



Le Tissu Osseux

Définition

Le tissu osseux est un tissu conjonctif spécialisé, il dérive du mésoblaste. Il est constitué de différentes cellules, d'une matrice extracellulaire minéralisée (MEC) lui conférant sa rigidité et sa solidité. Il joue un rôle de soutien (support), de protection des organes, de mouvement, stockage des minéraux et métabolisme phosphocalcique ainsi que la formation des cellules sanguines.

L'os est une association fonctionnelle et biologique de plusieurs tissus où le tissu osseux est finalement minoritaire (la moelle osseuse 60%, le tissu osseux 25%, le cartilage articulaire et le périoste 10% et les formations vasculaires 5%).

I. Les éléments constitutifs du tissu osseux

1. La matrice osseuse

Elle est constituée d'une partie (phase) organique (25%), d'une partie minérale (70%) et d'eau (5%).

a. Phase (matrice) organique

- Est composée de 90% de fibres de collagène de type I et 10% de substance fondamentale
- Des mucopolysaccharides (en particulier chondroïtine sulfate)
- Des glycoprotéines spécifiques telles que :
 - L'ostéonectine : c'est la plus abondante. Elle sert de colle entre les parties minérales et organiques.
 - L'ostéocalcine : elle intervient dans la minéralisation de l'os
- Protéoglycanes
- De l'eau et des électrolytes.

b. La phase minérale

Est composée d'une fraction **amorphe** (et une fraction **crystalline**).

- La fraction amorphe contient divers **phosphates calciques**.
- La fraction cristalline, la plus importante est constituée de sels de calcium sous forme de cristaux **d'hydroxyapatite** $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ et de carbonate de calcium. Ces cristaux sont visibles en ME et sont situées soit entre les fibres de collagène ou à l'intérieur de celles-ci. La phase minérale est responsable de la rigidité de l'os pour supporter beaucoup de poids.

2. Les cellules osseuses : On observe 4 types de cellules :

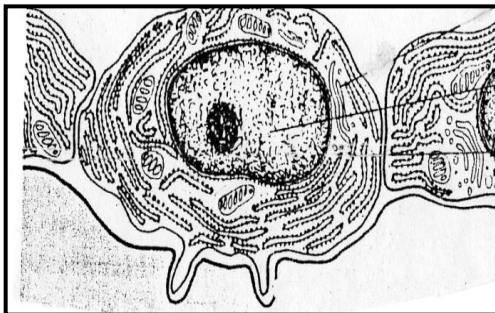
2.1 L'ostéoblaste : c'est une cellule dérivant des cellules mésenchymateuses. Elle est située à la surface interne et externe des zones osseuses en croissance, de forme grossièrement cubique ou ovoïde, allongée de 15 à 20µm. Son noyau est ovalaire, le cytoplasme est basophile car il est riche en REG, en appareil de Golgi et en ribosomes libres. Les ostéoblastes sont des cellules jeunes ou immatures qui synthétisent et sécrètent la matrice osseuse organique (constituants de la matrice ou de la substance

ostéoïde pré osseuse) et permettent sa minéralisation. Ils jouent aussi un rôle ostéolytique car ils libèrent des collagénases sous l'action de la **parathormone**.

2.2 L'ostéocyte : c'est une cellule plus fusiforme que les ostéoblastes contenue dans une logette appelée **ostéoplaste**, de 15 à 30 μm de long et 10 à 15 μm de large. L'ostéocyte présente de nombreux prolongements contenus dans des canalicules. Les prolongements de deux ostéocytes sont réunis par des jonctions et entrent en relation avec les ostéoblastes situés en bordure. Le noyau est ovoïde et le cytoplasme est acidophile car les organites intracellulaires sont moins développés, surtout le REG. Les ostéocytes non plus la capacité de se diviser.

2.3 L'ostéoclaste : est situé à la surface de l'os en voie de résorption. C'est une cellule dérivée des monocytes. Ce sont des cellules très volumineuses, de 20 à 100 μm de diamètre, plurinucléées (de 30 à 50 noyaux), hautement mobiles, capables de se déplacer à la surface des travées osseuses d'un site de résorption à un autre. Le cytoplasme est légèrement basophile contient de nombreux lysosomes et des vacuoles de sécrétion. La membrane plasmique forme une bordure en brosse au pôle en contact avec la matrice osseuse. Les ostéoclastes détruisent la matrice osseuse (ostéoclasie).

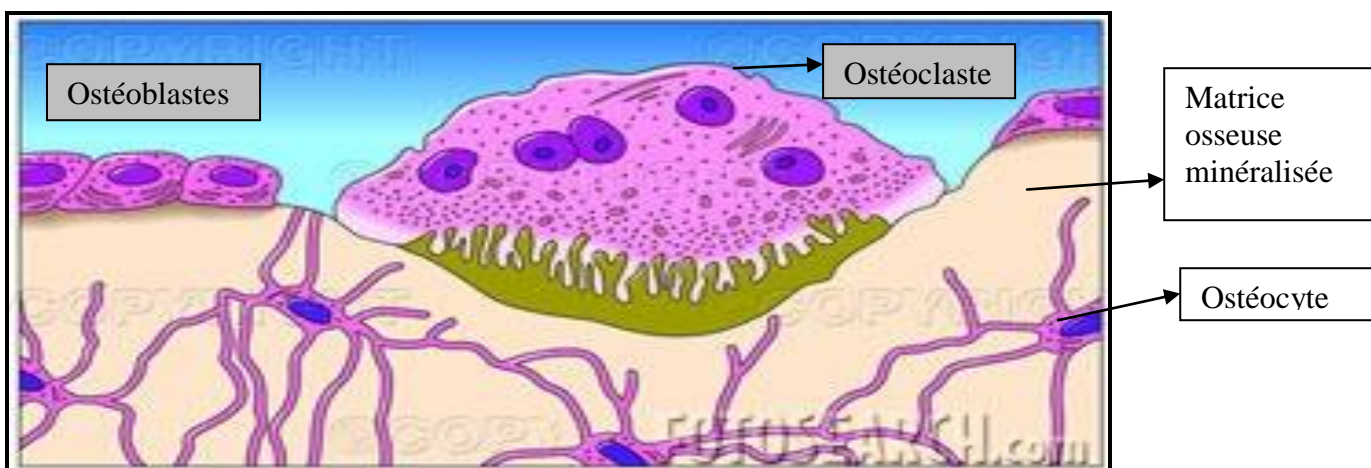
2.4 Les cellules bordantes : petites cellules, peu différenciées, situées en bordure des surfaces osseuses. Il s'agit très probablement de cellules souches. Ces cellules n'ont pas d'activités de synthèse mais, il est actuellement admis qu'elles sont capables, de se multiplier et de se redifférencier en ostéoblastes actifs. Ce sont des cellules aplaties et allongées, possédant peu d'organites et reliées entre elles et avec les ostéocytes voisins.

