

# AMELOGENESE

L'amélogénèse est la formation de l'email par les améloblastes

Elle comprend :

- La synthèse et la sécrétion des **molécules de la matrice de l'email**
- La **minéralisation** de l'email
- La **maturation** de l'email

## NOTIONS GENERALES SUR L'EMAIL

L'email recouvre la couronne des dents

L'email est **une structure et non un tissu** qui :

- ♥ N'a **pas de cellule** → **Acellulaire**
- ♥ N'a **pas de vaisseaux** → **Avasculaire**
- ♥ N'a **pas d'innervation** → **Non innervé**

L'email est organisé en **prismes** et en **substance interprismatique**

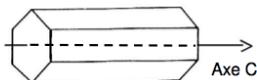
↳ Eux même composés de **cristaux (appelés cristalites) d'apatites carbonatés**

↳ Eux même formés **d'hydroxyapatites polysubstitués**

- La maille élémentaire de l'email est de l'HA dont la formule est **Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>**, elle est dit **polysubstituée** car en fait il existe de très nombreuses substitutions : **le radical hydroxyle est très souvent substitué par du carbonate**

Les mailles d'hydroxyapatites s'assemblent pour former des cristaux d'email, ces cristaux sont en **forme de ruban** de section **hexagonale** dont :

- ▶ **L'épaisseur** est de **25 à 30 nm**
- ▶ **La largeur** est de **60 à 70 nm**
- ▶ **La longueur** (selon l'axe C) peut dépasser **1mm**



**L'Email est la structure la plus minéralisée de l'organisme !**

Les cristaux sont regroupés en structure arrondis appelées **prismes** et les cristaux entre les prismes sont dans ce que l'on appelle, **la substance interprismatique**

→ **L'email se forme uniquement pendant le stade de la couronne**, c'est un processus limité dans le temps!

→ L'email a une **origine ectodermique** car les améloblastes qui sont responsables de l'amélogénèse sont **issus de la différenciation des cellules de l'EDI**. Lorsque de la formation de l'email d'une dent est terminée débute alors le **stade de la racine**.

Pour chaque dent, l'email se forme pendant un laps de temps donné et si il y a un problème qui affecte l'amélogénèse pendant cette période, **seules les dents dont l'amélogénèse est en cours seront atteintes** (car toutes les dents ne se forment pas en même temps)

## AGE DE FORMATION DE L'EMAIL POUR CHAQUE DENT

|                   | Dent temporaire |          | Dents définitives |          |           |
|-------------------|-----------------|----------|-------------------|----------|-----------|
| <b>Incisive C</b> | 14 S. IU        | 1-3 mois | <b>Incisive C</b> | 3-4 mois | 4-5 ans   |
| <b>Incisive L</b> | 15 S. IU        | 2-3 mois | <b>Incisive L</b> | 3-4 mois | 4-5 ans   |
| <b>Canine</b>     | 16 S. IU        | 9 mois   | <b>Canine</b>     | 4-5 mois | 6-7 ans   |
| <b>M1</b>         | 15 S. IU        | 6 mois   | <b>PM1</b>        | 2 ans    | 5-6 ans   |
|                   |                 |          | <b>PM1</b>        | 2ans 1/2 | 6-7 ans   |
|                   |                 |          | <b>M1</b>         | Né       | 3 ans     |
| <b>M2</b>         | 19 S. IU        | 11 mois  | <b>M2</b>         | 2ans 1/2 | 7-8 ans   |
|                   |                 |          | <b>M3</b>         | 8-10 ans | 12-16 ans |

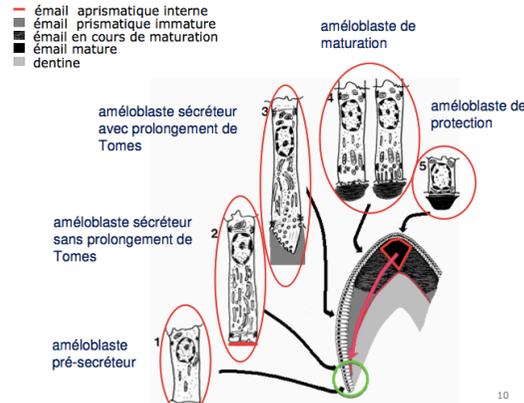
La première couche d'email apparaît à la 14<sup>ème</sup> semaine IV  
La formation de l'email de certaines dents peut durer 5 ans

