

Université ammaar thelji de laghouat

Faculté de médecine

LE TISSU OSSEUX

Dr.S.YAGOUBI

I-introduction :

Le tissu osseux est un tissu conjonctif spécialisé,

Il comporte un ensemble de cellules et de matrice extracellulaire dans laquelle on trouve surtout des fibres de collagène de type I et une substance fondamentale minéralisée.

Ce tissu est un tissu de soutien, et constitue la charpente du corps.

Le tissu osseux comme le tissu cartilagineux articulaire rentre dans la composition des pièces osseuses.

Dans l'os, on trouve du tissu osseux, qui lui donne sa dureté et sa résistance, mais on trouve aussi du cartilage hyalin aux extrémités (articulations), de la moelle hématogène, et en périphérie un périoste (tissu conjonctif), Donc l'**os** et le **tissu osseux ne désignent pas la même chose**.

Le tissu osseux de soutien est un tissu en **constant renouvellement**. Il subit des phénomènes de **construction** et de **destruction** de façon constante durant la vie de l'individu.

Le tissu osseux a plusieurs fonctions :

- Un rôle de **soutien**
- un rôle **métabolique** car le tissu osseux est la réserve de calcium et de phosphore de l'organisme, il régule la **calcémie**.
- un rôle dans l'**hématopoïèse**.
- un rôle de **protection** (système nerveux +++)

II-origine embryonnaire :

Le tissu osseux dérive du mésoblaste intra embryonnaire

Il peut avoir deux origines distinctes :

- **une ébauche cartilagineuse** : ossification endochondrale.

- **sans ébauche cartilagineuse**, directement à partir d'un tissu conjonctif : **ossification membranaire** (formation des os plats en particulier).

III-classifications :

Il existe plusieurs classifications des tissus osseux : **histologique** et **anatomique**.

1- Classification histologique

a- Tissu osseux primaire :

Premier formé. Il est de type fibreux, est destiné à être remplacé assez rapidement. Il est élaboré à partir de cartilage ou de tissu conjonctif.

b- Tissu osseux lamellaire :

Qui se divise en :

- tissu osseux **haversien compact**.
- tissu osseux **haversien trabéculaire**.
- tissu osseux **périosté**.

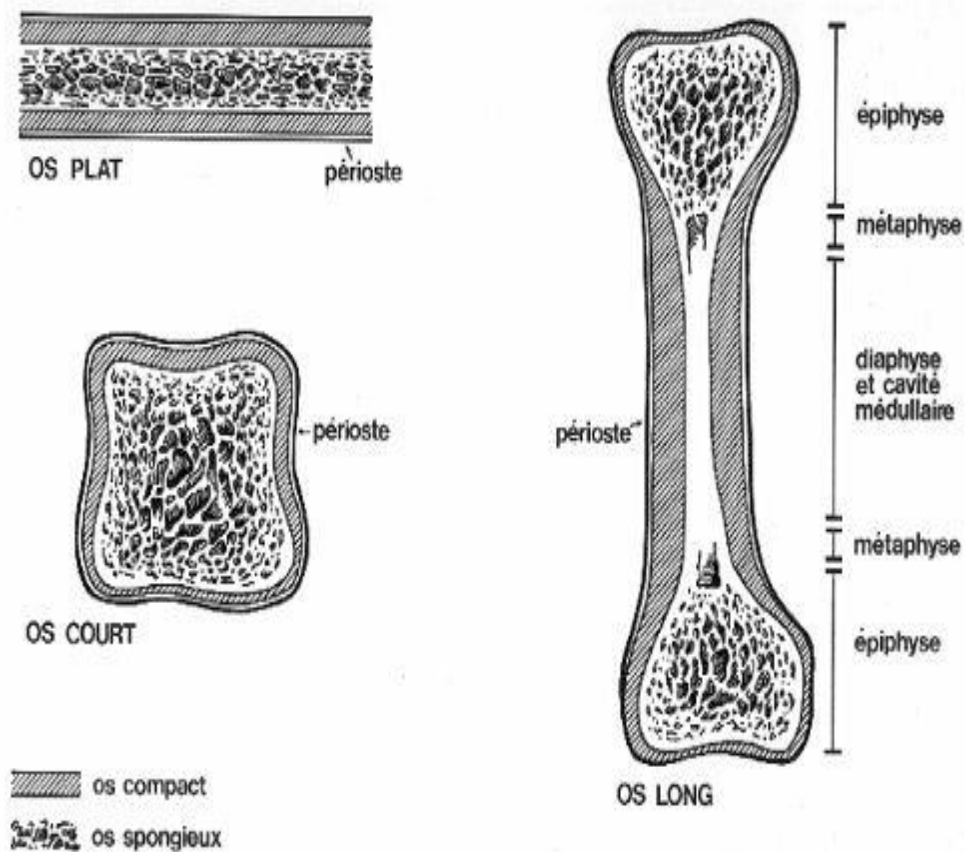
Sur une pièce osseuse longue, on trouve ces trois types de tissu : au niveau de la diaphyse, on trouve le tissu osseux haversien compact ; au niveau de l'épiphyse on trouve du tissu osseux haversien trabéculaire ; en périphérie on trouve le tissu osseux périosté.

