



HAL
open science

Préservation de la vitalité pulpaire, quelle approche adopter ?

Paul Engelvin

► **To cite this version:**

Paul Engelvin. Préservation de la vitalité pulpaire, quelle approche adopter?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03542225

HAL Id: dumas-03542225

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03542225v1>

Submitted on 25 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.



Université
de Paris

UNIVERSITÉ DE PARIS
FACULTÉ DE SANTÉ
UFR D'ODONTOLOGIE - MONTROUGE

Année 2021

N° M009

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE
Présentée et soutenue publiquement le : 18 février 2021

Par

Paul ENGELVIN

Préservation de la vitalité pulpaire, quelle approche adopter ?

Dirigée par Mme le Docteur Fleur Beres

JURY

Mme le Professeur Tchilalo Boukpepsi

Président

Mme le Docteur Fleur Beres

Assesseur

Mme le Docteur Marjorie Zanini

Assesseur

M. le Docteur Philippe François

Assesseur



Remerciements

À Mme le Professeur Tchilalo Boukpeji ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Docteur de l'Université Paris Descartes ; Habilitée à Diriger des Recherches ; Professeur des Universités, UFR d'Odontologie – Montrouge ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris.

Qui me faites l'honneur de présider le jury de ma soutenance de thèse d'exercice. Je vous remercie pour votre encadrement et votre engagement au sein du master. C'est un plaisir de pouvoir travailler avec vous. Veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect.

À Mme le Docteur Fleur Beres ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Docteur de l'Université Paris Descartes ; Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie - Montrouge ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris.

Qui me faites l'honneur de diriger cette thèse. Ce fut un plaisir de collaborer avec vous sur ce sujet. Merci pour votre disponibilité durant ce travail mais aussi pour votre gentillesse durant toutes ces années à l'hôpital. Votre encadrement, toujours dans la bonne humeur durant mon externat et maintenant au DU, m'a permis de progresser tout au long de ces années. Veuillez trouver ici l'expression de ma plus grande gratitude.

À Mme le Docteur Marjorie Zanini ; Docteur en Chirurgie Dentaire ; Docteur de l'Université Paris Diderot ; Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie – Garancière ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris.

Qui me faites l'honneur d'accepter de siéger dans ce jury. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de mon profond respect et de mes sincères remerciements.

À M. le Docteur Philippe François ; Docteur en Chirurgie Dentaire ; Assistant Hospitalo-Universitaire, UFR d'Odontologie – Montrouge.

Qui me fait l'honneur de participer à ce jury de thèse. Merci pour toutes ces années à l'hôpital passées à tes côtés. Ton engagement et tes connaissances sont un exemple pour moi. Ce fut un immense plaisir d'être ton attaché l'année dernière. Trouve ici l'expression de ma plus sincère reconnaissance.

Résumé et indexation en français et anglais

Résumé :

Aujourd'hui, la maladie carieuse est encore une des pathologies les plus répandues dans notre société. Dans un certain nombre de cas, en fonction de la profondeur de la carie, elle est traitée par une pulpectomie qui entraîne la perte de la vitalité pulpaire. Ce traitement aboutit à une perte de chance pour la dent qui n'a alors plus de potentiel de défense et de régénération face aux agressions qu'elle peut encore subir. Dans une démarche d'amélioration de notre pratique, il est donc légitime de rechercher de nouvelles alternatives, moins invasives, afin de préserver les capacités biologiques de l'organe dentaire le plus longtemps possible. Ainsi, dans cette thèse nous ferons le point sur les moyens actuels que nous avons à notre disposition afin de préserver la vitalité pulpaire de la dent permanente. En effet, grâce à l'amélioration de nos connaissances sur le mécanisme de défense du complexe pulpo-dentinaire ainsi que le développement de nouveaux matériaux biocompatibles, nous allons pouvoir mettre en place des moyens afin de préserver la vitalité de la dent mature malgré l'agression carieuse profonde. Ces thérapeutiques de préservation pulpaire (coiffage direct, pulpotomie partielle ou cervicale) sont déjà employées mais de manière trop restreintes. Dans le but de faciliter la prise de décision et de rendre ces thérapeutiques plus courantes au cabinet dentaire, nous allons voir comment mettre en place, de manière fiable et répétitive, une démarche diagnostique et thérapeutique vis-à-vis d'une inflammation pulpaire.

