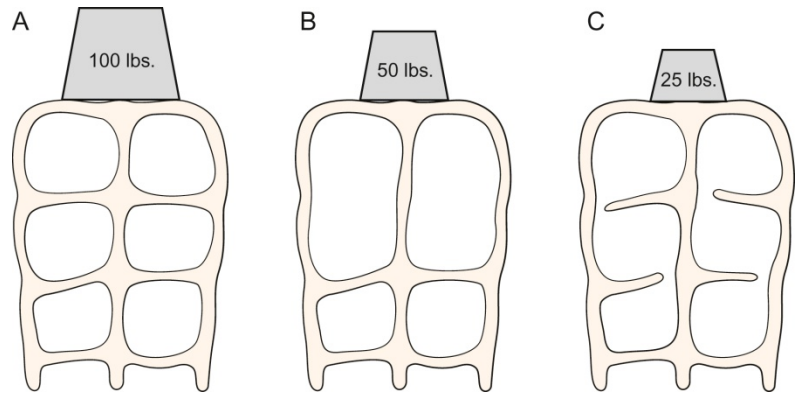


**Figure 5 :** Système de havers (ou ostéon). **A.)** Coupe transversale d'un os long avec 2 ostéons nettement visibles et **B.)** schéma de la structure d'un ostéon

## ANATOMIE ET TISSUS OSSEUX

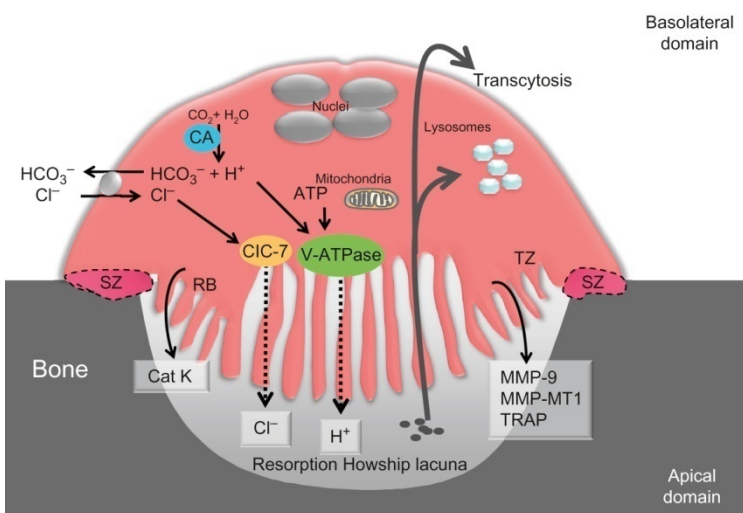
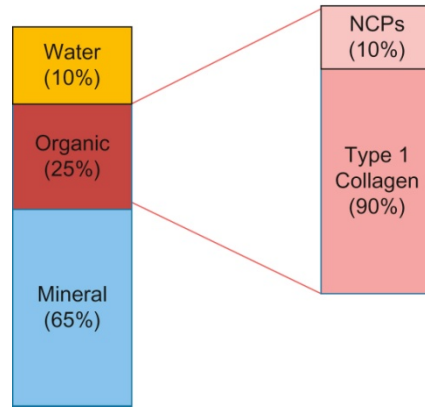


**Figure 6 :** Tissu osseux spongieux (x100)



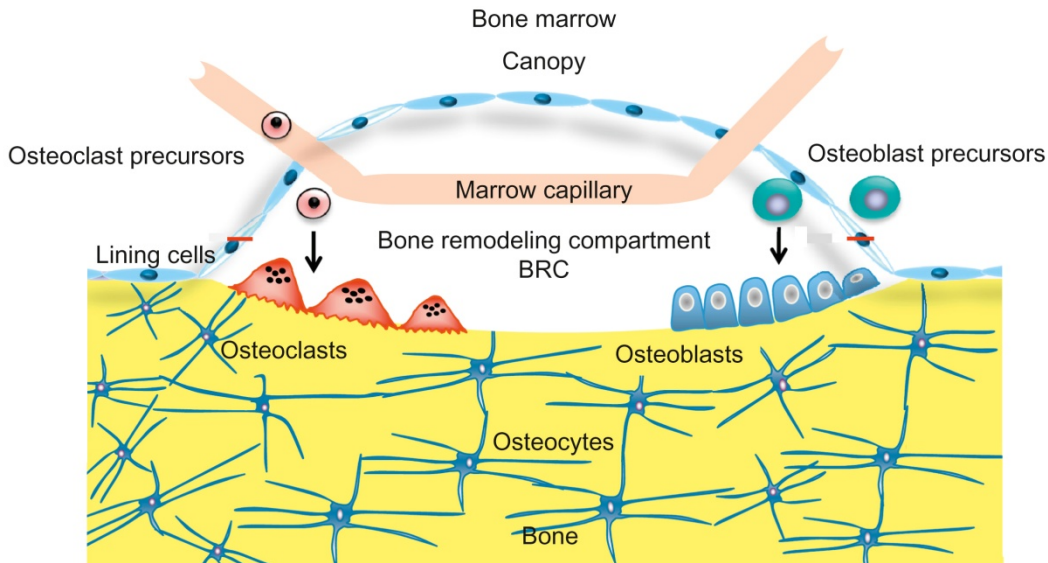
**Figure 7 :** Pour une même quantité osseuse, plus il y a de trabécules formant un réseau continu et plus l'os supportera une charge importante (masse en livre ; 1 livre = 0,45 kg) (Burr & Akkus, 2014)

**Figure 8 :** Les trois domaines constituant le tissu osseux. Ce dernier est composé d'une matrice minérale et organique. La phase organique comprend essentiellement du collagène de type I et des protéines non collagéniques (NCPs) qui contribuent à la minéralisation et à l'adhésion des cellules. Il y a aussi une phase aqueuse qui représente 10% de la masse de l'os (Burr & Allen, 2014).

