

# Le tissu osseux

## Sommaire :

1. Introduction
2. Les cellules
  - a. Les ostéoblastes
  - b. Les ostéocytes
  - c. Les ostéoclastes
3. La MEC
4. Le périoste
5. Les rôles du tissu osseux
6. Les différents types de tissus osseux
  - a. Le tissu osseux réticulaire (primaire)
  - b. Le tissu osseux lamellaire (secondaire)
7. L'architecture osseuse
  - a. Les os longs
  - b. Les os courts
  - c. Les os plats

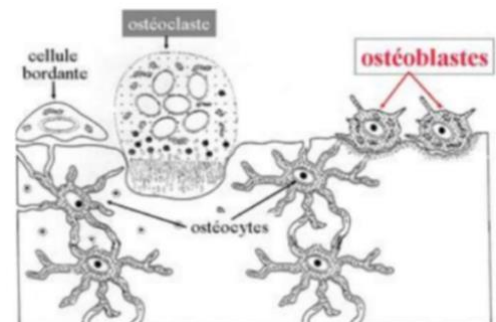
## I- Introduction

Le **tissu osseux** est un **tissu squelettique de soutien**. Sa **matrice extracellulaire est solide, minéralisée** (imprégnée de sels minéraux cristallisés qui la rendent rigide et imperméable) et **vascularisée+++**

Le tissu osseux est composé de **deux populations cellulaires** (on les voit après no panic) qui **communiquent de façon étroite et permanente**, réparties au sein de la **MEC**. Cette **MEC est la matrice osseuse, organisée en travées autour de lacunes vascularisées**. Les **plus volumineuses de ces lacunes** renferment la **moelle osseuse**.

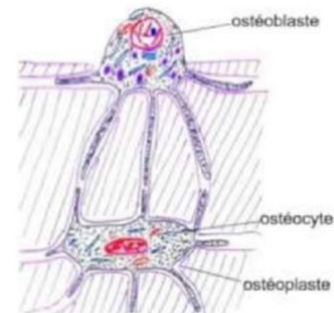
### Les deux populations cellulaires sont :

- La première population cellulaire est **d'origine mésenchymateuse** et comporte les **ostéoblastes** (à la surface du TO) et les **ostéocytes**. (Les ostéoblastes sont les précurseurs des ostéocytes donc la population à retenir ici est celle des ostéocytes).
- La deuxième population cellulaire est **d'origine hématopoïétique** (font partie du système monocyte/macrophage) et comporte les **ostéoclastes**.



**La croissance osseuse ne peut se faire que par apposition de lamelles osseuses** (différent du tissu cartilagineux qui peut avoir une croissance interstitielle ou par apposition, ne confondez pas les deux types de tissus pitié !!!!).

Le **renouvellement implique la destruction préalable du tissu osseux** et son **aspect résulte de l'équilibre des 2 populations cellulaires**. (Création de tissus osseux par les ostéocytes et destruction par les ostéoclastes).



## II- Les cellules

### a) Les ostéoblastes

Ils sont apposés sous la forme d'une **couche continue à la surface des travées**. Leur **forme va dépendre de leur état d'activation** :

- **Au repos** : les cellules sont dites **bordantes**, elles sont **aplaties et allongées**
- **Activées** : morphologie plus **cubique**, elles vont **synthétiser les constituants organiques de la matrice osseuse**.

L'ostéoblaste a une **forme polyédrique**, le **noyau est ovalaire**, **rejeté au pôle non sécréteur** de la cellule. Son **pôle sécréteur se termine par de fins et courts prolongements cytoplasmiques** qui s'enfoncent dans la matrice osseuse.

A leurs **extrémités** se trouvent des **jonctions communicantes de type gap** permettant la **communication** avec les ostéoblastes voisins.

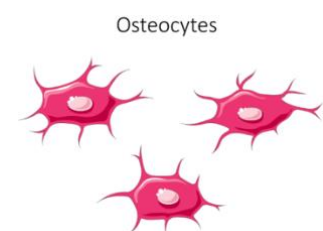
Le **cytoplasme est basophile**, ce qui reflète la **richesse en organites** impliqués dans la synthèse de la matrice osseuse, à savoir **réticulum endoplasmique granuleux et appareil de Golgi**. Il renferme de très **nombreuses mitochondries** qui stockent et concentrent les ions calcium et phosphore sous forme de **vésicules matricielles**.

