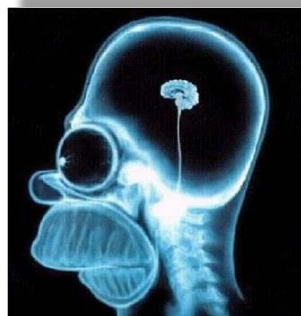


TD OSTÉOLOGIE L3VT

Année scolaire 2017 – 2018

Jean-Luc Voisin
(jeanlucvoisin2004@yahoo.fr)



CARACTÉRISTIQUE DU COLLAGÈNE

Tableau 1 : Les 28 types de collagène, leurs caractéristiques et les gènes associés (Wikipedia, <https://ghr.nlm.nih.gov>)

Type	Description	Gènes (Chromosome)
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 (Chromosome 17) COL1A2 (Chromosome 7)
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 des vertèbres et dans le corps vitré de l'œil.	COL2A1 (Chromosome 12)
III	Constituant des fibres de réticuline trouvées en grande quantité 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 (Chromosome 2)
IV	Spécifique des lames basales et permet des interactions avec les cellules environnantes.	COL4A1 (Chrm 13), COL4A2 (Chrm 13), COL4A3 (Chrm 2), COL4A4 (Chrm 2), COL4A5 (Chrm X), COL4A6 (Chrm X)
V	Localisé dans les tissus conjonctifs, il s'associe au type I afin de limiter le diamètre des fibrilles de collagène de type I.	COL5A1 (Chrm 9), COL5A2 (Chrm 2)
VI	Localisé dans les tissus conjonctifs, il s'associe au collagène de type I.	COL6A1 (Chrm 21), COL6A2 (Chrm 21), COL6A3 (Chrm 2)
VII	Constituant de la lame basale. Il forme des fibrilles permettant l'accrochage de la lame basale au tissu conjonctif sous-jacent. Il est le composant majeur de la membrane limitant l'épiderme et le derme.	COL7A1 (Chrm 3)
VIII	Localisé dans les cellules endothéliales et dans la membrane basale cornéenne et dans la cornée. C'est un collagène court, comme le type X.	COL8A1 (Chrm 3), COL8A2 (Chrm 1)
IX	Localisé dans le cartilage, s'associe au collagène de type II. C'est le collagène le plus flexible.	COL9A1 (Chrm 6), COL9A2 (Chrm 1), COL9A3 (Chrm 20)
X	Localisé dans le cartilage hypertrophié et minéralisé. Il est synthétisé par les chondrocytes hypertrophiques durant l'ossification enchondral. C'est un collagène court comme le type VIII.	COL10A1 (Chrm 6)
XI	Permet de relier les fibrilles de collagène entre-elles. Ce collagène se trouve aussi dans l'oreille interne, dans le corps vitré de l'œil et dans le <i>nucléus pulposus</i> du disque intervertébral des vertèbres.	COL11A1 (Chrm 1), COL11A2 (Chrm 6)
XII	Interagit avec le type I.	COL12A1 (Chrm 6)
XIII	C'est un des rares collagènes non fibrillaires et transmembranaires. Il a un rôle dans les interactions cellules/matrice extracellulaire et cellule/cellule.	COL13A1 (Chrm 10)
XIV		COL14A1 (gène non localisé)
XV	Disséminés; près de la lame basale des muscles.	COL15A1 (gène non localisé)
XVI		COL16A1 (gène non localisé)
XVII	C'est une protéine transmembranaire qui se fixe les hémidesmosomes de l'épiderme et servent à ancrer l'épiderme aux tissus sous-jacents.	COL17A1 (Chrm 10)
XVIII	C'est l'un des collagènes retrouvés au niveau de la couche fibrillaire des membranes basales et il est indispensable au développement normal de l'œil. C'est un précurseur de l'endostatine.	COL18A1 (Chrm 21)
XIX		COL19A1 (gène non localisé)
XX		COL20A1 (gène non localisé)
XXI		COL21A1 (gène non localisé)
XXII		COL22A1 (gène non localisé)
XXIII		COL23A1 (gène non localisé)
XXIV		COL24A1 (gène non localisé)
XXV	C'est un collagène des membranes cérébrales qui semble avoir une action dans les encéphalopathies spongiformes (Creutzfeld-Jakob, Kuru, etc.)	COL25A1 (Chrm 4)
XXVII	Joue un rôle lors de la calcification du cartilage et de la transition du cartilage vers l'os.	COL27A1 (Chrm 9)
XXVIII		COL28A1 (gène non localisé)

CARACTÉRISTIQUE DE L'ÉLASTINE

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

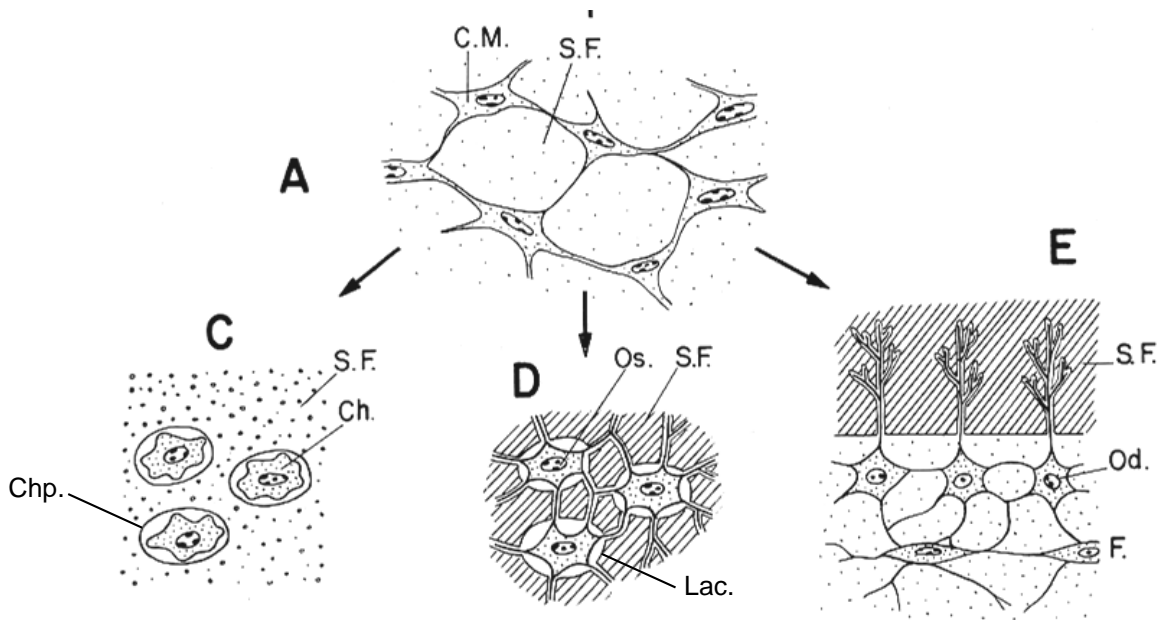
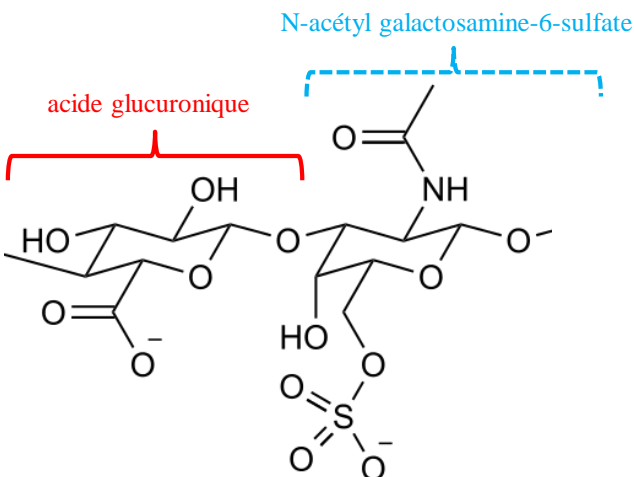


Figure 1 Les tissus squelettiques et leur origine embryonnaire. **A** : *Mésenchyme embryonnaire* (S.F. : substance fondamentale & C.M. : cellule mésenchymateuse) ; **C** : *Tissu cartilagineux* (S.F. : substance fondamentale, Ch. : chondrocyte & Chp. : chondroplaste (logette contenant un chondrocyte)) ; **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)



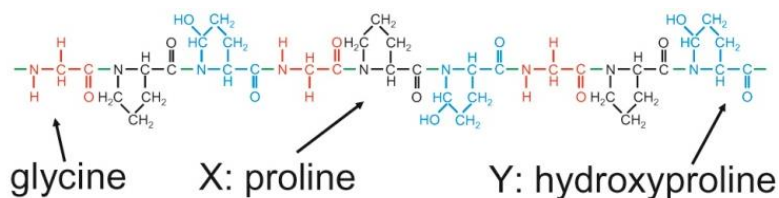
Remarques sur les glycosaminoglycannes

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 sulfatées (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).

