

Edification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

INTRODUCTION

La **radiculogenèse ou rhizogenèse** est la formation **des racines**

Le développement des racines ne débute qu'à partir :

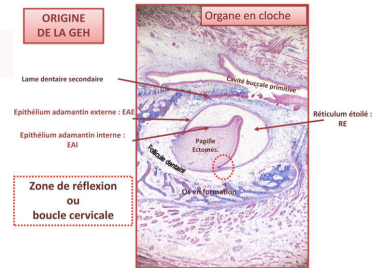
- Du moment où les **dimensions définitives de la couronne** sont acquises
- Du moment où les **couches d'émail et de dentine** ont atteint une épaisseur suffisante

- La formation des racines (*taille, forme, nombre*) est liée à la présence d'un organe épithélial particulier : **la gaine épithéliale de Hertwing (GEH)**
- Cette formation est sous la dépendance **d'interactions cellules/matrice/membrane basale**.
- Parallèlement à ce phénomène s'ébauche **le ligament dento-alvéolaire associé** à l'édification de l'os alvéolaire

I. ORIGINE ET STRUCTURE DE LA GAINE EPITHELIALE DE HERTWING (GEH)

La GEH a pour origine la **zone de déflexion**

Au stade cloche, les **EAI et EAE** se rejoignent au niveau du futur collet anatomique de la dent et forment **la boucle cervicale**



→ Origine de la GEH

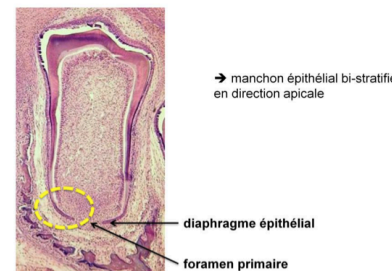
- Des la fin de l'amélogenèse, l'**activité mitotique s'intensifie** au niveau de la zone de réflexion, ces deux feuillets accolés **s'allongent vers l'axe central du germe**.
- Cette prolifération cellulaire conduit à la formation d'un **manchon épithélial bi-stratifié** qui s'étire en **direction apicale** → C'est la GEH

Cette GEH s'interpose entre deux zones :

- **La papille ectomesenchymateuse ou papille dentaire** : Future **pulpe radiculaire**
- **La couche interne du follicule dentaire** qui encapsule le germe dentaire (*des le stade de cupule avancée*)

La GEH a son extrémité apicale forme un **diaphragme épithélial**

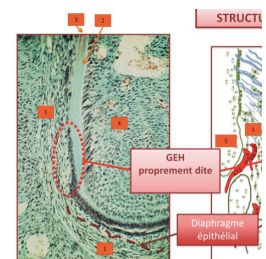
Entre les deux diaphragmes épithéliaux de chaque racine persiste une **ouverture circulaire** qui forme **le foramen primaire** par lequel pénétreront dans la future pulpe dentaire, des **éléments vasculaires et nerveux**



→ Structure de la GEH

La GEH est formée de deux parties morphologiquement bien définies qui ne présentent pas de discontinuité visible :

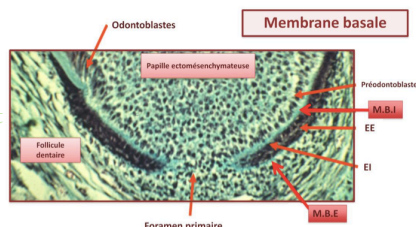
- **Le diaphragme épithélial** qui délimite l'**orifice du foramen primaire** par lequel la papille ectomesenchymateuse communique avec le follicule dentaire
- **Une partie droite (ou GEH proprement dite)** qui va constituer **la partie cervicale de la GEH**.



DIAPHRAGME EPITHELIAL

- **Côté pulpaire** : Apparence **nette et bien définie** → **Membrane basale interne (MBI)**
- **Côté folliculaire** : Apparence **plus floue et bordée de fibrilles de collagène** → **Membrane basale externe (MBE)**

Le tutorat est



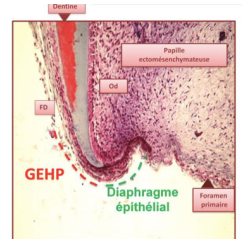
dite

Edification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

- Ces structures sont similaires à celles décrites au niveau des épithéliums adamantins coronaire, c'est à dire constitués d'une **lamina lucida (coté épithélial)**, **densa** et **fibro-réticulaire (coté contropulpaire ou controfolliculaire)**
- **Collagène 4, fibronectine, laminine, protéoglycanes** sont les composants majeurs de ces membranes

GEH PROPREMENT DITE

- Elle constitue une **couche irrégulière de cellules** reposant sur la **paroi externe de la racine néoformée**.
- Cette gaine **débute au niveau de la limite cervicale du diaphragme**, là où est observée une matrice prédentinaire constituée de matériel collagénique abondant.
- La GEH est séparée des tissus environnants (*prédentine, follicule*) par une **MB**.



Cette **couche bistratifiée** présente des modifications en direction coronaire :

- Sa couche externe prolonge sur une courte distance sa couche interne
- La MBE contro-folliculaire se fragmente et libère des cellules de la couche externe qui dérivent dans le follicule dentaire avoisinant.