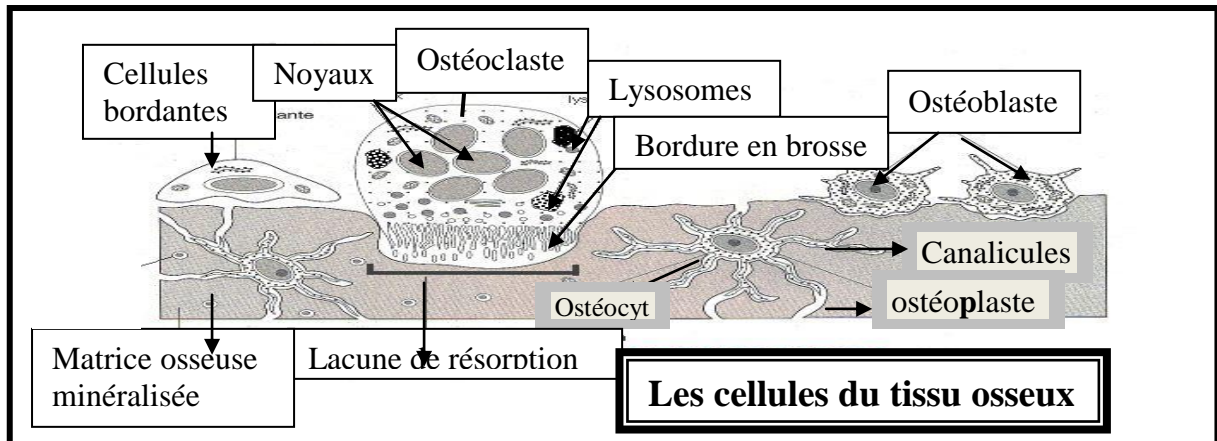


Ostéoblaste



ostéocyte





II. Les différents types de tissu osseux

A. Le tissu osseux primaire (fibreux ou non lamellaire)

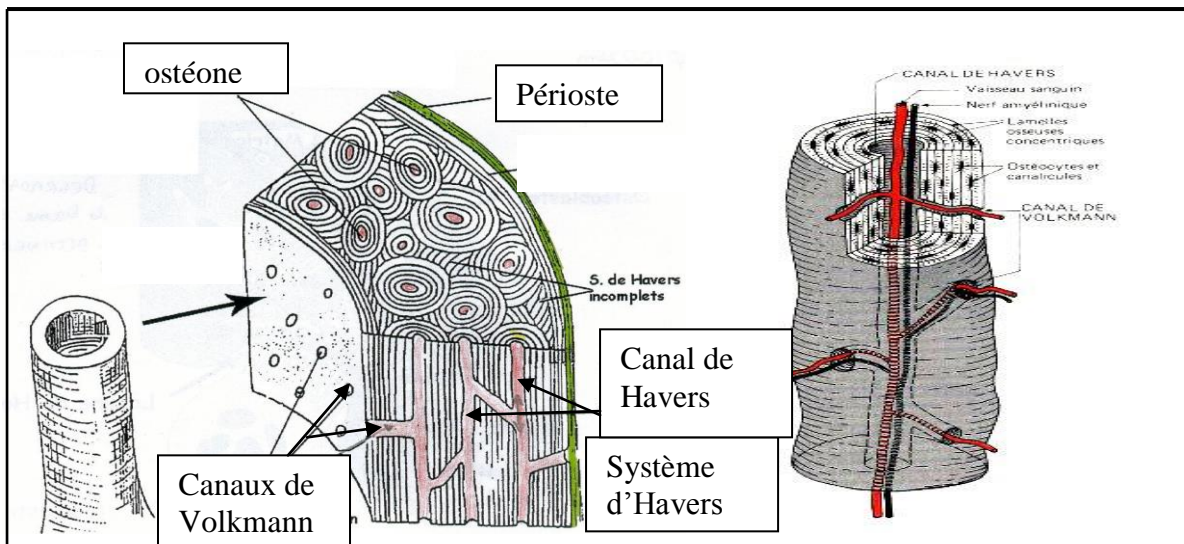
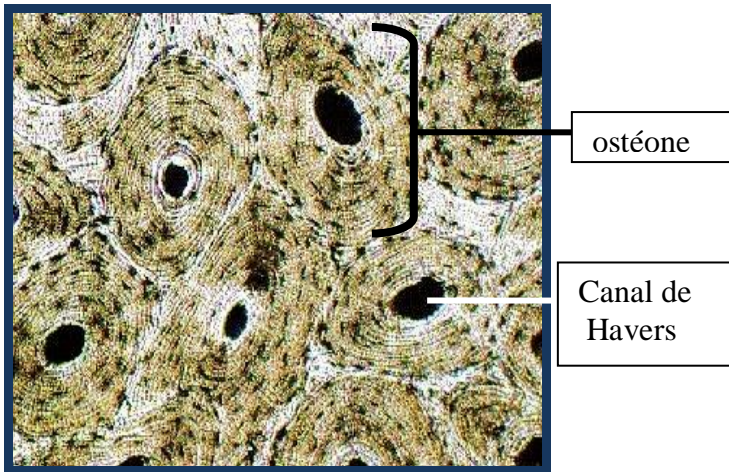
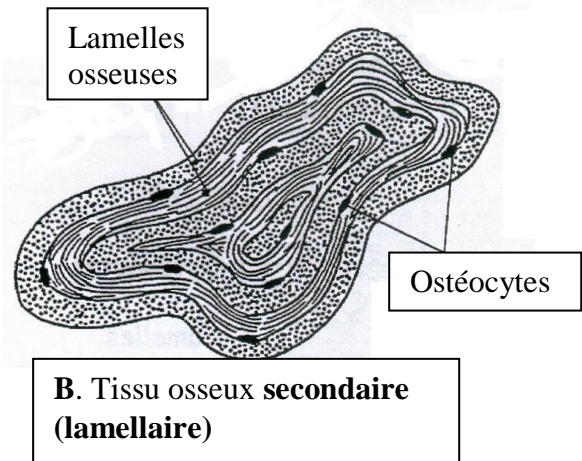
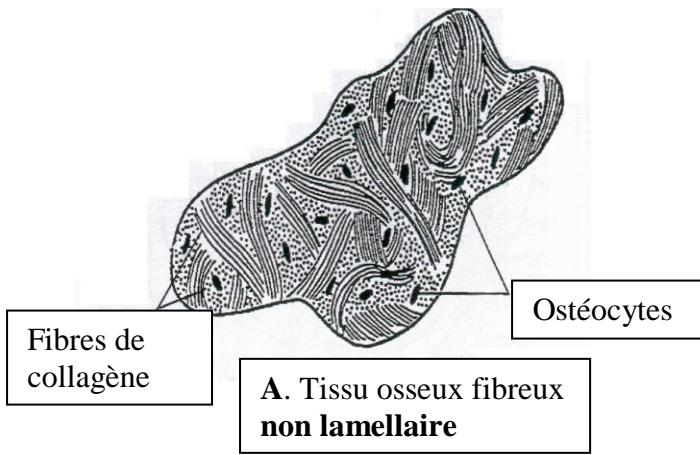
Premier tissu destiné à être remplacé par un tissu osseux de type lamellaire. Il est un tissu non lamellaire primitif où les faisceaux de fibres de collagène y sont **entrecroisés sans aucune organisation** (sont orientés irrégulièrement). Il résulte d'une ossification primaire du cartilage ou du tissu conjonctif. Les protéoglycanes et les ostéocytes sont plus abondants que dans le tissu osseux lamellaire. On le trouve chez le fœtus, il persiste dans les osselets de l'oreille moyenne (l'enclume et le marteau chez l'adulte).