2- Classification anatomique :

- **Os compact** dit aussi cortical.
- **Os spongieux** (correspond au tissu osseux haversien trabéculaire).

a- L'os compact : constitue la diaphyse des os longs, l'enveloppe des os plats. Il constitue une enveloppe résistante, il est composé de la juxtaposition de structures appelées **ostéons**.

b- L'os spongieux : trabéculaire, constitue les épiphyses et les métaphyses des os longs, l'intérieur des os plats et courts. Il est constitué par un réseau de plaques qui sont plus ou moins anastomosées les unes avec les autres. L'architecture de ces travées osseuses dépend des lignes de forces s'exerçant sur l'os, car les cellules, qui constituent ces os, remanient en permanence les travées osseuses qui ont la capacité de percevoir les forces mécaniques.



Le tissu osseux se classe aussi en :

- os longs : fémur, radius, cubitus, tibia
- os courts : os du carpe, rotule.
- os plats : l'omoplate.
- os irréguliers : vertèbres.

IV- CONSTITUANT DU TISSU OSSEUX :

1-les cellules :

Les cellules appartiennent à deux grandes lignées différentes :

1- Lignée ostéoblastique :

Ces cellules assurent le renouvellement de la matrice osseuse.

Elles présentent plusieurs stades morphologiques :

- **Pré-ostéoblastes** : sont des cellules issues de la division de cellules localisées dans la moelle ou l'os trabéculaire, ou du tissu périosté. Elles sont capables de se diviser et ont comme caractéristique histochimique le fait d'exprimer une enzyme : **la phosphatase alcaline**.
- **Ostéoblastes** : ont pour fonction de synthétiser de la matrice osseuse collagénique et de participer à la minéralisation de cette matrice osseuse. Elles forment un tapis de cellules jointives : disposition pseudo-épithéliale. Elles communiquent par des gap junctions qui sont bien individualisées, et permettent notamment le passage du calcium.

Le noyau est situé au pôle basal, la partie apicale est très basophile, le REG est très développé, et la membrane est riche en phosphatase alcaline. Cette enzyme qui passe dans le sang circulant permet de créer un **index de la formation osseuse**. En effet, la phosphatase alcaline induit la formation osseuse, donc plus il y a de phosphatase alcaline produite par les pré-ostéoblastes, plus la concentration dans le sang est élevée et plus l'os se construit : on peut donc par dosage de cette enzyme, avoir une idée de la formation osseuse.

➤ **Ostéocytes** :

L'ostéocyte n'est pas isolé des autres cellules, il est relié aux ostéocytes à proximité par des petits canalicules présents dans le tissu osseux. A l'intérieur de ces canalicules, les ostéocytes émettent des fins prolongements cytoplasmiques qui viennent au contact les uns des autres. Il y circule un fluide extracellulaire. Cela forme une surface d'échange très importante. Les ostéocytes sont encore capables de synthétiser du collagène, ils jouent un rôle dans la variation des contraintes mécaniques appliquées sur l'os. L'ostéocyte ne peut pas résorber la matrice qui l'entoure.

➤ cellules bordantes :

Cette cellule (ostéocyte) peut aussi s'aplatir, réduire de manière très importante son activité métabolique et devenir une cellule bordante.

Les cellules bordantes séparent le tissu osseux de la moelle osseuse. Elles n'ont pas d'activité de synthèse, cependant (néanmoins toutefois) elles sont capables de se multiplier et se redifférencier en ostéoblastes actifs. L'activité de ce pool de cellules bordantes dans le métabolisme osseux n'est pas réellement définie à ce jour.