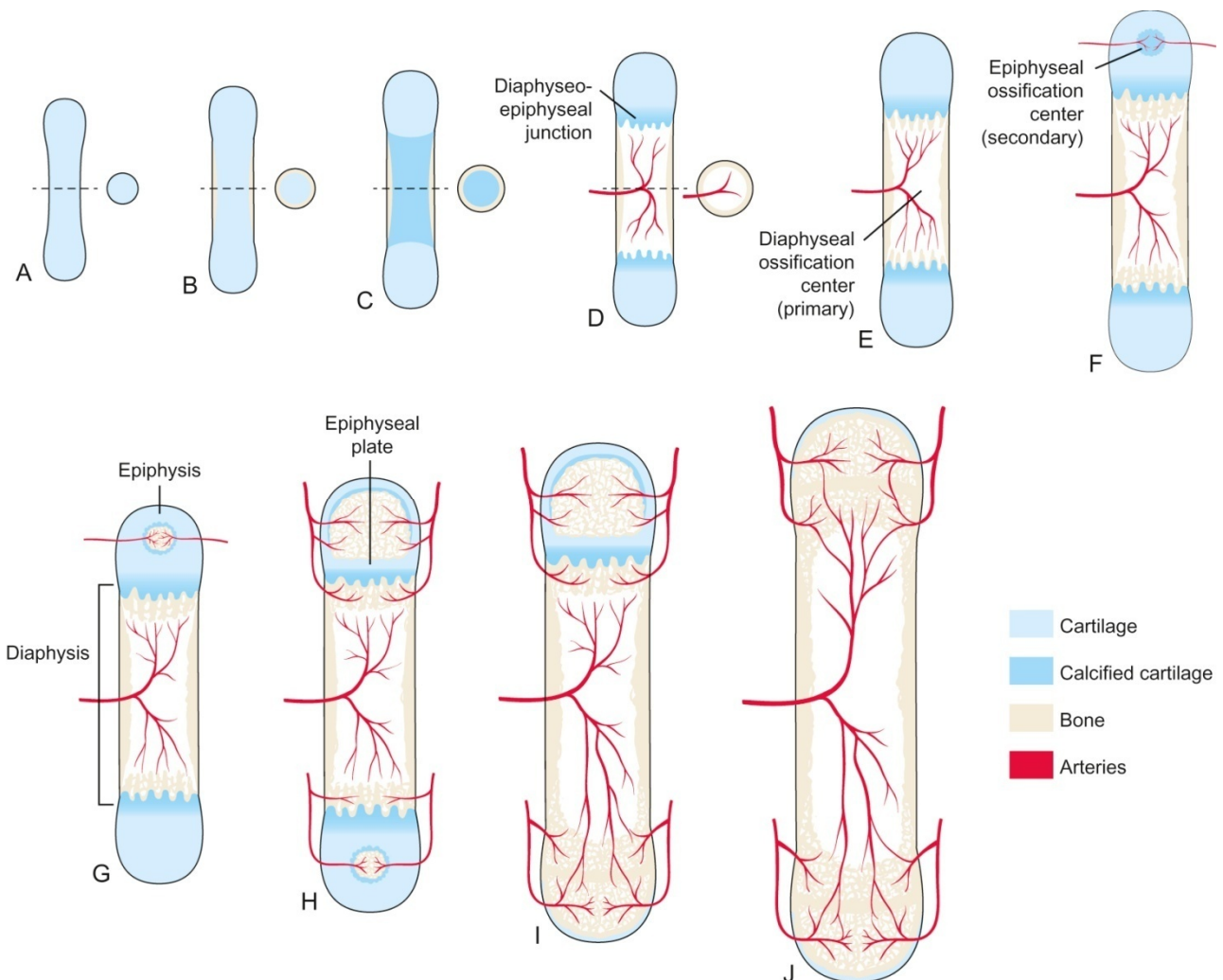


**Figure 9 :** un ostéoclaste vue en coupe. Les noyaux sont à l'extrémité basale. A l'opposé, à l'extrémité apicale il y a une zone d'étanchéité (SZ) localisée sur le bord de la cellule limitant une zone (zone de résorption lacunaire) présentant des invaginations et libérant des protons et ainsi résorbant l'os (Bellido et al. 2014).

## TISSUS OSSEUX & OSSIFICATION ENCHONDRALE



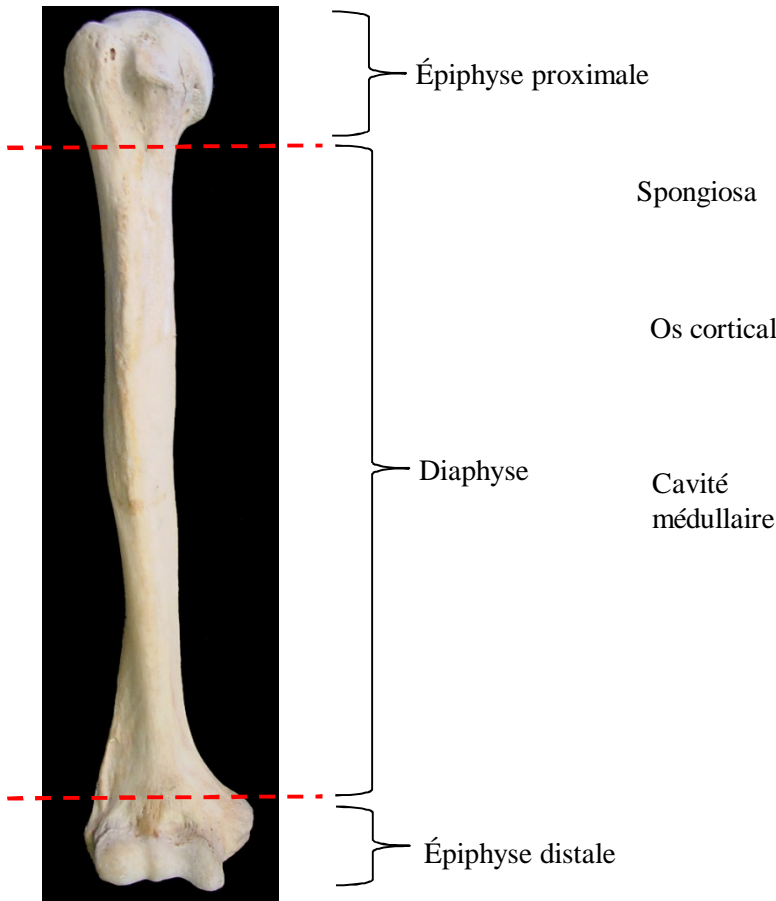
**Figure 9** : Le compartiment du remodelage osseux. Les cellules de revêtements (*lining cells*) sont accolées à la surface de l'os. Dans la zone de remodelage de l'os, les ostéoclastes et les ostéoblastes sont actifs. Dans cette zone, les cellules de revêtement forme un dôme facilitant l'action des cellules osseuses (ostéoblastes et ostéoclastes) (Bellido et al. 2014)..



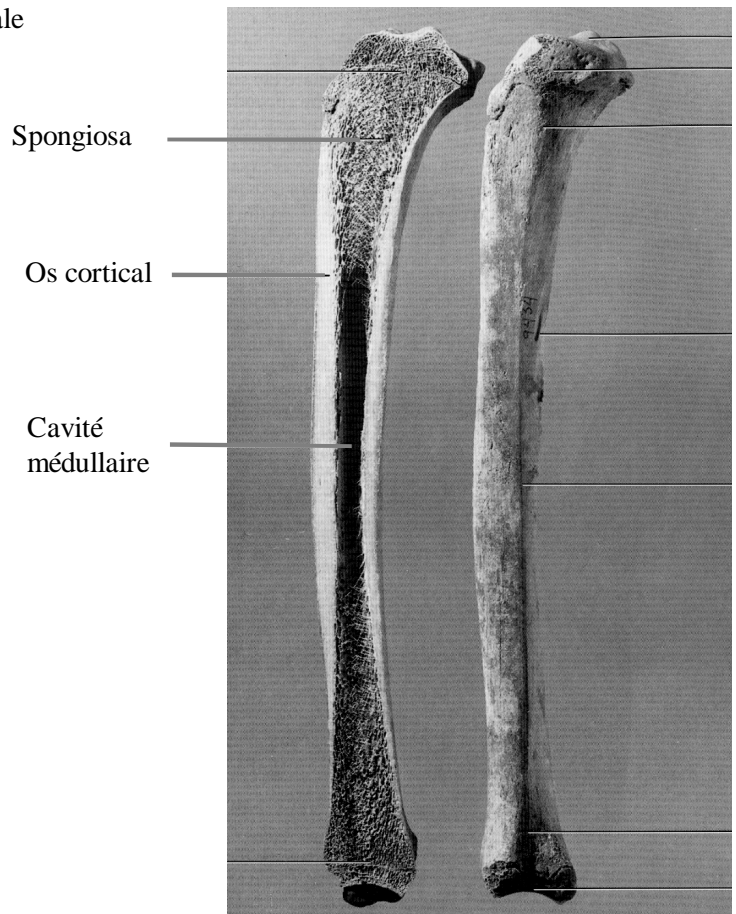
**Figure 13** : L'ossification enchondrale (Allen & Burr, 2014).