II. RÔLE DE LA GEH DANS LA DENTINOGENESE RADICULAIRE

L'un des rôles de la GEH est de **transmettre les informations nécessaires à la cytodifférentiation des odontoblastes radiculaires conduisant à la dentinogenèse radiculaire**.

!!! La dentinogenèse radiculaire s'effectue selon un processus analogue qu'au niveau coronaire *sauf que* **l'induction en retour qui se produit sur l'EDI au niveau coronaire n'a pas lieu sur l'EDI de la GEH**. → Donc l'émail ne se déposera pas

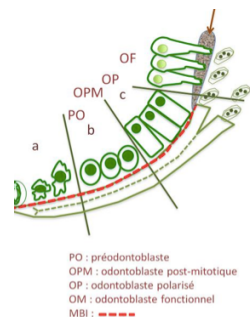
→ Processus de différenciation cellulaire : Préodontoblaste - Odontoblaste

Au niveau d'une dent en différenciation radiculaire, la couche interne de la GEH au niveau du diaphragme est en contact direct avec des cellules indifférenciées situées elles en périphérie de la papille ectomésenchymateuse radiculaire.

Les cellules de cette couche interne (de la GEH) joueraient un **role inducteur sur les cellules de la papille radiculaire** analogue à celui de l'EDI sur la différenciation des odontoblastes coronaire.

Le long du diaphragme, en direction cervicale se fait une différenciation des cellules indifférenciées de la papille selon un **gradient temporo-spatial** :

- Les **cellules apicales** sont les *moins différenciées*
- Les **cellules cervicales** sont les *plus différenciées*



Les cellules pulpaire

- Au tiers le plus apical

- Disposées irrégulièrement
- **A distance de la MBI**
- De morphologie similaire à une cellule indifférenciée
- Arrondies

- Au tiers moyen

- S'allongent,
- **S'alignent contre la MBI**
- Montrent les premiers signes d'une différenciation odontoblastique
- Terminent leur cycle de division cellulaire

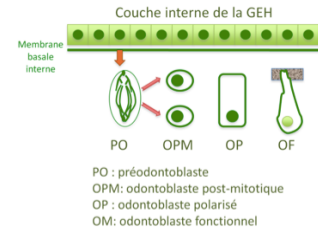
- Au tiers le plus coronaire

- Les odontoblastes se polarisent
- S'ordonnent le long de la MB
- Devennent **odontoblastes fonctionnels** sécrétant la prédentine.

Edification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

Pré-Odontoblaste -> Odontoblaste post-mitotique -> Odontoblaste polarisé -> Odontoblaste fonctionnel.

- La cellule devient de plus en plus **volumineuse**
- **Le noyau est en situation basale**
- L'appareil de Golgi **supra nucléaire**, le RER est développé : **Activité de synthèse**
- **Accumulation apicale des filaments d'actine** ainsi que de **vinculine** et de **taline** se remarque au cours de la polarisation de l'odontoblaste
- **L'intégrité du cytosquelette** est nécessaire à la polarisation et la différenciation de l'odontoblaste.



Les odontoblastes fonctionnels post-mitotiques entrent dans la **phase de synthèse**, ils déposent une **matrice prédentinaire** qui après avoir subi des modifications se minéralise en dentine.

Rappel : La dentinogenèse radiculaire s'effectue selon un processus quasi analogue qu'au niveau coronaire sauf que l'induction en retour qui permet la formation de l'émail au niveau coronaire n'a pas lieu au niveau de l'EDI de la GEH et donc l'émail ne se dépose pas.

→ Dentine radiculaire vs Dentine coronaire

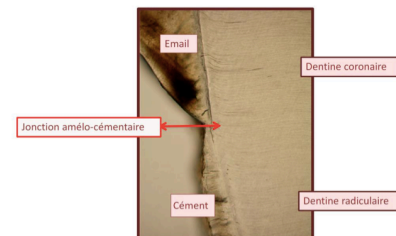
Il n'y a **pas de discontinuité** entre la dentine coronaire et radiculaire, seule la **limite apicale du dépôt d'émail** permet d'établir une **séparation corono-radiculaire** : c'est la **jonction amélo-cémentaire (JAC)**

Il existe des différences entre dentine radiculaire et coronaire, notamment dans leur composition biochimique :

- d'expression des ARNm des chaînes alpha1 et alpha2 du collagène de type 1 pour les odontoblastes radiculaires

+ de collagène de type 1 trimère au niveau de la dentine radiculaire

La dentine périphérique coronaire contient des tubules hautement ramifiés alors qu'au niveau radiculaire elle est plutôt atubulaire (C'est seulement après une certaine quantité de dentine radiculaire déposée que les tubules se forment)



*Pourquoi ne se forme-t-il pas d'émail au niveau radiculaire ?
Pourquoi les cellules de l'EDI de la GEH ne se différencient pas en améloblastes ?*

III. RÔLE DE LA GEH DANS LA CEMENTOGENÈSE

La dentine radiculaire se voit débarrassée de la GEH qui se dissocie au niveau de sa **partie la plus cervicale**. La dentine radiculaire entre alors en contact avec un tissu particulier : **le follicule dentaire**

→ Le follicule dentaire

- C'est une **enveloppe conjonctive lâche** mise en place dès le stade de la cupule et formée de condensations cellulaires de même origine embryologique que la papille ectomesenchymateuse.
- Dès les premiers stades d'édification de la racine le follicule dentaire englobe complètement le germe dentaire.

