

EDIFICATION RADICULAIRE ET MISE EN PLACE DES TISSUS PARODONTAUX

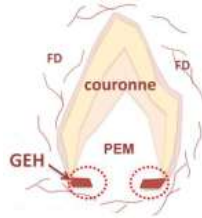
La **radiculogenèse** ou **rhizagenèse** est la formation des **racines** (organe pulpo-dentinaire radiculaire + cément).

Le **développement des racines** ne débute que quand les dimensions **définitives de la couronne** sont acquises ★★ et que les couches d'**émail** et de **dentine** ont atteint une **épaisseur suffisante**.★

La formation des racines (taille, forme, nombre...) est liée à la **gaine épithéliale de Hertwig (GEH)** (superposition EDE EDI)

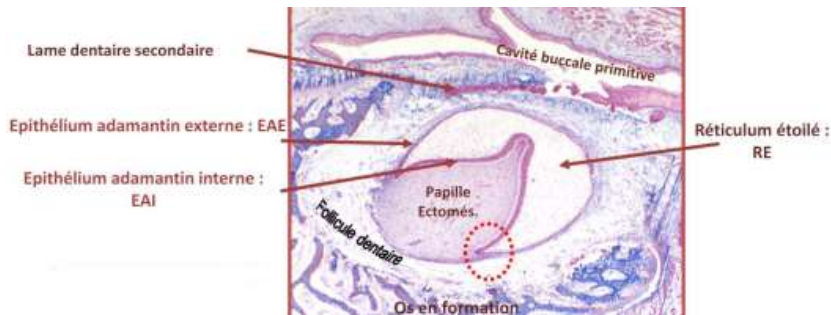
Le développement radiculaire se trouve sous la dépendance d'interactions cellule/matrice impliquant les composants de : la **GEH**, la **papille ectomésenchymateuse**, la **membrane basale**★ entourant la GEH, le **follicule dentaire** (= sac folliculaire).

Parallèlement à ce phénomène, s'ébauche le **ligament dento-alvéolaire = desmodonte** associé à l'édification de l'**os alvéolaire**.



I) Origine et structure de la GEH

Au stade de **cloche**, les **épithélia adamantins (dentaires) interne et externe** (EAI + EAE = EDI + EDE) se rejoignent au niveau du **futur collet** et forment la **zone de réflexion (= boucle cervicale)**★ à l'origine de la **GEH**.★



Dès la **fin de l'amélogenèse**, l'activité mitotique s'intensifie au niveau de la **zone de réflexion**, les **EDI+EDE** accolés s'allongent vers l'**axe central** du germe conduisant à la formation d'un **manchon épithélial bi-stratifié** qui s'étire en direction **apicale** : c'est la **GEH**.

La **GEH** s'interpose entre **2 zones d'ectomésenchyme** :★

1) La **papille ectomésenchymateuse** ou **papille dentaire** (future **pulpe radiculaire**).

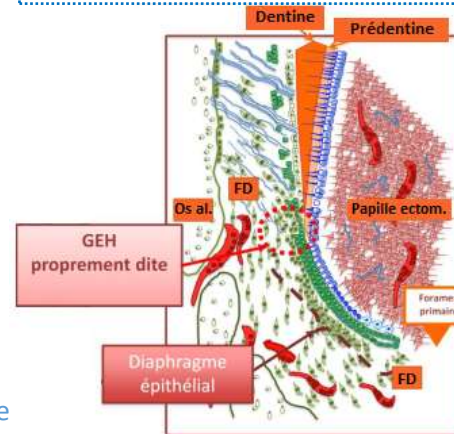
2) La **couche interne** du **follicule dentaire**

Ce dernier **encapsule le germe dentaire** dès le stade de **cupule**.

La **GEH**, lors de sa progression apicale, encerle **partiellement** la **papille dentaire**. Elle laisse à son extrémité apicale le **diaphragme épithélial (horizontal)**★, qui délimite une **ouverture circulaire** constituant le **foramen primaire** par lequel pénétreront dans la future pulpe dentaire des éléments **vasculaires** et **nerveux**.

La **GEH** est constituée de **2 parties** morphologiquement **bien définies** et **sans discontinuité** :

- 1) Le **diaphragme épithélial apical** qui délimite l'orifice primaire.
- 2) Une partie **droite** ou **gaine épithéliale** → Partie **cervicale** de la GEH.



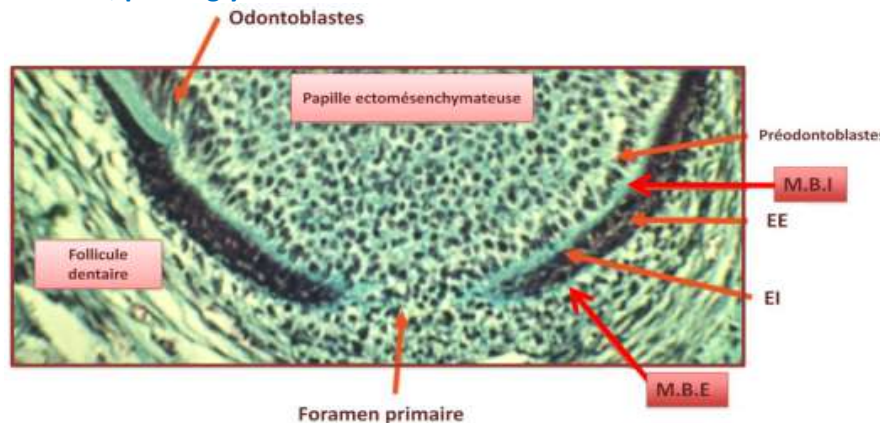
**GEH = EDE+EDI =
Diaphragme + Gaine**

Une **membrane basale** circonscrit la partie épithéliale de la gaine en prenant 2 apparences :

- 1) **Côté pulpaire** : nette, bien définie (MB interne).
 - 2) **Côté folliculaire** : floue, bordée de fibrilles de collagène (MB ext).
- Elle possède une structure et une composition classiques comparables à celles décrites au niveau des épithélia dentaires coronaires :

- Lamina **lucida** (côté **épithélial**)
- Lamina **densa**
- Lamina **fibro-reticularis** (côté **contropulpaire** ou **controfolliculaire**)

Les composants majeurs de ces MB sont : **collagène IV**, **fibronectine**, **laminine**, **protéoglycanes**.