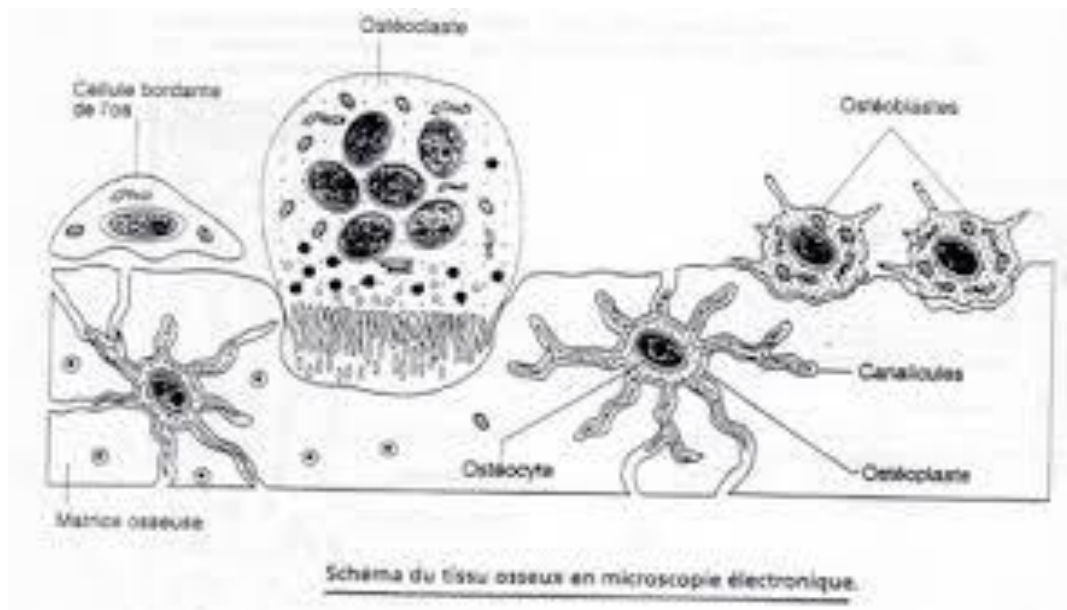
2-lignée Ostéoclastique :

Ce sont des cellules impliquées dans la destruction du tissu osseux ancien : **pré-ostéoclastes** et **ostéoclastes**.

Ce sont de grandes cellules, elles sont plurinucléées, contenant entre **10 et 20** noyaux. Ces cellules proviennent de la fusion de cellules mononucléées. Elles sont hautement mobiles et peuvent se déplacer sur les travées osseuses et dans les lacunes de résorption qu'elles créent (**lacunes de Howship**).

Le pôle basal de la cellule est en contact avec l'os, il présente au niveau de la membrane plasmique un plissement très important : membrane plissée, parfois qualifiée de microvillosités. Cette membrane plissée accroît la surface de la cellule et permet des échanges métaboliques assez nombreux. La zone de contact est diminuée de tout organelle (zone claire en microscopie) alors que le cytoplasme est très chargé, avec de nombreuses vacuoles, des vésicules, des lysosomes contenant les enzymes capables de détruire la matrice osseuse minéralisée.

Les cellules pré-ostéoclastiques sont mono-nucléées, proviennent des cellules sanguines, notamment des monocytes.



2-Matrice extracellulaire :

La MEC du tissu osseux est calcifiée, La MEC de l'os comporte une partie organique et une phase minérale.

2-1- la matrice organique :

La MEC organique est composée de micro fibrilles de collagène I, de protéoglycanes. La MEC osseuse contient des cytokines et facteurs de croissance sécrétés par les ostéoblastes et jouant un rôle fondamental dans la régulation du remodelage du tissu osseux et de la minéralisation de la MEC osseuse.

2-2-la matrice minérale :

L'hydroxyapatite constitue cette minéralisation.

Le squelette constitue la réserve de calcium de l'organisme, ce calcium est rapidement mobilisable grâce aux ostéoclastes et à leur activation par notamment la parathormone.

La phase minérale est constituée de cristaux de calcium Ces cristaux ont une forme d'aiguilles, ils confèrent à l'os sa solidité. Lors de l'ossification endochondrale, la calcification se fait par l'intermédiaire de

vésicules matricielles. Les ostéoblastes et les chondrocytes délivrent ces vésicules dans la matrice cartilagineuse ou dans le tissu environnant, ces vésicules comportent de forte densité de phosphatase alcaline qui entraîne la calcification.