**L'ostéoblaste assure la synthèse et la minéralisation de la MEC**, cela se fait en **2 temps** :

- 1- **Synthèse de la composante organique** (fibres conjonctives et substance fondamentale). La **matrice non minéralisée** est appelée **bordure ostéoïde++**
- 2- **Minéralisation de la matrice** = processus complexe qui aboutit au **dépôt des cristaux d'hydroxyapatite entre les fibres de collagène de type I**. La minéralisation de la bordure ostéoïde emprisonne l'ostéoblaste qui se transforme en **ostéocyte**. (Donc l'ostéoblaste, b comme bébé, est le précurseur de l'ostéocyte).

### b) Les ostéocytes

Les ostéoblastes s'emprisonnent dans la matrice qu'ils élaborent et deviennent des ostéocytes. Les ostéocytes correspondent donc à la **différenciation terminale des ostéoblastes**. (Bon ça fait 50 fois qu'on le dit je pense que c'est bon pour vous ?)



Les **ostéocytes** sont des cellules **fusiformes à grand axe parallèle à la surface osseuse, enfermées dans des logettes = ostéoplastes**. Les ostéoplastes sont reliés entre eux par des **canalicules** où cheminent les fins prolongements cytoplasmiques des ostéocytes.

Les **extrémités** de ces prolongements sont munies de **jonctions communicantes de type Gap** permettant l'interaction avec les ostéocytes voisins et les ostéoblastes en surface.

### Les ostéocytes ont deux fonctions :

- ✓ **Harmonisation du remodelage osseux** = Les ostéocytes perçoivent les **variations de contrainte mécanique** s'exerçant sur le tissu osseux. Ils **transmettent l'information** aux ostéoblastes induisant une augmentation de la **synthèse** de la matrice osseuse ou au contraire une augmentation de sa **résorption** par les ostéoclastes.
- ✓ **Maintien de l'homéostasie phosphocalcique** = Ils sont **capables de résorber la matrice osseuse péri-ostéocytaire ou au contraire de synthétiser la matrice osseuse**. Ils participent ainsi aux **échanges permanents de calcium** et de **phosphore** entre le tissu osseux et le sang.

### c) Les ostéoclastes

#### Elles sont :

- **Volumineuses** (**50-100µm de grand axe** contre 6-7 microns pour un GR, donc bcp + grandes)
- **Plurinucléées** = une cellule avec **10 à 15 noyaux** en **périphérie** de la cellule
- **Mobiles** à la **surface** des travées osseuses
- **Polarisées** = avec une **différence** entre la zone contre la matrice, la base du côté du tissu osseux et celle à l'opposé avec le dôme (région apicale) où se trouve le noyau



**Ils s'agit de cellules qui détruisent (résorbent) le tissu osseux.** (Mnémono : ostéoclastes ; claste = casse = détruit, résorbe)

Le **cytoplasme** renferme de **nombreuses mitochondries et de nombreux lysosomes** contenant des **enzymes**.

L'ostéoclaste possède, en regard de la baie de résorption (au niveau de la base, une bordure en brosse constituée de **microvillosités**).

C'est au niveau de la **base** qu'aura lieu la **dégradation** de la matrice minéralisée, c'est-à-dire la résorption du tissu osseux.

Le tissu osseux est en **remodelage** : la résorption va donner des lacunes creusées en face des ostéoclastes, dans la matrice minéralisée, aboutissant à une dissolution des cristaux d'hydroxyapatite. Ces lacunes de résorption sont appelées **lacunes de Howship**.

### La résorption nécessite la combinaison de 2 phénomènes ++ :

1. **Acidification du milieu**, faite par une **pompe à protons** qui libère les protons en face de la matrice au niveau de la bordure en brosse afin de dissoudre les minéraux grâce à une diminution de pH.
2. **Enzymes lysosomales** (rappel : le lysosome est l'estomac de la cellule) libérées pour **digérer les éléments organiques de la matrice**.

**Le recrutement et l'activité des ostéoclastes sont contrôlés par les ostéoblastes grâce à de multiples facteurs de croissance.**

Cela va assurer une **coordination** entre synthèse et dégradation de la matrice osseuse. (Rebelote...)

