

# Le tissu osseux



## Introduction <3

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+++**

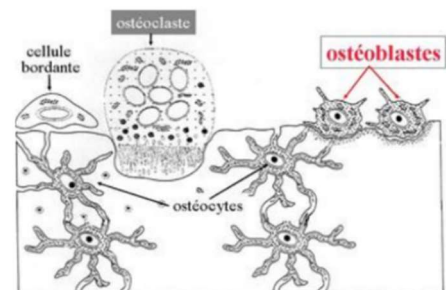
Le tissu osseux est composé de **deux populations cellulaires** qui **communiquent** de façon étroite et **permanente**, réparties au sein de la MEC. Cette MEC est la **matrice osseuse**, organisée en **travées** autour de lacunes vascularisées.

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**.
- ♥ 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**. Le renouvellement implique la destruction préalable du tissu osseux et son aspect résulte de l'équilibre des 2 populations cellulaires.



## Les cellules <3

### 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.

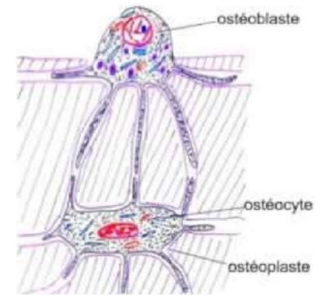
## Méiose

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** :

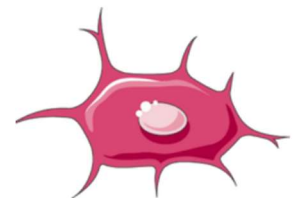
- **Synthèse** de la composante **organique** (fibres conjonctives et substance fondamentale). La matrice **non minéralisée** est appelée **bordure ostéoïde++**
- **Minéralisation** de la matrice = processus complexe qui aboutit au **dépôt des cristaux d'hydroxyapatite** entre les **fibres de collagène de type I**.



La minéralisation de la bordure ostéoïde **emprisonne l'ostéoblaste qui se transforme en ostéocyte**.

## 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**.



Ce sont des cellules **fusiformes** à grand axes parallèles 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**

## Meyose

- 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.**

## Les ostéoclastes

Ce sont des cellules :

- ♥ **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.

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 ++** :

- **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.
- **Enzymes lysosomales** 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.

Les ostéoblastes synthétisent la matrice tandis que les ostéoclastes la résorbent : **le tissu osseux est en équilibre entre synthèse (ostéoblastes) et résorption (ostéoclastes)++++++**

### La matrice extracellulaire (MEC) <3

Le tissu osseux est le **moins hydraté de l'organisme**.

La MEC comporte une composante **organique** sur laquelle se dépose la composante **minérale** formant ainsi une **MEC minéralisée**.

La composante **organique** représente **30%** du poids sec de la MEC, 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**.
- **Multiples autres protéines** : glycoprotéines de structures, facteurs de croissance (participent à la communication entre cellules osseuses et régulent leurs activités biologiques) en faible quantité.

Parmi les **glycoprotéines de structure** :

- ♥ **Ostéopontine et Fibronectine** = assurent la **liaison** entre matrice et cellules
- ♥ **Ostéocalcine et Ostéonectine** = contribuent à la **minéralisation** en raison de leur forte affinité pour les sels de calcium

La composante minérale est très abondante et représente **70%** du poids sec de la MEC.

Elle est composée de **cristaux d'hydroxyapatite**, complexes cristallins de calcium et de phosphore qui s'intercalent entre les fibres de collagène.

### Le périoste <3

Le périoste 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.

Il est constitué de **deux couches** : **tendiniforme (fibreuse externe)** et **ostéogène interne**.

## Meyose

♥ 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.

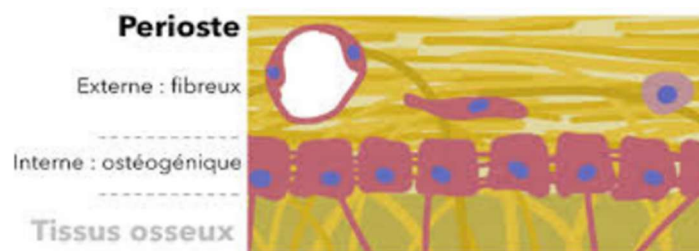
Des branches des artères périostiques pénètrent dans le tissu osseux sous-jacent, à la différence du tissu cartilagineux, nourri par diffusion.

♥ La couche **interne** = **ostéogène** (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.

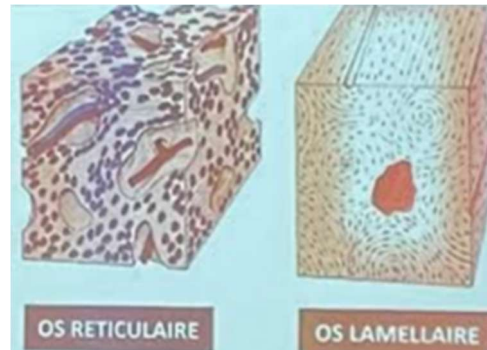


## Les rôles du tissu osseux <3

SOUTIEN	MECANIQUE	PROTECTION	METABOLIQUE
<ul style="list-style-type: none"><li>Constitue la <b>majeure</b> partie du squelette</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Support rigide pour les <b>insertions</b> tendons et <b>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>

### Les variétés du tissu osseux <3

Il existe deux types de tissu osseux selon l'**orientation** des fibres de collagène :



#### 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'osselet de l'oreille**.

#### 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.

La disposition des lamelles osseuses permet de différencier 2 types de tissus osseux lamellaires :