V- Le remodelage osseux :

Il concerne tous les types d'os mature et est le fruit d'une coopération étroite entre les **ostéoclastes** et les **ostéoblastes**. La résorption, suivie de la formation de tissu osseux, s'effectue grâce à des unités fonctionnelles de remodelage où ostéoclastes et ostéoblastes sont étroitement associés. Un cycle de remodelage dure environ **4 mois** chez l'adulte. Durant ce cycle, la phase de formation est plus longue que celle de résorption. Le remodelage osseux s'effectue en 4 phases :

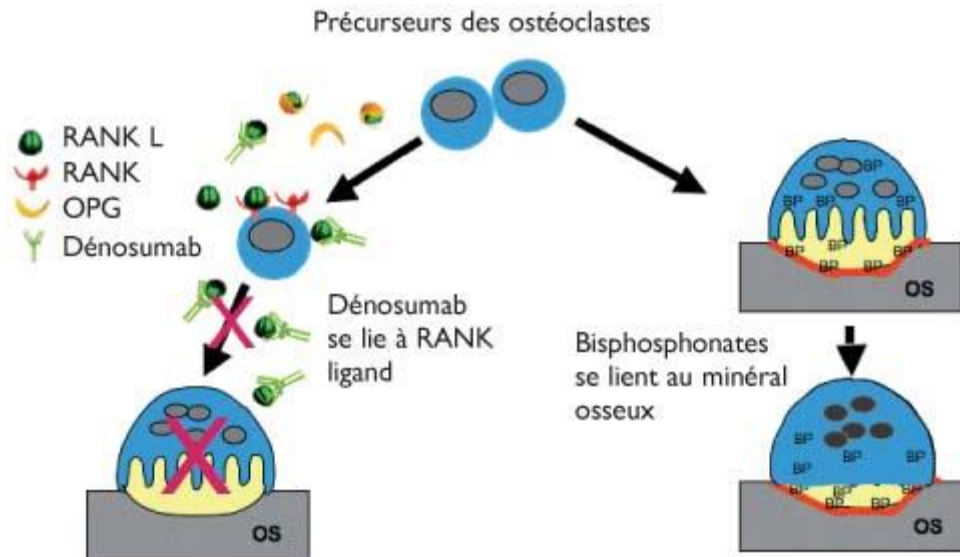
1- 1ère phase : activation

Se fait le long de la surface osseuse d'une travée, recouverte au départ de cellules bordantes.

Cette phase fait intervenir les cellules Ostéoclastique. Un certain nombre de facteurs ostéorésorbants interviennent durant cette phase : **PTH** (parathormone), **vitamine D3** et les **prostaglandines E2**. Il y a une action sur les cellules bordantes qui se rétractent de façon à laisser accessible une zone pour la résorption.

Des précurseurs Ostéoclastique arrivent (monocytes sanguins, famille des macrophages), se différencient en pré-ostéoclastes puis en ostéoclastes, sous la dépendance de l'ODF (osteoblast differentiating factor), de l'OPG (osteoprotégérine) et de son antagoniste RANK (Receptor Activator of NF-KB) : ce sont les facteurs intervenant dans la différenciation des ostéoclastes.

L'ODF est un récepteur membranaire des ostéoblastes. Ces cellules sont donc déjà indispensables à l'initiation du remodelage. L'OPG produit par les ostéoblastes peut se lier à l'ODF, ce qui inhibe certains processus de différenciation, ou sur RANK sur la membrane des pré-ostéoclastes, ce qui active leur différenciation.



2- 2ème phase : résorption

Les ostéoclastes sont libérés au niveau d'une travée osseuse, ils se fixent sur la matrice. Ils dissolvent par acidification la composante minérale de la matrice osseuse dans un premier temps. Dans un deuxième temps, on a dégradation de la matrice organique sous l'action des enzymes lysosomiales. Il se crée donc une chambre de dissolution. En dégradant la substance minérale osseuse, il y a libération de facteurs de croissance qui agissent en diffusant sur la lignée ostéoblastique.

3- 3ème phase : inversion :

Les ostéoclastes meurent par apoptose.

4- 4ème étape : formation du tissu osseux :

Cette étape est due à une production de matrice extracellulaire par les ostéoblastes, en élaborant d'abord le tissu ostéoïde, puis avec l'influence des **œstrogènes**, des **androgènes**, de la **vitamine D** et des **facteurs de croissance** fibroblastiques (FGF, IGF, TGF, BMP), la formation de tissu osseux. Grâce à la **phosphatase alcaline**, on a une minéralisation au niveau de cette substance osseuse.