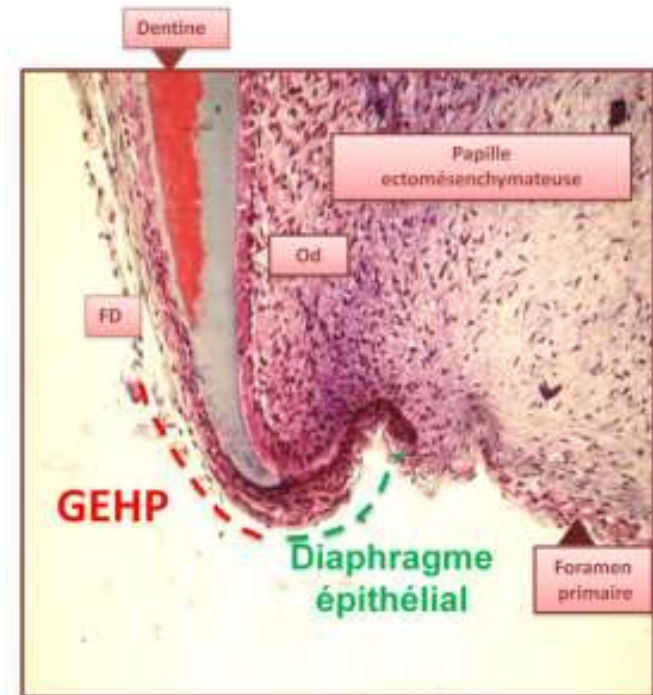


La **GEH** constitue une **couche irrégulière** de cellules reposant sur la **paroi externe** de la racine en formation. Elle débute au niveau de la **limite cervicale** du **diaphragme (= de l'orifice)**, où est observée une **matrice prédentinaire** constituée de collagène abondant.

La **GEH** est **séparée** des tissus environnants (**prédentine**, **FD**) par une **membrane basale**. (voir schémas pour bien comprendre++)

Cette couche bi-stratifiée présente des **modifications de structure** en **direction coronaire**. En effet, sa **couche externe** prolonge sur une **courte distance** sa **couche interne**.*

La **membrane basale externe** contro-folliculaire se **fragmente** libérant les **cellules** de la couche externe qui dérivent dans le **follicule dentaire** avoisinant → **Restes épithéliaux de Malassez** (on voit ça après)



* Pour ceux qui comme moi ont eu du mal avec cette phrase : en gros ça veut dire que la couche épithéliale externe est plus longue que l'interne → sur une partie du diaphragme épithélial, il n'y a pas d'EI mais que de l'EDE (ça se voit sur la photo ci-dessus ☺)

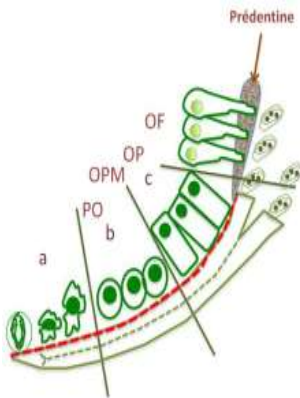
II) Rôle de la GEH dans la dentinogenèse radulaire

La **GEH** transmet les **informations** nécessaires à la **cytodifférenciation** des **odontoblastes**. La **dentinogenèse** s'effectue selon un processus **analogue** à celui au niveau **coronaire** sauf que **l'induction qui se produit sur l'EDI au niveau coronaire n'a pas lieu sur l'EDI de la GEH** → **PAS d'émail +++**. ★ (on a du ciment)

Au niveau d'une dent en cours d'édification radulaire, la **couche interne** de la **GEH** au niveau du **diaphragme épithélial** est en **contact direct** avec des **cellules indifférenciées** en **périphérie** de la **papille ectomésenchymateuse** radulaire. Elle en est séparée par la **MBI** qui joue un **rôle inducteur** sur la **PEM** (papille ectomésenchymateuse) (analogue au rôle de l'**EDI** de l'**organe de l'émail** sur la différenciation des **odontoblastes**.)

Le long du diaphragme, dans une direction **cervicale**, s'opère une différenciation de la papille selon un **gradient temporo-spatial** :

- **En apical** : le **moins** différencié ★
- **En cervical** : le **plus** différencié

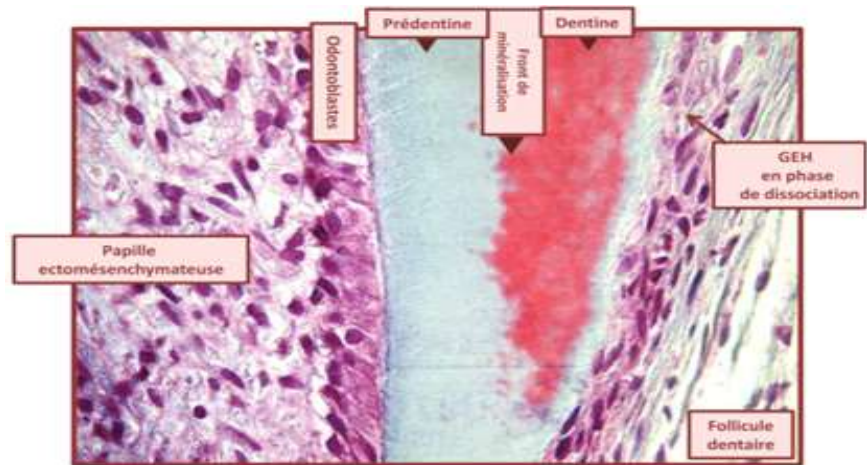


- **1/3 apical** : cellules pulpaire disposées **irrégulièrement**, à **distance de la MBI** et de forme **arrondie**.
- **1/3 moyen** : cellules **s'allongent** et **s'alignent contre la MBI**, premiers signes de **différenciation odontoblastique** et terminent leur cycle de division.
- **1/3 cervical** : **polarisation** des odontoblastes qui s'ordonnent le long de la **MBI** avant de devenir des odontoblastes fonctionnels sécrétant de la prédentine.

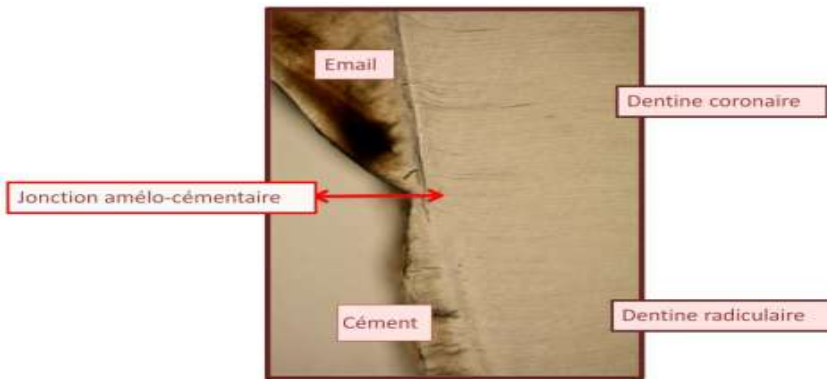
La différenciation des odontoblastes suit différentes étapes :
PréODB → OdB Post-Mitotique → OdB Polarisé → OdB Fonctionnel.

Rappel différenciation OdB : La cellule devient de plus en plus **volumineuse**, le **noyau** est au **pôle basal**, le **Golgi** est **supra-nucléaire** et les **RER** (réticulum endoplasmique rugueux = REG) sont développés. Une **accumulation apicale** des **filaments d'actine** et des molécules associées (**vinculine**, **taline**) a été montrée au cours de la **polarisation**. L'intégrité du **cytosquelette** est nécessaire à la **polarisation** et la **différenciation** odontoblastique.

