

# Le Complexe Pulpo-Dentinaire

Afin de comprendre les mécanismes de défense pulpaire en cas d'agression par un agent pathogène, il est nécessaire de connaître l'anatomie, l'histologie et la physiologie de l'organe dentaire.

## 2.2. Anatomie dentaire

Trois principaux tissus constituent l'odonte (dent anatomique) (*du plus externe au plus interne*) :

- L'émail
- La dentine
- La pulpe (vascularisée)

Quatre principaux tissus constituent le parodonte (tissu de soutien) :

- La gencive
- L'os alvéolaire
- Le ligament dento-alvéolaire
- Le cément

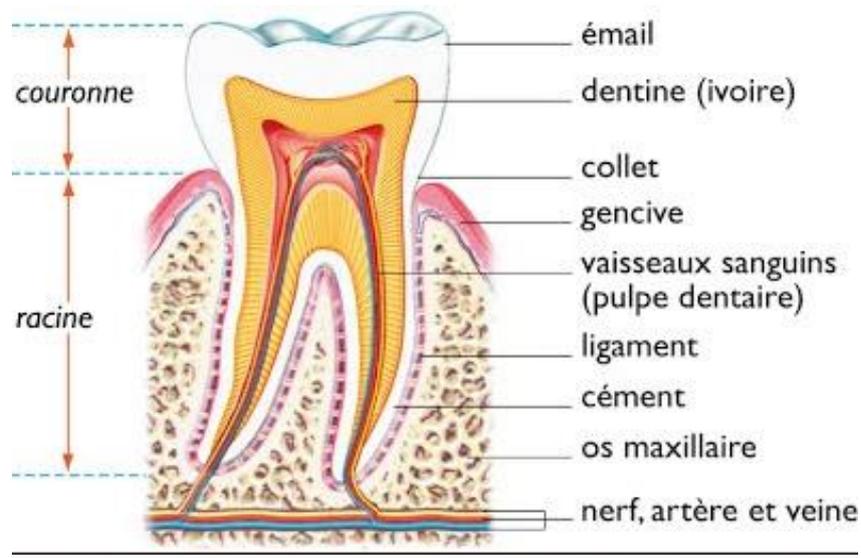


Figure 1 : Schéma général de l'anatomie dentaire (2)

## 2.3. Histologie de l'Odonte

### L'émail

L'émail est la couche superficielle de la couronne dentaire. Il recouvre la dentine, et constitue la première ligne de défense de la dent contre les agressions. Il se compose de structures élémentaires

appelées prismes d'émail ; ces prismes sont formés des cristaux d'hydroxyapatites, imbriqués les-uns dans les autres et reliés entre eux par une gaine de nature organique : on parle de **structure prismatique**. Il est acellulaire mais dérive de cellules appelées améloblastes.

## La dentine

C'est un tissu minéralisé composé à 70% de cristaux d'hydroxyapatite, 20% de partie organique et 10% d'eau. Les tubuli dentinaire constituent la partie organique de la dentine et confèrent à cette dernière sa structure tubulaire et son caractère perméable. Les tubuli dentinaires contiennent le fluide dentinaire et les prolongements odontoblastiques pulpaire. Ce tissu abrite également des facteurs de croissance ayant un rôle clé dans la cicatrisation (3). Dans la littérature, on retrouve de nombreuses définitions de la dentine ; il n'y a pas de consensus mais Goldberg les a synthétisés en trois types (4):

### - La dentine Primaire

Elle est formée au cours du développement de la dent. Sa partie la plus externe est atubulaire. Elle présente une histologie particulière : on parle de « dentine manteau »

### - La dentine Secondaire

Sécrétée physiologiquement après la dentine primaire, la dentine secondaire ne présente pas de différence majeure sur le plan histologique. Selon les auteurs, la transition dentine primaire-dentine secondaire se déroule au moment de l'apparition de la dent sur arcade ou bien au moment de la fermeture apicale. Malgré une vitesse de sécrétion plus lente, la composition chimique de la dentine secondaire est identique à celle de la dentine primaire. Tout au long de la vie, elle va entraîner progressivement une diminution du volume pulpaire camérale et radulaire



Figure 2 : Patron histologique de 2 types de dentine physiologiques : Primaire et Secondaire (5)

### - La dentine Tertiaire

Ce type de dentine est sécrété pour protéger la pulpe en cas d'agression. Elle est subdivisée en 2 sous-types :

- Dentine **Réactionnelle** : elle est sécrétée en cas d'agression modérée, les odontoblastes ne sont pas détruits.

- Dentine **Réparatrice** : elle est sécrétée en cas d'agression plus importante, la palissade odontoblastique est altérée.

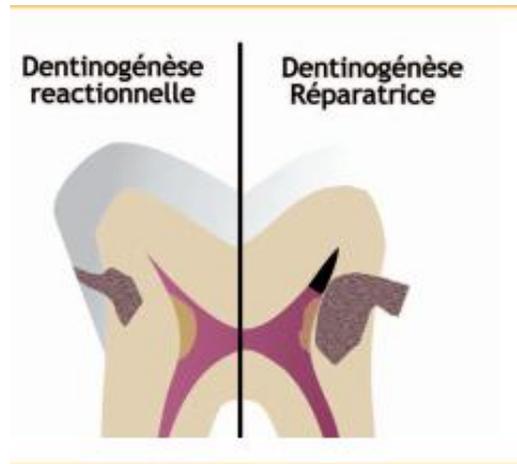


Figure 3 : Patron histologique des 2 types de dentine tertiaire. (5)

## La Pulpe

Le tissu pulpaire se retrouve en majorité au niveau coronaire, mais est également présent au niveau radiculaire : ainsi certains auteurs distinguent la pulpe coronaire de la pulpe radiculaire.(5) Ce tissu pulpaire se compose de plusieurs types de cellules, plus ou moins différenciées : les odontoblastes, les fibroblastes pulpaire, les cellules de défense et les cellules progénitrices. C'est un tissu richement innervé et vascularisé.

