

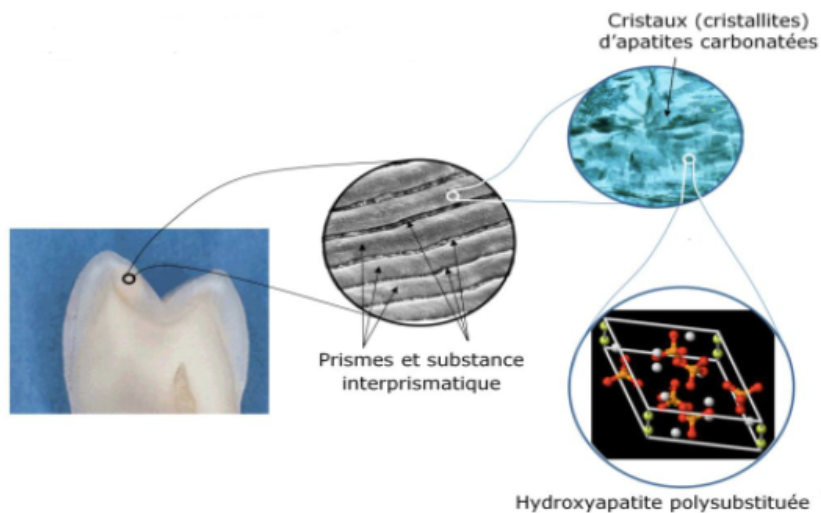
AMÉLOGÉNÈSE

L'amélogénèse est la formation de l'**émail** par l'**améloblaste**. Elle comprend :

1. La **synthèse** et la **sécrétion** des molécules de la matrice de l'émail
2. La **minéralisation**
3. La **maturation** de l'émail.

L'**émail**, qui recouvre la **couronne** des dents, est une **structure** (* **tissu** car **acellulaire**) **avasculaire** et **non innervé**.

Organisée en **prisme** et **substance prismatique** * composés de : **cristaux (cristallites) d'apatites carbonatées** formés d'**hydroxyapatite polysubstituées**.



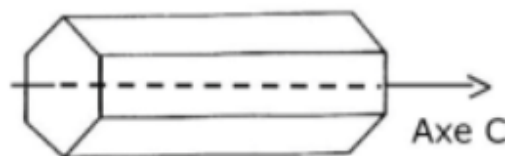
La **maille élémentaire de l'émail** est l'**hydroxyapatite** de formule **$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$** * mais elle est **polysubstituée** * (**ex** : le radical hydroxyle (OH) est souvent substitué par du **carbonate**)*.

Les dimensions de cette maille sont **<1nm***.

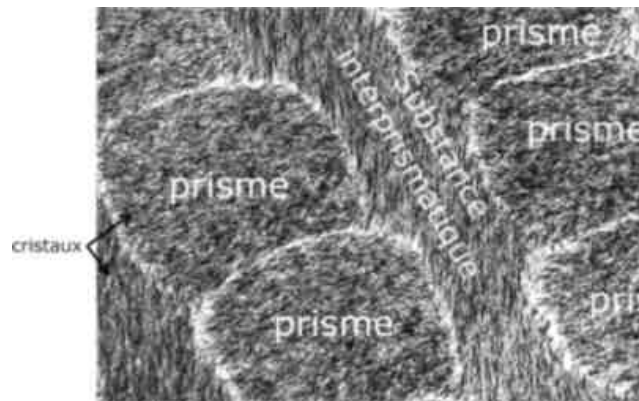
Les mailles d'hydroxyapatites s'assemblent pour former des **cristaux d'émail**.

Ces cristaux d'apatites carbonates sont en forme de **ruban** de section **hexagonale*** (épaisseur : **25-30nm**, largeur : **60-70 nm**, longueur (selon axe C) : peut dépasser **1mm**).

Mailles -> cristaux -> rubans hexagonaux.



L'émail est la structure **la plus minéralisée de l'organisme**** et dans l'émail les cristaux sont organisés de façon extrêmement **complexe** (structure **arrondie = prismes**). Les **cristaux situés entre les prismes** sont des **substance interprismatiques (=SIP)**.



Rappel :

L'émail est d'origine **ectodermique *** car les améloblastes sont issues de la différenciation des cellules de l'épithélium dentaire interne (EDI) de l'organe de l'émail.

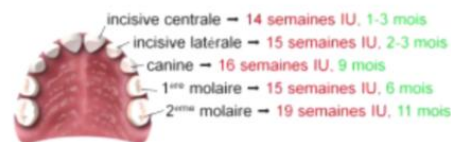
L'émail se forme **uniquement** au **stade de la couronne *** et lorsque la formation de l'émail d'une dent est terminée, débute alors le stade de la racine.