Les **odontoblastes fonctionnels post-mitotiques** entrent dans la phase de **synthèse** d'un dépôt de **matrice prédentinaire** qui, après avoir subi des modifications biochimiques rapides, se **minéralise** en **dentine**.



La **prédentine** et la **dentine radulaires** s'agrègent à la **dentine coronaire sans discontinuité** visible : seule la **limite apicale** du dépôt de l'**émail** permet d'établir une séparation corono-radulaire = **jonction amélo-cémentaire**.



Il existe des **différences** entre les **dentines radicaire et coronaire** dans leur **composition biochimique** :

- **OdB Radiculaire** : niveau d'expression **plus faible** d'ARNm $\alpha 1/\alpha 2$ du **collagène I** ★ (donc + de forme trimère à la racine)

- **Dentine coronaire** : contient des **tubules hautement ramifiés** alors qu'au niveau **radiculaire** elle est plutôt **atubulaire**.★★

C'est seulement après une **certaine quantité** de dentine radicaire déposée que les **tubules** se forment.

III) Rôle de la GEH dans la cémentogenèse

Au fur et à mesure de la synthèse de la dentine radicaire, la **GEH se dissocie** de sa partie **cervicale**. La **dentine** entre alors en **contact** avec le **FD**.

Rappel : **FD** → **Enveloppe conjonctive** lâche formée de condensations cellR de **même origine embryologique** que la **PEM**.

Dès les premiers stades d'édification de la racine, le follicule dentaire englobe complètement le germe dentaire.

➤ On distingue 3 couches :

1) Interne = FD = « *investing layer* » appliquée **contre l'ébauche dentaire**.

Région cervicale : **2-3 couches** de **fibroblastes parallèles** au germe et entre lesquelles un **feutrage irrégulier** de **collagène** est observé.

Région apicale (foramen primaire) : en relation directe avec la **PEM**. L'**activité mitotique** y est **importante**.

Couches Péri folliculaires

- 2) Intermédiaire** : **Plus épaisse** et constituée de **TC lâche peu cellulaire** mais **très vascularisé**.
- 3) Externe** : **mince** et essentiellement **cellulaire** et largement **vascularisée** en contact direct avec la **crypte osseuse** ou l'**os alvéolaire** en formation.

A) Les différentes théories sur la cémentogenèse

Il existe 2 hypothèses sur l'**origine des cémentoblastes** :

1) Dérivent des **CCNs** et donc une origine **ectomésenchymateuse** comme le **FD (hypothèse classique)**.

2) Issues d'une **TEM** de la **GEH** en **cémentoblastes** et **cémentocytes**. La **GEH** participerait alors directement à la formation de ciment en sécrétant du **Collagène I**, **SialoProtéine Osseuse** et **Ostéopontine**.

Les cellules de la **zone périfolliculaire** devenues abondantes ont amorcé leur différenciation en **fibroblastes** du **ligament (desmodonte)**.

→ La **théorie classique** développée depuis 50 ans veut que le **ciment** soit dérivé du **FD**.

La différenciation des **cémentoblastes** évolue selon un **gradient temporo-spatial** étroitement lié à la formation de la dentine.

① Les **cellules conjonctives** du **FD** les plus proches de la GEH sont **allongées**, **parallèles** à la **MBE** avec de **longs prolongements cytoplasmiques** et des **organites** permanents avec de nombreux **ribosomes**.

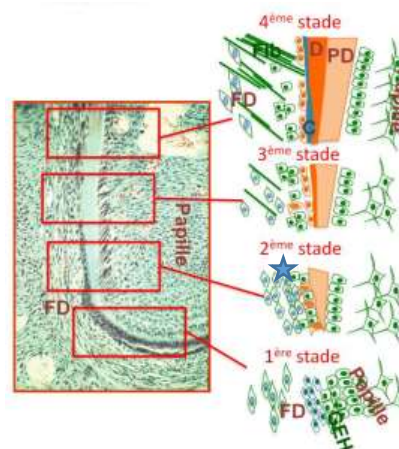
② Dès qu'apparaît une **fine couche** de **dentine minéralisée**, la **couche externe** de la **GEH** se **dissocie** au niveau **cervical**. Ce phénomène est consécutif à une **rupture localisée** de la **MBE** et une **pénétration** des **prolongements** des cellules du **FD** dans les **espaces cellulaires épithéliaux**. Ces **prolongements**, riches en **mitochondries** et **microfilaments**, sont **+/- perpendiculaire** à l'axe de la dent. Ce sont les **pré-cémentoblastes**.

Les cellules à proximité immédiate de la **GEH** ont des **prolongements entre** les **cellules de la GEH** et atteignent la **surface radiculaire** (avant le dépôt de **cément**).

Au fur et à mesure de la **dentinogenèse radiculaire** et de la **fragmentation** de la **GEH**, une **augmentation** du nombre de **fibrilles** entre les **fibroblastes** du **FD** est observée. Certaines forment des **faisceaux parallèles** ou légèrement **obliques** à la **GEH**, ce sont les **premières fibres ligamentaires**.

③ Les expansions des **précémentoblastes** s'insinuent **entre** les **cellules épithéliales internes** de la **GEH** et provoquent la **discontinuité** de la **MBE** permettant un **contact direct** des **cellules mésenchymateuses** sur la **dentine radiculaire** néoformée.

④ La **dentine radiculaire** exerce un **pouvoir inducteur** sur les **précémentoblastes +++★** qui à son contact **augmentent** de **taille**, se **polarisent**, s'orientent selon un **axe d'environ 45°** par rapport à l'axe de la racine et présentent un développement important de leurs **organelles cytoplasmiques** responsables de la **synthèse matricielle**. Ces cellules se différencient en **cémentoblastes**.



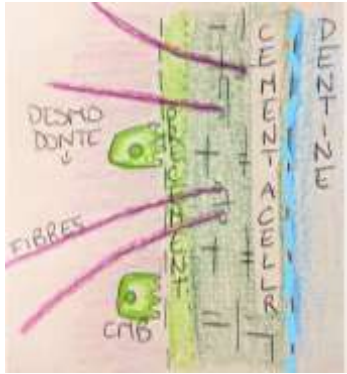
Certaines cellules de la **GEH**, en **position coronaire**, se **dissocient** et **dérivent dans le FD**, au sein du **ligament dento-alvéolaire** → **débris** ou **restes épithéliaux de Malassez**. ★★

Les **autres cellules** de la **GEH** vont mourir par **apoptose** ou vont être **incorporées** dans le **cément**.

Cémentoblastes : **Cuboïdes** avec de **finis prolongements cytoplasmiques** ★★, un **cytoplasme basophile** et des caractéristiques cytologiques de cellules engagées dans la synthèse protéique : **organites** (++) , **vésicules** associées à l'appareil de **Golgi**, **cytosquelette** (++) et **lysosomes**.

Elles n'ont **ni tonofilaments** **ni jonctions intercellulaires** ★★ ce qui permet de les distinguer de la **GEH**. Ces cellules forment une **couche discontinue**, projetant des **villosités** vers la **racine** et déposent les **premiers éléments de la matrice organique du cément** au **contact** de la **mince couche de dentine radiculaire minéralisée** (de **Hopewell-Smith**) ★, mais aussi **autour** des faisceaux de **fibrilles ligamentaires**.