### Les odontoblastes

Les odontoblastes pulpaire sont des cellules hautement différenciées, mitotiques et polarisées, localisées à la périphérie de la pulpe et organisées en palissade. Ce sont ces cellules qui interviennent principalement dans la sécrétion de dentine primaire.(6) Elles sont organisées en palissade, reliées par des jonctions gap, elles forment une barrière protectrice. C'est grâce à ces jonctions gap étanches, qu'il y a communication intercellulaire et donc une implication directe/indirecte dans le processus de cicatrisation pulpaire (7).

De nombreux auteurs, différencient la pulpe camérale (coronaire) de la pulpe radiculaire, pas seulement par rapport à leur localisation mais aussi par rapport à leur morphologie : les odontoblastes coronaire ne seraient pas les même cellules (*allongés, pyramidaux, noyau apical*) que celles situées au niveau radiculaire (*plus petits, cubiques*) Cela démontrerait pourquoi certaines thérapeutiques sont validées au niveau coronaire (exemple : coiffage pulpaire) et vouées à l'échec au contact de la pulpe radiculaire (exemple : pulpotomie camérale).(8)

Une des particularités histologiques de la pulpe, est que la zone riche en cellules (couche cellulaire de Höhl) est séparée de la palissade odontoblastique par une couche acellulaire, dite de Weil.

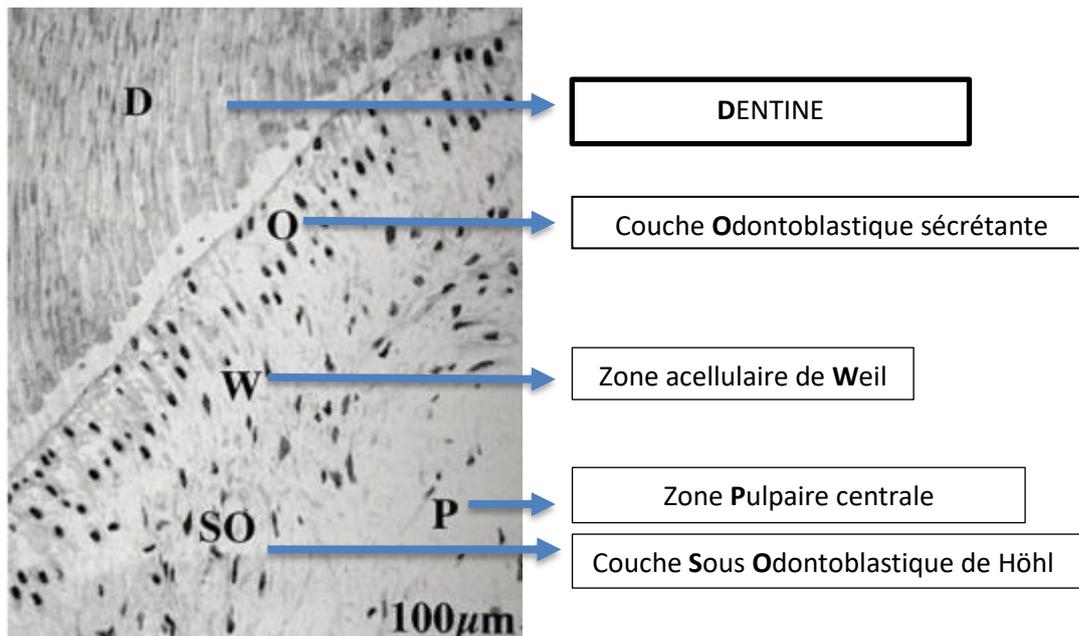


Figure 4 : Structure générale de la région pulpaire dentinogénétique (Grossissement x100) (12)

Au cours de la différenciation cellulaire, dix mitoses sont nécessaires afin de parvenir au phénotype cellulaire terminal de l'odontoblaste.

La dernière mitose aboutie à deux cellules :

- Une cellule qui migrera vers la palissade en périphérie, et deviendra un odontoblaste.
- La seconde restera stockée dans la couche cellulaire de Höhl, et ne rentrera pas dans le processus terminal de différenciation (9).

La couche cellulaire de Höhl est donc considérée, par les auteurs, comme un réservoir potentiel de cellules capables de s'engager dans un processus cicatriciel, en cas d'atteinte partielle ou totale de la palissade odontoblastique.

### Les fibroblastes pulpaire

Ce sont les cellules les plus nombreuses de la pulpe. Elles sont responsables de la formation et du renouvellement de la matrice extracellulaire ainsi que de sa destruction contrôlée. Cette matrice extracellulaire joue un rôle très important : sa viscoélasticité permet à la pulpe de s'adapter à des variations de pressions causées par les processus inflammatoires. C'est grâce notamment à cette grande adaptabilité tissulaire, que de nombreuses inflammations pulpaire sont cliniquement silencieuses.

En revanche lorsque la pression intra-pulpaire devient trop importante, et que les capacités d'adaptation de la pulpe sont dépassées, la douleur ressentie par le patient devient violente.