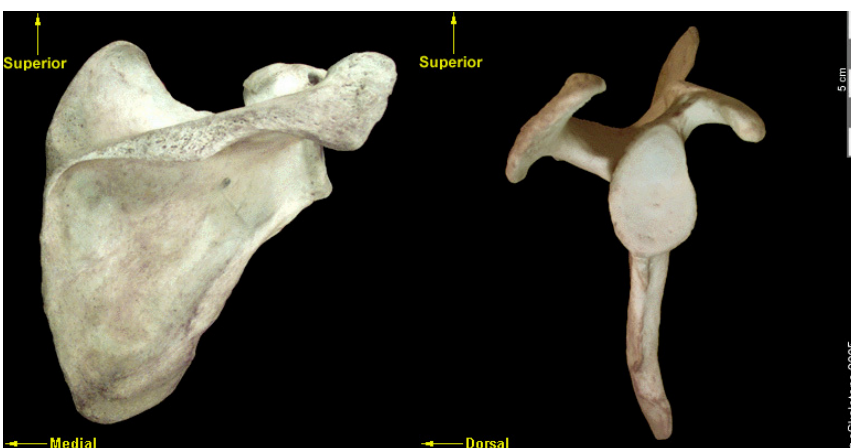
## LES DIFFÉRENTS TYPES OSSEUX



**Figure 10** : Humérus illustrant les trois parties d'un os long.



**Figure 11** : Un tibia (os long) : coupe longitudinale (à gauche) et entier (à droite) (White et al, 2012)



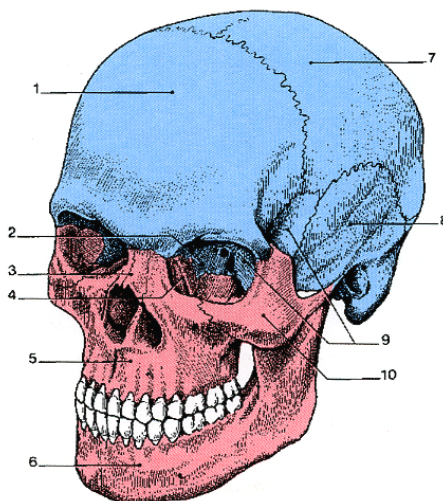
**Figure 12** : Une scapula humaine (os plat), anciennement appelée omoplate, en vue dorsale (à gauche) et en vue latérale (à droite) (<http://www.eskeletons.org>).

## LE SQUELETTE AXIAL : LES OS DU CRÂNE

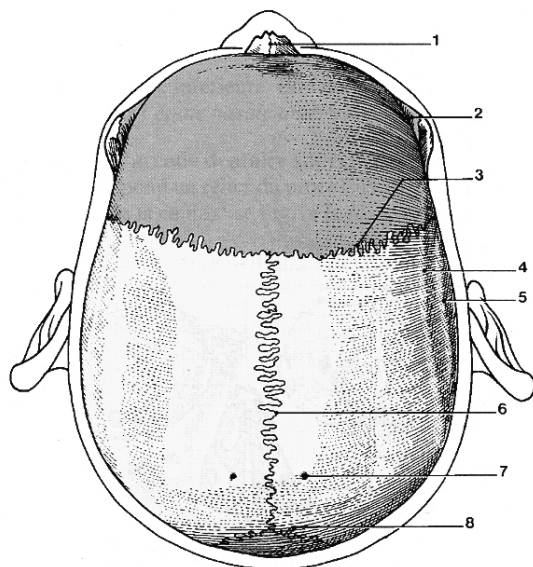
### Os de la tête

*Bleu : les os du crâne  
Rose : les os de la face*

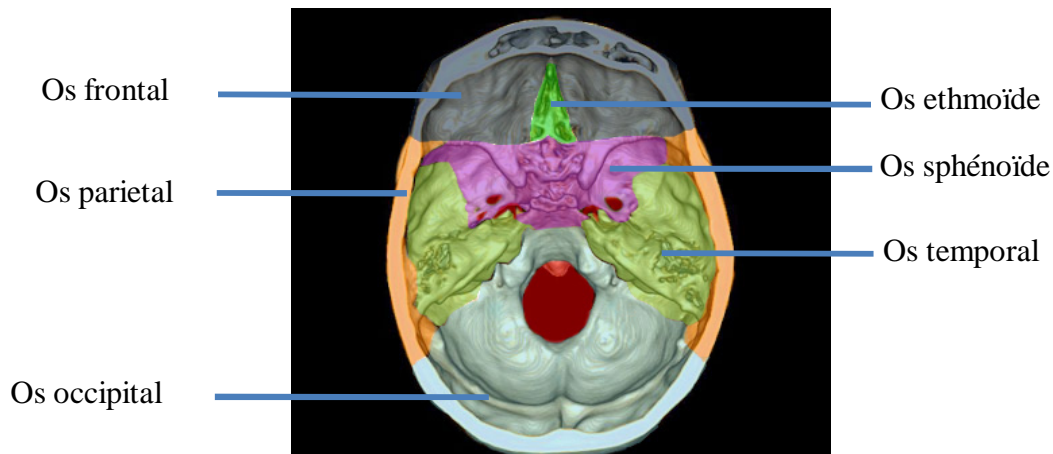
- 1 - frontal
- 2 - ethmoïde
- 3 - os nasal
- 4 - os lacrymal
- 5 - maxillaire
- 6 - mandibule
- 7 - pariétal
- 8 - temporal
- 9 - sphénoïde
- 10 - os zygomatique