Discipline ou spécialité :

Endodontie

Mots clés français (fMeSH et Rameau) :

fMeSH : Pulpotomie ; Coiffage pulpaire

Rameau : Endodontie ; Pulpopathies

Forme ou Genre :

fMeSH : Dissertation universitaire

Rameau : Thèses et écrits académiques

Abstract :

Today, caries diseases is still one of the most common pathologies in our society. In a number of cases, depending on the depth of the caries, it is treated by pulpectomy which results in the loss of pulp vitality. This treatment results in a loss of luck for the tooth, which then no longer has any potential for defense ans regeneration in the face of attacks that it may still suffer. In a move to improve our practice, it is therefore legitimate to seek new alternatives, less invasive, to preserve the biological capacity of the dental organ as long as possible. Thus, in this thesis, we will review the current means we have at our disposal to preserve pulp vitality of the permanent tooth. Indeed, thanks to improving our knowledge of the pulpo-dentinal complex defense mechanism and the development of new biocompatible materials, we can develop ways to preserve the vitality of the mature tooth despite depp carious assault. These pulp preservation therapies (direct capping, partial or cervical pulpotomy) are already used but in too limited manner. In order to facilitate decision-making and make these treatments more common in the dental office, we will see how to set up, in a reliable and repetitive manner, a diagnostic and therapeutic approach to pulpal inflammation.

Branches or specialty :

Endodontics

English keywords (MeSH) :

Pulpotomy ; Dental Pulp Capping

Publication type (MeSH) :

Academic Dissertation

Liste des abréviations

- PAMPs : Pathogen Associated Molecular Patterns
- TLR : Toll Like Receptor
- MTA : Mineral Trioxyde Agregate
- EVA : Echelle Visuelle Analogique

Table des matières

INTRODUCTION	3
1 : LE COMPLEXE PULPO-DENTINAIRE	4
1.1 HISTO-PHYSIOLOGIE DU COMPLEXE PULPO-DENTINAIRE	4
1.1.1 <i>La pulpe</i>	4
1.1.2 <i>Les dentines</i>	5
1.2 REACTION DU COMPLEXE PULPO-DENTINAIRE FACE AUX AGRESSIONS CARIEUSES	8
1.2.1 <i>Réaction inflammatoire</i>	8
1.2.2 <i>Réaction immunitaire</i>	9
1.3 REACTION DU COMPLEXE PULPO-DENTINAIRE FACE AUX BIOMATERIAUX	11
1.3.1 <i>Cahier des charges des biomatériaux</i>	11
1.3.2 <i>Les biomatériaux</i>	11
2 : DEMARCHE DIAGNOSTIQUE ET ARBRE DECISIONNEL	16
2.1 METHODES DIAGNOSTIQUES	16
2.1.1 <i>Entretien clinique</i>	16
2.1.2 <i>Examen clinique</i>	16
2.1.3 <i>Examen radiologique</i>	20
2.2 ACTUELLE TERMINOLOGIE DE DIAGNOSTIC PULPAIRE	20
2.2.1 <i>Pulpite réversible</i>	20
2.2.2 <i>Pulpite irréversible</i>	21
2.3 CORRELATION ENTRE DIAGNOSTIC CLINIQUE ET HISTOLOGIQUE	21
2.4 NOUVELLE TERMINOLOGIE DE DIAGNOSTIC PULPAIRE	25
2.4.1 <i>Pulpite initiale</i>	25
2.4.2 <i>Pulpite légère</i>	26
2.4.3 <i>Pulpite modérée</i>	26
2.4.4 <i>Pulpite sévère</i>	26
3 : LES DIFFERENTES THERAPEUTIQUES	29
3.1 COIFFAGE DIRECT	29
3.1.1 <i>Définition</i>	29
3.1.2 <i>Indications</i>	29
3.1.3 <i>Contre-indications</i>	30
3.1.4 <i>Mise en œuvre</i>	30
3.1.5 <i>Résultats et pronostics</i>	32