B. Tissu osseux secondaire ou lamellaire

La matrice osseuse disposée en lamelles superposées (ou centriques), dans chaque lamelle les fibres de collagène sont orientées parallèlement. Entre les lamelles se situent les ostéocytes. Il comprend :

1. Le tissu osseux haversien ou compact

- C'est une masse solide de tissu osseux formant la corticale des os. La matrice osseuse occupe 95 % du volume tissulaire. C'est le type définitif que l'on trouve chez l'adulte.
- L'unité élémentaire du tissu compact est constituée par la juxtaposition de formations cylindriques, appelées **ostéones ou système de Havers**, de 200 à 300 µm de diamètre.
- Chaque système de Havers (**ostéone**) est constitué de 4 à 20 lamelles osseuses concentriques délimitant un canal appelé canal d'Havers, d'un diamètre de 20 à 100µm.
- Les fibres de collagènes sont orientées de façon à conférer au tissu osseux une résistance mécanique optimale.
- Les canaux de Havers contiennent des vaisseaux sanguins et des nerfs amyéliniques. C'est donc un tissu innervé. Ils sont en rapport avec la cavité médullaire et l'extérieur de l'os (la vascularisation du périoste) par les canaux transversaux (**canaux de Volkmann**).

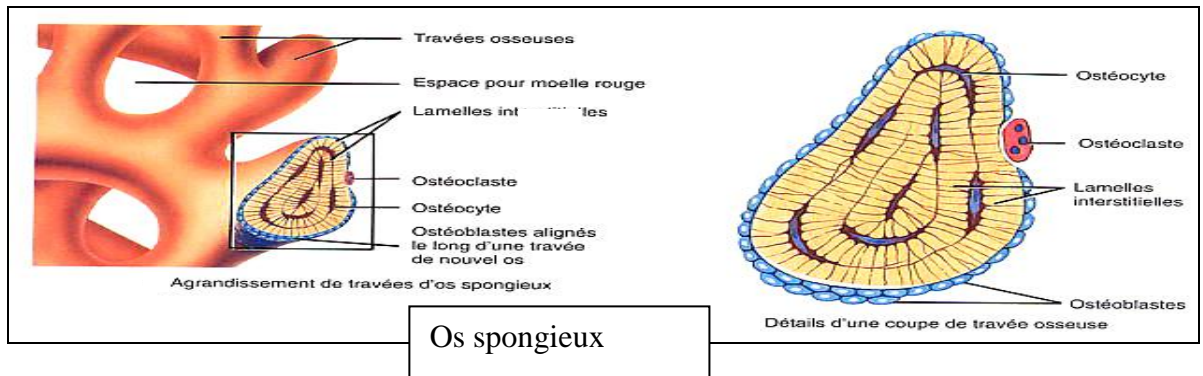


2- Le tissu osseux spongieux (trabéculaire ou aréolaire)

Il constitue les épiphyses et les métaphyses des os longs et l'intérieur des os courts cette variété de tissu osseux représente 10% du squelette chez l'adulte. Les lamelles sont organisées autour des cavités.

Les cavités sont remplies d'une substance rouge, d'aspect sanglant, la moelle osseuse rouge hématopoïétique. La matrice osseuse représente 20% du volume de ce tissu.

Classiquement, on dit que l'os Haversien compact a un rôle mécanique, alors que l'os spongieux a une fonction métabolique.



III. Architecture des os

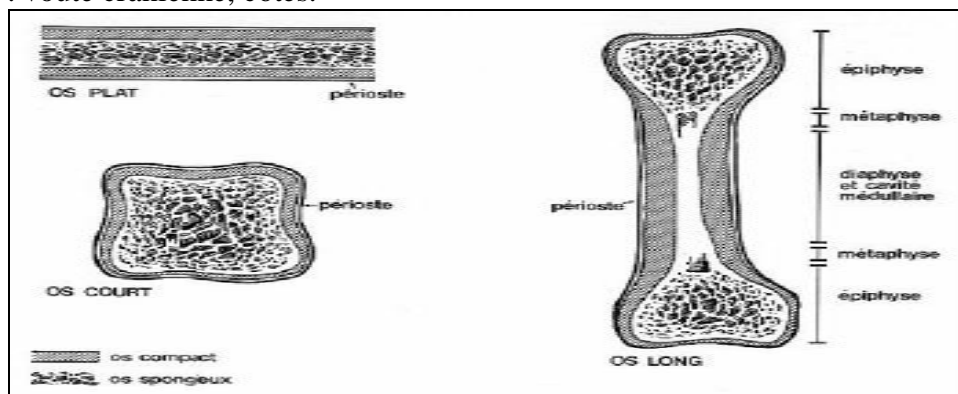
A. Structure d'un os long

Anatomiquement, on distingue trois régions : une partie médiane rétrécie, la diaphyse et deux extrémités élargies, les épiphyses. Les régions évasées reliant la diaphyse aux épiphyses sont appelées métaphyses.