**Figure 14 :** La face et le crâne (Kamina, 1995)

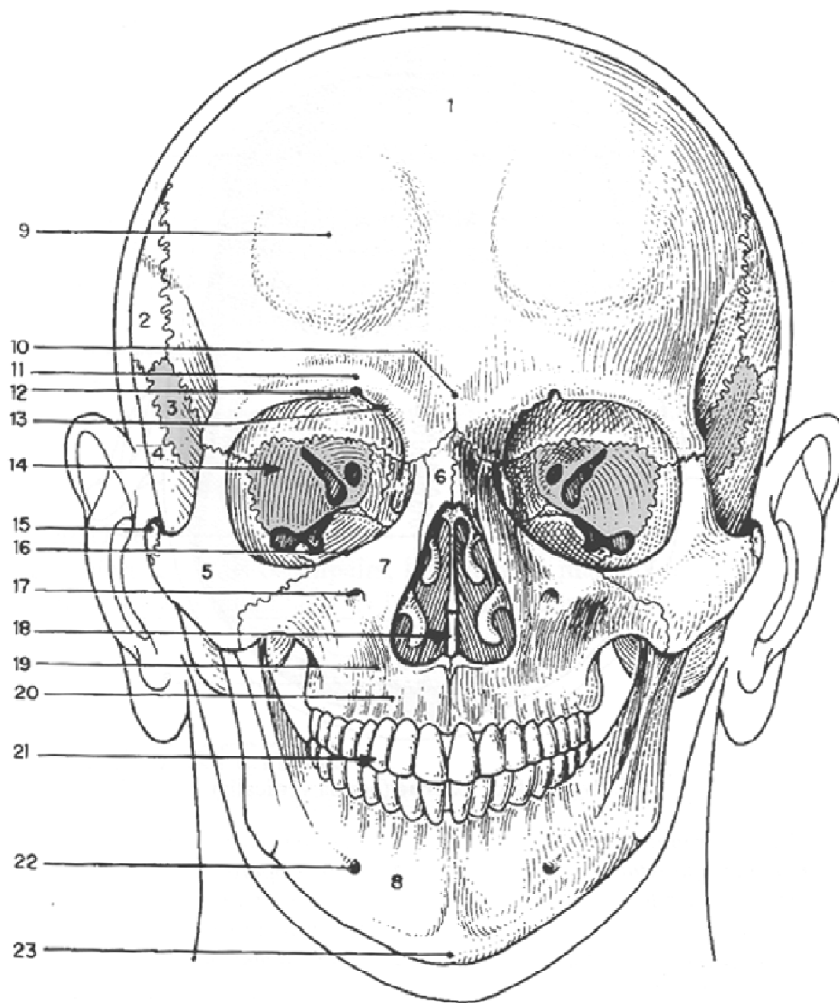


**Figure 15:** Le crâne vue de dessus (Kamina, 1995)



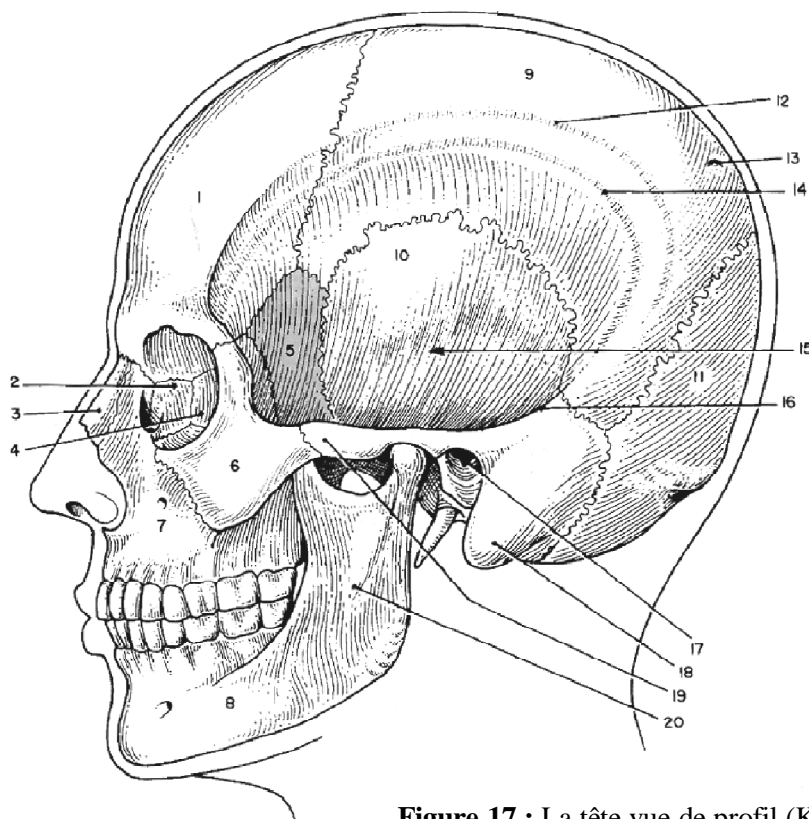
**Figure 18 :** La base du crâne, vue interne

## LE SQUELETTE AXIAL : LES OS DU CRÂNE



- 1 - frontal
- 2 - pariétal
- 3 - sphénoïde (en jaune)
- 4 - temporal
- 5 - os zygomatique
- 6 - os nasal
- 7 - maxillaire
- 8 - mandibule
- 9 - bosse frontale
- 10 - glabelle
- 11 - arcade sourcilière
- 12 - incisure supra-orbitaire
- 13 - incisure frontale
- 14 - orbite
- 15 - arcade zygomatique
- 16 - bord infra-orbitaire
- 17 - foramen infra-orbitaire
- 18 - orifice piriforme
- 19 - fosse canine
- 20 - jugum de la canine
- 21 - arcades dentaires
- 22 - foramen mentonnier
- 23 - protubérance mentonnière

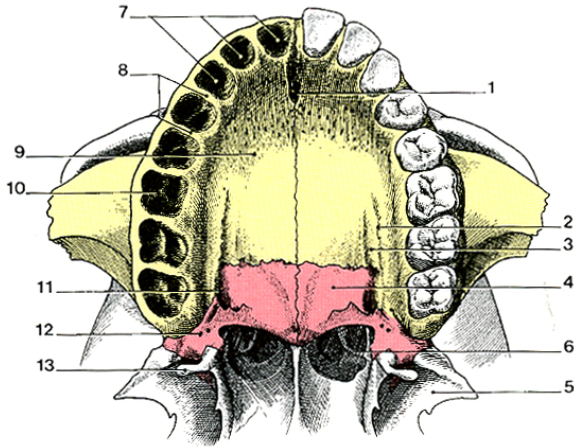
Figure 16 : La tête vue de face (Kamina, 1995)