La **matrice organique cémentaire non minéralisée** est appelée **précément** ou **tissu cémentoïde** composée de **substance fondamentale**, **sialoprotéine osseuse**, **ostéopontine** et **collagène intrinsèque** sécrétées par les **cémentoblastes** et qui se disposent **sans organisation précise, ± parallèlement** à la surface radiculaire.

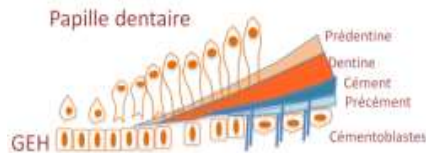


La **matrice cémentaire** contient aussi du **collagène** d'origine **fibroblastique (extrinsèque)** orienté **obliquement** ou **± perpendiculairement** à la surface radiculaire. Sa minéralisation se fait par dépôt de **cristaux d'hydroxyapatite**.

**Le ciment a donc une double origine :
Cémentoblastes et Fibroblastes
ligamentaires.**

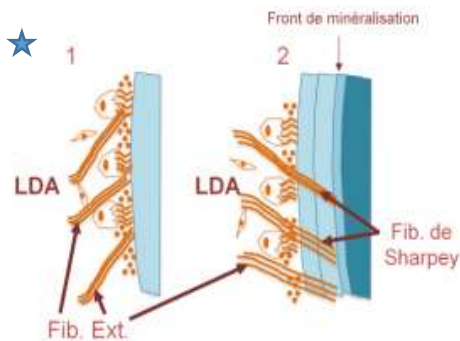
B) Formation du ciment acellulaire et cellulaire

La limite entre **dentine** et **précément/cément** est très **imprécise**. Les **centres initiaux** de **calcification** au sein du précément apparaissent à partir des **cristaux** de la **dentine adjacente**.



① Le Cément Acellulaire Fibrillaire Extrinsèque (CAFE).

Au cours des **premières étapes de la cémentogenèse**, processus excessivement **LENT 4**, les **cémentoblastes** ont le temps de **reculer** du front de minéralisation. Les premières couches de ciment (**cément primaire**) sont constituées de ciment **acellulaire**.



On note un **fort pourcentage** de **fibres** d'origine **ligamentaire (fibres extrinsèques)**.

Après la formation d'une **mince couche** de **cément**, ces faisceaux de **fibrilles ligamentaires (obliques** à la surface radiculaire) sont inclus dans la matrice cémentaire sous forme de **fibres de Sharpey**. Les **sites d'insertion** de ces fibres au ciment sont **minéralisés**. Ces **fibres extrinsèques** sont **en continuité** avec les **fibres ligamentaires**. Le **cément acellulaire** est capital dans **l'ancrage** de la dent à l'alvéole osseuse.★★

② Le Cément Cellulaire Fibrillaire Intrinsèque (CCFI).

A l'**éruption** de la dent, les couches successives de ciment déposées constituent le **cément secondaire, post éruptif** visible dès la **moitié apicale** de la racine. Ce ciment est **cellulaire** car le processus est **plus rapide** que la formation de ciment acellulaire.

Cette rapidité pourrait expliquer l'**inclusion intra-cémentaire** des **cémentoblastes** et des **cellules dérivées de la GEH**. Les **prolongements cytoplasmiques** des cémentoblastes sont incorporés dans le **tissu cémentoïde** puis, par **minéralisation** de celui-ci, sont inclus dans des **canalicules cémentocytaires**. Le **cémentoblaste** est alors **adjacent** au **cément calcifié**. Une **nouvelle rangée de cémentoblastes** élabore simultanément une **matrice cémentoïde** qui **recouvre** l'autre cémentoblaste qui est alors qualifié de **cémentoblaste-cémentoïde**.

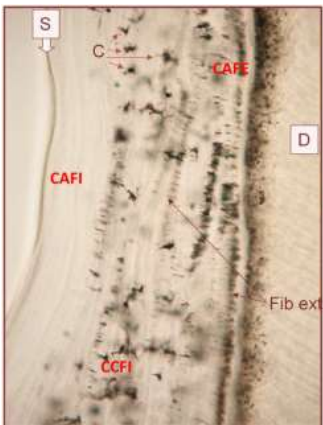
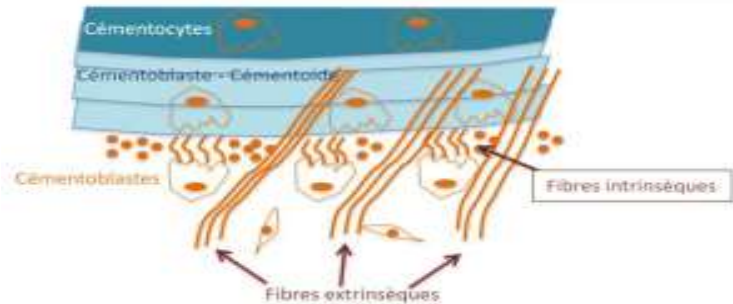
Une fois son environnement **minéralisé**, il est circonscrit par une **lacune** et devient un **cémentocyte** séparé d'une paroi cémentaire calcifiée par un **espace péri-cémentocytaire**.

Le **pourcentage** de **fibres extrinsèques** incluses dans ce ciment cellulaire sera **moins important** que dans le ciment acellulaire. Leur **densité augmente** cependant progressivement et leur orientation **oblique** devient **perpendiculaire** à la surface cémentaire.



Entre ces faisceaux fibrillaires, s'interposent des fibrilles intrinsèques produites par les cémentoblastes, parallèles à la surface radiculaire et dont le taux est **plus important** que celui des fibres extrinsèques.

La **rapidité** de la **cémentogenèse** à ce stade pourrait expliquer la **minéralisation** souvent **incomplète** des **fibres extrinsèques** au niveau de ce ciment.



③ Le Cément Mixte Cellulaire Stratifié (CMCS).

Au niveau des **zones radiculaires** et des **zones de furcation radiculaire** (zone dentaire) rejoignant les **parties cervicales de racines** d'une même dent, on observe le **cément stratifié mixte** constitué de 3

couches de ciment se répartissant de **façon imprévisible** :

- Cément cellulaire fibrillaire intrinsèque (CCFI)
- Cément acellulaire fibrillaire intrinsèque (CAFI) ★
- Cément acellulaire fibrillaire extrinsèque (CAFE) ★

Sa formation est **rapide**.



④ Le ciment acellulaire afibrillaire (CAA).

Il est visible au niveau de la **jonction amélo-cémentaire** (JAC) ★ qui délimite l'émail du ciment radiculaire. Il peut se déposer sous forme d'**éperons** ou **îlots cémentaires** recouvrant des petites zones d'émail. La **localisation** et les **aires** de ce ciment peuvent **varier d'une dent à l'autre**

et le long de la JAC.