3 couches distinctes :

- **Couche interne** ou follicule dentaire proprement dit ou investing layer : Directement contre l'ébauche dentaire

- Elle est constituée **dans la région cervicale** de 2 à 3 couches de cellules fibroblastiques **parallèlement** au germe et entre lesquels se trouve un fin feutrage irrégulier de fibrilles collagéniques
- **Dans la région apicale**, au niveau du foramen primaire, elle est **directement en relation avec la papille ectomesenchymateuse**

Édification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

- **Couche intermédiaire** qui est la **plus épaisse**, constituée d'un **TCL** contenant **peu d'élément cellulaire**, qui est **très vascularisé**
- **Couche externe** qui est **mince**, **essentiellement cellulaire**, largement **vascularisée**, en **contact direct** avec la **crypte osseuse** ou l'**os alvéolaire en formation**.

→ Les couches intermédiaire et externe vont constituer **les couches perifolliculaires**.

→ Les différentes théories sur la cémentogenèse impliquant la GEH


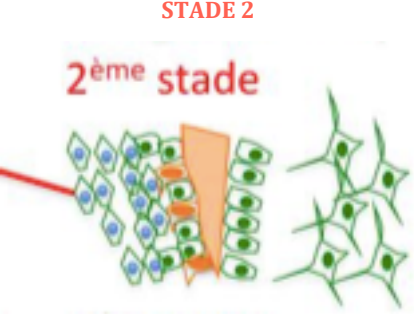
✓ **1ère hypothèse, hypothèse classique** : Les **cémentoblastes** seraient **dérivées des CCN**, et donc auraient une origine ectomesenchymateuse (comme le follicule dentaire)

✓ **2ème hypothèse** : Les **cémentoblastes** sont issus d'une **TEM** des **cellules épithéliales de la GEH**. Les cellules de la GEH participeraient alors directement à la formation du cément en sécrétant des molécules telle que le **collagène de type 1**, la **sialoprotéine osseuse** et l'**ostéopontine**


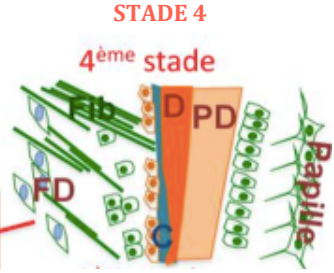
Les cellules de la zone perifolliculaire ont elles amorcé leur différenciation en fibroblastes du ligament

→ Processus de différenciation cellulaire : Précémentoblastes - Cémentoblastes

- La **théorie classique** veut que le **cément** soit un **tissu dérivé du follicule dentaire**
- La différenciation des cémentoblastes à partir des cellules cémento-ostéoprogénitrices évolue selon un **gradient temporo-spatial** lié **étroitement** à la **formation de dentine**.

	<ul style="list-style-type: none"> • Les cellules conjonctives du follicules dentaire les plus proche de la GEH sont des cellules : Allongées Parallèles à la MBE Avec long prolongements cytoplasmiques De nombreux ribosomes
	<ul style="list-style-type: none"> • Des qu'apparaît une fine couche de dentine minéralisée, la couche externe de la GEH au niveau cervical commence à se dissocier • Ce phénomène est consécutif à une rupture localisée de la MBE et une pénétration des prolongements cellulaires (riche en mitochondries et en microfilaments) dans les espaces cellulaires épithéliaux de façon +/- perpendiculaire à l'axe de la dent. • Ce sont les pré-cémentoblastes • Les cellules à proximité immédiate de la GEH tirent des prolongements entre les cellules de la GEH et atteignent la surface radiculaire avant le dépôt de ciment. <p><i>Au fur et à mesure de la dentinogenèse radiculaire et de la fragmentation de la GEH :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ► Il y a augmentation du nombre de fibrilles entre les fibroblastes du follicule dentaire ► Elles forment des faisceaux parallèles ou légèrement oblique par rapport à la GEH. ► Ce sont les premières fibres ligamentaires.

Edification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

	<ul style="list-style-type: none"> Les expansions cellulaires des précémentoblastes s'insinuent entre les cellules interne de la GEH et entraîne une discontinuité de la MBI ce qui permet un contact direct des cellule mésenchymateuses sur la dentine radiculaire néoformée.
	<ul style="list-style-type: none"> Cette dentine semble exercer un pouvoir inducteur sur les précémentoblastes qui a son contact : <ul style="list-style-type: none"> Augmentent de taille Se polarisent S'orientent selon un axe d'environ 45° Developpent ++ leur organelles cytoplasmiques -> Différentiation en cémentoblastes.