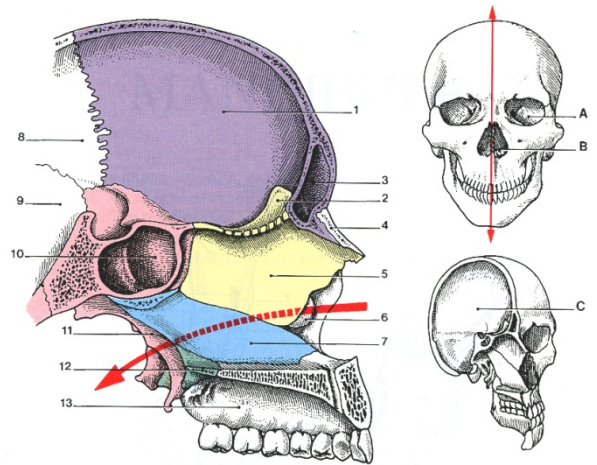
- 1 - frontal
- 2 - os lacrymal
- 3 - os nasal
- 4 - ethmoïde
- 5 - sphénoïde
- 6 - os zygomatique
- 7 - maxillaire
- 8 - mandibule
- 9 - pariétal
- 10 - temporal
- 11 - occipital
- 12 - ligne temporal sup.
- 13 - foramen pariétal
- 14 - ligne temporale inf.
- 15 - fosse temporale
- 16 - crête supra-mastoïdienne
- 17 - méat acoustique externe
- 18 - processus mastoïde
- 19 - arcade zygomatique
- 20 - branche mandibulaire

Figure 17 : La tête vue de profil (Kamina, 1995)

## LE SQUELETTE AXIAL : LES DENTS



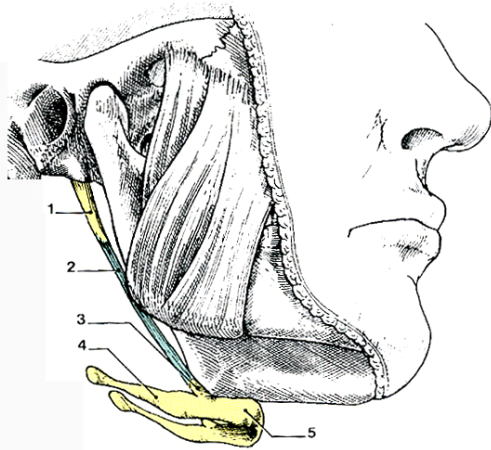
**Figure 19 : Palais osseux**  
(Kamina, 1995)



Partie antérieure des os de la tête (coupe sagittale médiane)

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| A - Cavité orbitaire     | 6 - cornet nasal inférieur |
| B - Cavité nasale        | 7 - vomer                  |
| C - Cavité crânienne     | 8 - pariétal               |
| 1 - écaille du frontal   | 9 - écaille du temporal    |
| 2 - crista galli         | 10 - sinus du sphénoïde    |
| 3 - sinus frontal        | 11 - processus ptérygoïde  |
| 4 - os nasal             | 12 - os palatin            |
| 5 - lame perpendiculaire | 13 - maxillaire            |

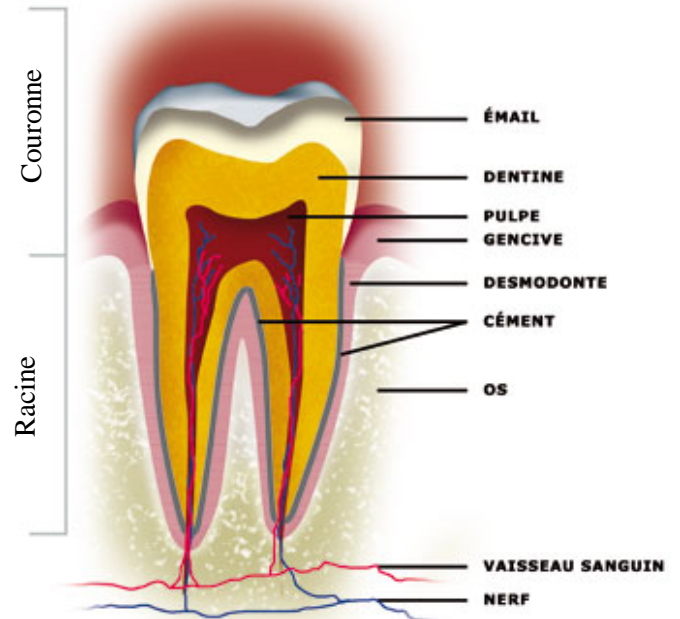
**Figure 20 : Profil interne de la tête**  
(Kamina, 1995)



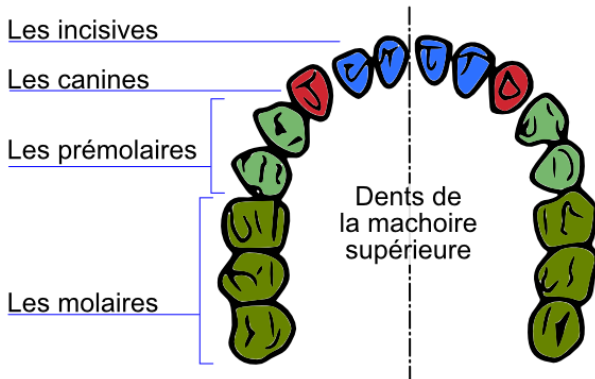
Squelette hyoïdien (cartouche : squelette hyoïdien ossifié)

- |                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| 1 - processus styloïde  | 4 - grande corne |
| 2 - lig. stylo-hyoïdien | 5 - corps        |
| 3 - petite corne        |                  |

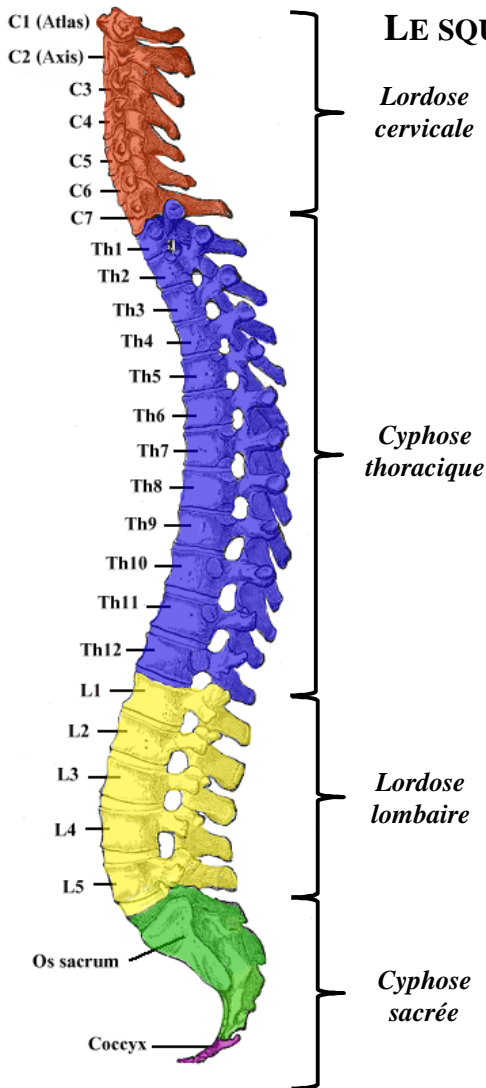
**Figure 21 : L'os hyoïdien**  
(Kamina, 1995)