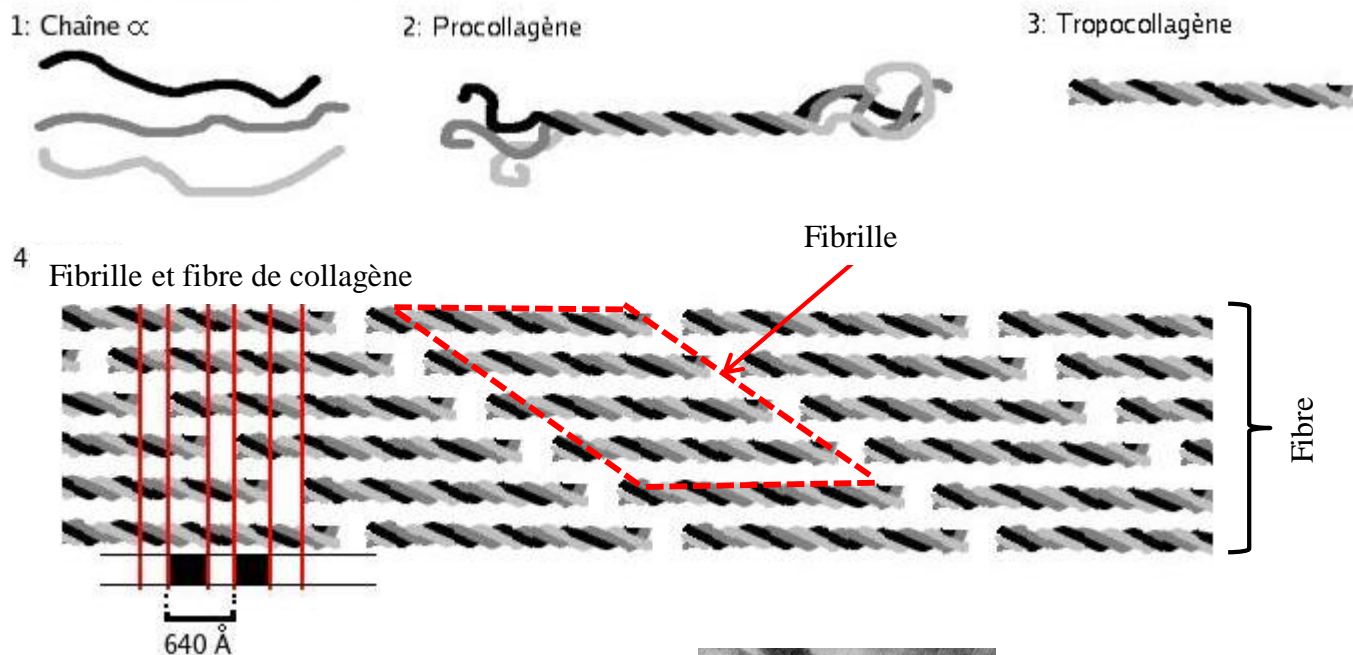
Figure 2 : Unité structurale du sulfate de chondroïtine (un glycosaminoglycanne) qui est constitué d'un acide glucuronique lié en β1-3 au N-acétyl galactosamine-6-sulfate. Le sulfate de chondroïtine est glycosaminoglycanne (wikipedia).

LA STRUCTURE DU COLLAGÈNE

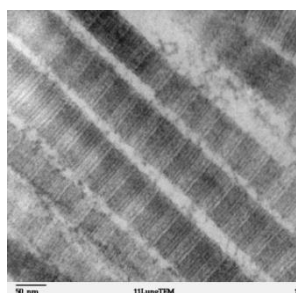
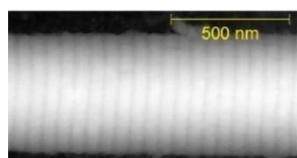
A. Structure primaire d'une chaîne α de tropocollagène



B. De la chaîne α à la fibre de collagène



C. Fibre de collagène au microscope électronique



D. Disposition des phases minérale et organique

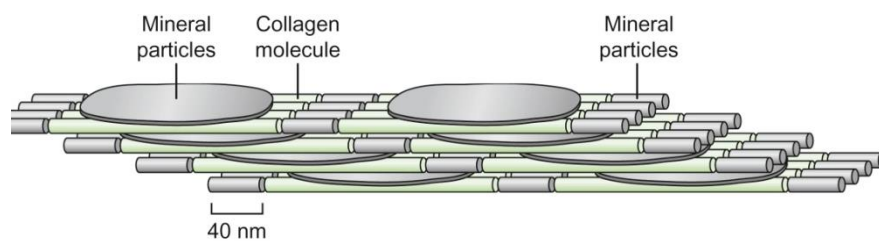


Figure 3 : A.) Le tropocollagène est formé de 3 chaînes α gauche qui s'assemblent en triple hélice droite. Chaque chaîne comprend environ 1000 acides aminés qui sont caractérisés par une succession de triplet Gly-X-Y. Les groupes X et Y pouvant être n'importe quel acide aminé mais très souvent ils sont occupés par une proline et hydroxyproline respectivement. Un autre acide aminé fréquent est l'hydroxylysine. L'hydroxyproline réalise des liaisons hydrogène avec l'eau et l'hydroxylysine réalise des liaisons covalentes avec les glucides. B.) Les molécules de tropocollagène s'assemblent côte à côte mais avec un décalage, jusqu'à s'assembler en une fibrille de 50 nm de diamètre. Les fibrilles présentent une alternance de phase sombre et claire due à l'espacement et au décalage des fibres de tropocollagène. L'espace laissé libre entre deux molécules de tropocollagène est occupé par de l'hydroxyapatite. L'assemblage de plusieurs fibrilles forme une fibre de collagène. 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

Cartilage
hyalin (1)

Cartilage
sérié (2)

Cartilage
hypertrophié (3)

Structure osseuse
(Diaphyse)

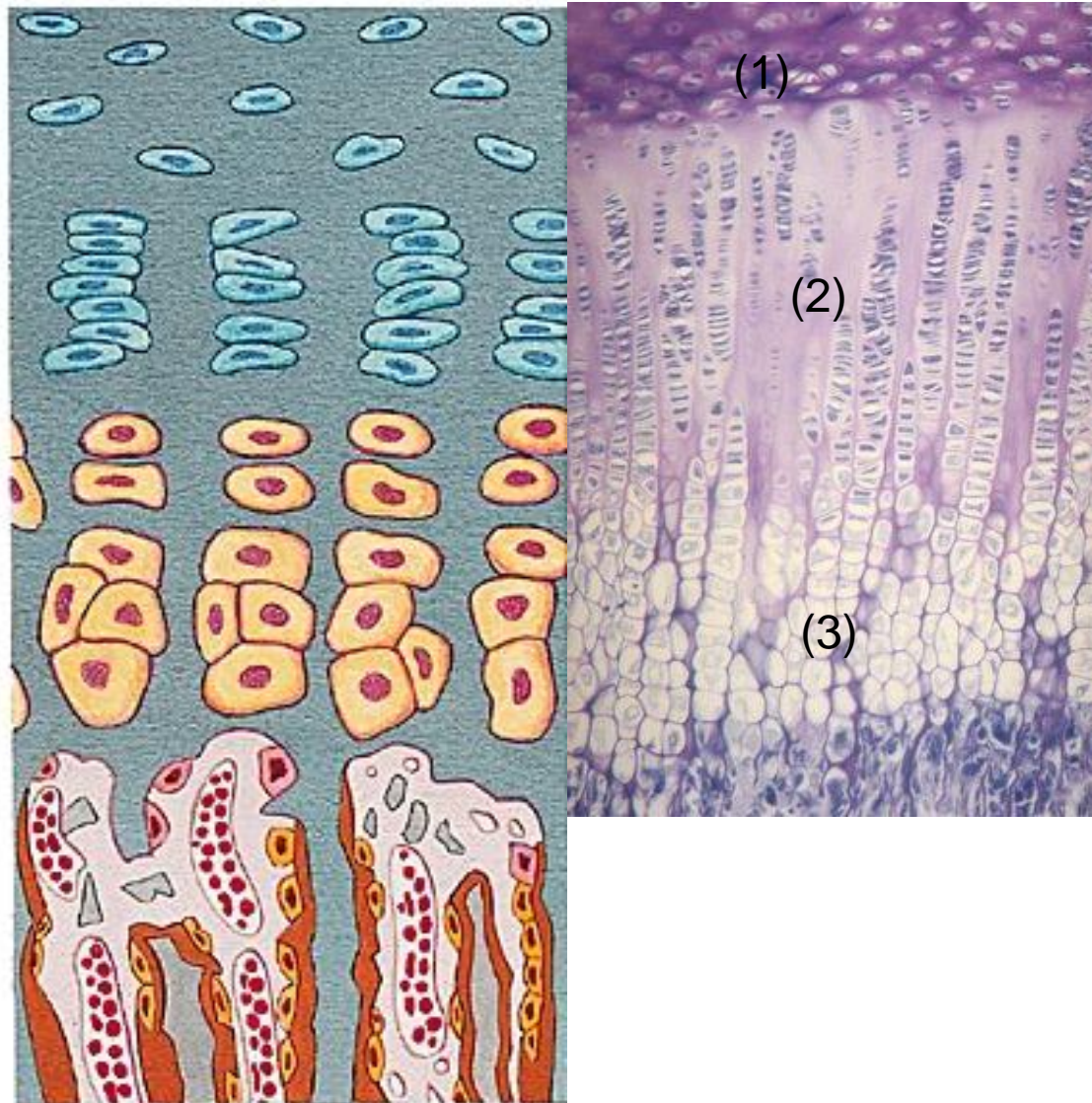


Figure 3 bis : Le cartilage de croissance est formé de couches successives individualisables en microscopie optique. Ces cartilages se caractérisent par de nombreuses mitoses de chondrocytes sur le versant diaphysaire, alors que de l'autre côté les chondrocytes sont au repos. La prolifération des chondrocytes 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 hypertrophié). Ces derniers synthétisent du collagène de type X et de la phosphatase alcaline qui sont libérées dans la matrice extracellulaire. 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
Os réticulaire	- Embryon (100%) - Adulte (zone de réparation de fracture)	- Matrice peu minéralisé, - Collagène déposé sans ordre, - Très nombreux ostéocytes	
Os lamellaire	- Vie post-natale	- Fortement minéralisé, - Matrice extracellulaire déposée en lamelles concentriques	Os spongieux (trabéculaire)
		- Ostéocytes moins nombreux	Os dense (cortical)