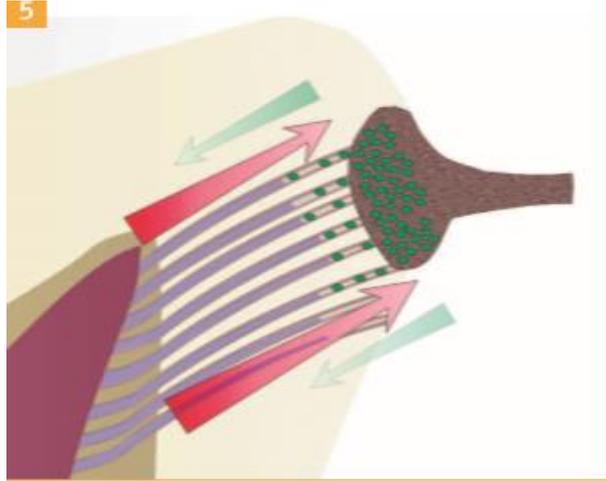


Figure 5 - Patron illustrant que la différence de pression entre l'extérieur et la cavité pulpaire confère une protection au parenchyme pulpaire face aux agressions (5)

### Les cellules de défense

De nombreuses cellules immunitaires ont été identifiées au sein du tissu pulpaire (mastocytes et cellules dendritiques) (10) et ce, même en condition physiologique. On retrouve fréquemment des macrophages en pulpe saine, en périphérie, (11) qui participent activement à la surveillance immunitaire permettant une réponse rapide à toute agression bactérienne.

### Les cellules progénitrices

Des cellules progénitrices ont été mises en évidence aussi bien dans la pulpe des dents permanentes (12) que dans la pulpe des dents temporaires (13).

Leur facilité de prélèvement a permis de démontrer leur implication dans :

- Les phénomènes de réparation-régénération du tissu pulpaire consécutif à une agression
- Les processus thérapeutiques tel que le coiffage direct ou indirect

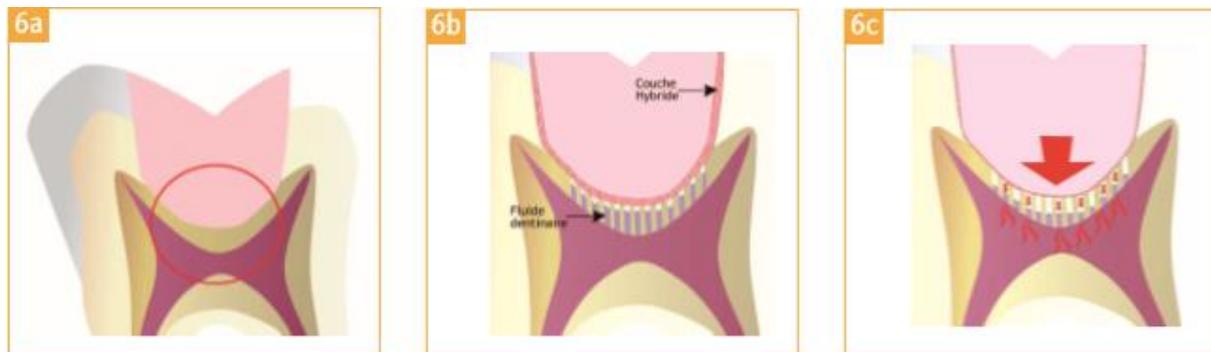
La découverte de ces cellules progénitrices dans la pulpe a permis depuis 2000 de relancer sérieusement l'intérêt de la recherche en odontologie et ainsi donner une autre dimension, aux yeux de la communauté scientifique.

## 2.4. Physiopathologie et Outils de diagnostique

En l'absence de moyens diagnostiques non invasifs et fiables, la seule façon d'approcher l'état physiologique de la pulpe, demeure la symptomatologie, c'est-à-dire l'étude des sensations issues de la pulpe qu'elles soient spontanées ou provoquées.

## Douleur dentinaire

### Théorie hydrodynamique de Bränström (13)



**Figure 6 - Principe de la théorie hydrodynamique de Bränström sous une restauration collée (a). L'application de forces sur l'obturation peut provoquer un déplacement du fluide dentinaire dans les tubuli, et crée une surpression pulpaire qui peut être à l'origine d'un inconfort post-opératoire. (5)**

C'est une théorie selon laquelle, un stimulus, qu'il soit osmotique, thermique ou mécanique, provoquerait le déplacement du contenu liquidien des tubuli dentinaires.

C'est ce déplacement de fluides qui serait responsable de l'activation des fibres nerveuse intra-pulpaire de type  $\alpha$  entraînant « une perception plus ou moins douloureuse selon l'intensité du stimulus qui ne dure pas » (14).

## Douleur pulpaire

Ce sont les fibres nerveuses de type C qui véhiculeraient cette sensation de douleur, plus ou moins intense en réponse à l'application d'un stimulus thermique, électrique ou chimique (bradykinine)(15). On distingue plusieurs tests de sensibilité permettant au praticien d'évaluer le statut pulpaire, et ainsi de déterminer la marche thérapeutique à suivre : conservation de la vitalité pulpaire ou traitement endo canalaire. Ces tests vont stimuler essentiellement les fibres nerveuses de type  $\alpha$ , situés en périphérie, et dont les seuils d'excitation sont plus faibles que les fibres nerveuses de type C.

Ces tests doivent nécessairement être comparatifs. Ils doivent être réalisés sur plusieurs dents contigües ; la dent concernée sera testée en dernier.

### Test au froid

Application d'un stimulus froid pendant quelques secondes ; cela entraîne un déplacement « sortant » du fluide dentinaire et une activation des fibres nerveuses de type  $\alpha$ , responsable de la sensation douloureuse(16)

En présence d'une pulpe saine, la douleur disparaît avec l'arrêt du stimulus (17). En revanche, on parlera de pulpe pathologique inflammatoire lorsqu'il y a persistance de la douleur après l'arrêt du stimulus.

## Test au chaud

Application d'un cône de gutta chauffé sur la face vestibulaire de la dent préalablement isolée avec de la vaseline ; cela entraîne un déplacement « entrant » du fluide dentinaire et une activation des fibres nerveuses de type  $\alpha$ , ainsi que celles de type C notamment lors d'une douleur violente ressentie après arrêt du stimulus (18).