**Les ostéoblastes synthétisent la matrice tandis que les ostéoclastes la résorbent : le tissu osseux est en équilibre entre synthèse (ostéoblastes) et résorption (ostéoclastes)+++++++** (Bon il veut définitivement nous rendre fous, on a compris ...)

### III- La matrice extracellulaire (MEC)

**Le tissu osseux est le moins hydraté de l'organisme.** (L'os c'est sec)

La MEC comporte une **composante organique (30% du poids sec de la MEC)** sur laquelle se dépose la **composante minérale (70% du poids sec de la MEC)** formant ainsi une MEC minéralisée.

#### La composante organique est composée de :

- **Fibres conjonctives**, essentiellement des **fibres de collagène de type I** qui représente **95%** du poids sec de la MEC organique.
- De **substance fondamentale** composée de **GAGs sulfatés et de protéoglycanes** (peu abondants). La faible abondance de protéoglycanes lui confère une forte affinité pour les sels de calcium.
- **Multiplés autres protéines** : **glycoprotéines de structure\***, **facteurs de croissance** (participent à la communication entre cellules osseuses et régulent leurs activité biologiques) en faible quantité.

#### \* Parmi les glycoprotéines de structure on retrouve

- **L'ostéopontine et la fibronectine** qui assurent la **liaison** entre matrice et cellules.
- **L'ostéocalcine et l'ostéonectine** qui contribuent à la **minéralisation**.

#### La composante minérale est composée de :

⇒ **Cristaux d'hydroxyapatite** qui s'intercalent entre les fibres de collagène (de la composante organique).

### IV- Le périoste

Le **périoste** (péri = périphérie = autour de ; oste = os : le périoste c'est ce qui est autour de l'os) est un **tissu conjonctif dense** qui enveloppe la **face externe des os**, à l'exception des **cartilages articulaires+++**

Il se poursuit par des **capsules articulaires** aux **extrémités** des os et sert **d'insertion** aux tendons et aux ligaments.



### Son organisation :

- **La couche externe = tendiniforme (fibreuse externe).**

Elle correspond à un **tissu conjonctif dense fibreux** qui est **richement vascularisé**. Elle assure la **nutrition** de l'os sous-jacent. (Comme la couche externe du tissu cartilagineux).

Des branches des artères périostiques **pénètrent** dans le tissu osseux sous-jacent, à la différence du tissu cartilagineux, nourri par diffusion. ++

- **La couche interne = ostéogène**

Elle correspond à un **tissu conjonctif lâche richement vascularisé** (contrairement à la couche interne du périchondre+++).

Elle participe également à la **nutrition** de l'os sous-jacent.

Les cellules de la couche ostéogène prolifèrent et se différencient en ostéoblastes participant ainsi à la **croissance** du tissu osseux et à la **réparation** des fractures osseuses. +++

## V- Les rôles du tissu osseux

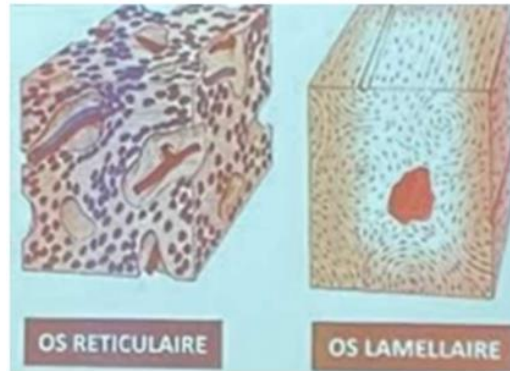
### Le tissu osseux a 4 rôles :

- **Soutien**
- **Mécanique**
- **Protection**
- **Métabolisme**

SOUTIEN	MECANIQUE	PROTECTION	METABOLIQUE
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Constitue la <b>majeure partie</b> du squelette</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Support rigide pour les <b>insertions tendons et ligaments</b> : impliqués dans la locomotion</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Cage thoracique pour protéger le cœur et les poumons</li><li>▪ Boite crânienne pour l'encéphale</li><li>▪ Vertèbres pour la moelle spinale</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tissu adipeux et minéraux = principale réserve de phosphore et de calcium</li><li>▪ Homéostasie du métabolisme phosphocalcique : l'organisme stocke les ions ou les libère en fonction des besoins</li><li>▪ Hématopoïétique : au niveau du tissu osseux spongieux via les cellules souches</li></ul>

## VI- Les différents types de tissus osseux

Si on se base sur l'orientation des fibres de collagène, il existe **DEUX types de tissu osseux** : le tissu osseux **réticulaire** et **lamellaire**.