- **La diaphyse** : est cylindrique, comporte une cavité centrale, la cavité médullaire remplie d'un tissu jaunâtre, très riche en graisse, la moelle osseuse jaune. La corticale diaphysaire est faite de tissu osseux haversien compact.
- **Les épiphyses** : situées aux deux extrémités de l'os, elles sont constituées du tissu osseux aréolaire (spongieux).
- **La métaphyse** : située entre la diaphyse et l'épiphyse. Pendant la croissance, elle est séparée des épiphyses par le cartilage de conjugaison (de croissance). Elle est formée de tissu osseux spongieux, revetue d'une mince couche de tissu osseux périostique.

B. Les os courts : comprennent une mince couche de tissu osseux périostique entourant un tissu osseux spongieux. Le centre est occupé par un tissu osseux haversien aréolaire (spongieux). Exemple : os du carpe, tarse et vertèbres.

C. Les os plats : comprennent deux faces limitées par les tables internes et externes. Exemple : voûte crânienne, côtes.



La structure du périoste

Le périoste est une enveloppe ou gaine conjonctive dense, qui revêt la surface des pièces osseuses sauf au niveau des surfaces articulaires. Il comporte deux couches :

a. Une couche fibreuse externe : elle est superficielle faite de larges faisceaux de collagène, parallèle à la surface de l'os. Entre ces faisceaux de fibres de collagène circulent quelques fibres élastiques et il existe une très abondante vascularisation sanguine.

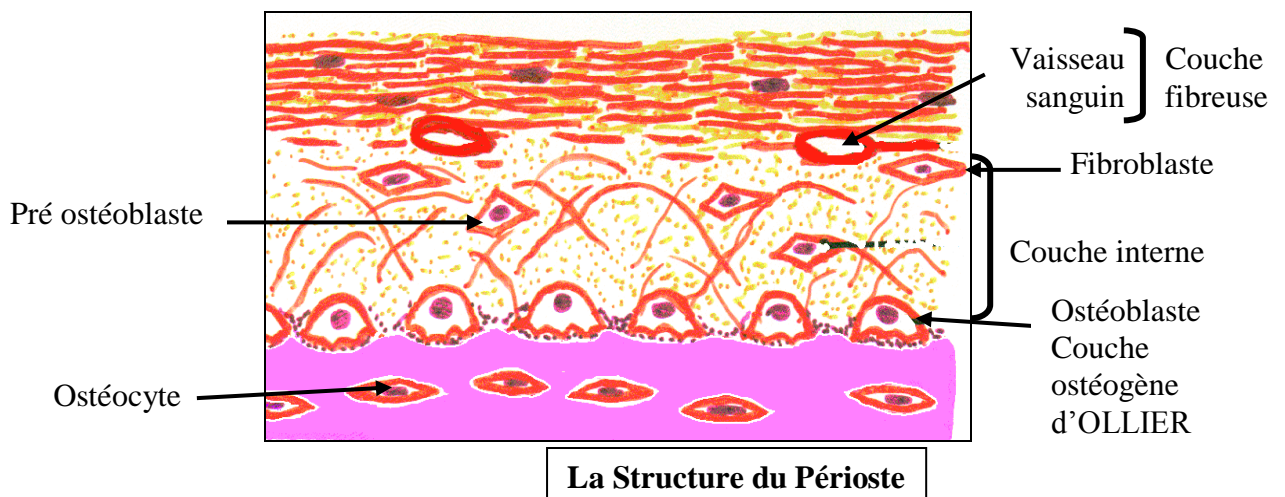
b. Une couche interne: contient

- Des faisceaux de fibres de collagène venant de la couche externe et poursuivent leur trajet dans le tissu osseux superficiel. La pénétration des fibres de collagène dans le tissu osseux superficiel est responsable de la très forte cohésion du périoste à l'os qu'il entoure.
- Des fibroblastes (dans la partie la plus superficielle)
- Des préostéoblastes (dans la partie moyenne)
- Des ostéoblastes (dans la partie profonde) disposés en une couche monocellulaire, la couche ostéogène d'Ollier.

Le périoste possède une très riche innervation sensitive, responsable des fameuses douleurs ressenties lors d'une fracture.

En dehors de la croissance, le périoste ne possède plus d'activité ostéogène et la couche d'Ollier disparaît complètement. Lors d'une réparation de fracture, la couche d'Ollier réapparaît, témoignant ainsi d'une reprise de l'activité ostéogène.

- **L'endoste** : Ce tissu est bien moins structuré que le périoste mais il possède un pouvoir ostéogène au cours de la croissance ou de la réparation des fractures.



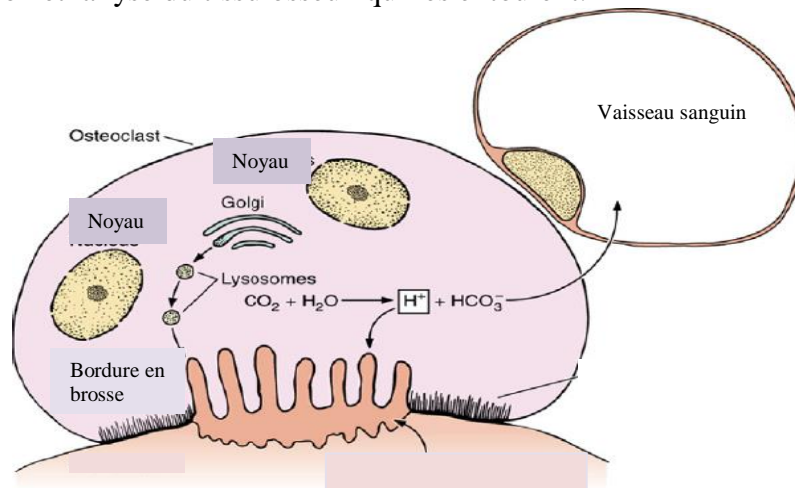
La résorption du tissu osseux

A. La résorption ostéoclasique (ostéoclasie)

La résorption du tissu osseux par les ostéoclastes est le phénomène le plus important. L'ostéoclaste excrète (par exocytose) des ions H^+ qui solubilisent la substance minérale de l'os, des hydrolases acides contenues dans les lysosomes vont dépolymériser les glycoprotéines et mucopolysaccharides et les collagénases attaquent les fibres de collagène.

B. La résorption péri-ostéocytaire (ostéolyse)

Certains ostéocytes ont une activité lytiques et par mécanismes mal connus assurent la déminéralisation et la lyse du tissu osseux qui les entourent.