L'émail se forme pendant un **laps de temps donné** et s'il y a un **problème** de santé affectant l'**amélogenèse** pendant cette période, **seules les dents dont l'amélogenèse est en cours** seront **atteintes** car toutes les dents ne se forment pas en même temps.

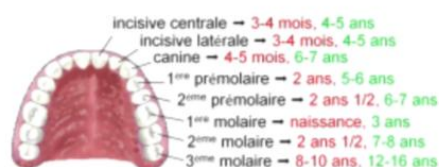
La **première couche d'émail** apparaît chez un embryon humain à la **14 semaine in utéro** (incisives centrales temporaires).

La formation de l'émail de **certaines dents définitives** peut durer presque **5 ans**.

Dents temporaires



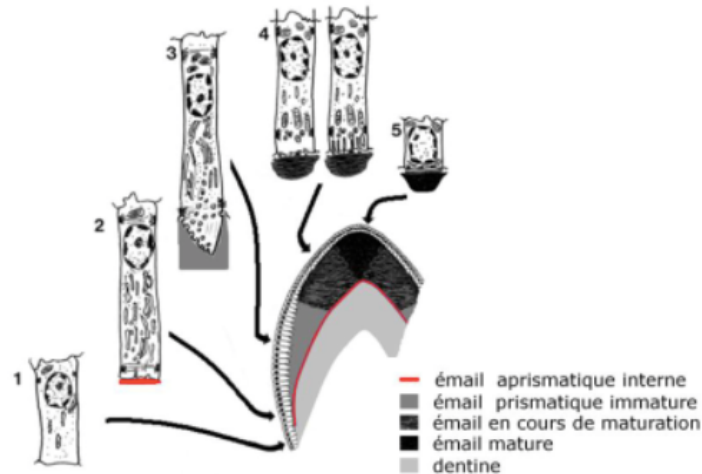
Dents définitives



En rouge : dates de début de l'amélogenèse, en vert : dates de fin de la formation de la couronne

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

- ① **pré-sécréteur**
- ② **sécréteur sans prolongement de Tomes**
- ③ **sécréteur avec prolongement de Tomes**
- ④ **de maturation**
- ⑤ **de protection**



L'**améloblaste pré-sécréteur** est en regard de la dentine.

L'**améloblaste sécréteur sans prolongement de Tomes** à **fine** couche d'émail **aprismatique** au **contact** de la **dentine**.

L'**améloblaste sécréteur avec prolongement de Tomes** sécrète l'émail **prismatique immature**.

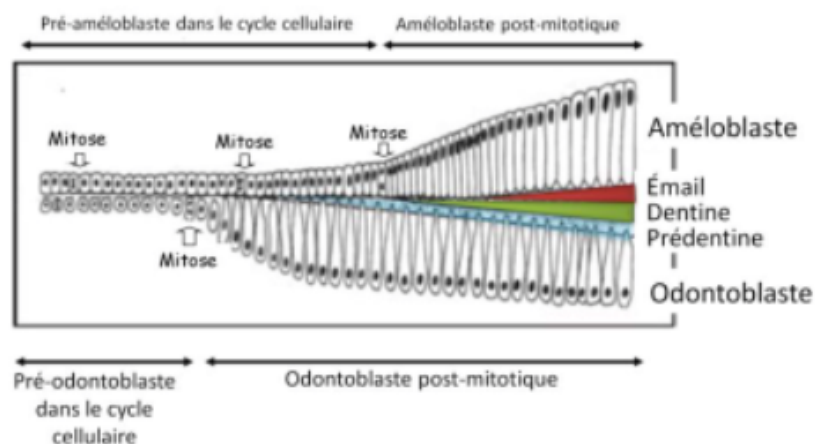
L'**améloblaste de maturation** assure la **maturation** de l'émail. L'**améloblaste de protection** protège la surface de l'émail **jusqu'à** l'arrivée de la dent en **bouche**

L'**amélogenèse** suit un **gradient temporo-spatial** de différenciation entre la pointe de la dent (**cuspidé**) et le **collet** (jonction avec la racine) *.