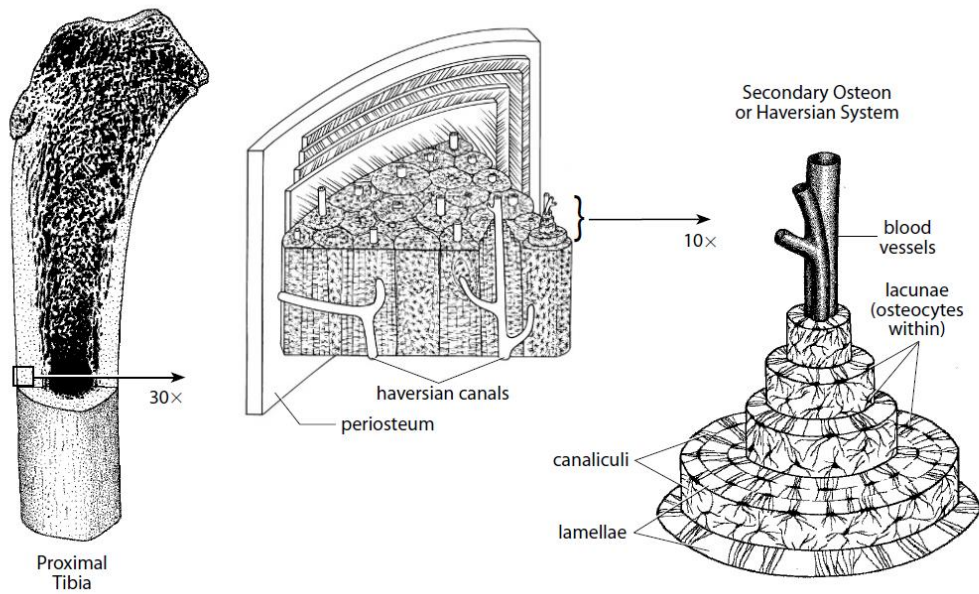
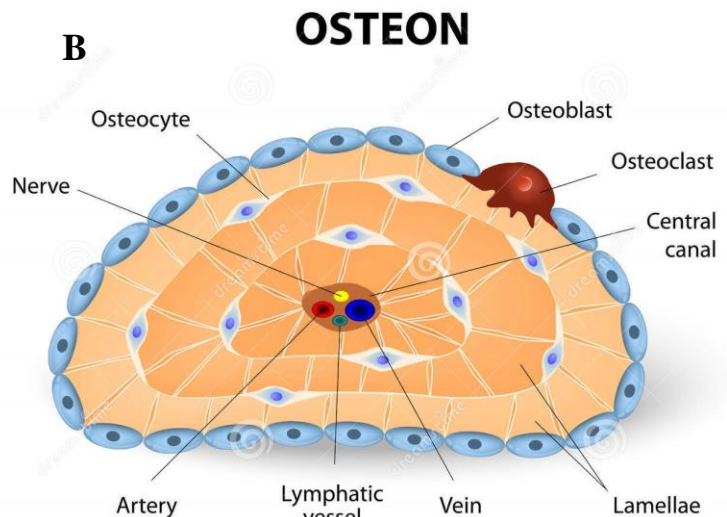
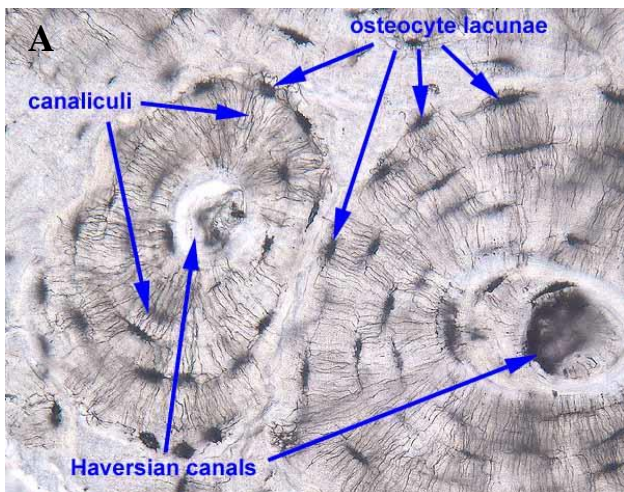


Figure 4 : Le tissu osseux cortical, représenté à différentes échelles (White et al., 2012)



<http://www.siumed.edu/> (Southern Illinois University School of Medicine)

<http://fr.dreamstime.com/>

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

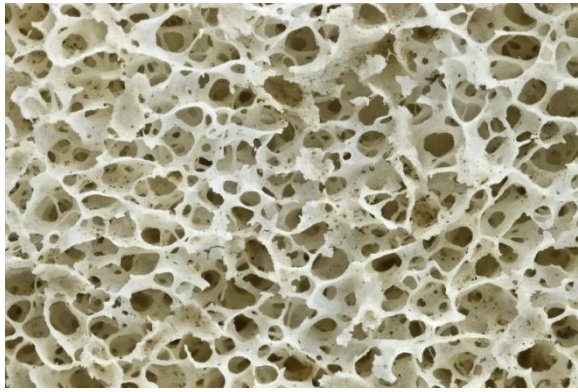


Figure 6 : Tissus osseux spongieux (x100)

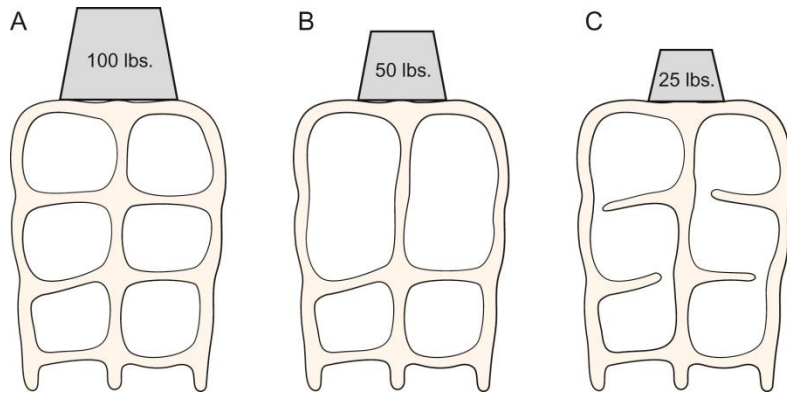


Figure 7 : Pour une même quantité osseuse, plus il y a de trabécules formant un réseaux continu et plus l'os supportera une charge importante (masse en livre ; 1 livre = 0,45 kg) (Burr & Akkus, 2014)

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).

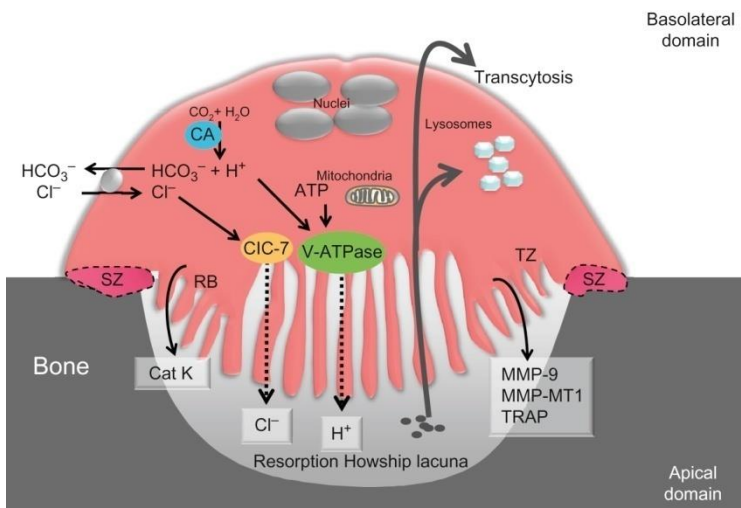
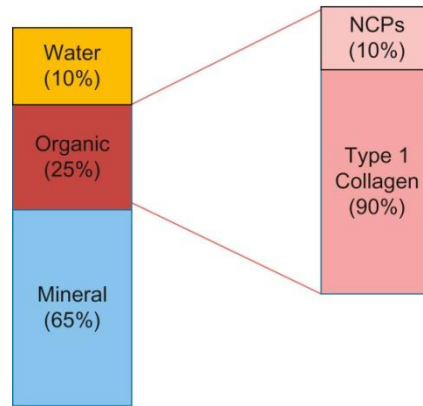


Figure 9 : un ostéoclaste vue en coupe. Les noyaux sont à l'extrémité apicale. A l'opposé, à l'extrémité basale il y a une zone d'étanchéité (SZ) localisée sur le bord de la cellule limitant la zone de résorption lacunaire (lacune de Howship). Cette dernière permet à des invaginations de l'ostéoclaste de se développer et de libérer des protons qui ainsi résorbent l'os (Bellido et al. 2014).