Ce remodelage se fait de façon parallèle à l'homéostasie phosphocalcique. La calcémie, intervenant dans la quatrième étape de fixation du calcium, est comprise entre 9 et 11 mg pour 100 ml de sang. Elle est liée à l'action de différentes substances. Le calcium est apporté en partie par l'os résorbé, mais aussi par l'alimentation, sous l'intervention de la vitamine D qui permet l'absorption de calcium et de phosphore qui passent dans le sang.

La parathormone est hyper-calcémiant : elle stimule la résorption du tissu osseux, diminue les phénomènes d'élimination du calcium dans les urines et augmente l'absorption du calcium dans le tube digestif. La calcitonine bloque la résorption et augmente la calciurie : action hypocalcémiant. Elle a tendance à fixer le calcium au niveau des os. Tous ces systèmes permettant une stabilisation du taux de calcium dans le sang, amènent à évoquer la notion de **capital osseux**.

Capital osseux :

Cela représente toute la masse osseuse constituant le squelette. Ce capital augmente progressivement (prédominance de la formation) jusqu'à une vingtaine d'années, puis il y a une stabilisation (équilibre entre résorption et formation) pendant quelques années, et enfin une diminution lente (prédominance de la résorption) avec l'âge. Cette diminution est encore plus importante chez les femmes à partir de la ménopause. Cela fait augmenter le risque des fractures. Ce capital évolue donc dans le temps.

Remaniement des fractures :

L'os est capable de réparer ses fractures. Une fracture est une destruction tissulaire localisée, avec rupture de la vascularisation. Dans la région fracturée, on a une hémorragie. Cette hémorragie attire des macrophages, des polynucléaires qui vont avoir pour but l'élimination des déchets accumulés dans cette région. Ils apportent d'autres cellules, qui après le nettoyage produisent un tissu conjonctif vascularisé. Dans un second temps, ce tissu perd sa vascularisation et se transforme en tissu cartilagineux : cal du foyer de fracture.

Les cellules du périoste et de l'endoste remanient ce cartilage, puis les ostéoclastes et les ostéoblastes restituent progressivement la forme originelle de l'os. Ce processus prend un certain temps : de 6 à 12 semaines, en fonction du type d'os.

VI-Ossification :

Cette ossification va intéresser la formation des pièces osseuses au cours des processus embryologiques. Ces pièces osseuses se forment de deux façons, soit à partir d'un **modèle cartilagineux** soit à partir de **tissus conjonctifs**. Le tissu conjonctif est également à l'origine du périoste. Ce processus est à l'origine de l'élaboration d'un tissu osseux primaire :

Ossification primaire : Celle-ci se distingue de l'**ossification secondaire** qui s'élabore à partir d'un tissu osseux préexistant.

1- Ossification d'un os long :

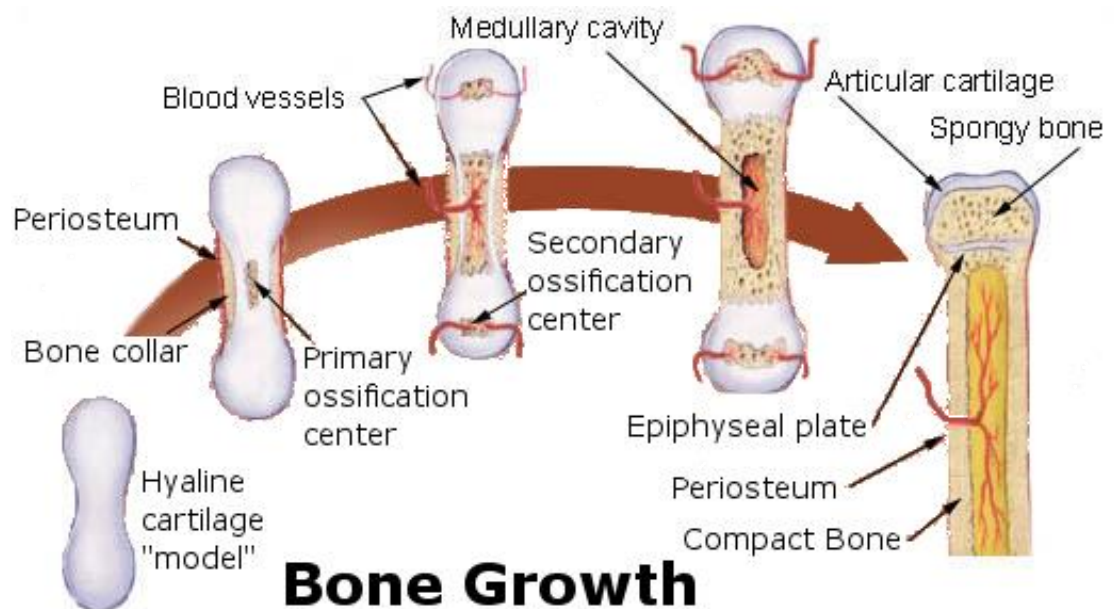
Elle se fait à partir d'ébauches des membres, qui apparaissent dès la 4^{ème} à 5^{ème} semaine de développement :

Elle se fait à partir d'ébauches des membres, qui apparaissent dès la 4^{ème} à 5^{ème} semaine de développement.