Améloblaste pré-sécréteur :

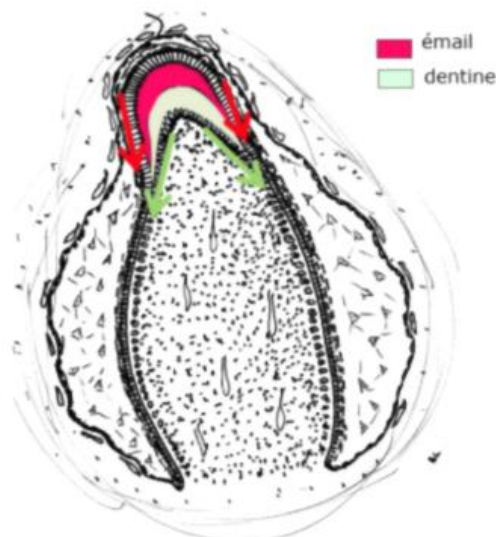
L'**améloblaste pré-sécréteur** correspond au stade d'**histodifférenciation**. En devenant **améloblaste pré-sécréteur**, le **pré-améloblaste sort du cycle mitotique** * et évolue donc en une **cellule post-mitotique** qui ne se divise plus).

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



La **différenciation** des **améloblastes** débute à la **future jonction émail/dentine** en face d'**odontoblastes différenciés** qui ont synthétisé la **première couche de dentine**.

L'**amélogénèse** est **synchronisée** avec la **dentinogénèse** et suit le **gradient temporo-spatiale** de la différenciation des **odontoblastes** avec un **léger retard**.
**



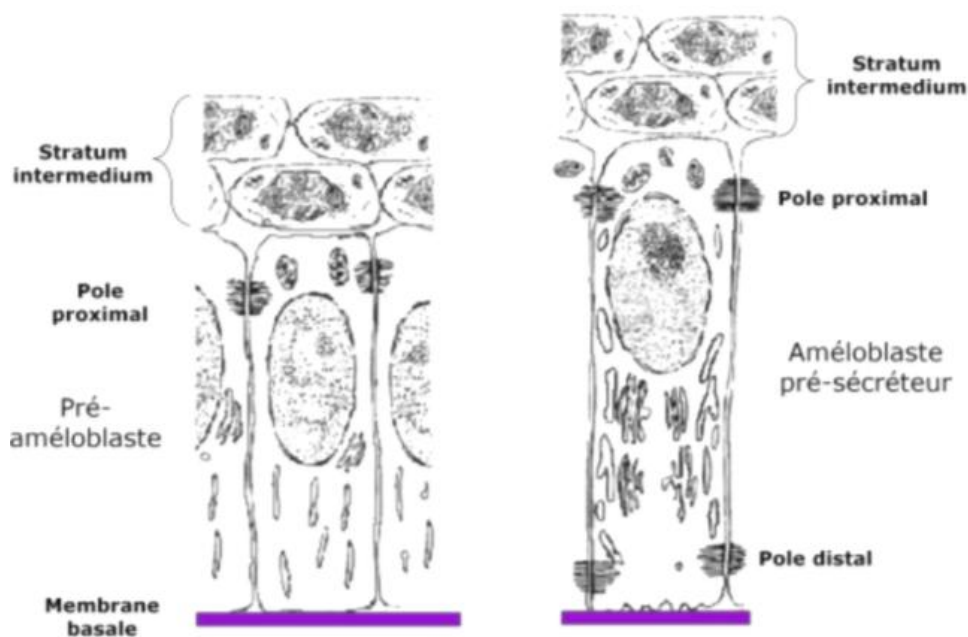
Au cours de la différenciation en améloblaste pré-sécréteur, le pré-améloblaste **s'allonge** (devient **prismatique**) et son **noyau** migre en direction du **stratum intermedium (SI)** * vers le **pôle proximal** de la cellule (l'**améloblaste pré-sécréteur** est **polarisé**).

La majorité des **organites de synthèse (REG, Golgi)** s'accumule au **pôle distal** en **contact** avec la **MB**.

L'**alignement** des **améloblastes pré-sécréteurs** est ainsi maintenu **par deux complexes de jonction** qui encerclent les cellules à leurs extrémités **distale** (proche de la **MB**) et **proximale** (proche du **SI**).

Des **filaments intermédiaires** fixés sur ces complexes irradient dans le **cytoplasme** pour former des **toiles terminales (terminal web)**.