→ Débris ou restes épithéliaux de Malassez

- Certaines cellules de la GEH en position **la plus coronaire**, vont se dissocier et vont **dérider dans le folliculaire dentaire au sein du LDA** en formation : ce sont les **débris ou restes épithéliaux de Malassez**
- Les autres cellules de la gaine vont **mourir par apoptose** ou vont être **incorporés** progressivement **dans le cément en formation**

→ Les cémentoblastes

Ce sont des cellules :

- Cuboides
- Avec de fin prolongements cytoplasmiques
- Cytoplasme **basophile**
- Présentant les caractéristiques d'une cellule engagé dans la synthèse protéique :
 - Organites cellulaires +++
 - Vésicules associées a Golgi ...
 - Cytosquelette dvpé
 - Lysosomes
- Elles ne possèdent **ni tonofilament ni jonction intercellulaires** (ce qui les différencie des celles de la GEH)
- Elles forment peu a peu une **couche discontinue**, projetant des villosités vers la racine et déposant les premiers éléments de la matrice organique du cément au contact de la mince couche de dentine radiculaire minéralisée (couche de Hopewell-Smith) mais aussi autour des faisceaux de fibrilles ligamentaire qui s'organisent.
- Cette matrice organique cémentaire lorsqu'elle n'est pas encore minéralisée est appelée **précément ou tissu cémentoïde**. Elle est composée de :
 - SF
 - Sialoprotéine osseuse
 - Ostéopontine
- Mais aussi, d'un **fin treillis de fibrilles de collagène intrinsèque** sécrété par les cémentoblastes sans organisation précise mais +/- **parallèle a la surface radiculaire**
- Mais aussi, des fibres de **collagène d'origine fibroblastique ou extrinsèque**, orientées **obliquement ou +/- perpendiculairement a la surface radiculaire**

Edification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

La minéralisation de cette matrice va être progressive par dépôt de cristaux d'hydroxyapatite.

Le ciment a donc une double origine : **cémentoblastes** et **fibroblastes ligamentaires**

→ Formation du ciment acellulaire et cellulaire

La limite entre la dentine et le précément est très imprécise et difficile à mettre en évidence

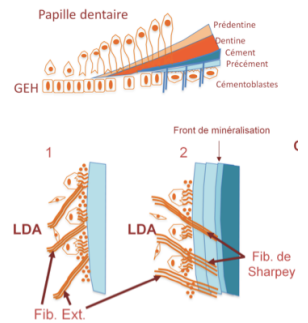
- Il existe donc une couche initiale dite de **précément** à partir de laquelle se formera le ciment proprement dit (la minéralisation du précément est difficile à dater).
- Il semble que certains centres initiaux de calcification au sein du précément apparaissent initialement à partir des **cristaux de la dentine adjacente**.
- La vitesse de formation du ciment peut être rapide ou lente, **selon cette vitesse de cimentogenèse la structure du ciment sera différente**.

CEMENT ACELLULAIRE FIBRILLAIRE EXTRINSEQUE

- C'est un processus **très lent**, les cémentoblastes ont le temps de reculer du front de minéralisation.
- Les premières couches de ciment, appelées **ciment primaire** sont constituées de **ciment acellulaire**
- Le fort pourcentage de **fibres d'origine ligamentaire ou fibres extrinsèques** au sein de ce ciment le qualifie de **ciment acellulaire fibrillaire extrinsèque**.

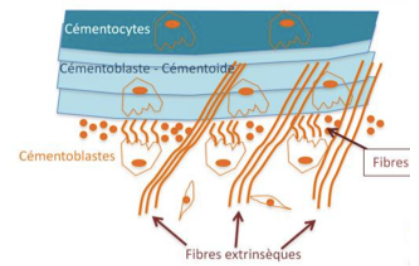
- Après la formation d'une fine couche de ciment, ces faisceaux de **fibres ligamentaires (extrinsèques)** dont l'orientation devient **oblique** par rapport à la surface radiculaire sont progressivement **inclus dans la matrice cimentaire sous forme de fibres de Sharpey**
- Les sites d'insertion de ces fibres ligamentaires au ciment sont **minéralisés**.
- Elles constituent les **fibres extrinsèques de la matrice cimentaire** et sont en **continuité avec les fibres ligamentaires**.

→ Ainsi est le rôle de ce ciment acellulaire dans **l'ancrage de la dent à l'alvéole osseuse qui la contient**



CEMENT CELLULAIRE FIBRILLAIRE INTRINSEQUE

- Au moment de l'éruption de la dent dans la cavité buccale, les couches successives de ciment déposées constituent le **ciment secondaire post-éruptif** visible de la moitié apicale de la racine.
- Ces strates sont constituées de **ciment cellulaire**.
- Cette cimentogenèse est **beaucoup plus rapide** ce qui pourra expliquer **l'inclusion intra-cémentaire des cellules cémentoblastiques** (elles ont pas le temps de partir) mais aussi 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**.
- Une nouvelle rangée de cémentoblastes élabore simultanément une matrice cémentoïde qui recouvre le cémentoblaste précédent qui est maintenant appelé **cémentoblaste-cémentoïde**.
- Par minéralisation de ce tissu cémentoïde, le cémentoblaste-cémentoïde est progressivement enfermé dans une **lacune** et devient **cémentocyte** séparé d'une paroi cimentaire calcifiée par un **espace pericementocytaire**.