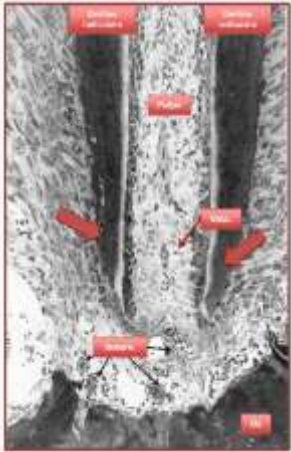
Il se forme **après** la fin de la **maturation pré-éruptive** de l'émail et éventuellement **pendant** l'**éruption** de la **dent**. Il ne contient **ni fibrilles collagéniques ni cellules**.

Il ne possède **pas de fonction** dans l'**attachement** de la dent à l'alvéole osseuse.

IV) Apexogenèse

L'**édification de l'apex** **parachève le développement de la racine**★★ (ex : **1^{ère} molaire perm.** chez l'homme : s'effectue jusqu'à **9-10 ans**).

La fermeture de l'apex se réalise **lentement**★. Dans la denture définitive, cette opération peut exiger **une durée aussi longue que celle nécessaire au développement de la racine (3 ans pour les molaires)**.



Au fur et à mesure de l'édification radiculaire, l'**anneau épithélial** se **rétrécit** progressivement, réduisant d'autant le calibre du tube dentinaire de la racine. Il enrobe les éléments **vasculaires** et **nerveux** destinés à la pulpe, ménageant un ou **plusieurs orifices (foramina)**.

Le **foramen apical** se constitue par des apports **successifs** et **irréguliers** de **cément cellulaire** alternant avec de **fin**es couches de **cément acellulaire**.

V) Mise en place du ligament dento-alvéolaire

La mise en place des **tissus parodontaux** s'effectue **parallèlement** à l'**édification radiculaire** à partir du moment où les **dimensions définitives** de la **couronne** sont acquises et que les couches d'**émail** et de **dentine coronaire** ont atteint une **épaisseur suffisamment importante**.

Les tissus parodontaux sont constitués de 4 éléments : ★

- 1) Le **cément** recouvrant la racine dentaire
- 2) L'**os alvéolaire** contenant la racine
- 3) Le **ligament dento-alvéolaire** maintenant la dent dans son alvéole
- 4) La **gencive** libre située au niveau de la **jonction amélo-cémentaire**.

Le **ligament dento-alvéolaire** (= **desmodonte** ou **ligament parodontal**) est un des éléments constitutifs du parodonte.

C'est un **tissu conjonctif vascularisé, innervé** et **non minéralisé** participant au **système d'attache** de la **dent** au **procès alvéolaire** (support osseux des dents temporaires et permanentes).

Le **ligament dento-alvéolaire** comme l'**os alvéolaire** et le **cément** a une **origine embryologique commune** : le **Follicule Dentaire**. ★ ★
Son développement commence avec la **formation** de la **racine**, avant l'éruption dentaire.

En effet, dès le **début** de la **formation radiculaire**, des **modifications** apparaissent au sein du **FD** : certaines **cellules mésenchymateuses** du **FD**, après la **fragmentation** de la **GEH**, viennent **s'interposer** entre les **fragments épithéliaux**.

- 1) Elles **se polarisent** et **se différencient** en **cémentoblastes** au contact de la **dentine radiculaire** pour former le **cément**.
- 2) Les **cellules** au contact de la **paroi osseuse**, **se différencient**, elles, en **ostéoblastes** pour former l'**os alvéolaire** ou en **ostéoclastes** pour le résorber.
- 3) Enfin, d'autres cellules du **FD** acquièrent les **caractéristiques** de **fibroblastes** associées à une fonction sécrétoire afin de donner la **matrice extracellulaire** du **ligament dento-alvéolaire** (surtout son **collagène**).

Initialement, l'**espace ligamentaire** est occupé par un **tissu conjonctif non organisé**, entre le **cément** et l'**os**, puis les **fibroblastes synthétisent** et **remodèlent** le **collagène** du ligament. Les **fibroblastes se polarisent rapidement** vers la surface radiculaire et les surfaces osseuses alvéolaires. L'**apparence ultra-structurale** de ces cellules est liée à leur **migration dirigée** et leur **activité synthétique élevée** (RER, golgi). Le **développement fibrillaire est associé à la cémentogenèse et à l'ostéogenèse** de la paroi alvéolaire qui constitue la surface osseuse alvéolaire en face de la racine dentaire.

Les fibres de **collagène I** sont les fibres les **plus importantes** en **taille** et en **quantité** du **ligament dento-alvéolaire**. ★

Au cours de leur **maturation**, les **structures collagéniques** du **LDA** sont **incluses dans le cément** et la **paroi alvéolaire** et sont appelées **fibres de Sharpey ++**. ★★ ★

L'apparition des **fibres** débute au niveau de la **région cervicale** ★ de la **racine** et progresse en **direction apicale** parallèlement à l'**édification radiculaire**.

Les paquets de **fibres** du futur **LDA** prennent leur origine sur la **surface** de la **dentine radiculaire**, en étroite relation avec les **fibroblastes allongés** et **polarisés** de cette surface dentinaire.

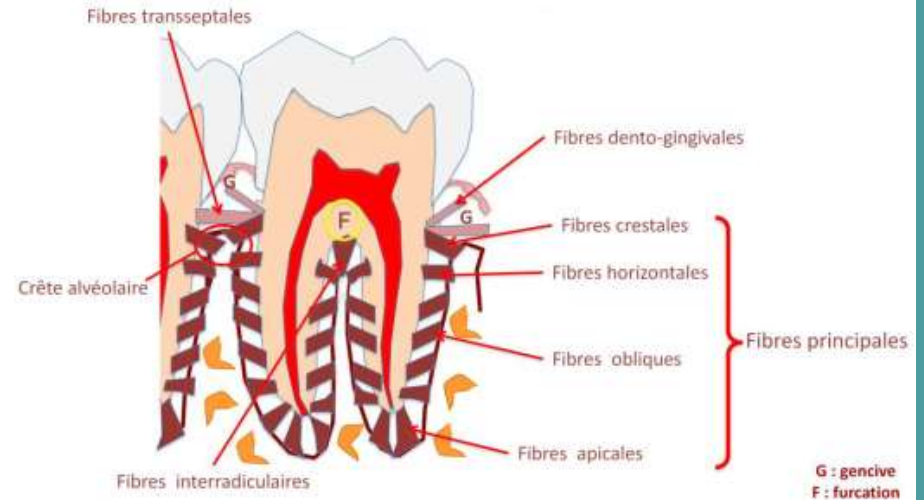
Ces fibres naissantes sont **regroupées** sous l'action des **cémentoblastes**, au cours du développement initial du **cément fibrillaire extrinsèque acellulaire (CAFE)**. Un tel processus est également observé du **côté osseux** lié à la présence de **fibroblastes ligamentaires** au niveau de la **paroi osseuse** en formation, recouverte d'**ostéoblastes**.