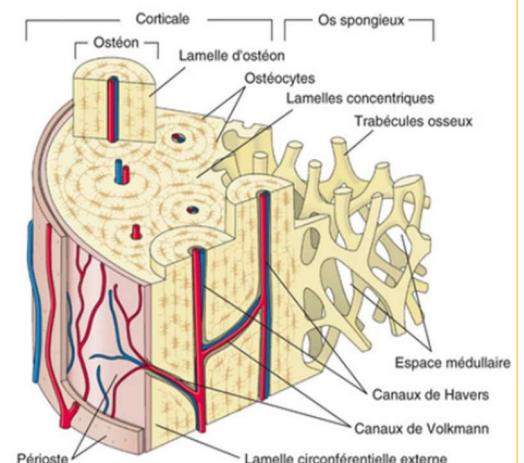
Tissu haversien <b>COMPACT</b>	Tissu trabéculaire <b>SPONGIEUX</b>
Il forme le tissu <b>compact</b> présent au niveau de la partie <b>périphérique</b> des os dénommée <b>corticale</b> .	Au <b>centre</b> des os, il est semblable à une <b>éponge</b> .
Assemblage d'unités = les <b>ostéons</b> Ce sont des <b>cylindres concentriques</b> organisés autour du <b>canal de Havers</b> qui est <b>central</b> .	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> .

### Le tissu osseux lamellaire haversien <3

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.

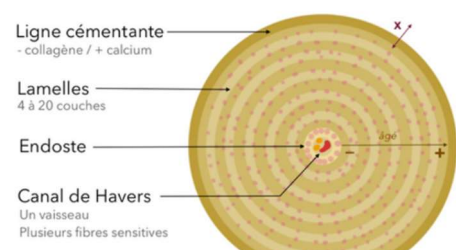


A la **périphérie** de l'os, se trouve une mince couche de tissu osseux lamellaire **compact dépourvue de vaisseaux** appelée **système fondamentale externe (SFE)** qui entoure **complètement** l'os sous le périoste.

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**.

Ce canal **est tapissé de cellules bordantes** et est entouré de **10 à 15** lamelles osseuses concentriques.





## Meyose

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 **cémentante** 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.

Ils communiquent donc :

- **Entre eux**
- Avec la **cavité médullaire**
- Avec la **surface de l'os via les canaux de Volkmann**

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

## L'architecture osseuse <3

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

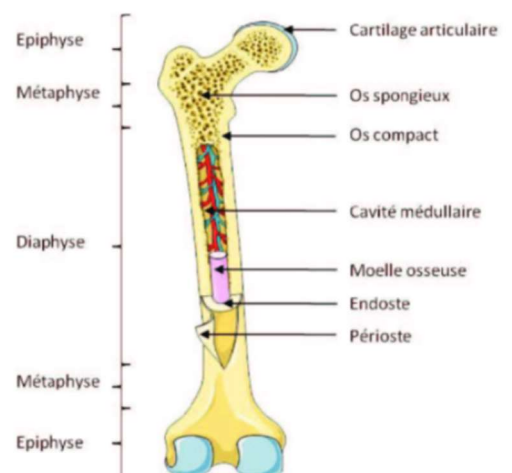
### Les os longs <3

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

La **diaphyse** est constituée d'os **compact** avec une **cavité médullaire** contenant de la moelle osseuse **jaune**.

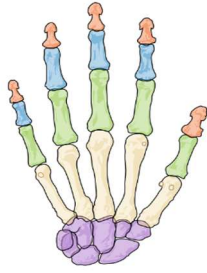
Les **métaphyses** sont formées d'un tissu osseux **spongieux** entouré d'un tissu compact prolongeant la corticale de la diaphyse.

Les **épiphyes** sont constituées d'os **spongieux** entouré de tissu osseux **compact** qui **s'amincit** et se termine au contact du **cartilage articulaire**.





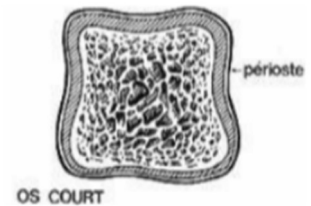
## Meyose



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.

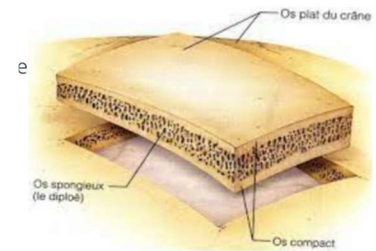
### Les os courts <3

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



### Les os plats <3

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**.



*C'est la fin de ce cours !! Maîtrisez le bien pour comprendre et apprendre la deuxième partie sur l'ostéogénèse !*

*Dédi à mes vieilles Juju et Maud <33*

*Dédi à ma giga famille : Schlupp, Léa et Mathieu et Kilian mes cofillots d'amour*

*Dédi à Félix qui passe des heures dans les trains pour présenter notre merveilleux tutorat*

*Dédi à Charlotte, Anaëlle et Manon avec qui j'ai failli me faire découper par les portes du train*

*Dédi à Iris et Elisa deux tutrices formidables*

*Dédi à Baptiste et Dylan qui vont vous régaler de la tête au cou*

*Dédi à Maéva ma super copine pharmacienne, j'ai trop hâte de te revoir*

*Dédi à Luca qui est aussi en pharmacie, la bu est plus la même sans toi reviens stp*

*Dédi à Yoann, Clément et Adrien je vous envoie encore plein de courage et je crois en vous*

*Dédi à ma marraine Huguette, je suis trop heureuse de te succéder <33*

*Dédi à Gabriel mon fillot d'amour, continue comme ça je suis trop fière de toi*