**Figure 22 : Schéma d'une dent**  
(dr-frederic-huas.chirurgiens-dentistes.fr)

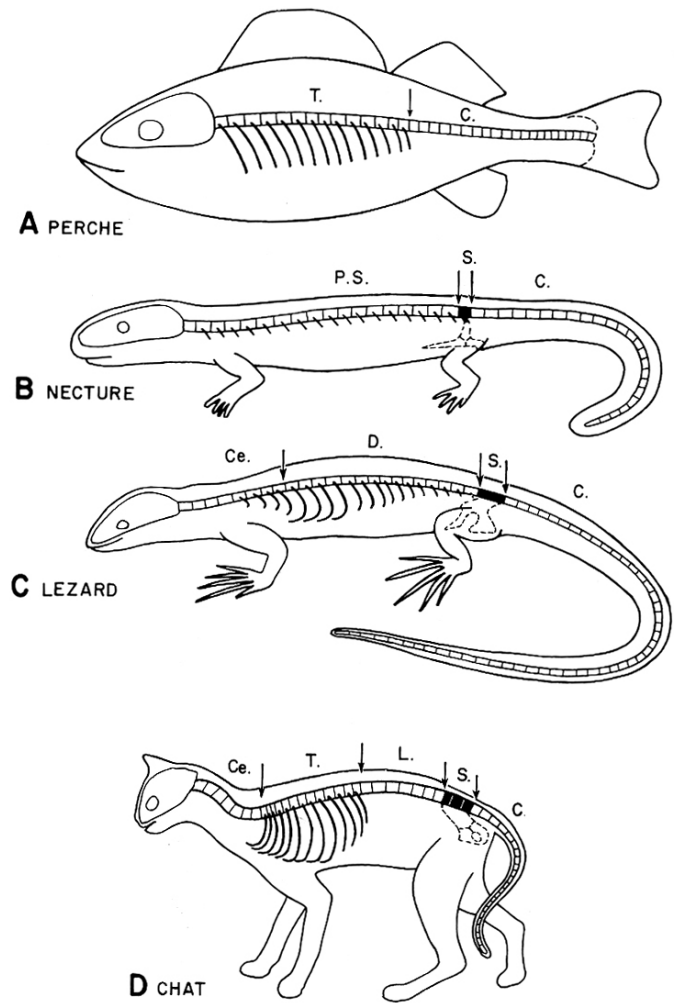


**Figure 23 : L'arc dentaire**  
([www.SVT-EDU.net](http://www.SVT-EDU.net))



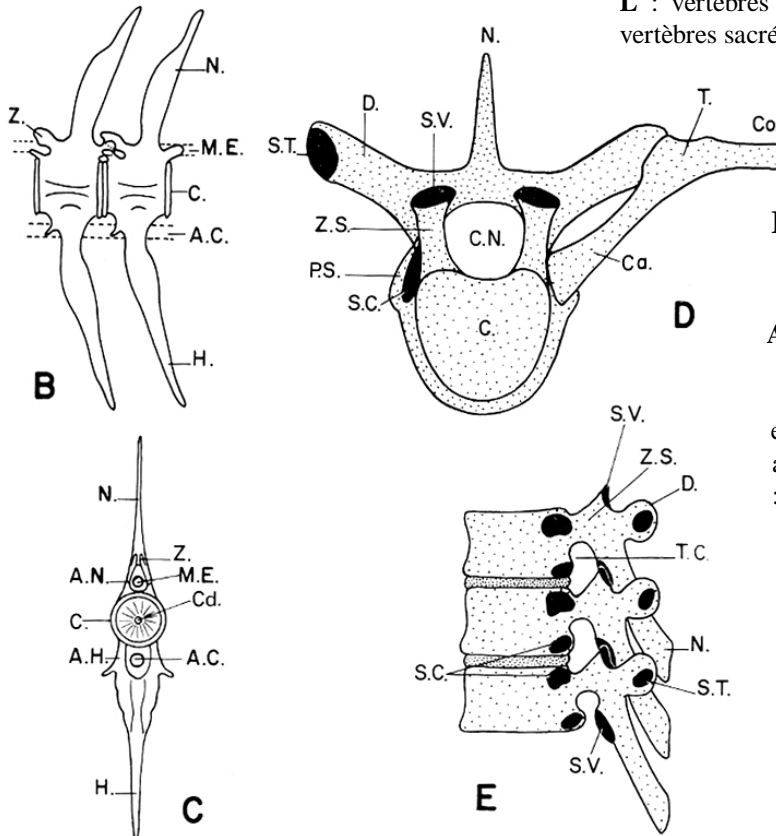
**Figure 24 :** Les différentes parties de la colonne vertébrale et les courbures associées chez l'homme

## LE SQUELETTE AXIAL : LA COLONNE VERTÉBRALE



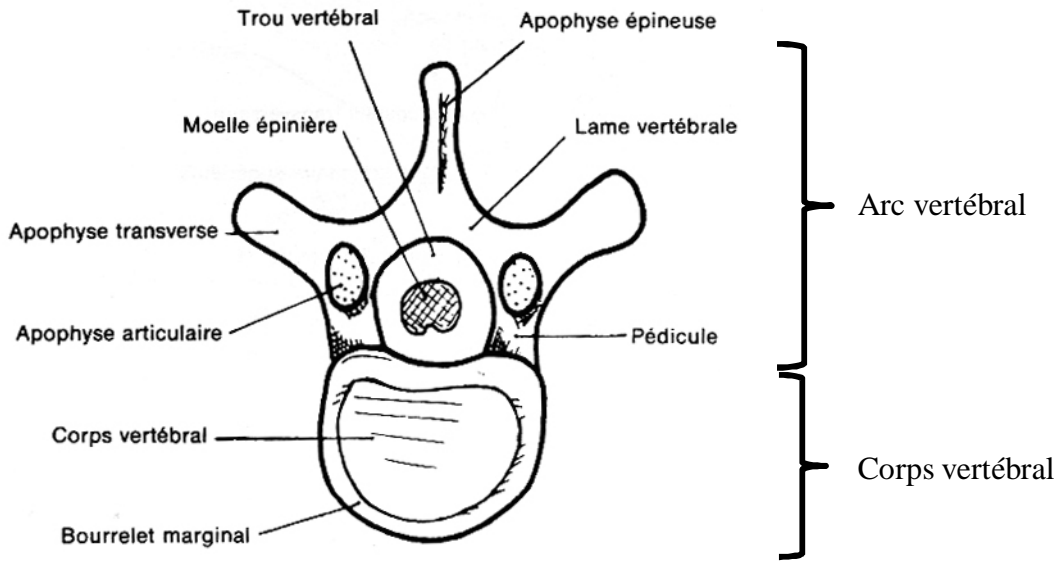
**Figure 25 :** Différenciations régionales de la colonne vertébrale. Le necture un est Urodèle.