L'ossification (ostéogénèse)

L'ossification est un processus qui permet la construction des os, leurs croissances en longueur et en épaisseur et le ramaniement osseux. L'ossification se déroule en plusieurs étapes :

- **L'ossification primaire** forme toujours un tissu osseux non lamellaire. L'os peut prendre naissance à partir d'un modèle embryonnaire : soit sur une trame conjonctive (ossification endocojonctive ou de membrane) soit sur une trame (pièce) cartilagineuse (ossification endochondrale).

- Il y aura ensuite un remaniement osseux pour former un tissu osseux lamellaire : c'est **l'ossification secondaire**.

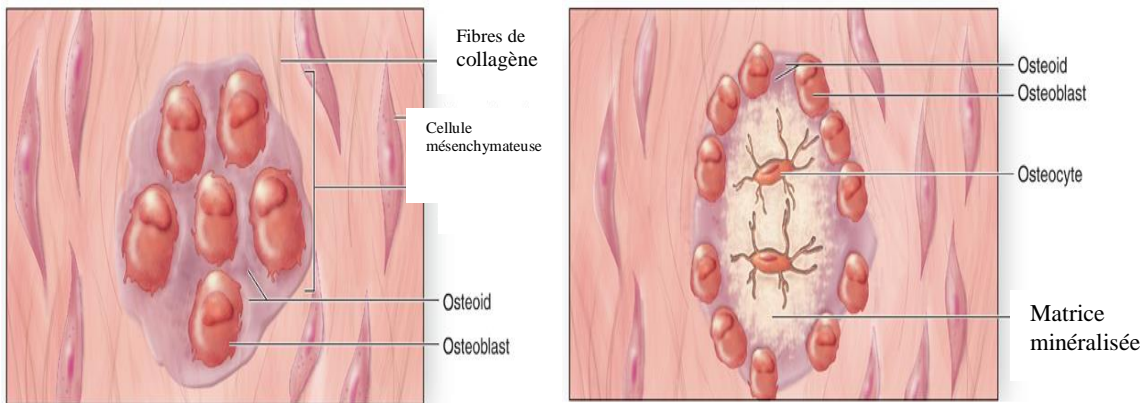
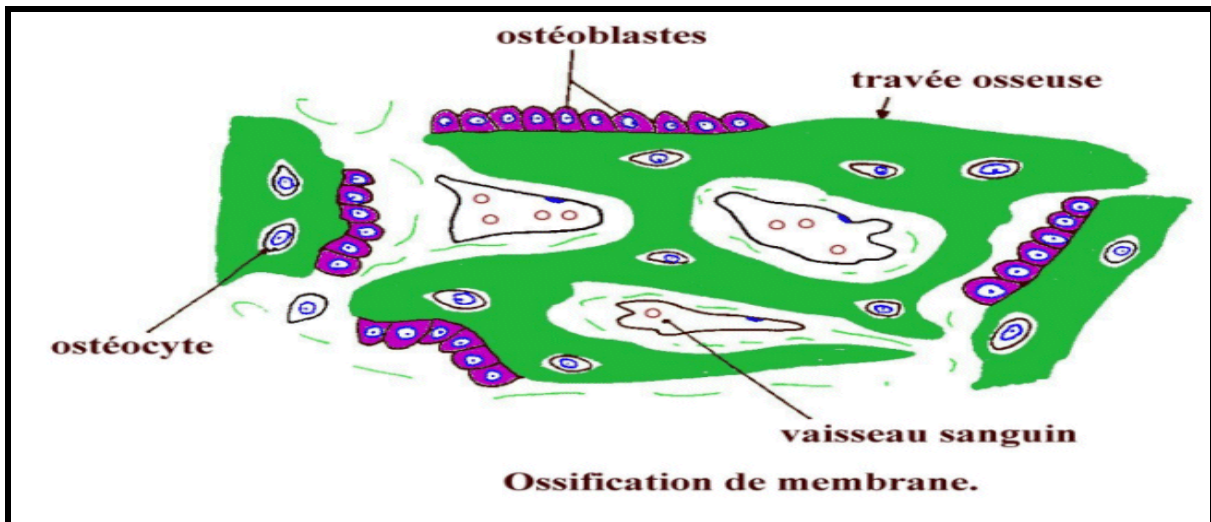
1- L'ossification primaire : elle s'observe principalement au cours de la **vie embryonnaire (fœtale)**.

a. L'ossification endoconjonctive ou de membrane

- Elle s'effectue à partir d'une lame de tissu conjonctif (ossification périostique). On assiste à une différenciation des fibroblastes en ostéoblastes. Ces ostéoblastes élaborent une substance préosseuse ou l'ostéoïde (matrice extra cellulaire organique avant la minéralisation du tissu osseux) qui va en suite se minéraliser. Les ostéocytes s'entourent ainsi de matrice osseuse. Le dépôt de la substance préosseuse se fait par apposition successive. En effet les nouveaux ostéoblastes se disposent à la surface de la travée osseuse néoformée et sécrètent une nouvelle couche de substance préosseuse.

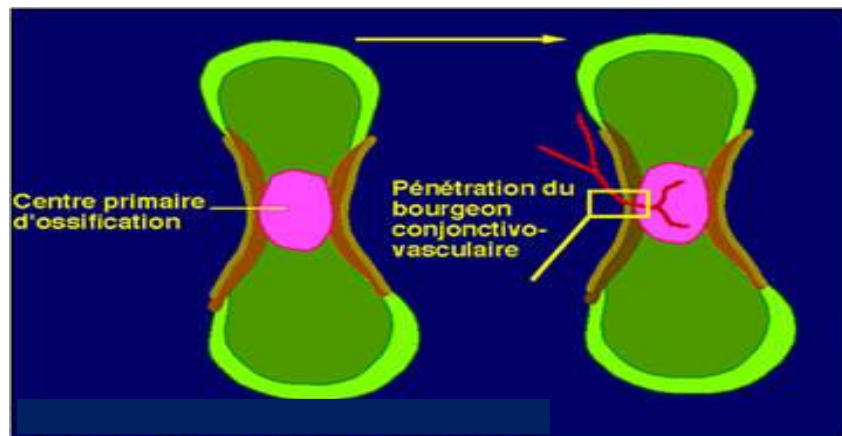
- Les cavités occupées par du tissu conjonctif sont envahies par des vaisseaux sanguins et des cellules indifférenciées sont à l'origine de nouveaux ostéoblastes.