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



La différenciation des améloblastes pré-sécréteurs s'accompagne de la **dégradation** de la **MB** qui séparait les **pré améloblastes** des **pré-odontoblastes** par des **métalloprotéases**. **

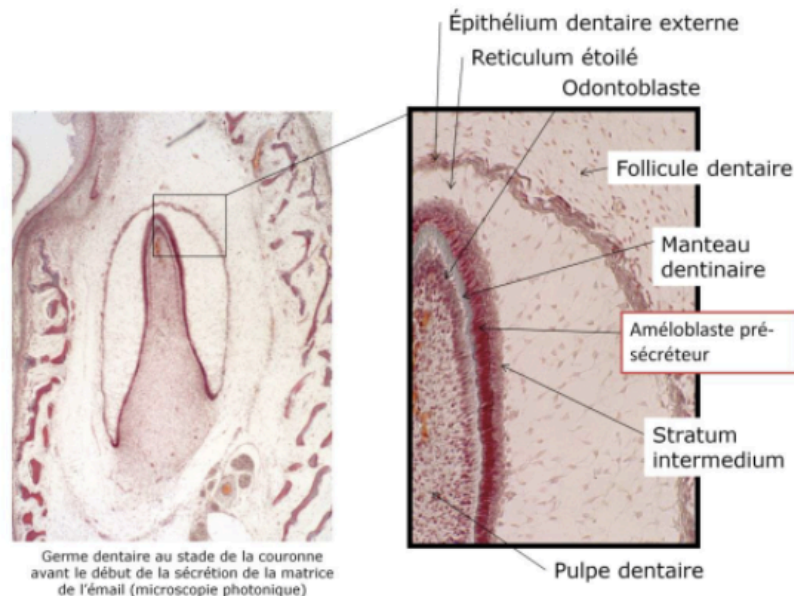
La **disparition** de la **MB** suit la **sécrétion** du **manteau dentinaire** par les **odontoblastes** *. La MB est tout d'abord **dégradée** par des **métalloprotéases** présentes dans des **vésicules** issues du bourgeonnement de la membrane plasmique des **odontoblastes** *, puis les **fragments** de cette MB sont

phagocytés par les **améloblastes pré-sécréteurs** * qui terminent la dégradation grâce à leurs **lysosomes**.

La **disparition** de la **MB** permet aux **améloblastes pré-sécréteurs** d'entrer en **contact** avec le **manteau dentinaire** qui se **minéralise** et **induit l'amélogénèse**.
**

L'**améloblaste pré-sécréteur** devient **sécréteur** et dépose une **première couche d'émail** au contact de la **dentine**. *

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

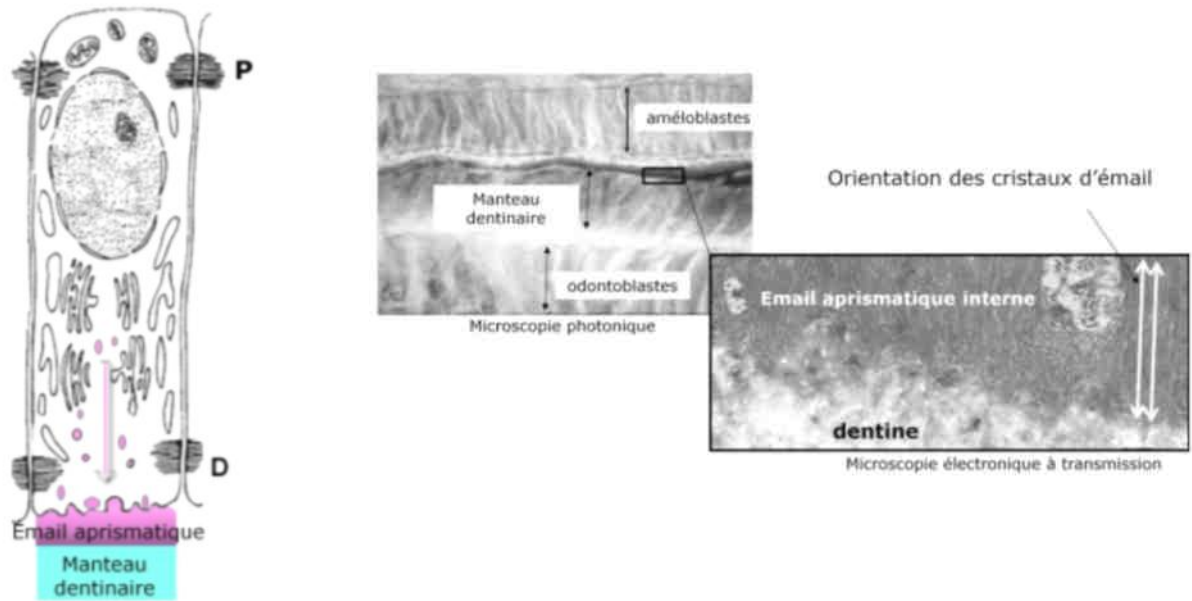


Améloblaste sécréteur sans prolongement de Tomes :