Dans l'axe mésenchymateux apparaissent des densifications axiales qui forment des modèles cartilagineux hyalins des différentes pièces osseuses que l'on va trouver dans le squelette.

Ces différentes pièces cartilagineuses sont entourées de périchondre et ne possèdent pas de vascularisation, elles possèdent dans un premier temps une croissance harmonieuse suivant le développement général.

Vers la 12^{ème} semaine, on assiste à une ossification de la diaphyse : ossification primaire du modèle cartilagineux.



a- Il y a d'abord une pré-ossification :

* Formation de la cavité médullaire primitive :

Des éléments nutritifs atteignent les cellules cartilagineuses par imbibition. A un moment donné, un bourgeon conjonctivo-vasculaire va pénétrer à partir du périchondre à l'intérieur du modèle cartilagineux. Ceci entraîne un certain nombre de modifications du tissu cartilagineux, qui n'est pas vascularisé normalement. Certains éléments du cartilage, en contact avec la vascularisation, s'hypertrophient et élaborent des phosphatases à l'origine d'une calcification de la substance fondamentale cartilagineuse.

Cette calcification empêche les substances de circuler. Les chondrocytes ne reçoivent plus de nutriments : elles **meurent**, laissant des cavités vides. Les éléments conjonctivo-vasculaires font effondrer les cloisons les séparant de ces cavités vides : cavité médullaire primitive.

***Formation du centre d'ossification :**

Les cellules conjonctives autour des éléments vasculaires se transforment en ostéoblastes, lesquels déposent du tissu osseux sur les travées cartilagineuses restantes.

Certains ostéoblastes se retrouvent prisonniers et constituent des ostéocytes. Très rapidement, des ostéoclastes interviennent pour détruire cette région. La cavité médullaire ainsi constituée s'agrandit et est occupée par le tissu conjonctivo-vasculaire.

A peu près dans le même temps, le périchondre se transforme en périoste et forme un manchon d'os périostique autour de la diaphyse.

***Ossification endochondrale :**

La cavité médullaire prend progressivement la forme d'un cylindre avec à ses deux extrémités le cartilage, avec des régions de jonction diaphyse-épiphyse où les chondrocytes du fait de l'afflux nutritif vont se multiplier pour progressivement former des groupes isogéniques axiaux. Ces groupes sont à l'origine du cartilage sérié. Cette formation allonge le cartilage, puis en s'approchant progressivement de la zone riche en nutriments, on a à nouveau une hypertrophie (taille multipliée par 5 à 10) produisant du collagène de type V et de la phosphatase alcaline, laquelle est libérée, provoquant un dépôt progressif de calcium dans ces régions. Ces chondrocytes meurent et laissent des empilements de cavités vides. Il y a alors chondrolyse de la substance cartilagineuse calcifiée : il y a pénétration des bourgeons conjonctivo-vasculaires.

Certains éléments fibroblastiques se transforment en ostéocytes et élaborent du tissu osseux minéralisé sur ces travées. Les vaisseaux forment une sorte de ligne : ligne d'érosion du cartilage. Ce processus agrandit progressivement la cavité médullaire. Ce processus d'ossification dure toute la vie intra-utérine et continue durant les vingt premières années de la vie dans la métaphyse. La persistance de ce cartilage de conjugaison permet la croissance de l'os en longueur.

Le périoste appose progressivement tout autour de la diaphyse de nouvelles lamelles osseuses, ce qui permet la croissance en épaisseur de l'os long.

*** Ossification secondaire**

Cette ossification intéresse essentiellement l'**os périostique** qui va être remanié (mise en place des canaux de Havers).

Au fur et à mesure que l'os grandit, le périoste suit la même progression. C'est à partir de ce périoste que se constitue la corticale de la diaphyse, dont 4% est remanié chaque année.

Ce processus s'échelonne durant toute la vie.