# AMELOGENESE

## LES DIFFERENTES PHASES DE LA VIE D'UN AMELOBLASTE

Les améloblastes responsables de la formation de l'émail passent successivement par différentes phases

Sur une dent au stade de la couronne on peut voir toutes les phases de la vie d'un améloblaste



- **L'améloblaste pré-sécréteur** est en regard de la dentine
- **L'améloblaste sécréteur sans prolongements de Tomes** secrète une fine couche d'**émail aprismatique** au contact de la dentine
- **L'améloblaste sécréteur avec prolongements de Tomes** secrète l'**émail prismatique immature**
- **L'améloblaste de maturation** comme son nom l'indique assure la maturation de l'émail
- **L'améloblaste de protection** protège la surface de l'émail mature jusqu'à l'arrivée de la dent en bouche

On observe que l'amélogénèse est terminée en regard de la pointe de la dent car elle est recouverte d'améloblaste de protection.

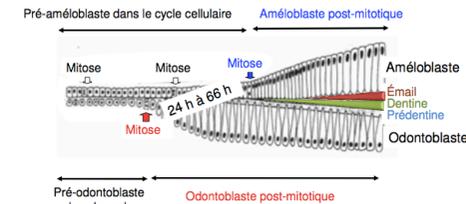
L'amélogénèse n'a pas encore commencé au niveau du collet de la dent car il n'y a que de la dentine recouverte d'améloblaste pré sécréteur.

L'amélogénèse suit donc un **gradient temporo-spatial de différenciation** entre la pointe de la dent (*la cuspside*) et le collet (*jonction avec la racine*)

## AMELOBLASTE PRE SECRETEUR

En devenant améloblaste pré-sécréteur il sort du cycle mitotique et devient une **cellule post-mitotique** (qui ne se divise plus)

Cette sortie du cycle est couplée avec celle des odontoblastes avec un décalage dans le temps de 24 à 66h

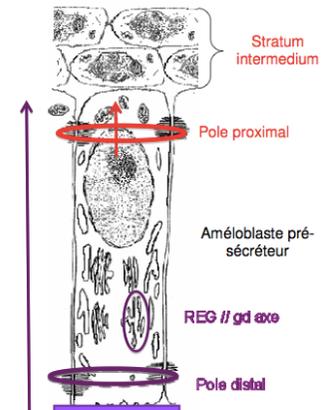


## Stade d'histodifférenciation

La différenciation des améloblastes débute a la future **jonction email/dentine** en face d'**odontoblastes différenciés** qui ont synthétisés la première couche de dentine. **L'amélogénèse est synchronisé avec la dentinogénèse** et suit donc le gradient temporo-spatial de différenciation des odontoblastes avec un léger retard

Au cours de sa différenciation, le pré-améloblaste :

- **S'allonge**
- Devient **prismatique**
- Son **noyau migre en direction du stratum intermedium** vers le **pole proximal** de la cellule. (*L'améloblaste pré-sécréteur est une cellule polarisée*)
- La majorité des **organites de synthèse** (*REG, Golgi*) s'accumulent au pole de la cellule en contact avec la membrane basale, c'est a dire **au pole distal de la cellule**



# AMELOGENESE

- Les **citernes de REG** (dont le nombre ↗) se disposent **parallèlement au grand axe de la cellule** et de **nombreux lysosomes apparaissent**
- Les **éléments du cytosquelette** s'accumule dans la **région distale** de la cellule.
- L'alignement des améloblastes pré-sécréteurs est maintenant par **deux complexes de jonction** a l'extrémité distale et proximale
- Des filaments intermédiaires fixés sur ces complexes **irradient dans le cytoplasme** pour former des **toiles terminales** (*terminal web*).