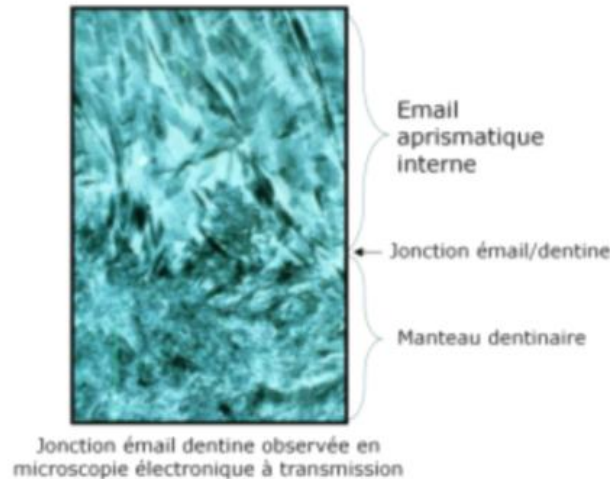
Lorsqu'un **améloblaste pré-sécréteur** se transforme en un **améloblaste sécréteur sans prolongement de Tomes**, la cellule **s'allonge** (hauteur : **60 µm**, largeur : **4 µm**), elle **se polarise de plus en plus**. Le **nombre** et l'**organisation** de ses **organites de synthèse** augmentent.

De nombreuses **vésicules** de synthèse sont acheminées vers le **pôle distal** de la cellule (proche du **manteau dentinaire**) où des images d'**exocytose** sont observées.

C'est le début de la **sécrétion** des **protéines** de l'émail. La **première couche** de matrice de l'émail est sécrétée **directement** au **contact** du **manteau dentinaire**.

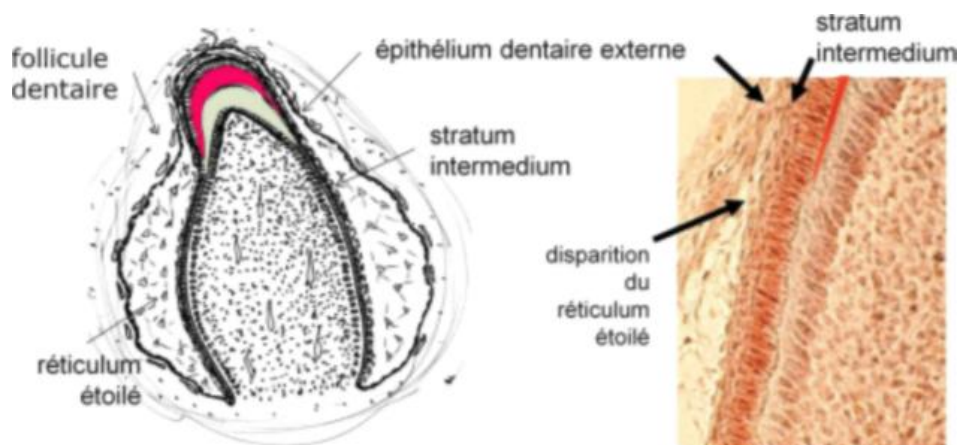


Cette **1^{ère} couche** forme la **jonction émail/dentine** composée de la **matrice minéralisée** du **manteau dentinaire** en contact avec des cristaux d'émail (les **cristaux d'émail** sont **plus grands** que les **cristaux** du **manteau dentinaire**). Elle mesure **10 µm** d'épaisseur et est **aprismatique**. **

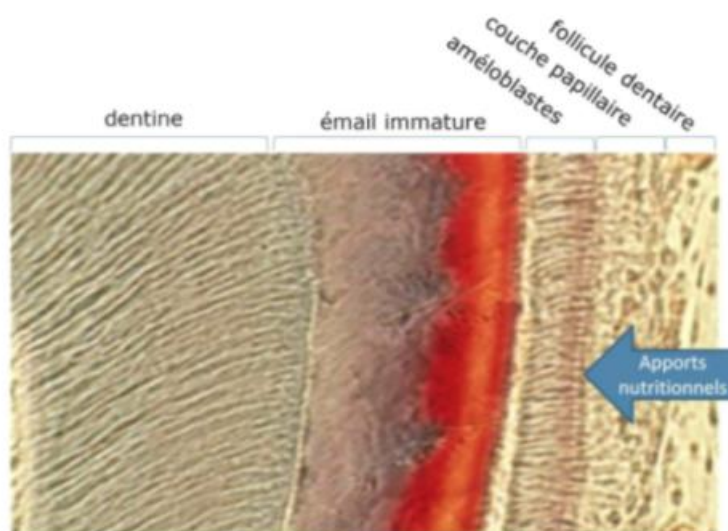


En regard de cette couche d'émail nouvellement formée, presque toutes les cellules du **réticulum étoilé** disparaissent par **apoptose**.