Les réponses obtenues sont équivalentes à celles obtenue avec le test au froid.

Un test au chaud négatif signe une nécrose pulpaire à l'instar du test au froid. (19)

## Test électrique

Il consiste à stimuler les fibres nerveuses de type  $\alpha$  en appliquant un courant électrique sur la dent concernée aux moyens de deux électrodes (une positionnée sur la dent, l'autre sur la commissure labiale). Le courant sera conduit par les fluides contenus dans les canalicules dentinaire. (20)

L'intensité du courant, initialement faible, sera augmentée progressivement. Le patient devra se manifester lorsqu'il ressentira une sensation de chaleur/picotement.

Une dent présentant une inflammation pulpaire irréversible nécessitera une intensité de courant moins élevée que la normale pour être stimulée ; tandis qu'une dent nécrosée ou en voie de dégénérescence nécessitera au contraire une intensité plus importante pour être stimulée. Une réponse positive prouve que les fibres de type  $\alpha$  sont fonctionnelles (21)

**Tableau 1 : Fiabilité de différents tests clinique en pourcentage.**

Tests	Sensibilité	Spécificité
Froid	83%	93%
Chaud	86%	48%
Électrique	72%	88%

Source: Simon, Machtou et Pertot, *Endodontie*, 2012.

## Test de morsure

Il s'effectue à l'aide d'un rouleau de coton interposé entre les deux arcades. Il est intéressant dans le diagnostic d'une fêlure à l'origine d'une souffrance pulpaire.

La douleur au relâchement en est la caractéristique. La douleur au serrement caractériserait plus un problème apical. (19)

## Test de percussion

Il s'effectue en percutant la dent à tester, avec le manche d'un miroir dans le sens vertical et horizontal. Comme pour les autres tests, la dent suspecte n'est jamais testée en premier.

Il permet de détecter une inflammation du ligament dento-alvéolaire : une réponse positive à ce test signifie que les tissus parodontaux souffrent. L'origine peut être d'origine bactérienne (endodontique, parodontale) ou non bactérienne (traumatisme dentaire, interférence occlusale, traitement iatrogène) (22).

## Test de cavitation

Il n'est réalisé qu'une fois les tests précédents effectués, sans anesthésie, en cas de doute sur la vitalité pulpaire d'une dent. (23)

## Examens complémentaires

**La Radiographie** : C'est un élément essentiel mais complémentaire du diagnostic, qui, lui, sera posé en fonction des signes objectifs (tests de sensibilités) mais surtout des signes subjectifs présentés par le patient.

**Le panoramique dentaire** ou cliché de débrouillage est en général préconisé dans le cadre d'un bilan bucco-dentaire, vision des ATM, relations avec les éléments anatomiques...

**Les clichés rétro-alvéolaires** sont utilisés pour visualiser, objectiver, les lésions carieuses profondes, le péri-apex, les obturations éventuelles, l'anatomie radulaire...

**Les clichés bite-wing** sont les clichés de choix pour explorer les lésions carieuses de l'émail et de la dentine, inter proximales et occlusales.

Enfin **le Cone-beam ou Scanner** sont utilisés pour explorer les sinus, la présence éventuelle de kystes, les tables osseuses avant la pose d'un implant...(24)

# 2.5. Capacité de Réparation-Régénération et Thérapeutique pulpaire

## Capacité de défense du complexe pulpo-dentinaire

Tout au long de la vie, le complexe pulpo dentinaire est amené à faire face à des irritants bactériens, physiques ou chimiques.

Face à ces agressions, il possède plusieurs capacités de défenses :

- Une pression intra-pulpaire supérieure à la pression extérieure (6 à 10mmHg). Cette caractéristique de la pulpe permet de limiter l'entrée de bactéries et de toxines par **la diffusion de fluides vers l'extérieur**.
- **La couche odontoblastique** : Elle constitue la deuxième ligne de défense du complexe grâce à la sécrétion de dentine péri-tubulaire en réponse à un stimulus. On observe ainsi une augmentation de couches dentinaires par apposition. Conséquences : Augmentation de la distance à parcourir jusqu'à la pulpe pour l'agent irritant et Diminution de la perméabilité au sein de la dentine.
- **La zone richement vascularisée** située sous la couche odontoblastique responsable de l'élimination par la microcirculation des substances ayant pénétrée via les tubuli dentinaires.

De manière générale, la réponse pulpaire face aux agressions dépendra de l'intensité, de la durée d'exposition, et de l'état préalable du tissu pulpaire. Du moment que le stimulus ne dépasse pas les capacités de guérison de la pulpe, une réparation est possible (25). La particularité anatomique du tissu pulpaire est qu'il est contenu dans une cavité close, inextensible. De plus sa vascularisation est de type terminal ; les vaisseaux sortent et entrent du canal radiculaire par des foramens étroits.

Ce sont ces deux particularités qui font dire aux auteurs que, malgré ses moyens de défenses, le tissu pulpaire reste un tissu fragile.

## **Réponse pulpaire face aux lésions carieuses**

### **Généralités sur la carie dentaire**

Dans le monde, la carie dentaire est l'une des pathologies les plus répandues. En effet, la prévalence des caries est très élevée parmi les populations de niveau socio-économique défavorisé alors qu'elle tend légèrement à diminuer dans les pays industrialisés, au cours des vingt dernières années. (26) C'est une maladie infectieuse et multifactorielle caractérisée par une destruction des tissus durs de la dent.

Cette affection est due à l'activité des bactéries cariogènes de la plaque dentaire qui vont produire des acides organiques capables de dissoudre les différents constituants de l'organe dentaire. (26)

La maladie carieuse débute par l'atteinte de l'émail (ou du cément) et progresse vers la dentine. On observe tout d'abord une destruction des cristaux d'apatite puis de substance inter-cristalline : c'est le début de la déminéralisation. Cette dernière entraîne ainsi une augmentation de la porosité de l'émail et une donc une progression plus aisée des bactéries vers le cœur de la dent.