- Le **%age de fibres extrinsèques incluses dans ce ciment cellulaire sera moins importante que dans le ciment acellulaire**.
- Les fibroblastes du LDA synthétisent de nouvelles fibres dont la densité augmente et dont l'orientation oblique devient +/- **perpendiculaire** par rapport à la surface cimentaire.
- Entre ces faisceaux fibrillaires s'interposent des fibrilles intrinsèques produites par les cémentoblastes** qui sont elles +/- **parallèles** à la surface radiculaire et donc le **%age est beaucoup plus important que celui des fibres extrinsèques** d'où le nom de **ciment cellulaire fibrillaire intrinsèque**.

La **rapidité de la cimentogenèse** à ce stade pourra expliquer la minéralisation souvent incomplète des fibres extrinsèques dans ce type de ciment.

Edification radulaire et mise en place des tissus parodontaux

CEMENT MIXTE CELLULAIRE STRATIFIE

Au niveau des **zones apicales radulaire** et au niveau des **zones de furcation radulaire**, ce ciment est décrit comme étant constitué de **3 couches** qui se répartissent de façon imprévisible :

- Ciment cellulaire fibrillaire intrinsèque **CCFI**
- Ciment acellulaire fibrillaire intrinsèque **CAFI**
- Ciment acellulaire fibrillaire extrinsèque **CAFE**

→ La formation est **très rapide**

CEMENT ACELLULAIRE AFIBRILLAIRE

Au niveau de la **jonction amélo-cémentaire** (qui délimite l'émail du ciment radulaire) peut se déposer ce ciment sous forme d'éperons ou d'îlots **recouvrant des petites zones d'émail**.

- Sa **localisation** et les **aires** de ce ciment peuvent varier d'une dent à l'autre et le long de la JAC d'une même dent.
- 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 de cellule d'où son nom.
- Il ne possède pas de fonction dans l'attachement de la dent à l'alvéole osseuse.

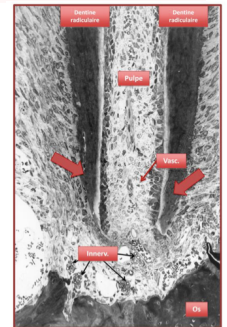


IV. APEXOGENESE

→ L'**édification de l'apex** parachève le **développement de la racine**

Chez l'homme pour la M1 mandibulaire elle s'effectue jusqu'à l'âge de 9 à 10 ans.

- La fermeture de l'apex se réalise **lentement**, la durée peut être aussi longue que celle qui est nécessaire au développement de la racine proprement dite (*3 ans pour les molaires*)
- Au fur et à mesure de l'édification radulaire, l'**anneau épithélial se rétrécit** et enrobe les éléments vasculaire et nerveux destinés à la pulpe.
- Le **foramen apical** se constitue par **apport successifs et irréguliers de ciment cellulaire alternant avec de fines couches de ciment acellulaire**



V. MISE EN PLACE DU LIGAMENT DENTO-ALVEOLAIRE

Elle s'effectue **parallèlement à l'édification radulaire**, 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 suffisante**.

4 éléments parodontaux :

- Le **ciment** qui recouvre la racine
- L'**os alvéolaire** qui contient la racine
- Le **LDA** qui permet le **maintien de la dent dans son alvéole osseuse**
- La **gencive libre** située au niveau de la JAC, limite qui **sépare l'émail coronaire du ciment radulaire**
- Le **LDA = Desmodonte = Ligament parodontal proprement dit** est un **TC vascularisé, innervé, non minéralisé** qui participe au **système d'attache de la dent au procès alvéolaire** (*support osseux des dents temporaires puis permanentes*)
- Le LDA et l'os alvéolaire ont une origine commune : **le follicule dentaire**.
- Des le début de la formation radulaire, des modifications apparaissent au sein du follicule dentaire :

Edification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

Certaines cellules mesenchymateuses du follicule, après fragmentation de la GEH, viennent s'interposer entre ces fragments épithéliaux.

Elles vont se **différencier en cémentoblastes au contact de la dentine radiculaire** pour former du ciment.

Les cellules au contacts de la paroi osseuse vont elles se **différencier en ostéoblastes pour former l'os alvéolaire** ou en ostéoclaste pour le résorber.

- D'autres cellules du follicule acquièrent des caractéristiques de **fibroblastes associés a une fonction sécrétoire** développée afin de donner naissance a la MEC du LDA et plus particulièrement aux **fibres collagéniques** de ce ligament.

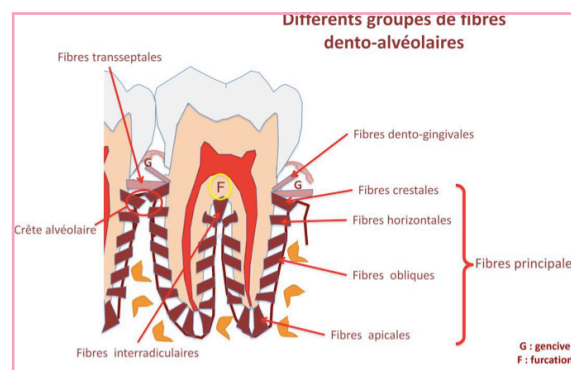
→ Développement et organisation des faisceaux fibrillaires