TISSUS OSSEUX & OSSIFICATION ENCHONDRALE

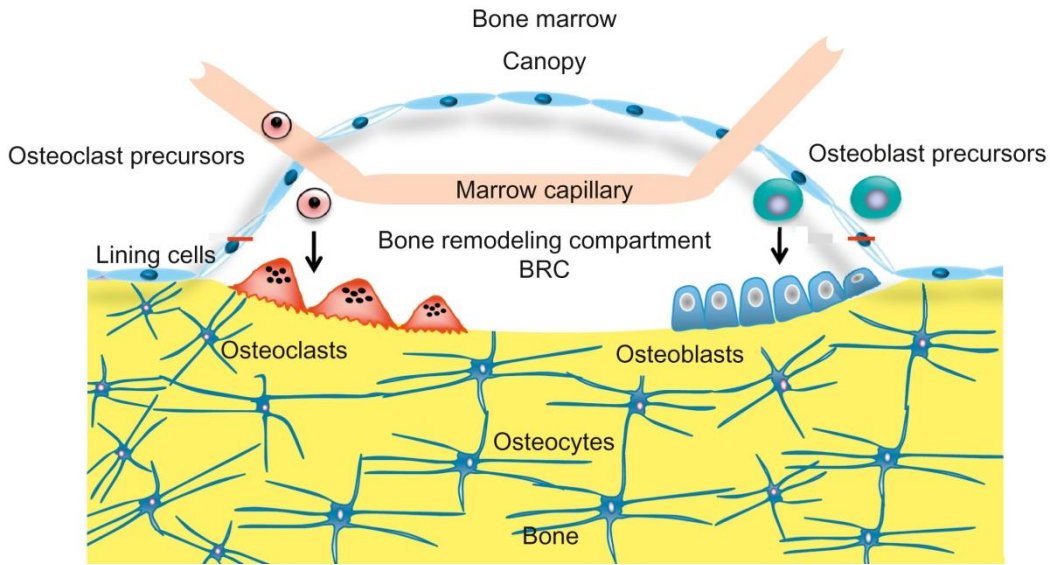


Figure 9 bis : Le compartiment du remodelage osseux. Les cellules bordantes (*lining cells*) sont accolées à la surface de l'os. Dans la zone de remodelage de l'os, les ostéoclastes et les ostéoblastes sont actifs. Dans cette zone, les cellules bordantes forment un dôme facilitant l'action des cellules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

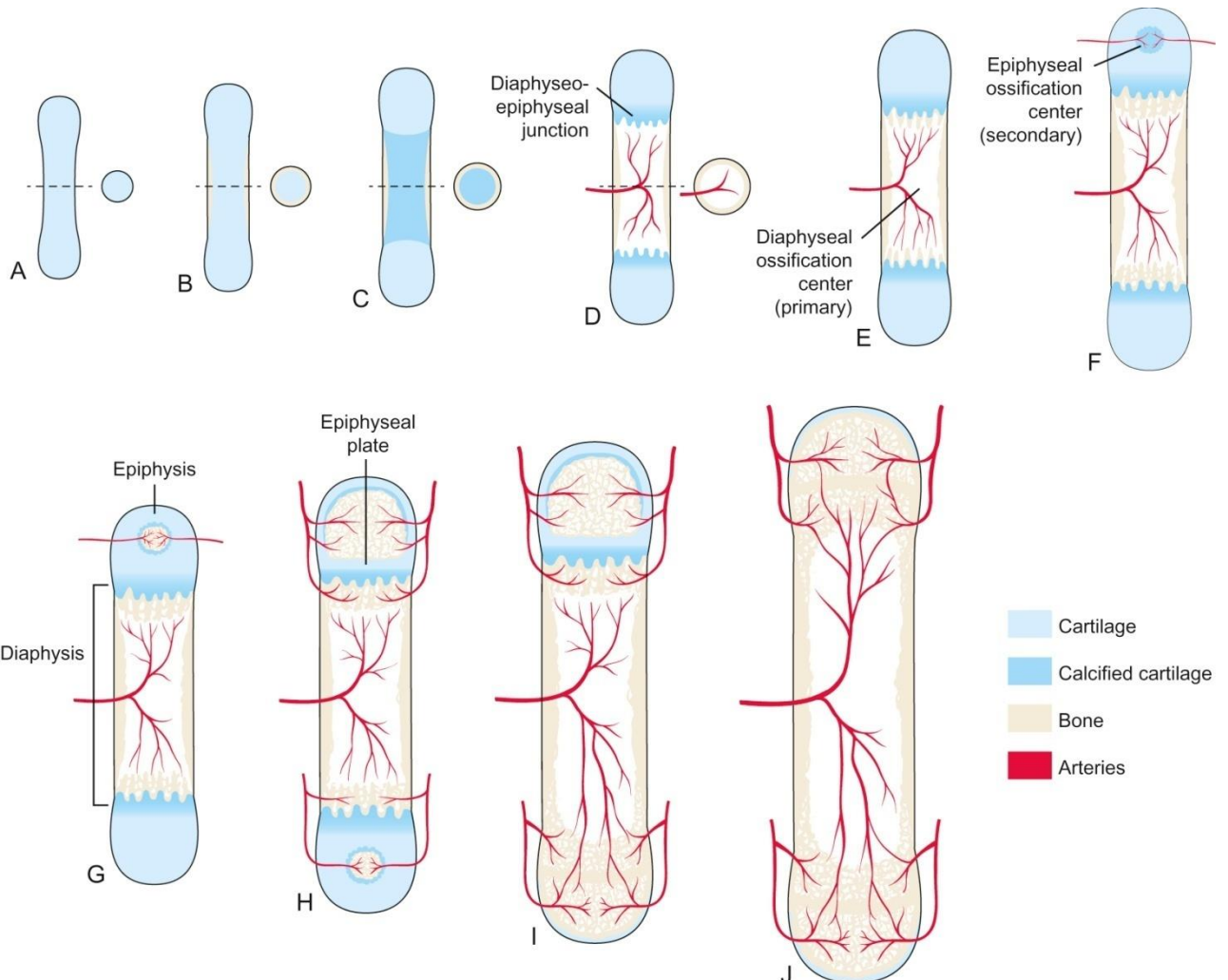


Figure 13 : L'ossification enchondrale (Allen & Burr, 2014).

LES DIFFÉRENTS TYPES OSSEUX

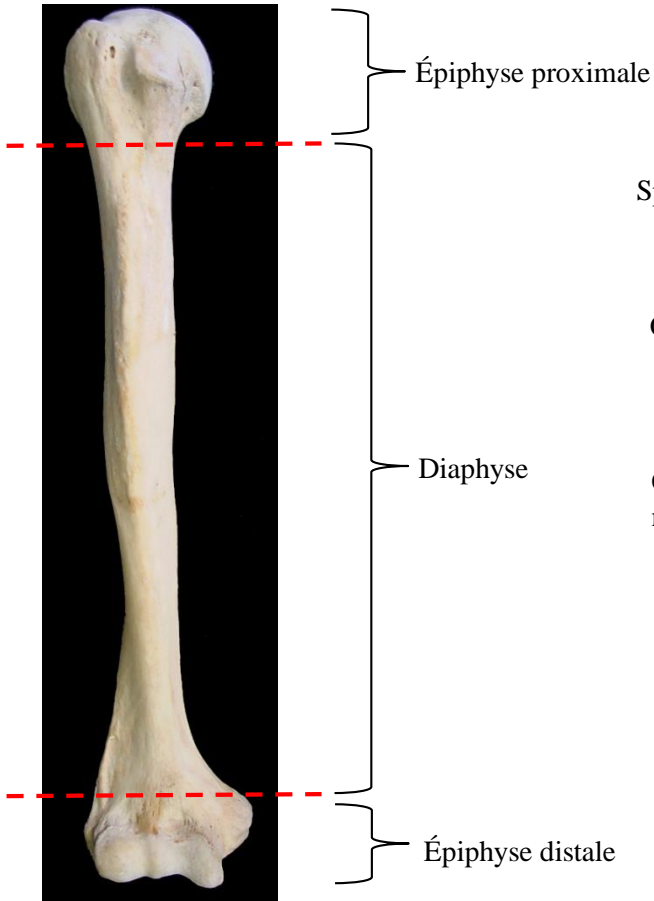


Figure 10 : Humérus illustrant les trois parties d'un os long.