Néanmoins, il est admis que tant que l'émail recouvre la dentine, il n'y a pas d'invasion par les bactéries des canalicules dentinaires (27). Ce n'est que lorsque la jonction amélo-dentinaire est atteinte, que l'émail déminéralisé n'est alors plus soutenu et donc finit par s'effondrer : il se forme alors une cavité carieuse exposant la dentine. Et progressivement, les bactéries, précédées de leurs toxines vont envahir les tubuli dentinaires. Leur progression par voie canaliculaire, en profondeur, induira une réaction inflammatoire de la pulpe.

### **Mécanismes de défense du complexe pulpo-dentinaire face à la carie**

Dès les stades initiaux des lésions carieuses, les réactions de l'organe pulpo-dentinaire se produisent et s'intensifient aux stades avancés (25).

Ces réactions varient en fonction de différents paramètres : de l'état initial de la pulpe, de l'âge de l'individu, de la durée d'exposition, de la profondeur de l'invasion bactérienne, de la perméabilité de la dentine et la vitesse de progression de la carie (26). De manière générale, lors d'un processus carieux, la déminéralisation de la dentine s'accompagne de libération de facteurs de croissance de la famille de TGF- $\beta$  notamment. Et ce sont ces facteurs ainsi libérés, qui pourraient, en cheminant via les tubuli dentinaire vers la pulpe, stimuler les odontoblastes et donc indirectement favoriser la sécrétion de dentine tertiaire (5). On entend par « dentine tertiaire », la dentine réactionnelle et la dentine réparatrice.

Ainsi, si la carie progresse lentement, les odontoblastes primaires synthétisent en réponse, de la dentine dite « réactionnelle » pour protéger le parenchyme pulpaire.

En revanche, si la carie progresse très rapidement, les odontoblastes primaires sont détruits, donc la dentine dite « réactionnelle » n'est plus sécrétée. Et ce sont les cellules souches pulpaires qui prennent le relais de l'immunité avec une différenciation en néo-odontoblastes ou odontoblastes secondaires.

Ces odontoblastes secondaires sécréteront une dernière couche protectrice appelée « dentine réparatrice ». Cependant cette synthèse se produit tardivement et de façon lente (26).

Au niveau de la symptomatologie, l'inflammation pulpaire tend à devenir aigue lorsque les bactéries atteignent la couche de dentine réactionnelle. On observe alors une prolifération des polynucléaires et une congestion des vaisseaux. Plus le nombre de bactéries est important, plus les mécanismes de défenses risquent d'être débordés. En effet, en raison de la vascularisation terminale limitée et en vase clos, la pulpe ne peut plus apporter un nombre suffisant d'éléments anti-inflammatoires et l'effet d'une « cocotte-minute » se produit : c'est la pulpite irréversible. Si aucune thérapeutique n'est mise en place, les bactéries prolifèrent et progressent vers le péri-apex, les capacités de défenses sont dépassées : c'est la nécrose pulpaire.(27)

## Thérapeutique pulpaire et traitements actuels

Le diagnostic de la pathologie pulpaire se pose sur des signes subjectifs (symptômes décrits par le patient), des signes objectifs (issus des données de l'examen clinique et des tests effectués), ainsi que sur des examens radiographiques.

Actuellement, on dispose de différentes thérapeutiques pulpaires en fonction de la situation.

**Le traitement endodontique conventionnel par voie orthograde** est indiqué dans les cas suivants :

- Pulpite irréversible
- Pulpe nécrosée avec ou sans signes cliniques et/ou radiographiques de parodontite apicale aigue/chronique.
- Pulpe vitale mais avec un pronostic défavorable pour la vitalité pulpaire, une probabilité importante d'exposition pulpaire au cours de la restauration n'autorisant pas le coiffage direct ou la pulpotomie camérale.

**Le coiffage pulpaire** : Le Collège National des Enseignants en Odontologie Conservatrice (CNEOC) le définit comme un traitement consistant à « *recouvrir les tissus dentino-pulpaire par un biomatériau placé au contact d'une plaie pulpaire (coiffage direct) ou de la dentine (coiffage indirecte) dans le but d'obtenir une cicatrisation pulpo-dentinaire et/ou l'oblitération de la pulpe exposée par un pont dentinaire néoformé* ».

**La pulpotomie partielle** : C'est l'ablation d'une corne pulpaire dans le cas où elle serait trop inflammée, réalisée immédiatement après un traumatisme, par exemple sur une incisive permanente en cours de maturation chez un enfant de 8 ans ayant fait une chute.

**La pulpotomie camérale** comme traitement définitif (voir plus loin).

**Le traitement endodontique par voie rétrograde** : Chirurgie d'une lésion péri-apicale par voie apicale car échec du traitement orthograde classique nécessitant un cone-beam.

**L'amputation radiculaire ou hémisection** : En dernier recours, c'est l'ablation d'une racine généralement pour traiter les lésions inter-radiculaires suite à un échec du traitement endodontique. Avec les années, l'apparition de techniques de préservation de la vitalité pulpaire tend à réduire les indications du traitement canalaire (30).

# III. PARTIE 2 : La Pulpotomie camérale comme traitement définitif

## 3.1. Définition

**La Pulpotomie Camérale**, encore appelée vulgairement pulpotomie, est l'éviction du tissu pulpaire contenu dans la chambre pulpaire (encore appelée pulpe coronaire) des dents pluriradiculées jusqu'aux entrées canalaire, qui, elles, sont laissées intactes, par le chirurgien-dentiste. La pulpe contenue dans les canaux des racines ou pulpe radiculaire sera quant à elle coiffée par un matériau de coiffage spécifique.