**L'améloblaste pré-sécréteur acquière donc progressivement les caractéristiques d'une cellule sécrétrice.**

## Disparition de la membrane basale

La différenciation des améloblastes pré-sécréteurs s'accompagne de la **dégradation de la membrane basale** qui **séparait les pré-améloblastes des pré-odontoblastes**.

Elle est d'abord dégradée par des **métalloprotéases**

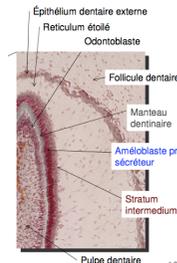
↳ Présentes dans des vésicules issues du bourgeonnement de la membrane plasmique des **odontoblastes**

↳ Puis **les fragments de cette membrane sont phagocytés** par les améloblastes pré-sécréteurs qui terminent la dégradation grâce a leur **lysosomes**

La disparition de la membrane basale permet donc aux améloblastes pré-sécréteur **d'entrer en contact avec le manteau dentinaire** qui se minéralise.

## Le manteau dentinaire peut induire l'amélogénèse :

L'améloblaste pré-sécréteur peut devenir sécréteur et sécréter donc la première couche d'émail au contact de la dentine.



Les améloblastes pré-sécréteurs sont alors situés entre le manteau dentinaire et le stratum intermedium

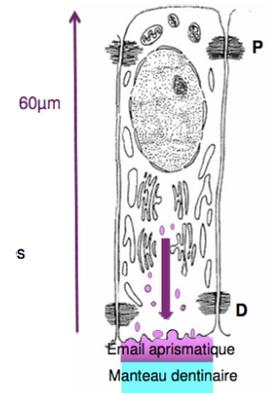
## AMELOBLASTE SECRETEUR SANS PROLONGEMENT DE TOMES

### Description histologique

La cellule :

- **S'allonge**, elle va atteindre **60 microns de hauteur sur 4 de largeur**
- Elle **se polarise de plus en plus**
- Elle **augmente le nombre et l'organisation de ses organites de synthèse**
- De **nombreuses vésicules** sont accumulées vers **le pôle distal** ou on notes des **images d'exocytose**

→ **C'est le début de la sécrétion des protéines de l'émail**



### Sécrétion d'émail aprismatique interne

La première couche de matrice de l'émail est sécrétée **directement au contact du manteau dentinaire**

L'**orientation des cristaux** de l'émail aprismatique est **perpendiculaire** a la jonction émail/dentine

### Jonction émail/dentine

Cette première couche d'émail forme la **jonction émail/dentine** composée de la matrice minéralisée du **manteau dentinaire en contact intime avec des cristaux d'émail**.

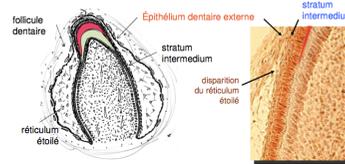
On note que **les cristaux de l'émail sont beaucoup plus grand que les cristaux du manteau dentinaire**.

# AMELOGENESE

Cette première couche mesure **10 microns d'épaisseur** et elle est dite **aprismatique**

## La couche papillaire

En regard de cette couche d'émail nouvellement formée, **les cellules du réticulum étoilé disparaissent par apoptose.**

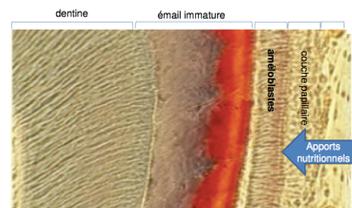


- On observe alors un **accolement** appelé «**collapsus**» entre l'EDE et le **stratum intermedium**. Les cellules de l'EDE et du stratum vont ensemble former **la couche papillaire**
- C'est un **phénomène indispensable** car il permet un **rapprochement des vaisseaux du follicule dentaire** vers les améloblastes sécréteurs car ces derniers ont des **besoins nutritionnel important** qui **ne peuvent plus venir de la pulpe du fait de la présence de l'émail et de la dentine** et qui sont donc fournis par les capillaires du follicule dentaire.