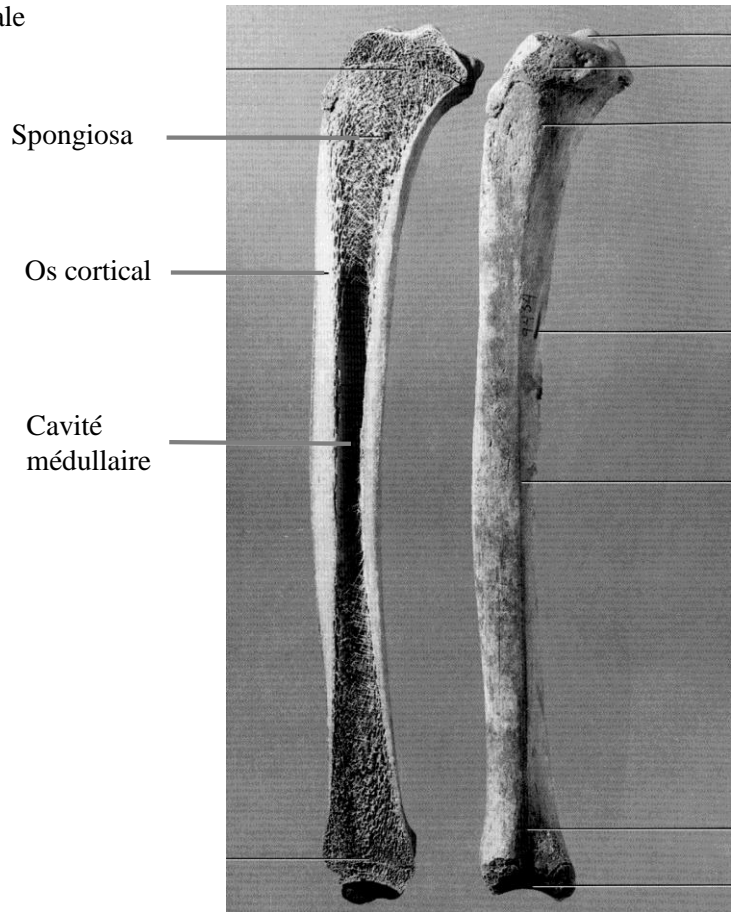


Figure 11 : Un tibia (os long) : coupe longitudinale (à gauche) et entier (à droite) (White et al, 2012)

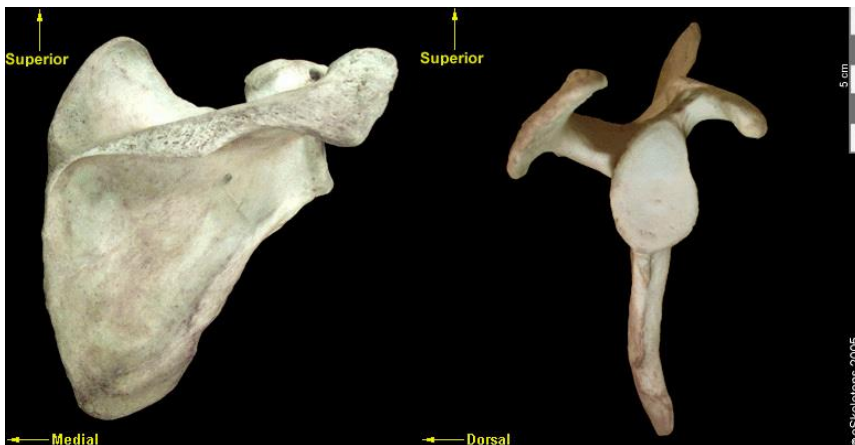


Figure 12 : Une scapula humaine (os plat), anciennement appelée omoplate, en vue dorsale (à gauche) et en vue latérale (à droite) (<http://www.eskeletons.org>).

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

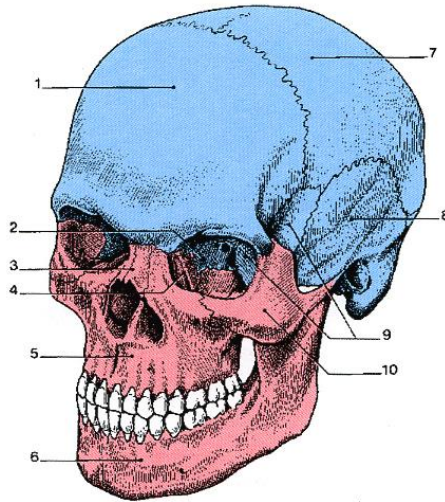


Figure 14 : La face et le crâne (Kamina, 1995)

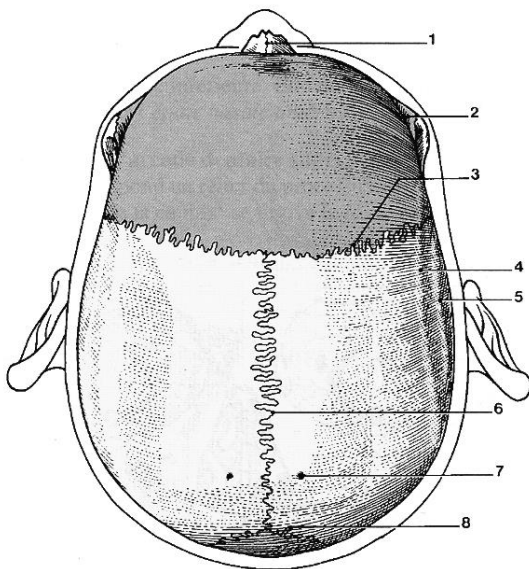


Figure 15: Le crâne vue de dessus (Kamina, 1995)

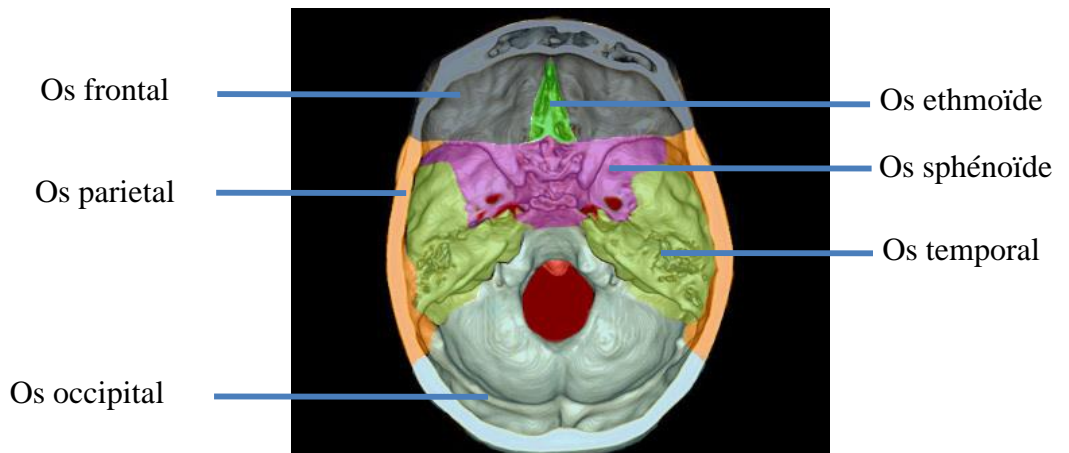
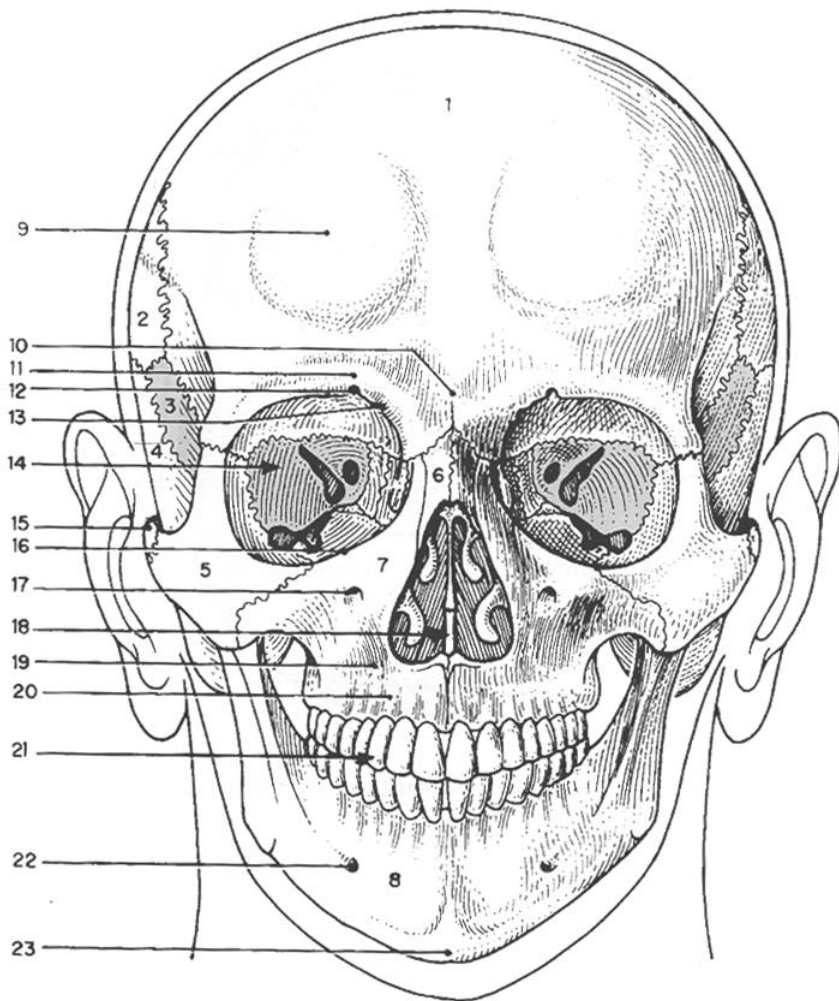