**C :** vertèbres caudales ; **Ce :** vertèbres cervicales ; **D :** Vertèbres dorsales ; **L :** vertèbres lombaires ; **PS :** vertèbres pré-sacrés ou dorsales ; **S :** vertèbres sacrés ; **T :** vertèbres thoraciques (Beaumont & Cassier, 1987)



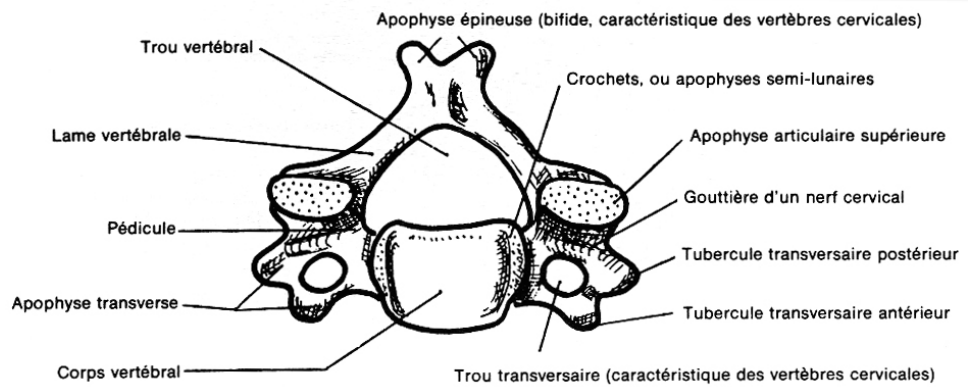
**Figure 26 :** Vertèbres. **B & C :** Vertèbres caudales de Téléostéen ; **D & E :** Vertèbres dorsales humaines

**AC :** Artère caudale ; **AH :** Arc hémal ; **AN :** Arc neural ; **C :** Centre vertébral ; **Cd :** canal cordal ; **CN :** Canal Neural ; **Co, Ca et T :** Côte ; **H :** Hémaphyse ; **ME :** Moelle épinière ; **N :** Neurapophyse ; **SC et ST :** Surface articulaire avec une côte ; **SV :** Surface articulaire intervertébrale ; **TC :** Trou de conjugaison ; **Z :** Zygapophyse ; **ZS :** Zygapophyse supérieure (Beaumont & Cassier, 1987)

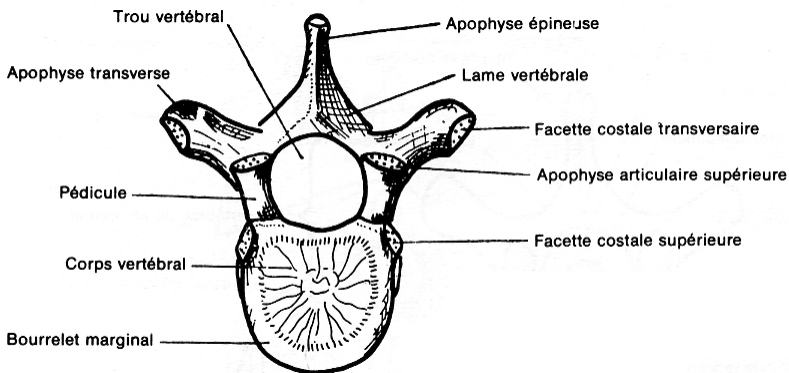


**Figure 27 :** Les différentes parties d'une vertèbre et la localisation de la moëlle épinière chez l'homme (Olivier, 1959).

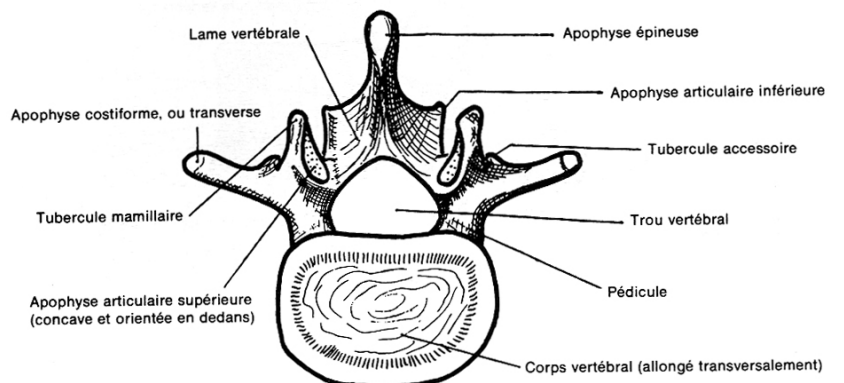
**Figure 28 :** Schéma d'une vertèbre cervicale (Olivier, 1959).