On observe un accollement entre l'**EDE** et le **SI** appelé **collapsus** formant la **couche papillaire**. *



Ce phénomène permet un **rapprochement** des **vaisseaux** du **follicule dentaire** vers les **améloblastes sécréteurs** qui nécessitent des nutriments que la **pulpe ne peut plus fournir** à cause de la présence de l' **émail** et la **dentine** .

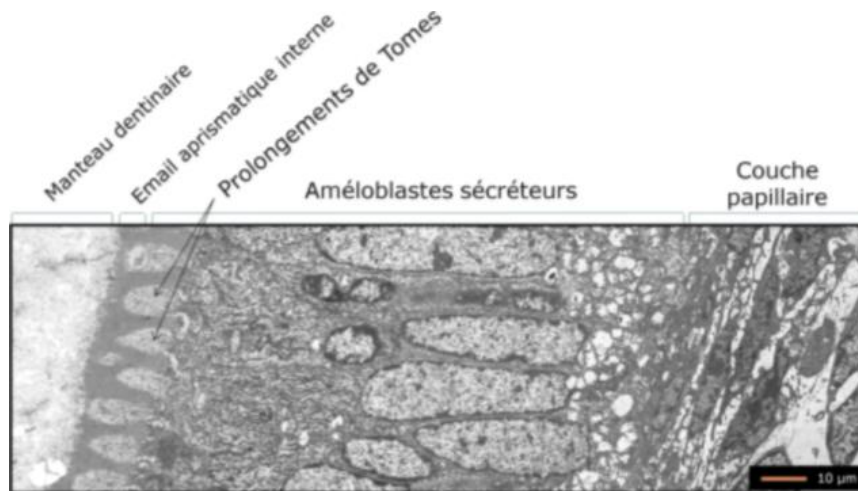


Améloblaste sécréteur avec prolongement de Tomes :

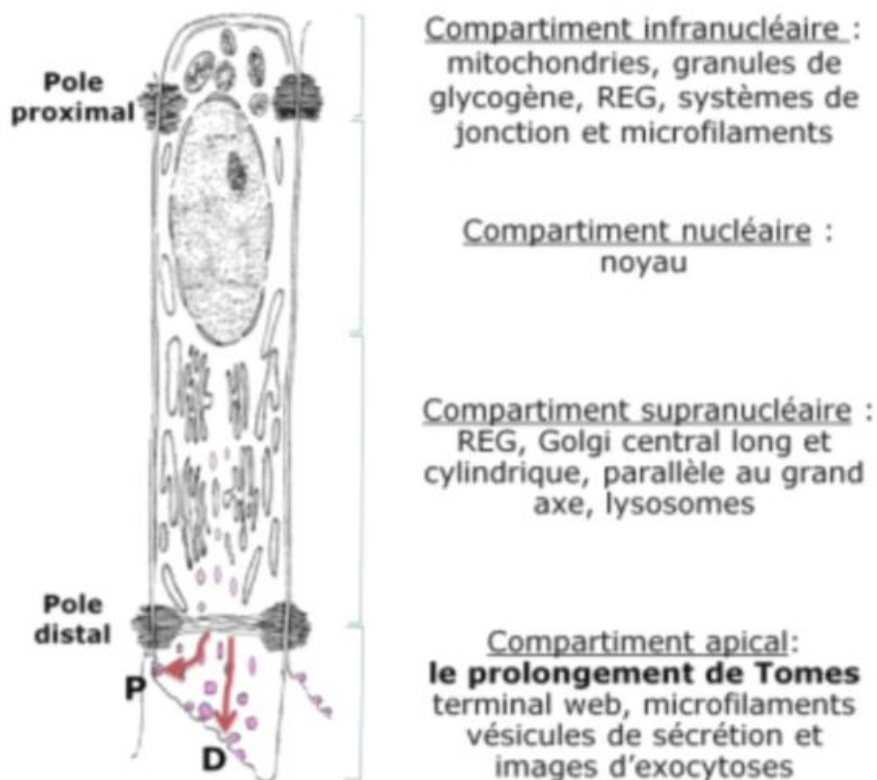
Il sécrète **l'émail prismatique immature** . *