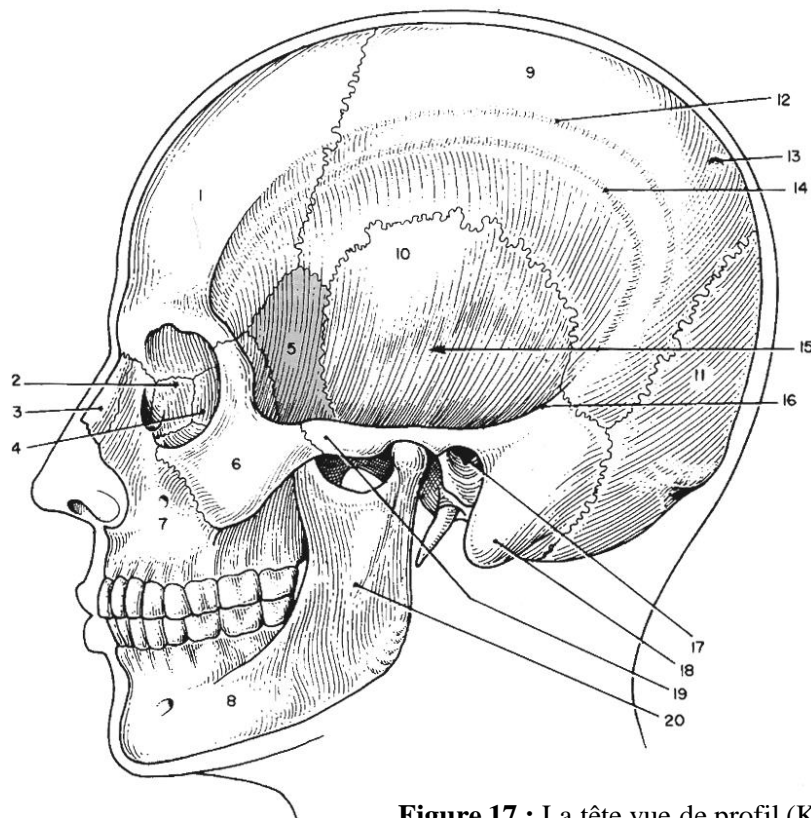
Figure 18 : La base du crâne, vue interne

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

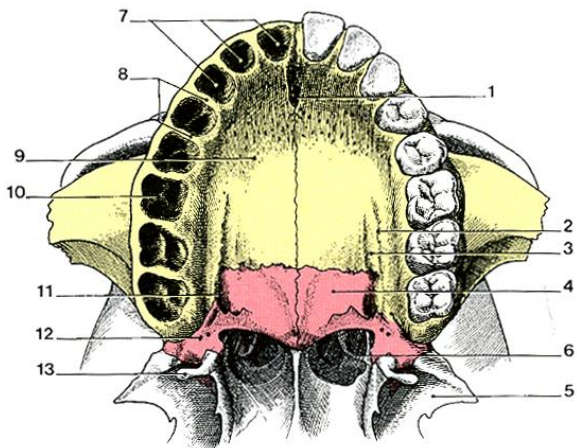
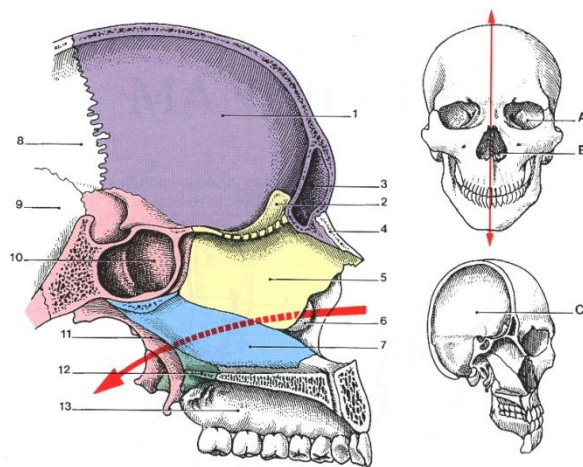


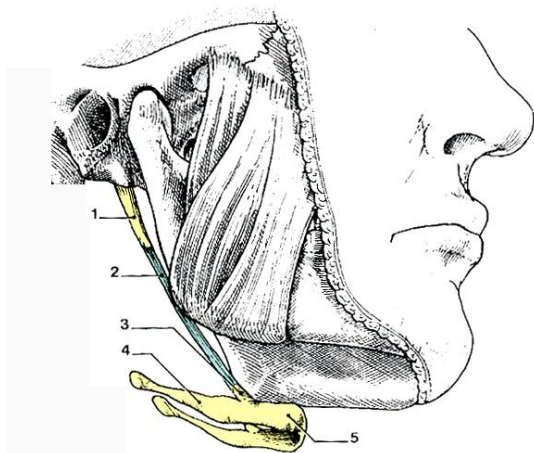
Figure 19 : Palais osseux
(Kamina, 1995)



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 - écaïlle du frontal | 9 - écaïlle 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)

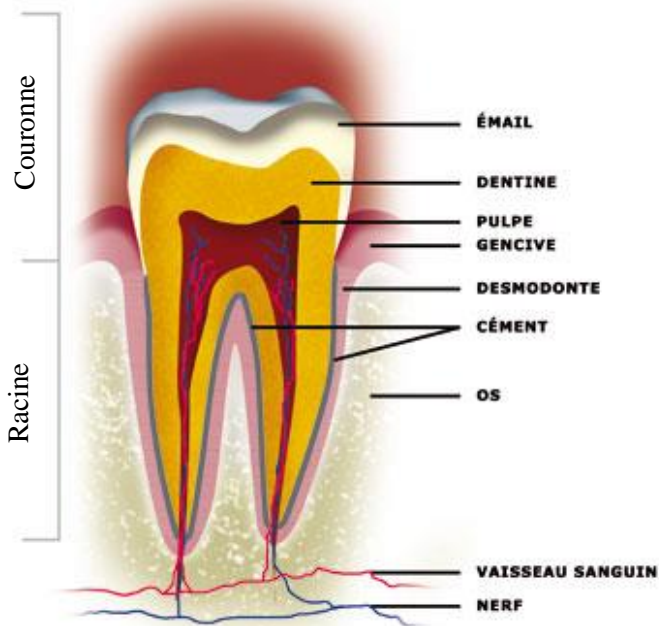


Figure 22 : Schéma d'une dent
(dr-frederic-huas.chirurgiens-dentistes.fr)

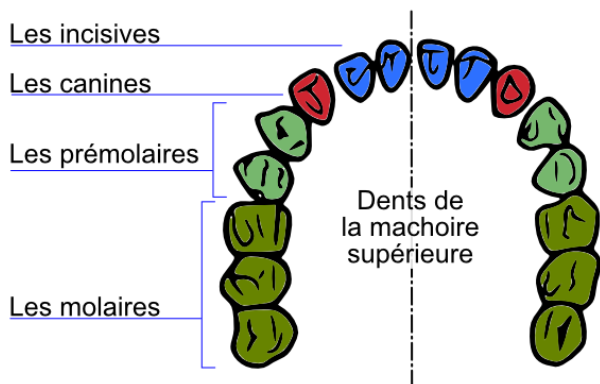


Figure 23 : L'arc dentaire
(www.SVT-EDU.net)

LE SQUELETTE AXIAL : LA COLONNE VERTÉBRALE

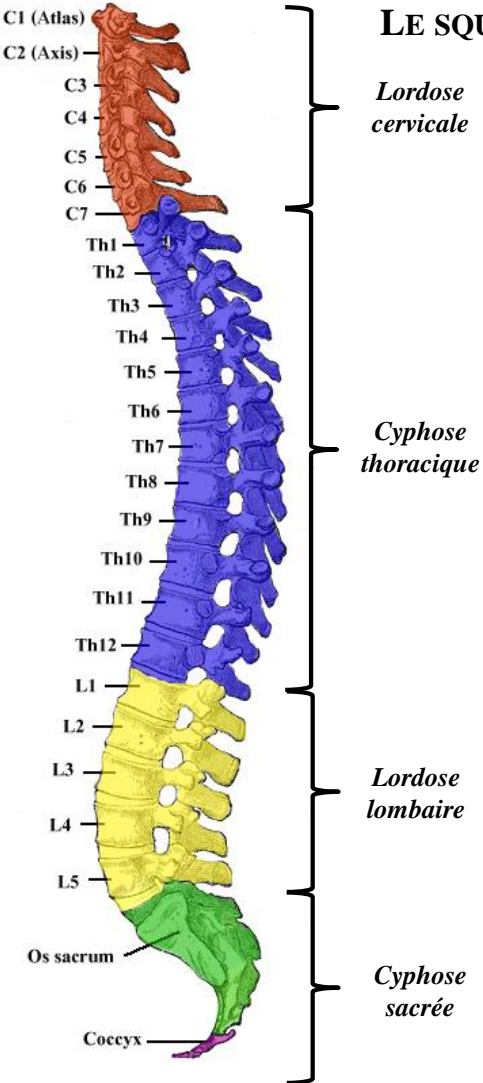


Figure 24 : Les différentes parties de la colonne vertébrale et les courbures associées chez l'homme