La pulpotomie camérale est à différencier du **coiffage pulpaire direct** au cours duquel le tissu pulpaire coronaire est préservé ainsi que de la **pulpotomie partielle** où seule une corne pulpaire de la chambre est réséquée.

Souvent utilisée comme traitement définitif sur dents temporaires en cas de symptomatologie, ou encore comme traitement temporaire d'inter-séance avant un traitement canalaire, la pulpotomie camérale se voit de plus en plus proposée comme un traitement définitif comme l'atteste de nombreuses études publiées (31-34)

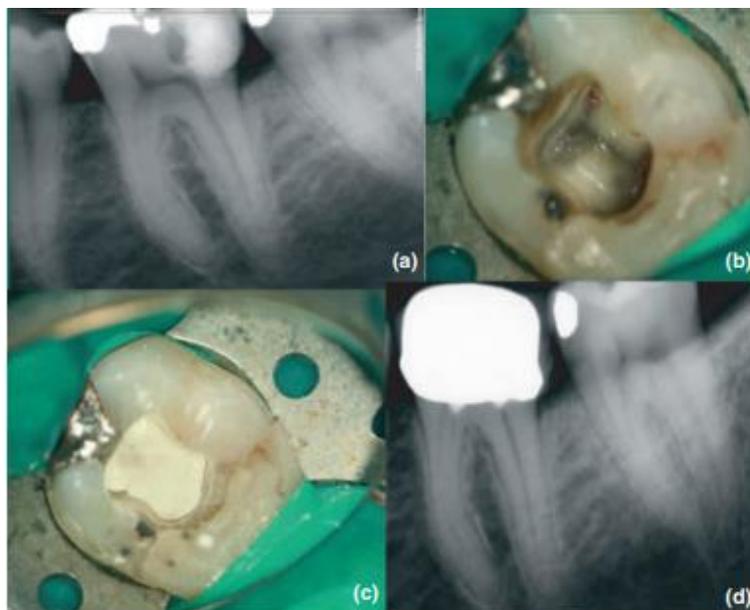


Figure 7 - a) Cliché Retro alvéolaire d'une lésion carieuse profonde sur 36 (patient initialement adressé pour traitement endodontique). b) Eviction de la pulpe camérale et mis en place du champ opératoire. c) Coiffage avec biomatériau à base de calcium (MTA)

## 3.2. Intérêt

Communément les thérapeutiques de préservation de la vitalité pulpaire (pulpotomie camérale, pulpotomie partielle et coiffage pulpaire direct) étaient réservées à des situations clinique très spécifiques avec une pulpe vitale sans symptomatologie irréversible. Ces situations sont généralement liées aux expositions pulpaires iatrogènes ou consécutives à un traumatisme (35,36).

Néanmoins, un problème majeur se pose ; comment connaitre l'état inflammatoire exact du tissu pulpaire ? Les tests de vitalités, énoncés précédemment, ne donne qu'une réponse positive ou négative sans indication précise sur la santé pulpaire (37,38). De plus, nous savons que les signes cliniques et les caractéristiques de la douleur ne reflètent pas l'état histologique de la pulpe (39) : ils ne sont qu'une aide au diagnostic.

Cependant, des études récentes attestent de la réussite des traitements par pulpotomie sur des dents présentant des pulpites irréversibles (40-43). D'après ces études, une inflammation, lorsqu'elle est limitée, doit être considérée comme le point de départ des processus de réparation-régénération. Le retrait du tissu pulpaire inflammatoire constitue alors une étape importante pour permettre la guérison pulpaire (44). C'est donc, sur une sélection rigoureuse de cas, et sur le suivi d'un protocole strict, que sont basées les clés du succès des thérapeutiques de conservation pulpaire.

## 3.3. Indication et contre-indications

L'indication de la pulpotomie camérale est réservée aux dents présentant une pulpe encore vitale et présentant une symptomatologie pulpaire irréversible. Pour garantir la pérennité du traitement, l'inflammation pulpaire doit tout de même rester modérée et cantonnée à la pulpe camérale. À la différence du traitement d'urgence, une fois l'éviction de la pulpe camérale réalisé, un matériau biocompatible définitif va être placé dans la chambre pulpaire au contact de la pulpe radiculaire.

La réalisation d'une pulpotomie camérale définitive nécessite, comme toutes thérapeutiques, une étape de sélection des cas en préopératoire basée sur un examen clinique et complémentaire rigoureux.

Cependant, du fait de l'incapacité à évaluer objectivement l'état d'inflammation pulpaire en préopératoire, il est nécessaire de réévaluer chaque situation clinique en peropératoire afin d'exclure les situations où la pulpaire est trop atteinte.

## Analyse clinique et radiologique per-opératoire

### Diagnostic de pulpite irréversible posé (45)

Pour décider d'une pulpotomie camérale comme traitement définitif, il est impératif que le diagnostic clinique d'une pulpite irréversible soit posé. Nous devons alors trouver les signes cliniques suivant : douleur rémanente au froid, absence de douleur à la percussion et à la palpation vestibulaire/linguale/palatine, absence de fistule et de sondage ponctuel le long du sulcus.

Radiologiquement il faut avoir une atteinte carieuse mettant en jeu la pulpe, mais n'ayant aucun retentissement au niveau de l'apex ni au niveau péri-apical (pas d'élargissement du desmodonte ni d'abcès péri-apical).

### **Le délai d'intervention (46)**

Il est nécessaire de traiter la dent causale dans les 24 heures afin de réduire les risques de douleur et de prévenir la nécrose et l'infection de la pulpe.