L'**organisation** et la **répartition** des **faisceaux collagéniques** du **LDA** qui apparaissent lors de l'**édification radiculaire** et de l'**ostéogenèse** suivent une **direction corono-radriculaire**. ★

Les fibres porteront un nom qui sera fonction de leur localisation et orientation anatomiques :

- **Transeptales** et **dento-gingivales** dans la **gencive**
- **Principales**, dans l'**espace ligamentaire** ou **dento-alvéolaire**, **subdivisées en** : fibres **crestales**, **horizontales**, **obliques**, **apicales** et **interadicaulaires** en fonction du site.

Les fibres dites **interadicaulaires** s'étirent entre le **septum interadicaulaire** de l'**os** (sommets osseux situés entre deux alvéoles osseuses contenant les racines d'une même dent) et la zone de **furcation radiculaire** dentaire. ★

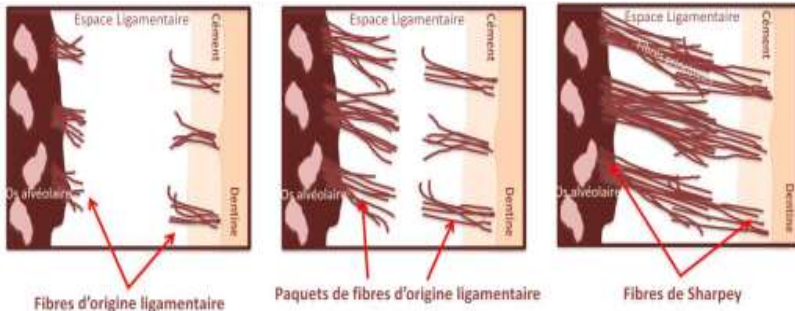


Initialement, ces fibres sont de **petites fibrilles de collagène** disposées en **brosse** qui émergent du **cément d'un côté** et de la **surface osseuse de l'autre**, et elles vont se projeter dans l'**espace ligamentaire**.

→ Les **fibres** insérées dans l'**os** et le **cément s'épaississent, s'allongent** en direction de l'**espace ligamentaire** en formation ; leurs extrémités se rejoignent et **s'arborescent**.

Elles sont **plus courtes** du côté **Cémentaire** que du côté **osseux**. Quand la dent devient **fonctionnelle** (contact ou occlusion avec ses dents antagonistes), les **fibres dento-alvéolaires** sont organisées, et acquièrent une **orientation classique**.

Ces fibres sont **continues** de la **paroi alvéolaire** à la **surface cémentaire**.

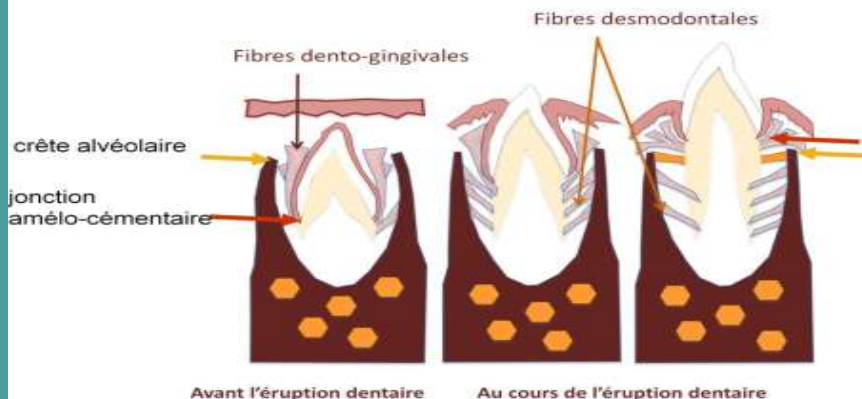


L'orientation des fibres collagéniques évolue en fonction de la formation du ligament dento-alvéolaire.

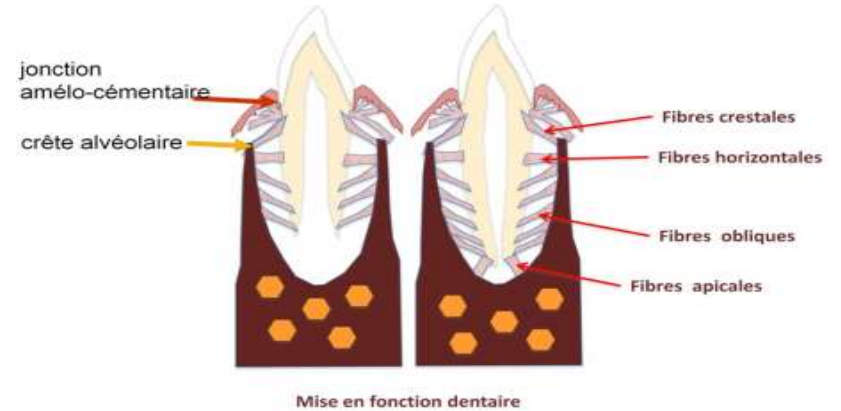
1) Avant que la dent fasse son éruption, la crête de l'os alvéolaire est située au-dessus de la JAC et les paquets de fibres du ligament dento-alvéolaire s'étirent tous obliquement de haut en bas, en direction du cément.

2) Au cours de son éruption, la dent se déplace dans sa loge osseuse ; le niveau de la crête alvéolaire coïncide ensuite avec la jonction amélo-cémentaire, et les fibres obliques deviennent horizontales.

3) Quand la dent devient fonctionnelle, en contact avec sa dent antagoniste, la crête alvéolaire est située en position apicale par rapport à la JAC à une distance de 1 à 1,5 mm.

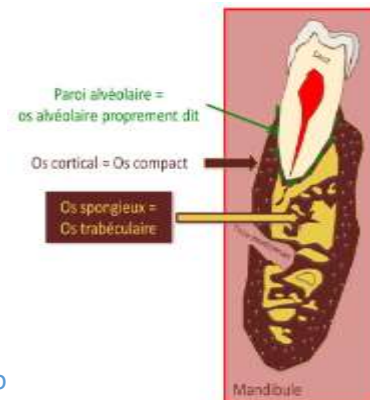


Les fibres crestaies alvéolaires deviennent de nouveau obliques mais de bas en haut, en direction du cément. La majorité des fibres principales (les 2/3) s'orientent dans une direction coronaire du cément à l'os alvéolaire, formant le groupe des fibres obliques.★



VI) Mise en place de l'os alvéolaire

Parallèlement à la formation du LDA se développe l'os alvéolaire. Le maxillaire et la mandibule peuvent être divisés en 2 compartiments ++ :



- 1) Le **procès alvéolaire** qui contient les racines dentaires.
- 2) Le **corps basal** qui supporte les **procès alvéolaires**.

Le **procès alvéolaire** constitue le support des dents temporaires puis permanentes. En effet, après la chute des dents temporaires, les **dents suivantes** se développent dans leur **propre alvéole**.

- **Le procès alvéolaire est constitué par : 1) Os cortical 2) Os spongieux 3) Os alvéolaire** proprement dit, **fin**, qui forme la **paroi alvéolaire** osseuse en rapport avec la racine dentaire qui lui fait face.