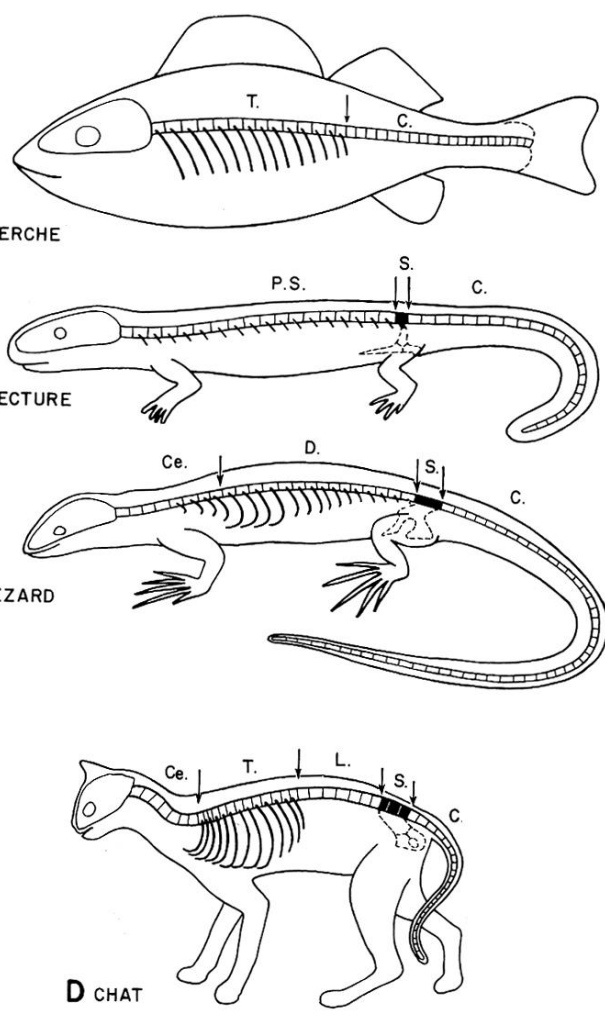


Figure 25 : Différenciations régionales de la colonne vertébrale. Le necture un est Urodèle.

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

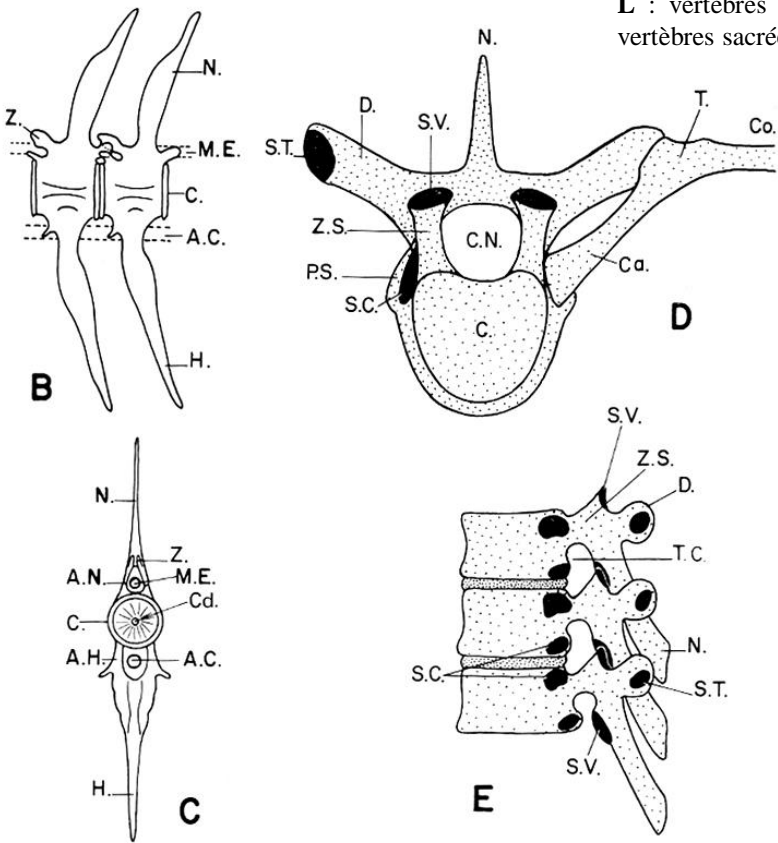


Figure 26 : Vertèbres. B & C : Vertèbres caudales de Téléostéen ; D & E : Vertèbres dorsales humaines

AC : Artère caudale ; AH : Arc hémal ; AN : Arc neural ; C : Centre vertébral ; Cd : Canal cordal ; CN : Canal Neural ; Co, Ca et T : Côte ; H : Hémapophyse ; 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)

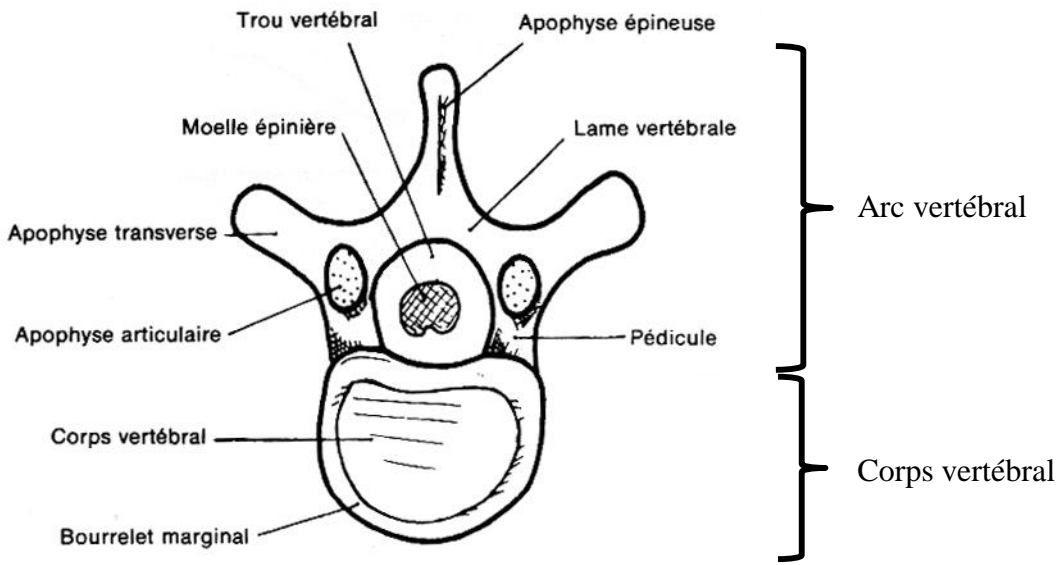


Figure 27 : Les différentes parties d'une vertèbre et la localisation de la moëlle épinière chez l'homme (Olivier, 1959).

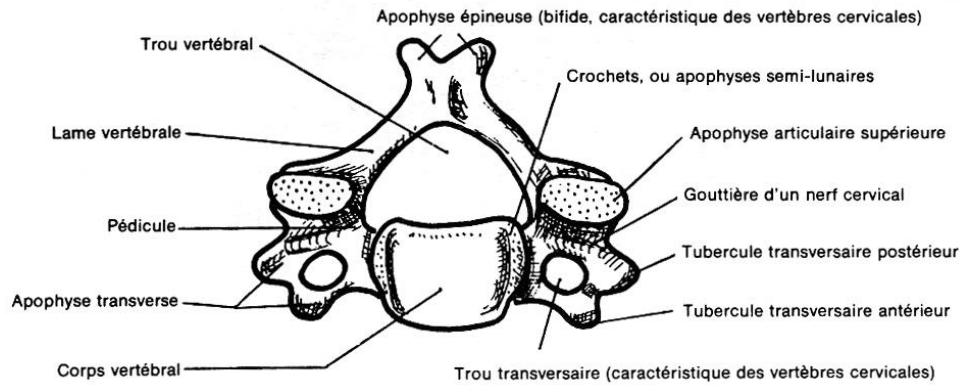


Figure 28 : Schéma d'une vertèbre cervicale (Olivier, 1959).

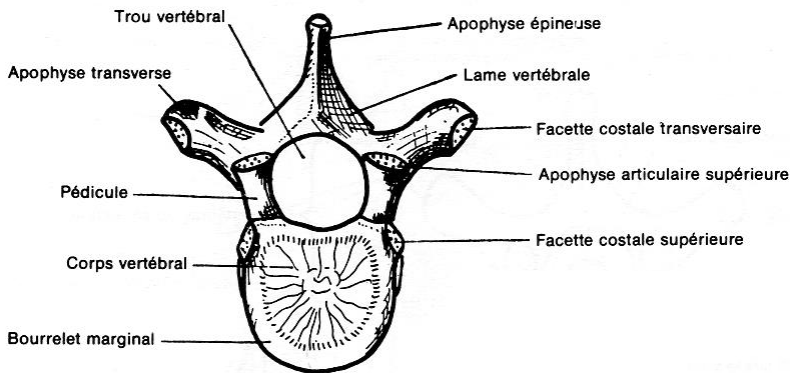


Figure 29 : Schéma d'une vertèbre thoracique (Olivier, 1959).

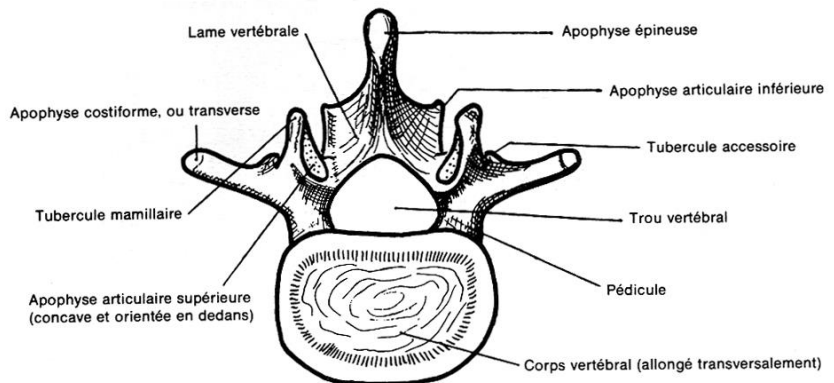


Figure 30 : Schéma d'une vertèbre lombaire (Olivier, 1959).