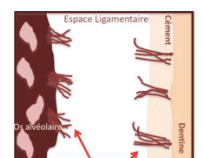
- L'espace ligamentaire est occupé par un **TC non organisé**, s'étendant **entre le ciment et l'os**. Ce sont les fibroblastes qui assurent la synthèse et le remodelage des structures fibrillaires collagéniques du LDA.
 - Les fibroblastes vont **se polariser** en direction **de la surface radiculaire et des surfaces osseuses** alvéolaires.
 - L'apparence de ces cellules est liée a leur migration dirigée et leur activité synthétique élevée (*REG et Golgi dvpés*)
 - Le développement fibrillaire est associé a la **cémentogenèse** et a l'**ostéogénèse**.
 - **Les fibres de collagène I sont les fibres les plus importantes en taille et en quantité du LDA**
 - Au cours de leur maturation, les structures collagéniques du LDA sont progressivement **incluses dans le ciment et la paroi alvéolaire** et sont appelées **fibres de Sharpey**
- L'apparition des fibres **débute au niveau cervical** de la racine et **progresses en direction cervico-apical** parallèlement a l'édification radiculaire.
 - Les fibres du LDA prennent leur **origine sur la surface dentinaire radiculaire nouvellement formée**, en relation avec les fibroblastes allongés et hautement polarisé au niveau de cette surface dentinaire.
 - Ces fibres naissantes sont regroupées sous l'action des cémentoblastes d'un coté et recouvertes d'ostéoblastes du coté de la paroi osseuse en formation.

→ Différents groupes de fibres dento-alvéolaires

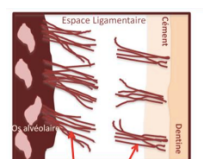
Les fibres portent un nom fonction de leur localisation et orientation anatomiques



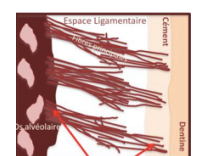
- Initialement de ce sont de **petites fibrilles de collagène** disposées en brosse qui **émergent du ciment en formation** et se **projetent dans l'espace ligamentaire**.
- Au niveau de la surface osseuse seules de petites fibrilles de collagène irradiant vers le TC lache ligamentaire.
- Puis, progressivement les fibres insérées ans l'os et le ciment **s'épaississent, s'allongent en direction de l'espace ligamentaire**, leurs **extrémités s'arborescent**.



Fibres d'origine ligamentaire



Paquets de fibres d'origine ligamentaire



Fibres de Sharpey

Edification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

→ Elles sont plus courtes du côté cémentaire !

Quand la dent devient fonctionnelle (quand elle est en contact ou en occlusion avec ses dents antagonistes) les fibres dento-alvéolaires sont **organisées**, acquièrent une **orientation classique**. Ces fibres courent de façon continue de la paroi alvéolaire à la surface cémentaire.

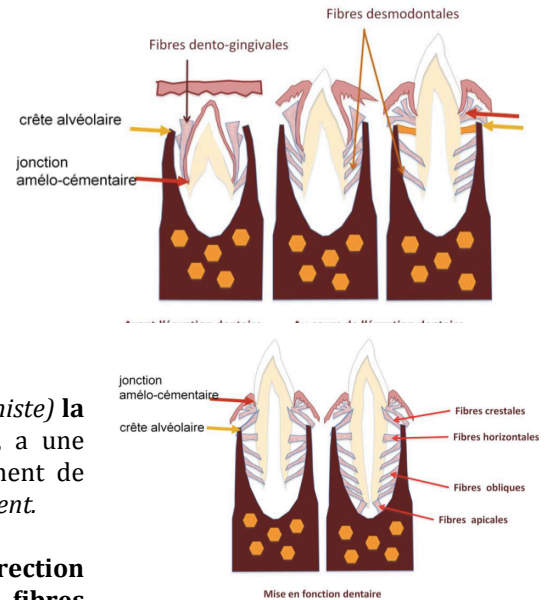
→ Organisation des fibres collagéniques

- **Avant** que la dent face son éruption :
 - La **crête de l'os** est située **au dessus de la JAC**
 - Les **fibres du LDA** s'étirent **obliquement de haut en bas** en direction du cément

Au cours de son éruption la dent se déplace dans sa loge osseuse

- Puis, le **niveau de la crête coïncide avec la JAC** et les **fibres obliques deviennent horizontales**
- Quand la dent devient fonctionnelle (en contact avec la dent antagoniste) la **crête alvéolaire est en position apicale** par rapport à la JAC, à une distance de **1 à 1,5 mm**. Les fibres crestales alvéolaires deviennent de nouveau **oblique** mais cette fois **de bas en haut**, en direction du cément.

→ La majorité des fibres principales (2/3) s'organisent **en direction coronaire**, du cément à l'os alvéolaire, formant le groupe des **fibres obliques**.