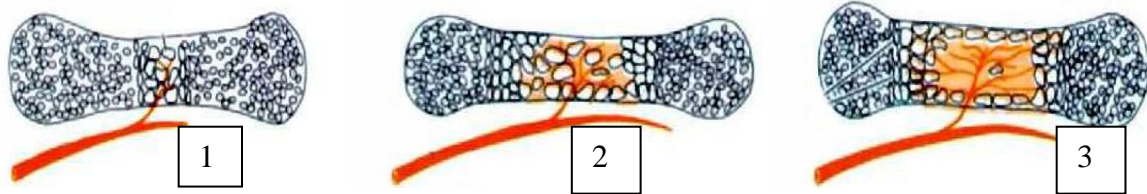
- L'ossification **de membrane** est une étape essentielle de l'ostéogénèse des os plats, courts et à l'augmentation en diamètre des os longs.



b. L'ossification endochondrale et la croissance en longueur :

Caractérise l'ostéogénèse des os courts et longs. L'os est précédé d'une maquette cartilagineuse. L'ossification se fait en profondeur d'abord, à partir de points d'ossification différents. En règle générale, il existe un point d'ossification primitif **diaphysaire** (c'est la première ossification à apparaître au cours de la vie embryonnaire) et deux points secondaires **épiphysaires** (apparaissent après la naissance, elle est retardée par rapport à l'ossification diaphysaire). Caractérise l'ostéogénèse des os courts et longs.



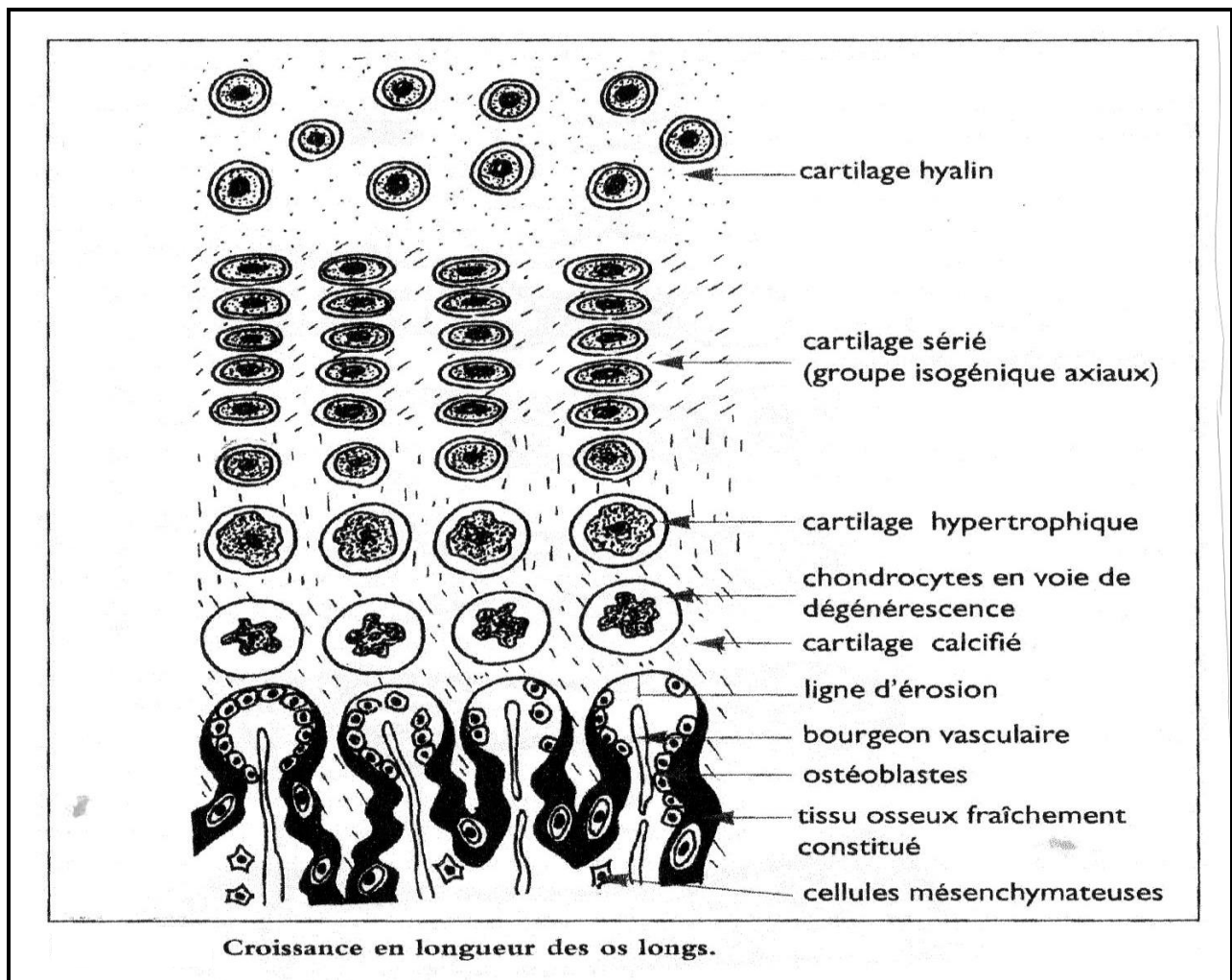


1, 2 : L'envahissement du cartilage par les bourgeons conjonctivo-vasculaires qui a débuté au centre de la diaphyse et se poursuit en direction des épiphyses.

3 : Formation de la cavité médullaire, par progression du centre d'ossification diaphysaire jusqu'à la région des métaphyses

Le processus fondamentale de l'ossification endochondrale est le même que l'ossification endoconjonctive mais le phénomène est plus compliqué car la formation du tissu osseux s'accompagne par la destruction du tissu cartilagineux au niveau duquel s'effectue l'ossification primaire.