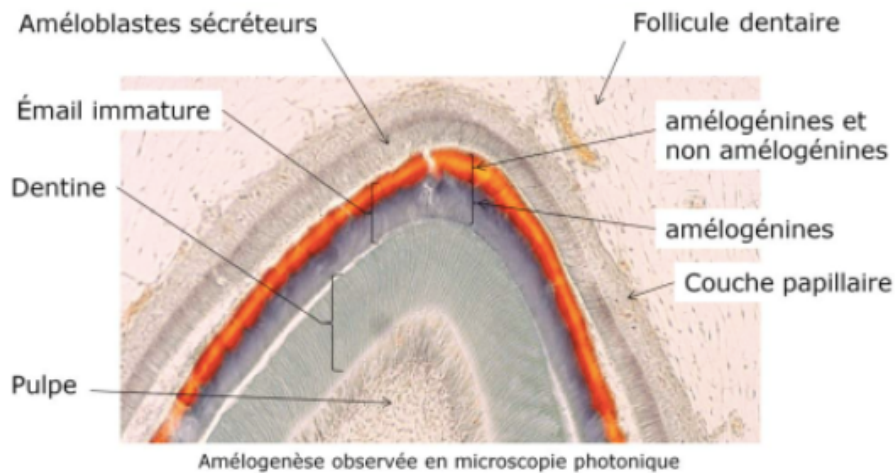
Dès que l'émail **aprrismatique interne** est déposé, les **améloblastes** forment à leur **pôle distal** un court prolongement de forme **conique** appelé **prolongement de Tomes** . *

Les **améloblastes** sont des cellules **très étroites**, très **serrées** les unes contre les autres présentant un **noyau volumineux** situé au **pôle proximal de la cellule** (proche de la couche papillaire) et un **prolongement de Tomes**.



L'améloblaste sécréteur présente une ultrastructure divisée en 4 compartiments :





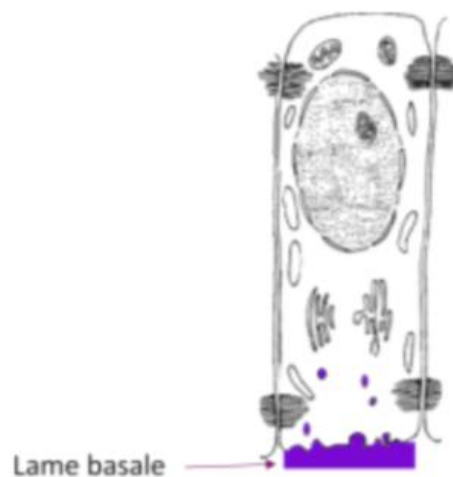
Fin de la phase de sécrétion : améloblaste de transition :

Lorsque l'améloblaste a sécrété une épaisseur suffisante d'émail immature, **25% des améloblastes s'apoptosent.**

Les améloblastes restants **se raccourcissent, s'élargissent**, ce qui permet de **couvrir encore la surface** d'émail. Ces cellules **perdent** leur **prolongement de Tomes** et la quantité d'**organites de synthèse diminue**. Ces organites sont **dégradés** à l'intérieur de la cellule par leurs **lysosomes**.

Les améloblastes de transition ne synthétisent plus de protéines de la matrice de l'émail **mais synthétisent** et sécrètent une sorte de **lame basale** qui adhère à la surface de l'émail immature

Cette **lame basale** pourrait aider à la **régulation** des **échanges** entre l'émail immature et le FD via la **couche papillaire**. En effet, à ce stade, des ions **calcium** issus du FD pénètrent dans la **couche papillaire**.



Améloblaste de maturation :

A ce stade, **25% d'améloblastes supplémentaires** disparaissent par **apoptose**.

Le **stade de maturation** correspond à la phase de **croissance** en **épaisseur** et en **largeur** des cristaux d'émail. Pour ce faire, il faut **2 processus simultanés** :

- **élimination** des **nanosphères d'amélogénines** * qui limitaient la **croissance** en **largeur** et en **épaisseur** des cristaux
- arrivée massive d'**ions calcium** et **phosphate** dans l'émail pour permettre cette croissance des cristaux.

Les **améloblastes réduisent** encore de **taille** et le **nombre** de leurs **organites de synthèse** et **s'élargissent**. Ils vont présenter à leur **pôle distal** deux aspects morphologiques différents : **lisse** ou **plissé**.

Il y a un **couplage** entre l'aspect du **pôle distal** et les **systèmes de jonctions** entre les améloblastes.