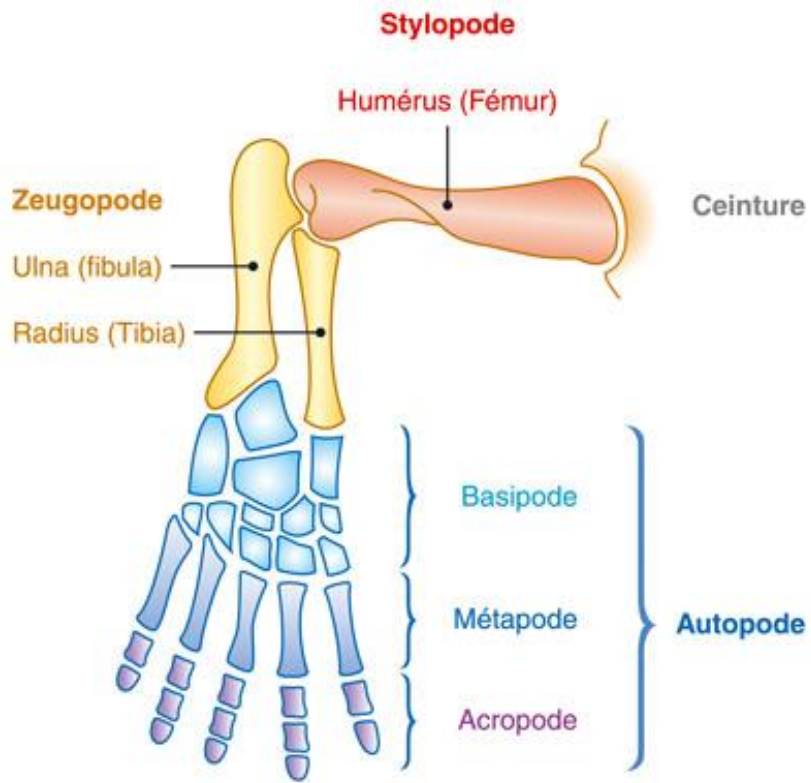


Figure 31 : Schéma simplifié des différentes parties du membre chiridien des Tétrapodes

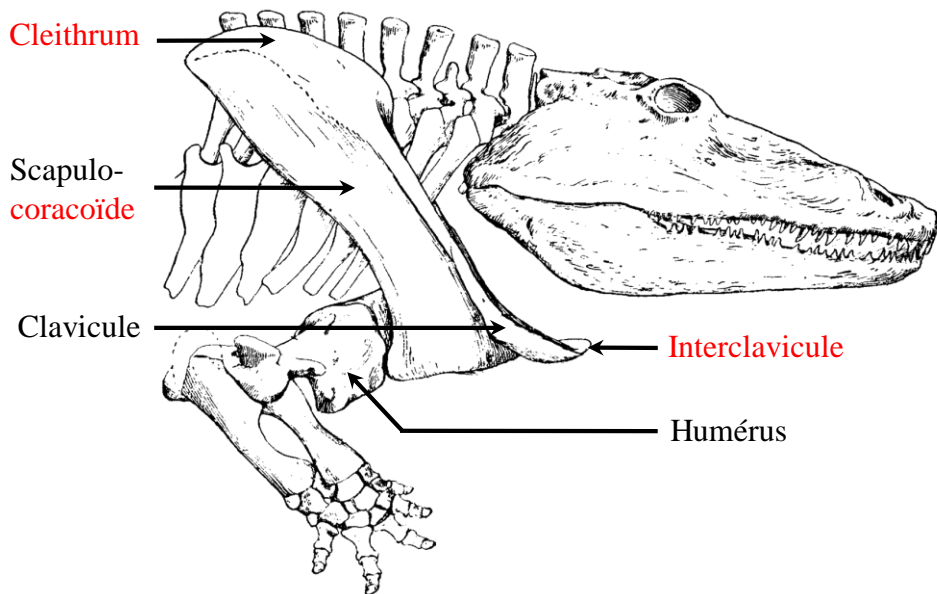
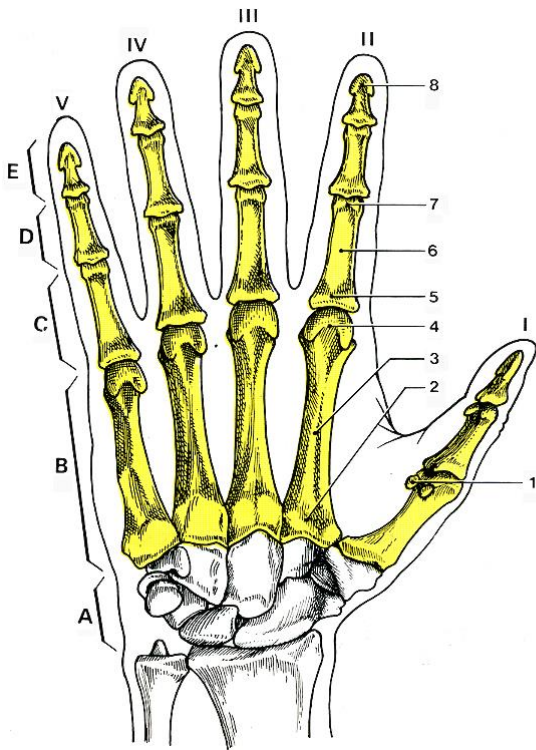


Figure 32 : Épaule d'*Eryops* (Permien du Texas). **En rouge** : os n'existant plus chez les mammifères (Devillers et al., 1976).



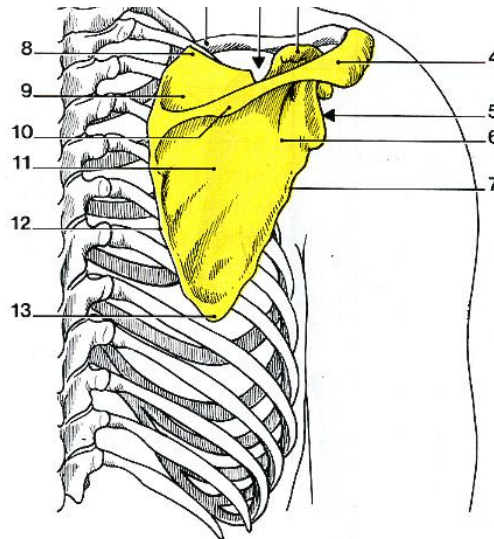
Os de la main (vue antérieure)

- A - carpe
- B - métacarpe
- C - phalange proximale
- D - phalange intermédiaire
- E - phalange distale
- F - radiographie du 3^e 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).

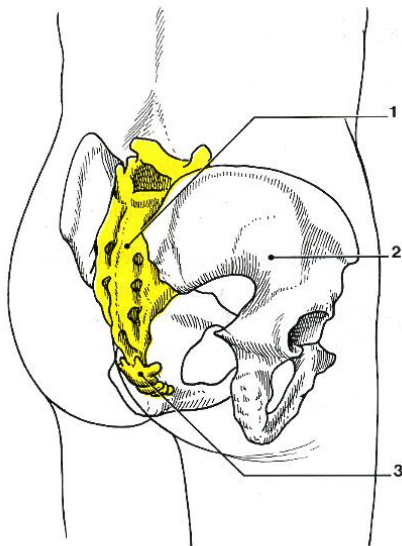
Figure 34 : Les os de la ceinture scapulaire (Kamina, 1995).



Scapula en place (vue postérieure)

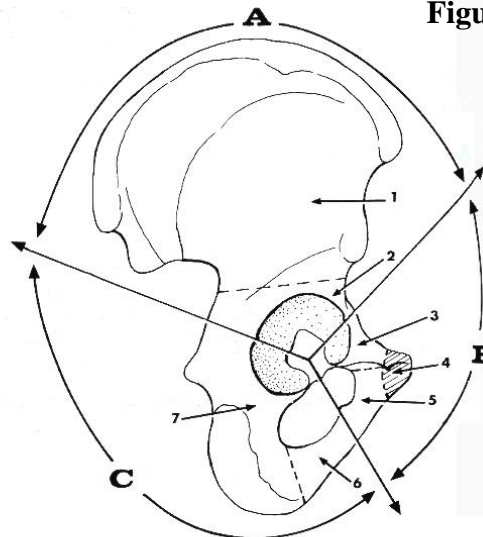
- 1 - clavicule
- 2 - incisure scapulaire
- 3 - épine de la scapula
- 4 - acromion
- 5 - cavité glénoïdale
- 6 - col de la scapula
- 7 - bord axillaire
- 8 - angle supérieur
- 9 - fosse supra-épineuse
- 10 - tubercule du m. trapèze
- 11 - fosse infra-épineuse
- 12 - bord spinal
- 13 - angle inférieur

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

- | | | |
|-----------|------------------------|-------------|
| A - Ilium | B - Pubis | C - Ischium |
| 1 - aile | 3 - branche supérieure | 6 - branche |
| 2 - corps | 4 - corps | 7 - corps |
| | 5 - branche inférieure | |