- Les chondrocytes se divisent activement, formant des groupes isogéniques axiaux. Il en résulte un accroissement de longueur dans cette zone appelé **cartilage sérié**
 - Les chondrocytes **s'hypertrophient**, leur cytoplasme accumule du glycogène et leur chondroplastes s'agrandissent au dépend de la matrice cartilagineuse.
 - Progressivement les chondrocytes dégénèrent et meurent. La matrice cartilagineuse **se calcifie**.
 - Des ostéoclastes et des chondroclastes détruisent le cartilage calcifié en formant des cloisons séparatives entre les chondroplastes d'un même groupe isogénique.
 - Pendant ce temps, les capillaires sanguins prolifèrent et pénètrent dans les chondroplastes vides et vacants. Ces bourgeons conjonctivo-vasculaires amènent avec eux des cellules **mésenchymateuses** indifférenciées, les unes se différencient en cellules hématopoïétiques et les autres en **ostéoblastes**, ces dernières se disposent à la surface de la matrice cartilagineuse calcifiée élaborent une couche de tissu osseux contre elle et ainsi le tissu osseux prend la place du tissu cartilagineux.
 - Cette ossification endochondrale a pour principale conséquence la croissance en longueur de l'os. Lorsque tout le cartilage a été remplacé par du tissu osseux, la croissance en longueur est définitivement terminée : elle correspond à la fin de la puberté.
- En fin de croissance, le cartilage de **cartilage de conjugaison** disparaît par soudure de la zone d'ossification diaphysaire et épiphysaire.

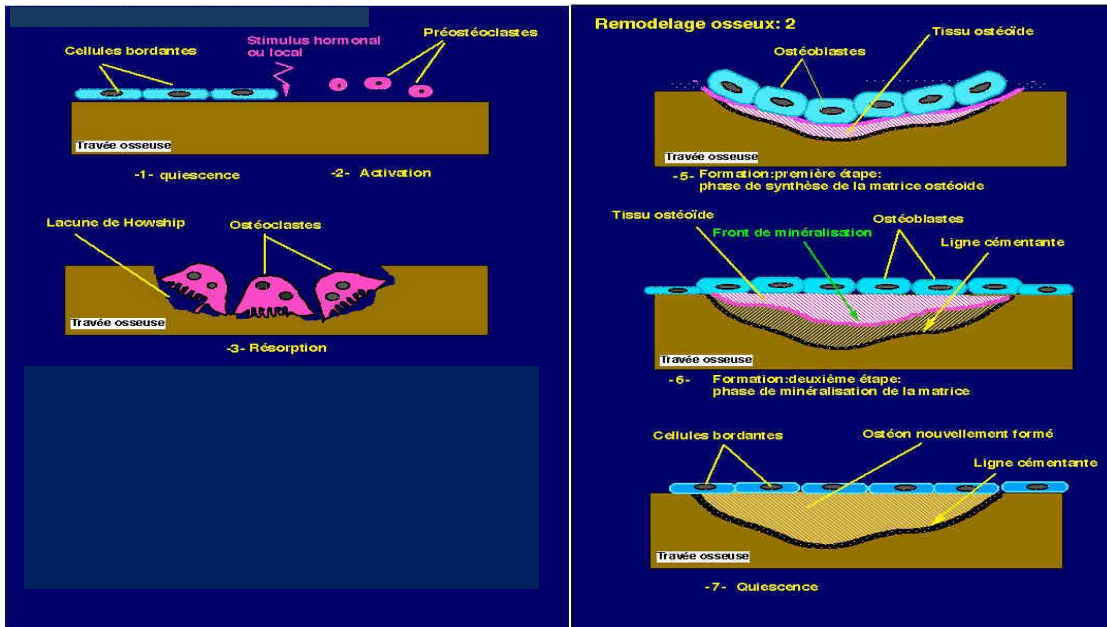


2- L'ossification secondaire

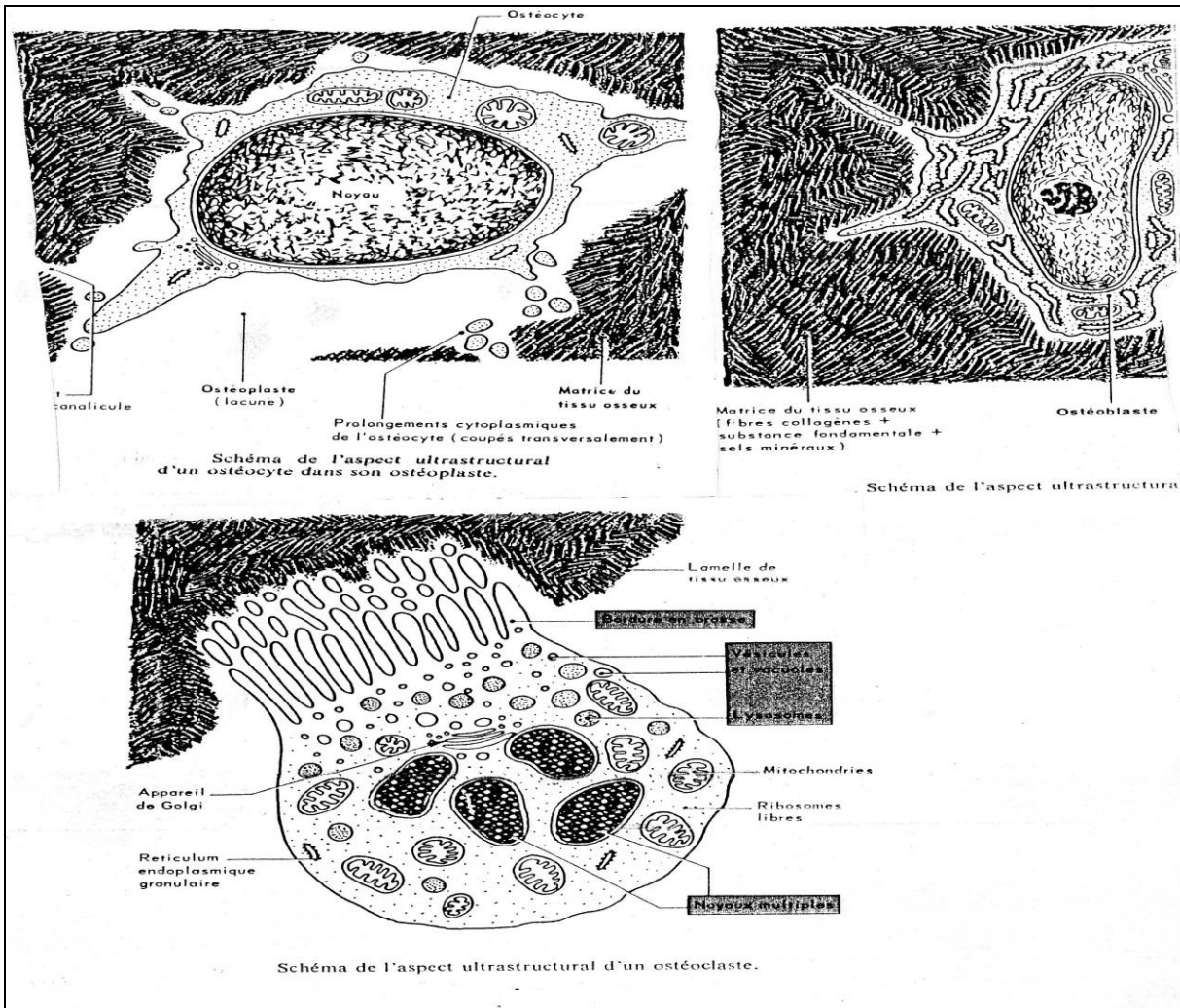
C'est le remaniement ou le remplacement d'un os existant primaire par un nouveau tissu osseux plus rigide. C'est une ossification caractérisée par la combinaison de deux mécanismes ; une destruction ostéoclasique suivie par un processus constructif dont les ostéoblastes sont responsables. Cette destruction du tissu osseux et sa reconstruction sont stimulées par les hormones PTH, de croissance et la vit D. Les deux phénomènes vont se poursuivre toute la vie.