### a) Le tissu osseux réticulaire (primaire)

Il possède une **forme osseuse immature = non lamellaire = primaire**

C'est une **forme transitoire** qui va être remplacée par le tissu lamellaire lors du phénomène d'ossification secondaire.

Il est **NON orienté** c'est-à-dire que les fibres de collagène I et les ostéocytes sont disposés sans ordre et il est **peu minéralisé++**

**Chez l'embryon et le fœtus, il constitue les ébauches osseuses.**

**Après la puberté, il ne persiste qu'au niveau de l'ossete de l'oreille.**

### b) Le tissu osseux lamellaire (secondaire)

Il possède une **forme osseuse = mature = secondaire**

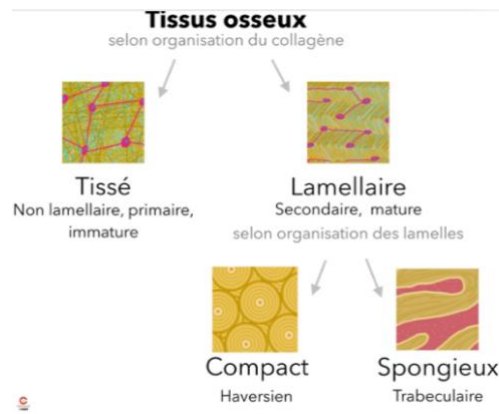
Contrairement au tissu réticulaire il est **orienté et minéralisé+++**. Les fibres de collagène I sont disposées parallèlement, réalisant des lamelles superposées entre lesquelles se trouvent les ostéocytes.

Il constitue la **presque totalité du tissu osseux** et sa **formation est rapide** à partir du tissu osseux primaire.

#### Il existe 2 types de tissu osseux lamellaire :

⇒ Cela dépend de la disposition des lamelles osseuses.

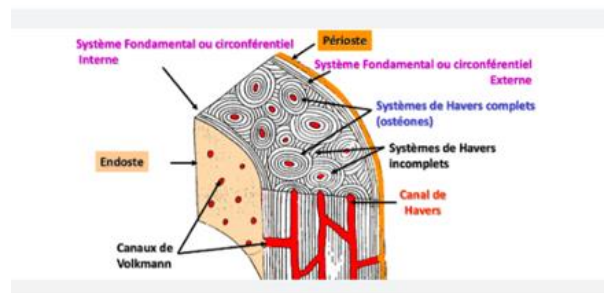
Tissu haversien <b>COMPACT</b>	Tissu trabéculaire <b>SPONGIEUX</b>
Il forme le tissu <b>compact</b> présent au niveau de la partie <b>périphérique</b> des os dénommée <b>corticale</b> .	Au <b>centre</b> des os, il est semblable à une <b>éponge</b> .
Assemblage d'unités = les <b>ostéons</b> Ce sont des <b>cylindres concentriques</b> organisés autour du canal de Havers qui est central.	Les lamelles osseuses sont disposées en <b>travées</b> séparées par des <b>cavités</b> contenant la moelle osseuse (tissu hématopoïétique).  <b>Réseau labyrinthe</b> avec une alternance de piliers et de travées = au niveau des <b>épiphyses</b> des os <b>longs</b> et <b>plats</b> .



### Si on reprend l'organisation du tissu haversien vue dans l'ostéogénèse :

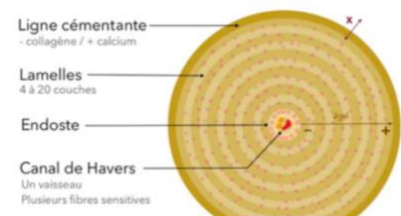
Dans le tissu haversien, chaque **ostéon** correspond à un **cylindre** constitué d'un **canal central** entouré de **lamelles osseuses**.+++

Les ostéons sont **parallèles** les uns aux autres selon le grand axe central de l'os : leur **diamètre** varie de **100µm à 1mm**, leur **longueur** pouvant aller de **quelques mm à 1cm**.