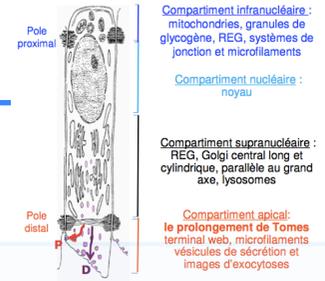
## AMELOBLASTE SECRETEUR AVEC PROLONGEMENT DE TOMES

Dès que l'émail aprismatique interne est déposé, les améloblastes forment **a leur pole distal** un court prolongement de **forme conique** appelé **prolongement de Tomes**

Les améloblastes sont des **cellules très étroites**, très serrées les unes contre les autres, elles ont un **noyau volumineux situé au pole proximal** (proche de la couche papillaire)



L'améloblaste sécréteurs présente une **ultrastructure** divisée en 4 compartiments cellulaires



### Compartiment infranucléaire

Au **pole proximal**, avec

- Des **mitochondries**
- Des **molécules de glycogène**
- Du **REG**
- Des **système de jonction proximaux et distaux**
- Des **microfilaments**

### Compartiment nucléaire

Ne contient que le volumineux noyau avec un **nucléole**

### Compartiment supranucléaire

Contient :

- Du **REG** bien organisé **en périphérie**
- Plusieurs golgi** **au centre** de la cellule
  - Long - Cylindriques
  - Parallèles entre eux
  - Parallèle au grand axe de la cellule
- Des **lysosomes** pour **éliminer l'excès de membrane** et les **protéines présentant des anomalies** de structures

### Compartiment apical

Délimité du compartiment supra nucléaire par un **terminal Web** au delà du quel se trouve le prolongement de Tomes situé a l'extrémité de la cellule

→ Le prolongement de Tomes est **de forme triangulaire mais conique en 3D**. Cette forme est due a la présence d'un **cytosquelette développé** composé de

# AMELOGENESE

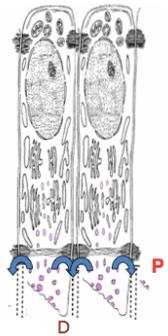
**microtubules et de microfilaments.** Le cytosquelette va diriger les granules de sécrétion vers deux sites de sécrétions distincts :

Un site de sécrétion à la **partie proximale** du prolongements de Tomes juste sous le terminal web

- Il secrète la **substance interprismatique** qui entoure le prolongements de Tomes

**La substance interprismatique est sécrétée par plusieurs améloblastes voisins**

- Elle forme une sorte de **moule** dans lequel est logé le prolongements de Tomes.
- Ces moules de substance interprismatique donne a la jonction émail/dentine un **aspect en dent de scie**



Un site de sécrétion a la **partie distale** du prolongements de Tomes

- Il se situe **au fond de chaque moule**

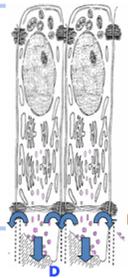
**Chaque améloblaste secrète un prisme**

Chaque prisme traverse **toute l'épaisseur de l'émail.**

→ C'est la présence du prolongement de Tomes qui permet la sécrétion des prismes et de la substance interprismatique.

Le **rythme de l'amélogénèse** est de **4microns d'émail par jours** avec une phase de synthèse active et une phase de repos.

On peut voir que les prismes d'émail sont entourés d'un espace clair appelé «**gaine du prisme**»



## LES PROTEINES SECRETEES

**Les deux sites de sécrétions sécrètent les mêmes protéines**

Immédiatement après leur sécrétion, ces protéines ont la capacité **d'initier la formation de cristaux** (c'est la **nucléation cristalline**) et de **contrôler la forme et la croissance des cristaux**

Les protéines de la matrice de l'émail sont :

- ▶ Enaméline
- ▶ Tuftéline
- ▶ Améloblastine
- ▶ Amélogénines

Ces protéines sont modifiées dans le milieu extracellulaire par des protéases produites par les **améloblastes dès le stade sécréteur**, mais **surtout au stade de maturation**