En cas de traumatisme la littérature actuelle suggère qu'un délai pouvant aller jusqu'à 9 jours entre le moment du traumatisme et le traitement assurerait un résultat positif des pulpotomies. Plus le temps passé entre l'exposition et le traitement est important plus le pourcentage d'échec de la pulpotomie augmente.

### **Apex ouvert (dent jeune) (47)**

Une pulpotomie camérale aura un meilleur pronostic sur une dent jeune à apex ouvert que pour une dent à apex fermé. Cependant, les études réalisées à ce jour ne permettent pas de contre-indiquer la pulpotomie chez des sujets âgés ou des dents à apex fermé.

Une fois ces critères d'inclusion préopératoire remplis, le traitement pourra être initié. Il faut cependant tenir compte de plusieurs critères per-opératoires afin de valider le choix thérapeutique et garantir un bon pronostic.

## **Critères per-opératoire à satisfaire pour un bon pronostic**

Le degré d'inflammation du tissu pulpaire est un facteur déterminant pour le succès d'une pulpotomie. Cependant, de par sa difficulté d'appréciation a priori, l'opérateur doit prendre une décision clinique en per-opératoire concernant le traitement d'une dent en fonction des critères suivants (48):

- L'aspect pulpaire : la pulpe ne doit être **ni gélatineuse** signe d'une dégénérescence pulpaire, **ni trop liquide**, signe d'une inflammation.
- La couleur de la pulpe : elle doit être **rouge clair ou rosée** et non bleue/grisâtre signe d'un phénomène de dégénérescence, d'hypoxie, ni rouge foncé signe d'une inflammation.
- L'obtention de **l'hémostase en quelques minutes**. Nous pouvons faire le parallèle dans les cas de trauma avec exposition pulpaire, c'est l'obtention de l'hémostase qui va guider la profondeur de la pulpotomie partielle, traduisant de manière subjective l'inflammation des tissus pulpaire.

Si l'hémostase est obtenue rapidement (environ 5 minutes) après la pulpotomie camérale, en appliquant un coton imbibé de NaOCl (2.5%), la réalisation d'une pulpotomie comme traitement d'usage est envisageable.

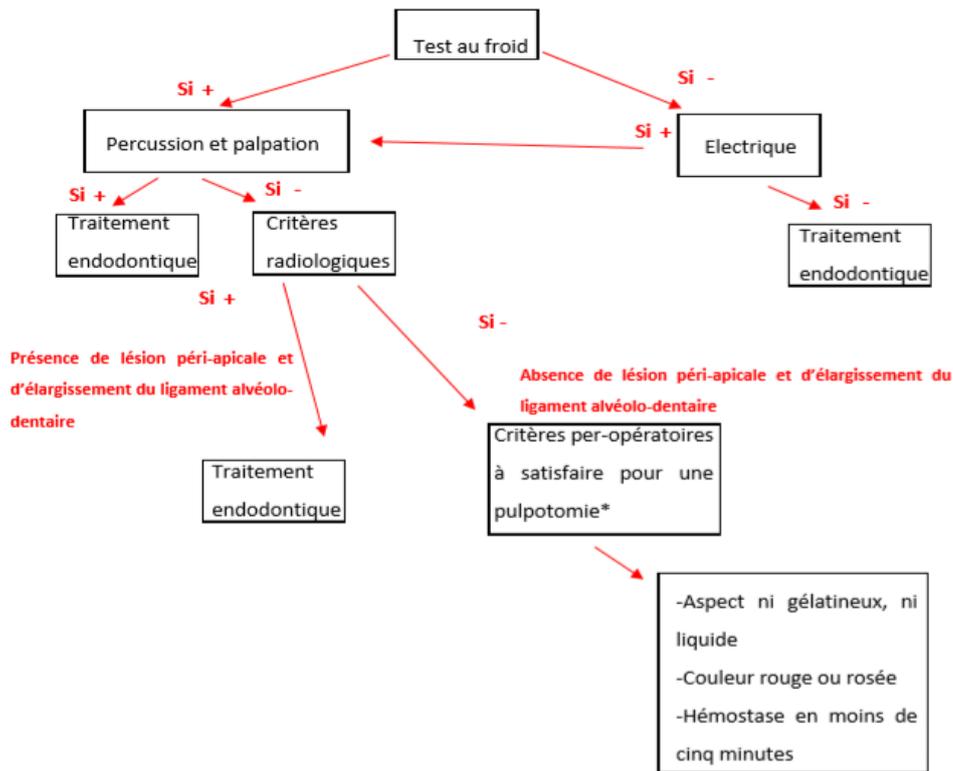


Figure 8 - Arbre décisionnel de réalisation de pulpotomie comme traitement définitif (49) : Il suffit qu'un des critères per-opérateurs ne soit pas respecté pour contre-indiquer une pulpotomie camérale

Le matériau de coiffage doit être nécessairement à base de silicate de calcium. Enfin, le résultat d'une pulpotomie camérale peut être compromis par une lésion parodontale consécutive à une luxation de la dent. Cela pourrait entraîner une diminution de l'irrigation sanguine et altérer le processus de cicatrisation.

### 3.4. Biomatériaux

Jusqu'aux dernières décennies, l'Hydroxyde de Calcium était considéré comme le biomatériau « Gold Standard » dans les thérapeutiques de conservation pulpaire. Aujourd'hui, la mise sur le marché de nouveaux biomatériaux offre au praticien un choix plus large. Néanmoins, l'Hydroxyde de Calcium reste la médication la plus utilisée dans le monde en odontologie (50).