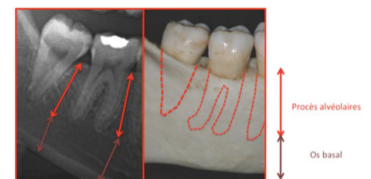


VI. MISE EN PLACE DE L'OS ALVEOLAIRE

Parallèlement à la formation du LDA se développe l'os alvéolaire

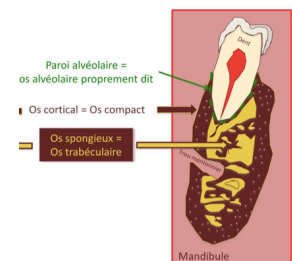
Le maxillaire et la mandibule peuvent être divisées en deux compartiments :

- Le **procès alvéolaire** : Contient les racines dentaires, constitue le support des dents temporaires et permanentes
- Le **corps basal** qui supporte les procès alvéolaires



L'os alvéolaire est constitué :

- D'os **cortical**
- D'os **spongieux**
- D'os **alvéolaire proprement dit**, qui forme la **paroi alvéolaire osseuse** en rapport avec la racine dentaire qui lui fait face



- **L'ostéogenèse basale** commence dès la **7ème semaine de la vie intra-utérine**
- 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 radiculaire ou rhizagenèse**
- Au stade tardif de l'organe en cloche, les **septa osseux** commencent à se former et **séparent les germes dentaires les uns des autres**

→ Processus d'ossification intermembranaire

La formation de cet os résulte d'un processus **d'ossification intramembranaire ou membraneuse**

Edification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

- Au sein du mésenchyme lache (ayant pour origine le 1er arc), la **densité cellulaire et fibrillaire augmente** ainsi que le nombre de vaisseaux.
- Dans cette condensation mesenchymateuse, les cellules prolifèrent et se **différentient en ostéoprécurseurs puis ostéoblastes**.
- Parallèlement sont élaborés les éléments de la **matrice ostéoïde** c'est à dire les **fibres de collagène** qui sont **le support de la minéralisation**
- **Les premiers foyers de nucléation** apparaissent par **des vésicules matricielles** issues des prolongements ostéoblastiques, elles concentrent le calcium sous forme cristalline.
- Ces vésicules se sont rompues et ont libéré les cristaux qui s'assemblent pour former une **masse minéralisée**.
- Indirectement, les ostéoblastes participent aussi à la minéralisation de la matrice ostéoïde à travers la synthèse d'enzyme comme **la phosphatase alcaline osseuse** qui contrôle :
 - La phosphorylation de phosphoprotéine
 - La libération du phosphate inorganique**→ Ce qui participe à la minéralisation matricielle**

Ces vésicules constituent donc le support des premiers nodules calcifiés

Ensuite, la croissance minérale progressera **sans faire appel au processus vésiculaire mais à une croissance cristalline**

→ Tissu osseux non lamellaire ou primaire

Dans ce tissu :

- Les **espaces interfibrillaires sont larges**, occupés par de nombreux vaisseaux et cellules mésenchymateuses indifférenciées (*de forme ronde ou ovale*) qui pourront donner naissance à des **cellules aux propriétés ostéoprogénitrices**
- Ce tissu est **faiblement structuré**, il a des fibrilles de collagène de **diamètre irrégulier sans orientation précise**
- Se met en place progressivement *autour du germe dentaire* et *entre les germes dentaires adjacents* une couche d'os constitué de **fines trabécules** de tissu osseux qui délimitent des espaces occupés par des vaisseaux et des cellules mésenchymateuses
- Dès l'apparition de contraintes fonctionnelles l'os est rapidement et progressivement **remplacé**.
- Il a participé au **support de la mise en place d'un os plus mature dit lamellaire**
- A partir de l'âge adulte et pour le reste de la vie **ce tissu osseux primaire peut persister mais d'une façon très réduite**, il pourra également **réapparaître au cours d'une réparation osseuse** et dans certaines **conditions pathologiques** (*ostéogénèse imparfaite*)

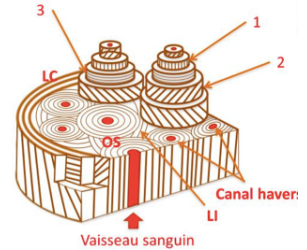
→ Tissu osseux lamellaire

- Cet os apparaît au cours de **l'ossification secondaire** liée à l'existence de **contraintes fonctionnelles** s'exerçant sur l'os (*edification radiculaire, croissance du germe, mouvement éruptifs*), cette ossification est associé à un processus de remodelage osseux
- Ce remodelage correspond à un **couplage entre résorption ostéocalsique et apposition ostéoblastique**, il est caractérisé par la formation d'une **ligne cémentante** (*qui se trouve au fond de la lacune formée après résorption osseuse*) qui délimite l'os ancien de l'os nouveau.
- Ces remaniements se poursuivent tout au long de la croissance. Ils coexistent avec le processus d'ossification primaire pendant une bonne partie du développement, ce qui donne naissance à un **os dit de transition ou immature**.
- Pendant toute la vie de l'individu ce tissu osseux continuera à subir des **remaniements physiologiques** qui lui permettront de **s'adapter aux conditions mécaniques auxquelles il est soumis** : maturation / maintien de la structure osseuse / métabolisme calcique

Edification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

Cet os possède une structure :

- **Complexe**
- **A haute différenciation fonctionnelle**
- Avec des couches matricielles successives de **fibrilles de collagène**
Disposées parallèlement les unes aux autres formant des lamelles.
Elle sont parallèles entre elles à l'intérieur d'une même lamelle mais dans des directions différentes à celles des fibres des lamelles adjacentes !