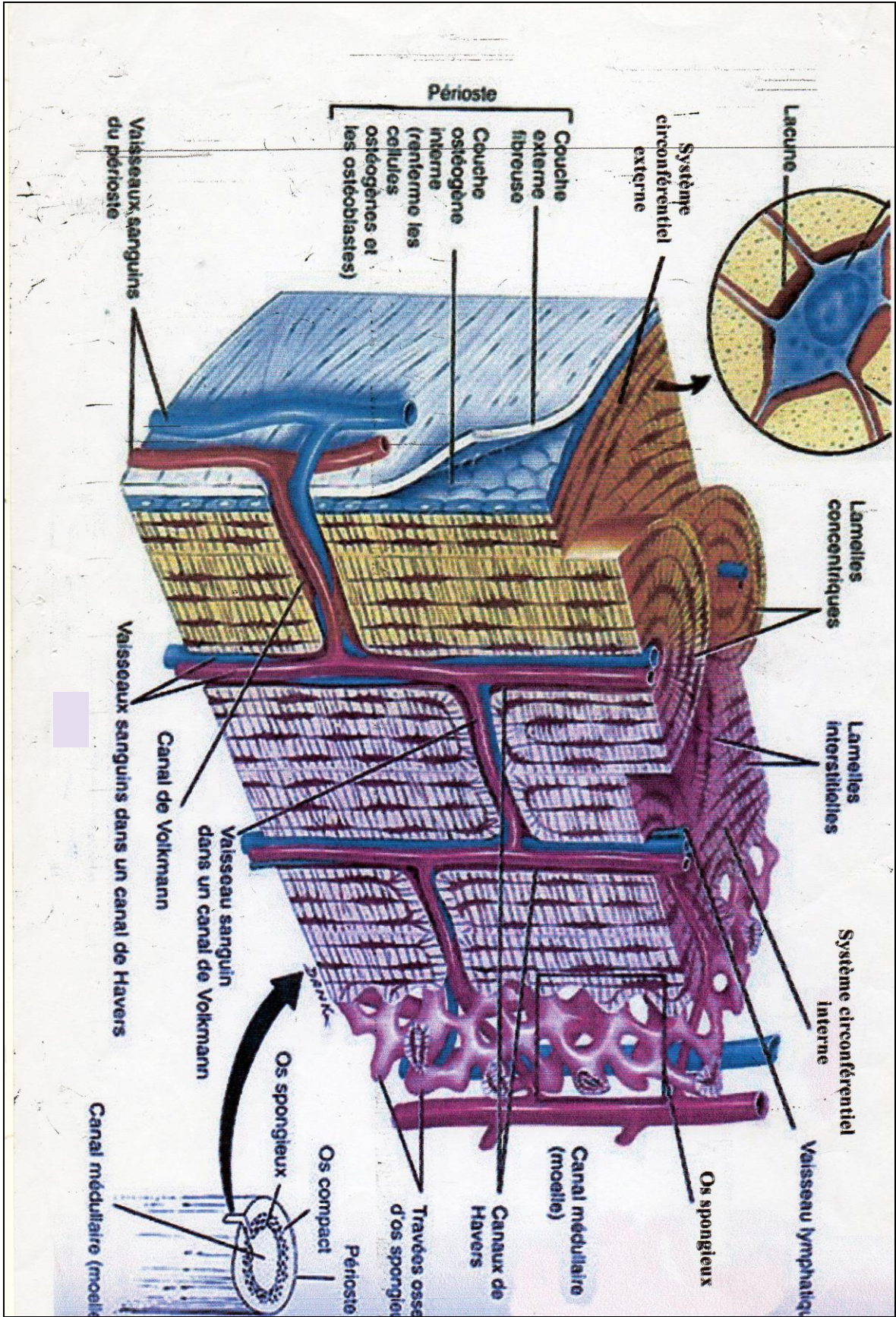
La durée de cycle de remodelage dure environ 4 mois chez l'adulte. La phase de formation étant plus longue que celle de la résorption.

L'ossification secondaire forme un os spongieux ou compact lamellaire. Elle ne modifie pas le schéma architectural général établi par l'ossification I^{aire} mais elle remanie complètement la structure du tissu osseux.



Les cellules du tissu osseux





Bibliographie

- Alan Stevens, James Steven Lowe (2006) **Histologie humaine** (3e Ed), Elsevier.
- Jean-Pierre Dadoune et coll. (2007) **Histologie** (2e Ed), Médecine Sciences Flammarion.
- Jacques Poirier, Martin Catala, et coll. (2006) **Histologie: Les tissus** (3e Ed), masson
- Jacques Poirier et coll. (1999) **Histologie moléculaire: Texte et atlas**, Masson.
- G. Lefranc in R. Coujard, J. Poirier, J. Racadot - *Précis d'Histologie Humaine*- Ed Masson 1980.
- M. Mailet - *Histologie des organes* - Coll Academic Press - 1980.
- R.V. Krstic - *Atlas d'Histologie générale* - Ed Masson 1988.
- Stevens, J. Lowe - *Histologie* - Ed Pradel 1992.
- J. Poirier, J.L. Ribadau Dumas *Histologie* - Ed Masson 1993.
- G. Grignon - *Les cours de PCEM Cours Histologie* - Ed Ellipses 1996.
- J. POIRIER, JL J.L. Ribadau Dumas, M. Catala, JM Andre, R. Gherardi, JF Bernaudin *Histologie, les tissus - Abrégés* Ed Masson 2000.