Un biomatériau de coiffage pulpaire idéal devrait posséder les caractéristiques suivantes :

- Action antibactérienne
- Action anti-inflammatoire
- Biocompatible avec le complexe pulpo-dentinaire
- Doit induire la dentinogénèse : formation de dentine tertiaire
- Être radio-opaque
- Propriétés mécaniques (élasticité, résistance à la pression.) similaires à celles de la dentine
- Être parfaitement étanche et donc bien adhérer aux surfaces
- Compatible avec matériau de restauration coronaire
- Facile à manipuler
- Action antihémorragique
- N'induit pas de coloration de dent

Aucun matériau actuel ne regroupe toutes ces propriétés.

Nous décrirons dans cette partie les trois types de biomatériaux sur le marché qui possèdent une grande partie de ces propriétés et qui peuvent être des candidats potentiel comme matériaux de coiffage : l'Hydroxyde de Calcium, le Minéral Trioxyde Aggregate (MTA), et la Biodentine.

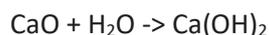
Nous effectuerons par la suite une synthèse comparative de ces trois types de biomatériaux.

## L'Hydroxyde de Calcium $\text{Ca(OH)}_2$

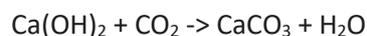
L'Hydroxyde de Calcium, aussi appelé chaux éteinte ou chaux hydratée, est une fine poudre blanche de formule chimique  $\text{Ca(OH)}_2$ .

### Composition

L'hydroxyde de Calcium est le résultat du mélange de chaux vive ( $\text{CaO}$ ) et d'eau :



Le  $\text{Ca(OH)}_2$  est un produit très instable. C'est pourquoi au contact du gaz carbonique ambiant, il se transformerait systématiquement en carbonate de calcium inactif  $\text{CaCO}_3$  selon la réaction suivante :



C'est en raison de cette instabilité, qu'il doit être absolument conservé dans un récipient étanche et opaque à la lumière.

L'Hydroxyde de Calcium existe sous plusieurs formes galéniques mais, est utilisé le plus souvent sous forme de poudre blanche, sèche, mélangée à de l'eau distillée (ou du sérum physiologique) et de la résine donnant lieu à un silicate de calcium résineux.

Il est conditionné la plupart du temps sous forme liquide dans des seringues (comme le « Dycal » de Dentsply ou le « Calcimol » de Voco).

## Propriétés (51-54)

C'est surtout pour ces propriétés biologiques que l'hydroxyde calcium est fréquemment utilisé :

- Il favorise la synthèse de dentine réactionnelle et de dentine réparatrice
- Il protège la pulpe des stimuli thermiques
- Il possède une action antibactérienne et antiseptique par son pH alcalin .
- Il diminue les réactions inflammatoires dans la pulpe et au niveau du péri-apex
- Il dispose des propriétés hémostatiques grâce au calcium qui favorise la coagulation sanguine. En effet les ions  $Ca^{2+}$  sont responsables de la contraction des capillaires sanguins, les rendant moins perméables.
- Il stoppe la résorption radiculaire externe et accélère la guérison grâce à sa diffusion à travers les tubuli dentinaires et peut donc communiquer aisément avec le ligament parodontal (54).

C'est en 1920 qu'Hermann a présenté dans la dentisterie la première forme d'hydroxyde de calcium pour ses capacités de réparation pulpaire et sa capacité d'induire la formation d'une barrière minéralisée recouvrant une surface exposée (55).

## Indications

Le  $Ca(OH)_2$  était indiqué dans plusieurs traitements :

- Le coiffage direct et indirect
- La pulpotomie camérale

Mais ce n'est plus actuellement le « gold standard ». En revanche il est toujours indiqué pour :

- L'apexogénèse et l'apexification
- Résorptions radiculaires, perforations iatrogènes
- Médication en interséance

L'Hydroxyde de Calcium présente néanmoins quelques inconvénients (56) :

- Absence de propriétés adhésives propres
- Faible étanchéité
- Non radio-opaque
- Matériau résorbable (dissolution dans le temps)
- Faible résistance à la compression
- Dégradation par le mordantage acide
- Nécessite de multiples applications pour obtenir un effet favorable

Même si le  $CaOH_2$  a longtemps été considéré comme le « Gold standard » des biomatériaux pour préserver la vitalité pulpaire, les inconvénients cités précédemment ont conduit à développer de nouveaux biomatériaux.



Figure 9 - Radiographies rétro-alvéolaire d'une pulpotomie au Ca(OH)<sub>2</sub>. a) Radiographie préopératoire : lésion carieuse profonde sur 37 b) Radiographie post-opératoire : Mise en place du Ca(OH)<sub>2</sub> c) Radiographie à 1 mois : Ebauche d'un pont dentaire visible d) Radiographie à 1 an : Pont de dentine bien visible (57)

## Le Mineral Trioxide Aggregate (MTA)

Le Mineral trioxide Aggregate (MTA) a été mis au point dans les années 1990 par Torabinejad et son équipe, et a fait l'objet de nombreuses publications (58-63).

### Composition

Les principaux composants du MTA sont :

- Le Ciment de Portland (75%)
- L'Oxyde de Bismuth (20%)
- Le Gypse (5%)

Dans la littérature, trois spécialités ont été principalement étudiées : Le ProRoot® MTA de Dentsply™, le MTA d'Angelus™ et enfin le MM-MTA® de chez MicroMéga™.

### Propriétés (58-63)

- Activité antibactérienne grâce à son pH élevé. Néanmoins, cet effet anti-bactérien serait inférieur à celui de l'hydroxyde de calcium
- Activité anti-inflammatoire démontrée par Silva et Coll. en 2008 avec leur expérience In Vivo sur la pulpe des souris .
- Excellentes propriétés d'étanchéité et de scellement grâce à sa nature hydrophobe qui lui confère une prise lente et sans contraction en milieu humide.
- Biocompatible (très faible cytotoxicité) démontré par Torabinejad et son équipe en 1995
- Radio-opacité conférée par l'oxyde de bismuth
- Résiste à la compression.