### L'ENAMÉLINE

#### X Description

→ **C'est la plus grande protéine de l'émail**

- Elle a un PM de **186 kD**
- Elle représente **1 à 5% des protéines de la matrice de l'émail**
- Elle est localisée dans la **zone proche des améloblastes**
- Elle est **dégradée rapidement après sa sécrétion par des protéases** pour donner naissance a des **énamélines de plus faible PM** que l'on retrouvera :
  - **Au niveau des prismes**
  - **Dans la substance interprismatique**
  - **JAMAIS dans les gaines des prismes**

#### X Fonctions

- Elle a une **grande affinité pour l'hydroxyapatite**
- Elle pourrait participer a la **nucléation des cristaux selon l'axe C, par epitaxie**

# AMELOGENESE

## X Anomalies génétiques

- Le **gène de l'énaméline (ENAM)** est localisé sur le **chromosome 4 en position q21**
- Des mutations de ce gène sont à l'origine d'une **amélogénèse imparfaite de forme hypoplasique** (=manque d'email)

## LA TUFTELINE

### X Description

→ C'est la plus acide de toutes les protéines de l'email

- Elle a un PM de **66 kD**
- Elle est **très acide et très hydrophile**
- Elle possède **7 sites de phosphorylation** qui pourrait servir à fixer les ions calcium
- Sa **distribution n'est pas homogène**, elle est présente :
  - En qté importante dans **l'email proche de la jonction email/dentine**
  - Dans **l'email interprismatique**
  - En faible qté dans **les gaines prismatiques**

### X Fonctions

- Elle aurait un **rôle dans la nucléation du cristal**  
(Ce n'est pas son rôle principale car la tufteline a été localisée dans des tissus non minéralisés comme le foie, le poumon ou le rein)

### X Anomalies génétiques

- Le **gène de la tufteline** est située sur **le chromosome 1 en position q21**
- Des mutations de ce gène sont à l'origine d'une **amélogénèse imparfaite dominante autosomique de forme hypoplasique**

## L'AMELOBLASTINE

### X Description

- Elle représente **5% des protéines de la matrice de l'email**

- Elle est **acide**
- Elle localisée **a proximité de la membrane du prolongement de Tomes**
- Elle possède **2 sites de liaison à la membrane cellulaire** qui permettent la **fixation des améloblastes à la matrice de l'email**
- Elle est **rapidement scindé** après sa sécrétion en fragments plus petits dont **l'un s'incorpore à la gaine des prismes** → Ce fragment a pour rôle **d'éviter la fusion entre les prismes et la substance interprismatique**

### X Fonctions

- Elle a **peu d'affinité pour l'hydroxyapatite**
- Elle assurerait **l'adhérence des améloblastes sécréteurs à la matrice de l'email**

### X Anomalies génétiques

- Le **gène de l'améloblastine** est localisée sur **le chromosome 4 en position q13**
- Des mutations de ce gènes sont à l'origine d'une **amélogénèse impafaita de forme hypoplasique locale**

Chez les souris mutantes invalidées pour ce gène, l'email n'est pas formé totalement il présente des manques car les améloblastes sécréteurs n'adhèrent pas à la matrice de l'email, perdent leur polarité et redeviennent prolifératifs

## LES AMELOGENINES

### X Description

→ Ce sont les protéines quantitativement les plus importantes de la matrice de l'email.

- Elles représentent environ **90% des protéines totales de l'email en formation**
- Elles sont riches en **proline (25-30%) / glutamine / leucine / histidine**
- Elles sont **phosphorylées mais non glycosylées**
- Elles sont **très hydrophobes**
- Elles sont relativement **basiques**

# AMELOGENESE

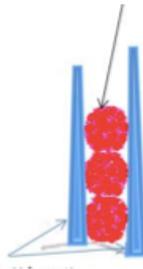
- Leur **PM varie de 5 a 25 kD** a causes des **phénomènes d'épissage alternatif** et de **protéolyse extracellulaire** → **Série de protéine de tailles différentes issues d'un même gene**, elles subissent peu de modifications post traductionnelles