Aspect plissé :

- **Que** des systèmes de jonction **distaux serrés (étanches)** *
- **Que** des systèmes de jonction **proximaux lâches (perméables)** *

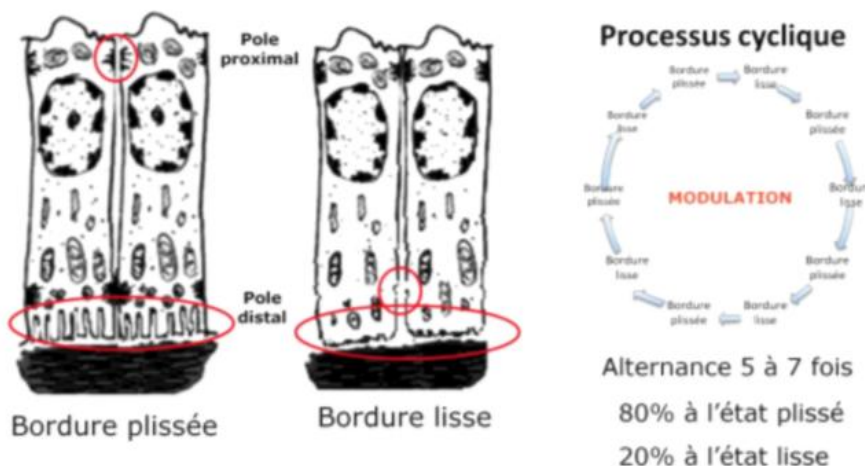
Aspect lisse :

- **Que** des systèmes de jonction **distaux lâches**.
- **Que** des systèmes de jonction **proximaux serrés**.

(La vous retenir juste plissé distaux serrés -> PDS et le reste en découle)

Les **améloblastes de maturation** effectuent une **modulation**, ils créent de façon **cyclique** une bordure **plissée** puis **lisse** à leur pôle **distal**.

Pendant la phase de **maturation**, chaque **améloblaste** passera d'un pôle distal **lisse** à **plissé 5-7 fois** mais **80%** de son temps sera à l'état **plissé** (**20%** à l'état **lisse**).



Le rôle de la **modulation** est une balance entre l'**acidification** et la **neutralisation** du **pH** de l'**émail immature***, l'élimination des fragments **protéiques** et le transport du **calcium** vers l'émail pour permettre la **croissance** des cristaux.

Pour que les cristaux croissent en **épaisseur**, il faut une **acidification** du milieu (**même si** les cristaux se **dissolvent mieux** dans un **milieu acide**) car cette croissance ne peut se faire que si les **nanosphères d'amélogénines** sont éliminées par la **MMP20** (produite en grande quantité pendant la **phase de maturation**), hors, les conditions optimales de la **MMP20** nécessitent un **pH légèrement acide. ****

La **maturation** permet la croissance des cristaux :

-épaisseur : **3,1 nm -> 29 nm**
-largeur : **25nm -> 65 nm**

L'**émail mature** ne contient **presque plus de protéines**, ni d'eau (réabsorbée par les **améloblastes** à bordure lisse) : **96%** de **cristaux**, **3,2%** d'eau et **0,8%** de **matière organique**.

Améloblaste de protection :

Lorsque la **maturation** de l'émail est **terminée**, l'**améloblaste** se transforme en **améloblaste de protection**. Il devient **cubique**, ses **organites** cellulaires **diminuent** mais il **sécrète** une **lame basale** à la **surface** de l'émail à laquelle il adhère par des **hémi-desmosomes**.

Les **améloblastes de protection** se **confondent** alors avec la **couche papillaire** et forment ainsi l'**épithélium réduit de l'émail**.

Améloblaste de protection + couche papillaire = épithélium réduit de l'émail = améloblaste de protection + EDE + SI

L'**épithélium réduit de l'émail** est donc un ensemble de cellules d'**origine épithéliales** composé de l'**épithélium dentaire externe**, du **stratum intermedium** et des **améloblastes de protection**.

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



Les protéines de la matrice de l'émail :

- ▶ Enaméline
- ▶ Tuftéline
- ▶ Améloblastine
- ▶ Amélogénine
- ▶ Protéases (dès le stade sécréteur mais surtout au stade de maturation).

Conclusion :

L'**améloblaste** est la **seule cellule** de l'organisme apte à former de l'**émail**, mais elle est **très sensible** aux changements de l'**environnement** (ex : un excès de **fluor** pendant l'**amélogénèse** provoque des perturbations de la fonction des améloblastes qui forment alors un **émail altéré : fluorose**).