- ✓ Entre les ostéons se trouvent des **systèmes intermédiaires** qui correspondent à des **restes d'anciens ostéones** partiellement détruits par les remaniements tissulaires permanents.
- ✓ A la **périphérie de l'os**, se trouve une **mince couche de tissu osseux lamellaire compact dépourvue de vaisseaux** appelée **système fondamentale externe (SFE)** qui entoure **complètement** l'os SOUS le périoste.
- ✓ A la **face interne de la corticale**, se trouve une organisation similaire appelée **système fondamentale interne (SFI)**.

CHAQUE **ostéon** comporte en son centre un **canal de Havers** qui est une cavité conjonctivo-vasculaire de petite taille (**80µm de diamètre**) où circule un capillaire sanguin et une fibre nerveuse amyélinique (voir tissu nerveux). Ce canal est tapissé de **cellules bordantes** et est entouré de **10 à 15 lamelles osseuses concentriques**.



Les **fibres de collagène** y sont **parallèles** les unes aux autres, disposées de façon **hélicoïdale** par rapport à l'axe de l'ostéon dont l'organisation assure la **solidité** optimale du tissu osseux.

**Tout à l'extérieur**, la **ligne cimentante** constitue la **limite externe de l'ostéone**. Il s'agit d'une **lamelle osseuse dépourvue d'ostéocytes**++

Les canaux de Havers sont reliés entre eux via les **canaux de Volkmann** qui sont des **canaux transversaux** dépourvus de lamelles concentriques++. Ils (Volkmann) **perforent les lamelles osseuses** mais aussi les SFE et SFI.

### Les canaux de havers communiquent donc :

- ❖ Entre eux
- ❖ Avec la **cavité médullaire**
- ❖ Avec la **surface de l'os**

...via les canaux de Volkman.

**Les vaisseaux sanguins du tissu lamellaire sont en continuité avec les vaisseaux sanguins du périoste et de la moelle osseuse.**

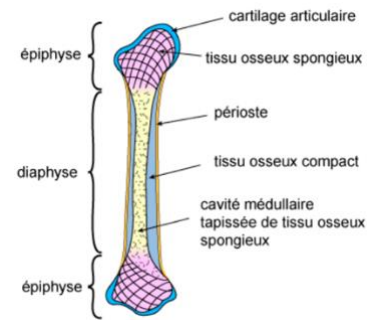
## VII- L'architecture osseuse

Les tissus osseux compacts et spongieux **s'associent** pour former TROIS types d'os : les os longs, courts et les os plats.

### a) Les os longs

Ils comportent une partie médiane rétrécie : la **diaphyse** et deux extrémités plus ou moins élargies : les **épiphyse**s. Les deux sont reliées par les **métaphyses**.

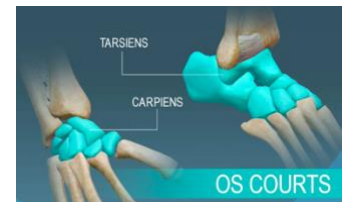
- La **DIAPHYSE** est constituée d'**os compact** avec une **cavité médullaire** contenant de la **moelle osseuse jaune**.
- Les **MÉTAPHYSES** sont formées d'un **tissu osseux spongieux** entouré d'un **tissu compact** prolongeant la corticale de la diaphyse.
- Les **ÉPIPHYSES** sont constituées d'**os spongieux** entouré de **tissu osseux compact** qui s'amincit et se termine au contact du cartilage articulaire.



**Chez l'enfant**, les épiphyses sont séparées des métaphyses par du **cartilage de croissance** appelé aussi **cartilage de conjugaison**. A la fin de la croissance, les cartilages de croissance disparaissent, les épiphyses et les métaphyses fusionnent.

### b) Les os courts

Les os courts sont les os du **tarse** et du **carpe** (voir anatomie des membres). Ils ont une structure identique à celle des **épiphyse**s des os longs, c'est-à-dire du **tissu osseux trabéculaire** entouré par une mince corticale d'**os compact**.



### c) Les os plats

Les os plats sont les **os des côtes**, de la **voûte crânienne** et les **omoplates** : dans les os du crâne, le **tissu osseux spongieux** est dénommé **diploé**, l'**os compact** forme les **tables externes et internes**.