## X Fonctions

- Elles ont **une forte affinité pour l'hydroxyapatite**
  - Leur **extrémités carboxyterminales des molécules d'amélogénines se lient a l'hydroxyapatite**
- ↳ **L'espace entre deux cristaux en formation est d'environ 20nm**, ce qui correspond au **diamètre d'une nanosphère d'amélogénine**

↳ Les agrégats d'amélogénines **contrôlent l'orientation des cristaux** et ils **empêchent une fusion latérale prématurée des cristaux** d'émail qui *sinon auraient tendance a interagir par des interactions électrostatiques*

↳ Ces nanosphères d'amélogénines doivent **maintenant les cristaux a une distance uniforme les uns des autres**, et leur conférer une **disposition régulière dans l'émail en formation** (c.a.d l'émail immature)



## X Anomalies génétiques

- La protéines de l'amélogénine est issue de la **transcription de 2 gènes**
  - **AMELX** porté par le chromosome X
  - **AMELY** porté par le chromosome Y
  - **Les deux gènes s'expriment** mais **le niveau de transcription du gène AMELY est d'environ 10% du taux de transcription du gène AMELX**
- La part d'amélogénines provenant d'AMELY est donc faible

*Chez les souris déficientes en gène d'amélogénine, l'émail est hypoplasique et ne possède pas la structure caractéristique en prismes*

## LES PROTEASES

Au stade de sécrétion de l'émail, les améloblastes sécrètent principalement la **MMP20 = Enamélysine**

## X Fonctions

- La MMP20 **clive les amélogénines de haut PM** en de nombreux sites et **permet l'élimination du domaine C-term des amélogénines**
- Au stade de maturation elle provoque **la dégradation des nanosphères** permettant ainsi **la croissance en épaisseur et en largeur des cristaux d'émail**

*Pour résumer*

**L'améloblastine, l'enaméline** et la **tufteline** sont regroupées en **protéines non-amélogénines**

- Elles sont de **PM supérieur a 50 kDa**
- Elles **représentent 10% des protéines de l'émail** lors de l'amélogénèse

→ Elles sont **promoteur et guide de la formation des cristaux**

→ Elles **initient la nucléation des cristaux**

→ Elles servent de **guide permettant la forme hexagonales de cristaux** (qui grandissent par épitaxie)

- Elles ont une **demi-vie courte**
- Elles sont **présentes au voisinages des améloblastes**

**Les amélogénines**, elles, sont de **PM variable** et **sont présentes dans toutes l'épaisseur de l'émail en formation**

- Elles **s'assemblent en nanosphères**
- Elles **empêchent la croissance en largeur et épaisseur des cristaux**
- Elles **empêchent la fusion des cristaux**

# AMELOGENESE

## L'EMAIL IMMATURE (soft)

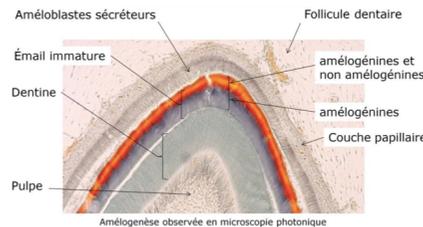
Pendant la phase de sécrétion, les améloblastes forment un **émail immature** organisé **en prisme** et en **substance interprismatique**, composé de :

- ✂ 37% de minéral
- ✂ 19% de phase organique
- ✂ 44% d'eau

Les cristaux sont séparés les uns des autres par des nanosphères d'amélogénines

*Les protéines de l'émail ne sont pas les mêmes selon les zones de l'émail*

- Les **protéines non-amélogénines** ne sont présentes **que dans la couche superficielle**
- Les **amélogénines** sont présentes dans **toute l'épaisseur de l'émail**



Cette émail **ne peut pas encore supporter les forces de la mastication** car il n'est pas assez minéralisé

## AMELOBLASTE DE TRANSITION *Fin de la phase de sécrétion*

Lorsque l'améloblaste a sécrété **une épaisseur suffisante d'émail immature**, **25% des améloblastes vont disparaître par apoptose**.