L'ostéogenèse de l'**os basal** débute dès la **7^{ème} semaine IU**.

Le **développement** de l'**os alvéolaire** s'effectue en **continuité** avec l'**os basal**, lorsque s'achève l'édification coronaire et que **débute la formation radriculaire**.

Au stade tardif du stade de **cloche**, les **septa osseux** commencent à se **former** et **séparent les germes dentaires** les uns des autres, les gardant **individuellement séparés** dans leur **propre compartiment osseux**.

La **formation** de l'**os alvéolaire** et du **corps** de la **mandibule** ou **maxillaire** résulte d'un processus **d'ossification intra-membranaire**.★

Amorce de l'ossification intra-membranaire : Elle passe à l'oral cette partie mais toujours sur le diapo donc lisez le quand même

1) Mésoenchyme lâche, (1^{er} arc) → Densité cellulaire, fibrillaire et nombre de vaisseaux augmente.

2) Prolifération et différenciation en ostéoprécurseurs puis ostéoblastes.

3) Parallèlement, élaboration de la matrice ostéoïde avec les fibres de collagène → Support de la minéralisation.

4) Chez l'embryon puis le fœtus → Premiers foyers de nucléation avec les vésicules matricielles issues des prolongements ostéoblastiques et concentrent le calcium sous forme cristalline.

5) Les vésicules sont rompues libérant les cristaux qui se joignent les uns aux autres pour former une masse minéralisée.

Indirectement, les **ostéoblastes** participent également à la **minéralisation** de la matrice ostéoïde : **Synthèse d'enzymes** comme la **phosphatase alcaline osseuse**, qui contrôle la **phosphorylation** de **phosphoprotéines**, **libère du phosphate inorganique** participant à la **minéralisation matricielle**.

Les **vésicules matricielles** constituent le **support des premiers nodules calcifiés** → La **croissance minérale** progresse ensuite **sans** faire appel au **processus vésiculaire** mais à une **croissance cristalline**.

Le premier tissu osseux formé chez l'embryon est qualifié de **primaire** = **tissé** = **non lamellaire** :

- **Espaces interfibrillaires larges**, occupés par de **nombreux vaisseaux** et des **cellules mésenchymateuses indifférenciées** rondes ou **ovales** qui donneront des **cellules ostéoprogénitrices**.

- **Faiblement structuré**, **collagène** de **diamètre irrégulier** et **sans orientation précise**.

- Se met en place **autour du germe dentaire** et **entre les germes dentaires adjacents**.

- **Fines trabécules** de tissu osseux embryonnaire **délimitant** des espaces occupés par des **vaisseaux** et des **cellules mésenchymateuses**.

Dès l'apparition de **contraintes fonctionnelles** successives s'exerçant sur l'os et liées à la croissance du germe par exemple, l'**os tissé** est **rapidement** et **progressivement remplacé**. Il participe comme **support** à la **mise en place** d'un **os plus mature** dit **lamellaire**.

A partir de l'âge **adulte** et puis **au cours de l'existence**, ce tissu osseux **tissé peut persister** mais **de façon très réduite**. Cet os pourra **réapparaître** au cours d'une **réparation osseuse** et dans certaines **conditions pathologiques** (ex : ostéogenèse imparfaite).

L'os lamellaire : Apparaît au cours de l'**ossification secondaire** liée à l'existence de différentes **contraintes fonctionnelles** s'exerçant sur l'os ★★ (au cours de l'**édification** de la **racine**, la **croissance** du germe et les **mouvements éruptifs** de celui-ci) et est associée étroitement à un processus de **remodelage osseux** :

- **Couplage** entre une **résorption ostéoclastique** et une **osition ostéoblastique** du tissu osseux.
- Formation d'une **ligne cémentante** au fond de la **lacune** formée après la **résorption osseuse** : **délimite** l'os ancien de l'os **nouvellement synthétisé**.

Les **remaniements** amorcés au cours de l'**ossification secondaire** se poursuivent tout au long de la **croissance**. Ils **coexistent** avec le processus d'**ossification primaire** pendant une **grande partie du développement** → **Os de transition** ou **immature**.

Cette **transition** est **rapide** pendant les **étapes tardives du développement fœtal** et les **5 premières années**. Puis elle se **ralentit** chez le **jeune adulte**. Pendant **toute la vie** le **tissu osseux** continuera de subir des **remaniements physiologiques** qui lui permettront de **s'adapter aux conditions mécaniques** liées au **maintien**, à la **maturation** de la **structure osseuse** et au **métabolisme calcique**.

L'os lamellaire possède une **structure complexe**, à haute différenciation fonctionnelle, caractérisée par des **couches matricielles successives** de **collagène** disposé **parallèlement** les uns aux autres et constituants des **lamelles**. Les **fibrilles collagéniques** sont **parallèles les unes aux autres** à l'intérieur d'une **même lamelle** mais disposées dans des **directions différentes** à celles des autres **lamelles adjacentes**. Une **unité lamellaire** possède une épaisseur d'environ **3-5 µm**. Cet os lamellaire est soit **compact** soit **spongieux**.

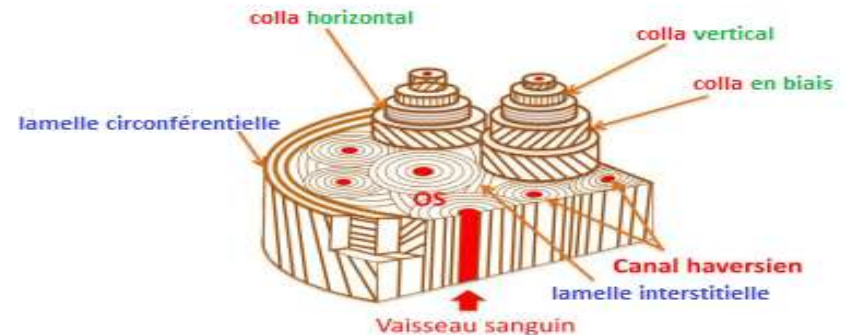
L'os lamellaire constitue, au niveau du **procès alvéolaire** :

- La **corticale externe** (vestibulaire, linguale & palatine) : **os compact**
- L'**os spongieux central**
- La **paroi alvéolaire** (os bordant l'alvéole osseuse) : **os compact**★

Le **tissu osseux compact** ou **cortical** est constitué principalement d'**ostéons** ou de **systèmes de Havers** contenant des **vaisseaux sanguins**, des **filets nerveux** et des cellules **ostéoprogénitrices**.