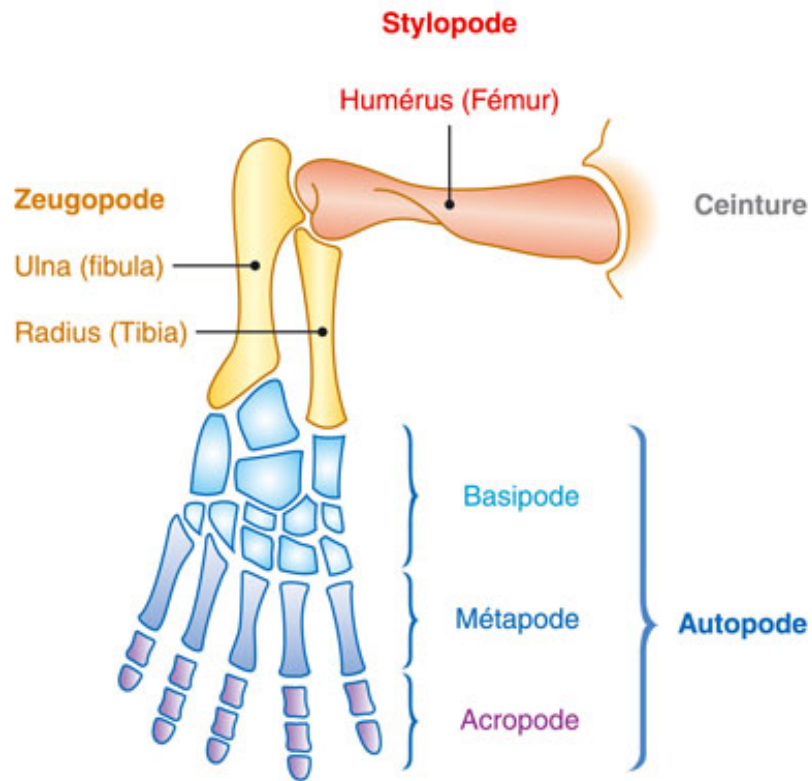


**Figure 29 :** Schéma d'une vertèbre thoracique (Olivier, 1959).

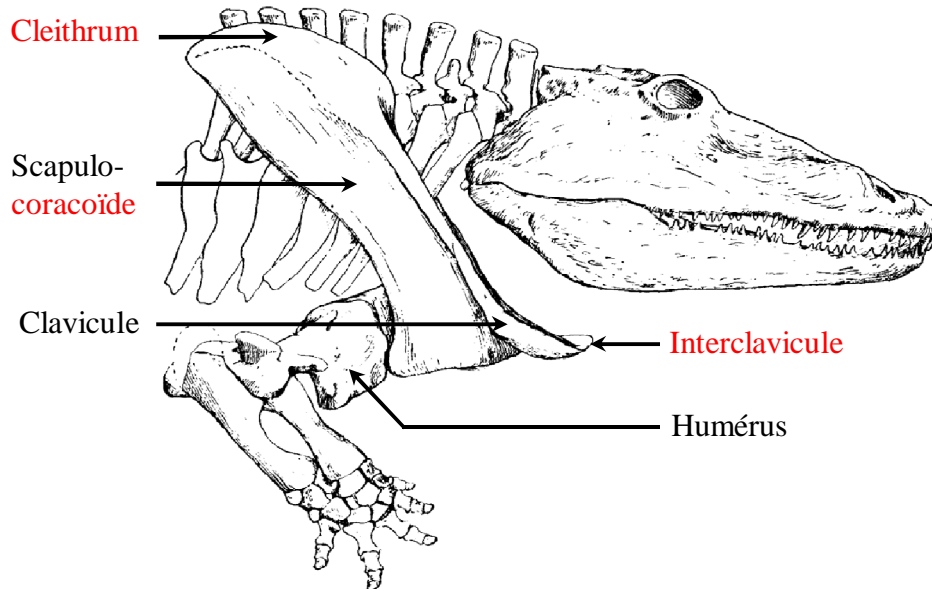


**Figure 30 :** Schéma d'une vertèbre lombaire (Olivier, 1959).

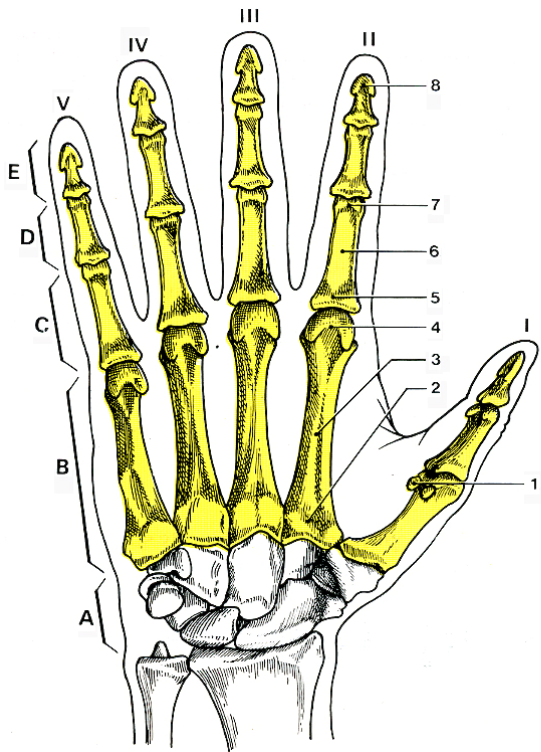




**Figure 31 :** Schéma simplifié des différentes parties du membre chiridien des Tétrapodes



**Figure 32 :** Épaule d'*Eryops* (Permien du Texas). **En rouge :** os n'existant plus chez les mammifères) (Devillers et al., 1976)



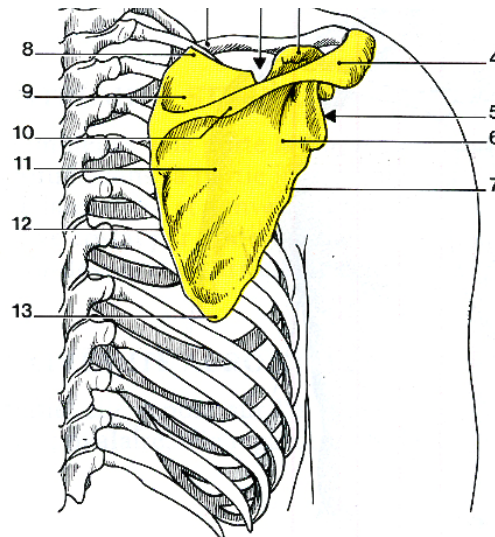
**Os de la main (vue antérieure)**

- A - carpe
- B - métacarpe
- C - phalange proximale
- D - phalange intermédiaire
- E - phalange distale
- F - radiographie du 3<sup>e</sup> doigt

- 1 - os sésamoïde
- 2 - base du métacarpien
- 3 - corps du métacarpien
- 4 - tête du métacarpien
- 5 - base de la phalange
- 6 - corps de la phalange
- 7 - tête de la phalange
- 8 - tubérosité de la phalange distale

**Figure 33 :** Les os de la mains (Kamina, 1995).

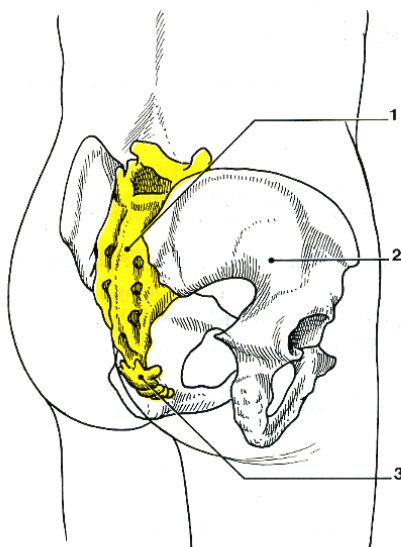
**Figure 34 :** Les os de la ceinture scapulaire (Kamina, 1995).



**Scapula en place (vue postérieure)**

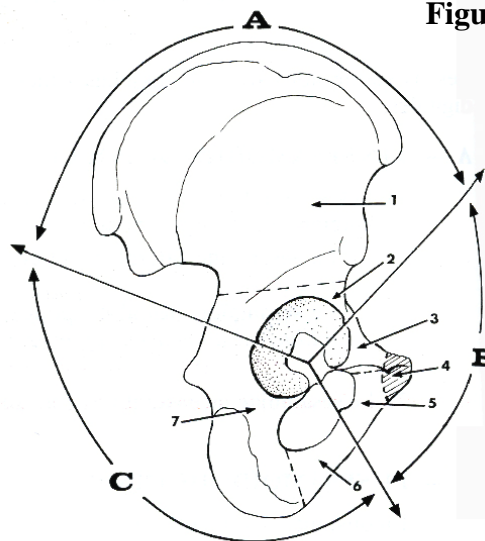
- 1 - clavicule
- 2 - incisure scapulaire
- 3 - épine de la scapula
- 4 - acromion
- 5 - cavité glénoïdale
- 6 - col de la scapula
- 7 - bord axillaire
- 8 - angle supérieur
- 9 - fosse supra-épineuse
- 10 - tubercule du m. trapèze
- 11 - fosse infra-épineuse
- 12 - bord spinal
- 13 - angle inférieur

**Figure 35 :** Le sacrum (à gauche) et l'os coxal (Kamina, 1995).



**Bassin osseux (vue postéro-latérale)**

- 1 - sacrum
- 2 - os coxal
- 3 - coccyx



**Parties de l'os coxal**

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <p><b>A - Ilium</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 - aile</li> <li>2 - corps</li> </ul> | <p><b>B - Pubis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3 - branche supérieure</li> <li>4 - corps</li> <li>5 - branche inférieure</li> </ul> | <p><b>C - Ischium</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>6 - branche</li> <li>7 - corps</li> </ul> |
|---|---|--|