Les améloblastes restants vont **raccourcir et s'élargir** pour **couvrir la surface d'émail** (malgré la perte d'un améloblaste sur 4)

- Elles vont **perdre leur prolongement**
- Elles vont **diminuer leur organites de synthèse** (dégradés par leurs lysosomes)

- Ces améloblastes **ne sécrètent plus des protéines de la matrice de l'émail** mais **une sorte de lame basale** qui adhère à la surface de l'émail immature  
→ Cette LB pourrait **aider à la régulation des échanges entre émail immature et follicule dentaire** via la **couche papillaire** car à ce stade, le calcium issu du folliculaire pénètre dans la couche papillaire

## MATURATION DE L'EMAIL

Ce stade correspond à la **phase de croissance en épaisseur et en largeur des cristaux**. Deux processus :

- 1 - Elimination des nanosphères d'amélogénine** (qui limitaient la croissance en largeur et en épaisseur des cristaux)
- 2 - Arrivée massive d'ions calcium et phosphate dans l'émail**

## AMELOBLASTE DE MATURATION

C'est le **stade de la maturation de l'émail**, il y a **25% d'améloblastes supplémentaires qui disparaissent par apoptose**

Les améloblastes **réduisent leur taille, leurs organites de synthèse et s'élargissent**

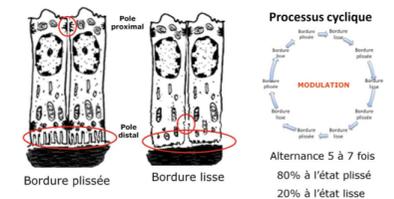
2 types cellulaires (variations des systèmes de jonctions proximaux et distaux)

### ✓ Lisse

Système distal → Laches  
Système proximal → Serré

### ✓ Plissé

Système distal → Serré  
Système proximal → Lache



# AMELOGENESE

- Ces améloblastes effectuent une **modulation de façon cyclique** de bordure lisse/plissée a leur pole distal. Il passera d'un type a l'autre **5 a 7 fois** mais **80% du temps elle sera plissée et 20% lisse**

Cette alternance semble être en relation avec :

- ▶ Une **balance entre acidification/neutralisation du pH de l'émail**
- ▶ **L'élimination de fragments protéiques**
- ▶ **Transports du calcium** pour permettre la croissance des cristaux

→ Balance entre acidification/neutralisation du pH de la matrice

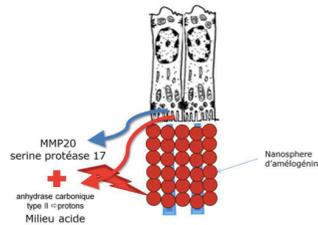
Pourquoi acidifier le milieu ?

- Car normalement les cristaux se dissolvent dans un milieu acide
- Car **la croissance des cristaux ne se fait que si les nanosphères sont éliminés par la MMP20** (produite en grande quantité pendant la phase de maturation) qui nécessite un **pH légèrement acide**

→ Les améloblastes sécrètent la **MMP20 + Sérine Protéase 17**

→ Les améloblastes présentent dans la région du cytoplasme proche du bord plissé une quantité importante d'**AC II**

- ▶ Qui **libère des protons**
- ▶ Ce qui entraîne une **acidification du milieu cellulaire**
- ▶ Qui **permet l'activation de la MMP20**
- ▶ Et **la fragmentation des nanosphères d'amélogénine**



→ Elimination de fragments protéiques

Ils sont soit **réabsorbés par les améloblastes a bordure plissée** (qui présentent de nombreuses images d'endocytose)

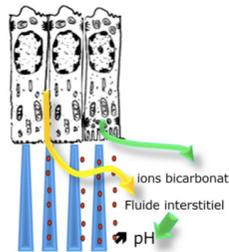
Soit ils **passent entre les cellules a bordure lisse pour être absorbés sur les cotés des améloblastes**