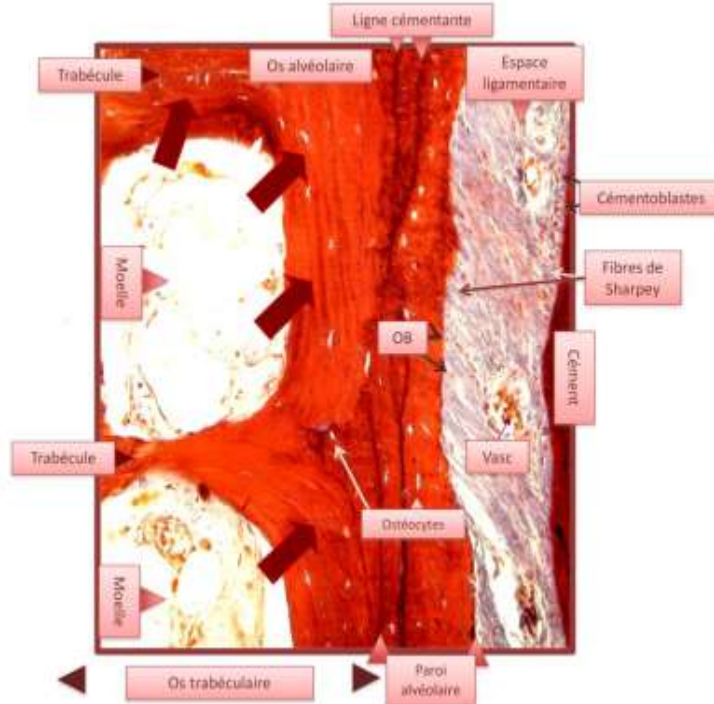
Ces canaux sont bordés par **4-20 lamelles osseuses concentriques**.

Rappel : Avec l'apparition de **contraintes fonctionnelles**, la matrice de l'os lamellaire peut contenir du **collagène** présentant des **orientations différentes entre chaque lamelle osseuse** mais **identiques dans une même lamelle**.



Le **tissu osseux spongieux** ou **trabéculaire**, lorsqu'il est présent, est situé entre la corticale et l'os alvéolaire proprement dit. Il est constitué d'un **réseau tridimensionnel** de **trabécules osseuses lamellaires**, ramifiées et anastomosées délimitant des **espaces intercommunicants**.

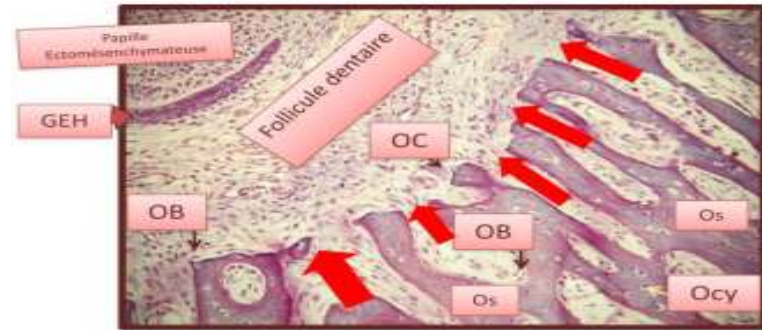
Les **espaces intertrabéculaires** sont occupés par la **moelle jaune (adipocytes)** mais aussi par de la **moelle rouge (hématopoétitique)**.



Au début du développement de l'**os alvéolaire** proprement dit, les **trabécules osseuses** ne sont **pas clairement délimitées** sur leur face **folliculaire**. (schema page de droite)

Il n'existe **pas encore de paroi osseuse alvéolaire** :

L'**alvéole** est constituée de **tissu immature** qui **ouvre ses espaces médullaires** face au germe dentaire et **directement dans le FD**, futur espace ligamentaire.



La **formation** de la **paroi alvéolaire** est **dépendante du FD** qui investit le germe dentaire pendant sa formation.

Au cours de l'**éruption dentaire**, certaines cellules issues de ce **FD** se **différencient** en **ostéoblastes** ★ et élaborent du tissu osseux qui se dispose sur les travées d'os spongieux. Ils insèrent des **éléments fibreux d'origine ligamentaire**, ce sont les futures **fibres de Sharpey**. Ces éléments fibreux confèrent à la paroi alvéolaire nouvellement constituée, l'aspect histologique d'**os fasciculé** ★★ ou **os fibrillaire** et participent au système **d'attache** de la **dent** à son **alvéole osseuse**.

La **paroi alvéolaire** est **perforée** de nombreuses **ouvertures** ou **canaux de Volkmann** à travers lesquels circulent les **vaisseaux sanguins**, les **vaisseaux lymphatiques** et **fibres nerveuses** +++ 4 ★ reliant ainsi les espaces de la **moelle d'os spongieux** au **LDA**. La paroi alvéolaire est encore appelée **lame cribliforme** (à cause des ouvertures) ★★. L'**os alvéolaire** proprement dit et la **corticale** se rejoignent **coronairement** au niveau de la **crête** de l'**os alvéolaire**.

L'**architecture** de l'**os alvéolaire** est constamment remaniée au cours de la croissance alvéolaire **jusqu'à l'édification radiculaire complète** et est étroitement **liée** à la **formation** du **LDA** et du **cément**.

La **taille, forme, localisation** et la **fonction** des **dents** détermineront la **structure globale** de l'**os alvéolaire** proprement dit.

→ Tout au long de la vie, l'**os alvéolaire** subira un **remodelage permanent** ★ lui permettant de **maintenir ses propriétés fonctionnelles** en relation avec les fonctions masticatrices.

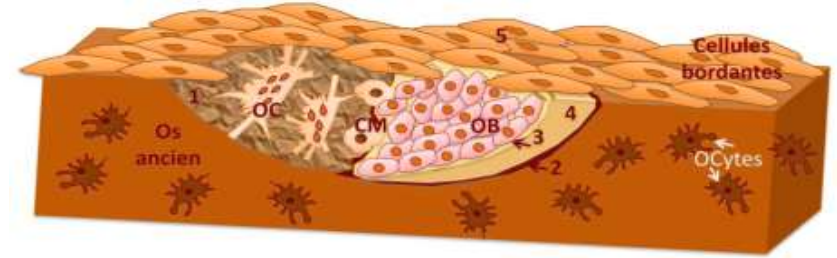
Le **remodelage** à la surface de l'**os trabéculaire** survient à travers une **activité coopérative** de cellules variées formant un compartiment fonctionnel temporaire appelé **unité multicellulaire basique** ou **unité de remodelage osseux**.

- **Le cycle de remodelage :**

- **Activation des ostéoclastes (multinucléés)**

- ① **Résorption** (→ **Lacune de résorption/Howship**).
- ② **Inversion**, les **cellules mononucléées** (proches des macrophages ou précurseurs ostéoblastiques) déposent la **ligne cémentante**. ★
- ③ **Formation** : les **ostéoblastes** sécrètent la **matrice ostéoïde**.
- ④ **Minéralisation**.
- ⑤ **Quiescence**, les **ostéoblastes** deviennent des **cellules bordantes** ou meurent par **apoptose** ou deviennent des **ostéocytes emmurés** dans l'os.

Les cellules bordantes pourraient persister sous forme d'écran au-dessus de la lacune de résorption pendant le cycle de remodelage osseux. (osef je pense)



Conclusion (pas trop tôt..) :

La **GEH** constitue l'**élément central** à l'**édification radulaire** : **Dentinogénèse radulaire + Cémentogénèse**.

Le **FD** constitue l'**élément central** à la mise en place des **tissus parodontaux** : **cément, LDA, os alvéolaire**.