Une **unité lamellaire** possède une épaisseur d'environ **3 à 5 microns**.

Cet os lamellaire est **soit compact soit spongieux**

- **Au niveau du procès alvéolaire la corticale externe (ou os compact)** en vestibulaire, linguale et palatine
- **Au niveau central** → l'os spongieux
- **Au niveau de la bordure de l'avéolole (la paroi alvéolaire)** → l'os bordant.

OS COMPACT

- Cet os est principalement constitué d'**ostéons** ou **système de Havers** avec des **canaux havresiens** contenant des vaisseaux sanguins, des fillets nerveux et des cellules ostéoprogénitrices.
- Ces **canaux vasculo-nerveux** sont bordés par **4 à 20 lamelles osseuses concentriques**
- Avec l'apparition de contraintes fonctionnelles, la matrice de l'os lamellaire peut contenir des fibres de collagène présentant des orientations différentes entre chaque lamelles mais identiques dans une même lamelle

OS SPONGIEUX

- Il est situé **entre la corticale et l'os alvéolaire proprement dit**.
- Il est constitué d'un **réseau 3D de trabécules osseuses lamellaires, ramifiées, anastomosées** ce qui délimite des **espaces intercommuniquants**
- Les espaces intertrabéculaires sont occupés par de la **moelle jaune (riche en adipocytes)** ou en **moelle rouge hématopoïétique**

Absence de paroi alvéolaire

- Au début du développement de l'os alvéolaire proprement dit, les travées osseuses ne sont **pas clairement délimitée sur leur face folliculaire**.
- L'os est recouvert de tissu immature qui **ouvre ses espaces médullaires face au germe dentaire** et directement dans le follicule dentaire, futur espace ligamentaire

Paroi alvéolaire

- La formation de la paroi alvéolaire est **dépendante du follicule dentaire** qui investit le germe dentaire pendant sa formation
- Au cours de l'éruption dentaire, des cellules de ce follicule se **différencient en ostéoblastes** et font du tissu osseux qui se dispose **sur les travées d'os spongieux** en insérant des éléments fibreux d'origine ligamentaire, ce sont les **fibres de Shaprey**
- Ces éléments fibreux confèrent à la paroi alvéolaire nouvellement constituée l'aspect histologique d'un os **fasciculé ou fibrillaire**, ce qui participe donc au **système d'attache de la dent à son alvéole osseuse**.

→ La paroi alvéolaire

- Elle est perforée par de nombreuses **ouvertures** ou **canaux de Volkman** (ou passent vaisseaux sanguins, lymphatiques et les fibres nerveuses). Elle est encore appelée **lame cribliforme**
- L'os alvéolaire proprement dit et la corticale se rejoignent coronairement au niveau de la crête de l'os alvéolaire

Édification radiculaire et mise en place des tissus parodontaux

- L'architecture de l'os alvéolaire est **constamment remaniée** au niveau de la croissance alvéolaire jusqu'à l'édification radiculaire complète, elle est étroitement liée à la formation du LDA et du ciment.
- La taille, la forme, la localisation et la fonction des dents détermineront la structure de l'os alvéolaire proprement dit.
- *Tout le long de la vie de l'individu*, l'os alvéolaire subira un **remodelage permanent** lui permettant de **maintenir ses propriétés fonctionnelle en relation avec les fonctions masticatrices**

→ Remodelage osseux

- Ce processus survient à travers une **activité coopérative de cellules variées** formant une **unité multicellulaire basique** ou **unité de remodelage osseux**.

LE CYCLE DE REMODELAGE OSSEUX

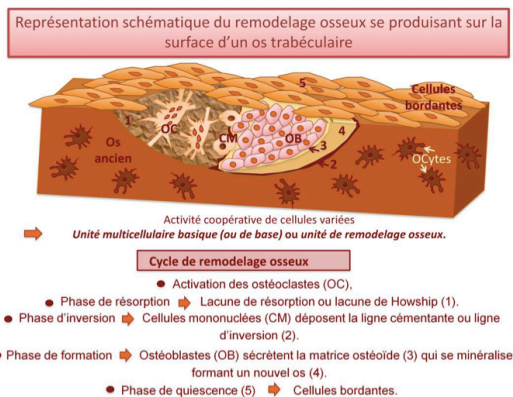
→ Activation des ostéoclastes

→ **Phase de résorption** : Les cellules résorbent l'os et forment une **lacune de résorption** ou **lacune de Howship**

→ **Phase d'inversion** : Les cellules mononucléées (*proche des macrophages ou précurseurs ostéoblastiques*) déposent la **ligne cimentante**

→ **Phase de formation** : Les ostéoblastes sécrètent la **matrice ostéoïde** qui se minéralise formant un nouvel os

→ **Phase de quiescence** : Au cours de laquelle les ostéoblastes deviennent des cellules bordantes ou meurent par apoptose ou deviennent des ostéocytes emmurés dans l'os minéralisé.



CONCLUSION

- **La GEH** constitue **l'élément central de l'édification radiculaire** : Dentinogénèse radiculaire et Cémentogénèse
- **Le follicule dentaire** constitue **l'élément central à la mise en place des tissus parodontaux** : Cément, LDA, Os alvéolaire