La dégradation protéique est terminée par les améloblastes (bordures lisse ou plissée) qui contiennent beaucoup de **lysosomes**

*L'élimination rapide des agrégats d'amélogénine libère des cristaux mais ceux-ci ne pourront croître en épaisseur et en largeur que lorsque le pH sera neutralisé*

Lorsque le pole distale est plissé, les améloblastes participent a la neutralisation du pH par la **sécrétion d'ions bicarbonates H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

Lorsque le pole distale est lisse ils participent aussi a la neutralisation du pH de la matrice par le **passage de fluides interstitiels vers l'émail**



→ Transport du calcium vers l'émail et libération du phosphate

- Pour permettre la croissance en épaisseur et en largeur des cristaux, il faut une **arrivée massive d'ions calcium dans la matrice**
- Ces ions viennent des **milieux interstitiels**, de la **circulation sanguine du follicule dentaire**

→ Le Ca<sup>++</sup> peut passer **entre les cellules a bordure lisse**

→ Les cellules a bordure plissée participent aussi car elles possèdent des protéines qui fixent le Ca : les **calbindines** et les **annexines**

↳ Grace aux **calcium-ATPases membranaires**, le Ca va sortir de la cellule et être incorporé dans la matrice de l'émail en cours de maturation.

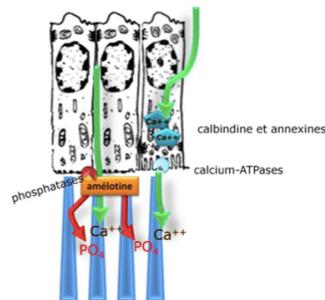
↳ L'énergie nécessaire au fonctionnement de ces enzymes est apporté par nombreuses **mitochondries** présentes dans le cytoplasme proche de la bordure plissée

# AMELOGENESE

- Pour permettre cette croissance, les ions calcium doivent s'associer dans le compartiment extracellulaire avec des ions phosphate qui sont libérés à partir de **phosphoprotéine**
- Notamment **l'amélotine** qui est une **protéine phosphorylée** synthétisée par les améloblastes **spécifiquement au stade de maturation**.  
(On ne sait pas si elle est sécrétée par les améloblastes à bord lisses ou plissés)

Les ions phosphate de cette protéine sont libérés grâce à des **phosphatases** présentes dans la matrice de l'émail.

→ **L'apport d'ions calcium et phosphate en quantité suffisante va permettre la croissance en largeur et en épaisseur des cristaux**



|           | AVANT MATURATION | APRES MATURATION |
|-----------|------------------|------------------|
| EPAISSEUR | 3,1 nm           | 25 nm            |
| LARGEUR   | 29 nm            | 65 nm            |

→ On obtient ainsi un **émail qui ne contient presque plus de protéine, ni d'eau** (absorbée principalement par les améloblastes de maturation à **bords lisses**) composé de **96% de cristaux, 3,2% d'eau de 0,8% de matière organique**

## AMELOBLASTE DE PROTECTION

*Maturation de l'émail terminée*

L'améloblaste :

- Devient **conique**
- **Diminue ses organites cellulaires**
- Secrete **une lame basale** à la surface de l'émail dans laquelle il adhère par des **hemi desmosomes**

- Les améloblastes de protection vont **se confondre avec la couche papillaire** et former ainsi **l'épithélium réduit de l'émail**

\* **Epithélium réduit de l'émail** = Ensemble de cellules d'origine épithéliale composée de **l'EDE / SI / Améloblastes de protection**

→ Son rôle est d'**isoler l'émail du follicule dentaire** tant que la dent n'est pas arrivée en bouche

## CONCLUSION ET CONSEQUENCES CLINIQUES

- ✓ L'améloblaste est une **cellule exponentielle**
- ✓ C'est la **seule de l'organisme capable de former de l'émail**
- ✓ Elle est **très sensible aux changements de son environnement**

Un excès de fluor pendant l'amélogénèse provoque des **perturbations de la fonction des améloblastes** et donc un **émail altéré**