3.2 PULPOTOMIE PARTIELLE	32
3.2.1 Définition	32
3.2.2 Indications	33
3.2.3 Contre-indications	33
3.2.4 Mise en œuvre	34
3.2.5 Résultats et pronostics	35
3.3 PULPOTOMIE COMPLETE.....	36
3.3.1 Définition	36
3.3.2 Indications	36
3.3.3 Contre-indications	36
3.3.4 Mise en œuvre	37
3.3.5 Résultats et pronostics	38
3.4 SYNTHÈSE.....	40
3.4.1 Pronostic.....	40
3.4.2. Facteurs influençant le succès	41
3.4.3 Suivi	43
CONCLUSION	44
BIBLIOGRAPHIE	45
TABLE DES FIGURES.....	49
TABLE DES TABLEAUX.....	50

Introduction

La carie dentaire est une pathologie chronique très largement répandue à travers le monde. Dans des situations plus avancées, où le phénomène carieux s'étend à proximité pulpaire, la pulpectomie apparaît alors comme l'unique solution thérapeutique. La perte de la vitalité pulpaire suite à ce traitement entraîne des modifications d'un point de vue mécanique et biologique.

En effet, une dent dévitalisée a un risque de fracture plus important qu'une dent non dévitalisée du fait du seuil de proprioception plus élevé face aux forces qu'elle subit.¹ De plus la perte du tissu pulpaire élimine toutes les propriétés immunitaires de la dent ne pouvant plus se défendre face aux autres agressions qu'elle peut encore subir.

Face à cette situation, nous pouvons alors nous demander quelle stratégie adopter afin de tenter de conserver la vitalité pulpaire.

L'une des clefs principales de ce défi est d'établir un diagnostic pulpaire fiable afin de réaliser la thérapeutique la mieux adaptée à la situation clinique.

Pour cela nous ferons le point dans un premier temps sur le mécanisme biologique du complexe pulpo-dentinaire afin de comprendre son rôle face à la maladie carieuse. Puis nous présenterons les différents biomatériaux disponibles à ce jour qui permettent de stimuler une réponse pulpaire face à l'agression carieuse.

Dans une deuxième partie, nous présenterons la démarche diagnostique à suivre ainsi que sa corrélation avec le diagnostic pulpaire histologique.

Enfin, nous détaillerons les différentes thérapeutiques à notre disposition afin de maintenir la vitalité pulpaire dans les différentes situations diagnostiquées.

Le but de ce travail est de démontrer qu'une nouvelle méthode de prise en charge est possible face à la présence de caries profondes sur les dents permanentes et de donner les clefs de la démarche diagnostique et thérapeutique à suivre pour maintenir la vitalité pulpaire.

¹ Awawdeh, Hemaïdat, et Al-Omari, « Higher maximal occlusal bite force in endodontically treated teeth versus vital contralateral counterparts ».

1 : Le complexe pulpo-dentinaire

1.1 Histo-physiologie du complexe pulpo-dentinaire

La pulpe, la dentine, l'émail et le cément sont les quatre tissus constituant la dent.

La dentine et la pulpe ont une origine mésenchymateuse commune. Elles possèdent également des relations anatomiques, fonctionnelles et histologiques, d'où le terme de complexe pulpo-dentinaire.

Ce complexe, est à l'origine de la réponse de l'organisme face à la carie dentaire.

1.1.1 La pulpe

La pulpe est un tissu conjonctif non minéralisé contenant des éléments vasculaires, nerveux et cellulaires assurant la vitalité de la dent. Elle est présente dans la chambre pulpaire au niveau coronaire ainsi que dans le canal radiculaire au niveau de la racine dentaire.

1.1.1.1 Rôles

Les principaux rôles du tissu pulpaire sont la formation des dentines grâce aux cellules odontoblastiques mais aussi grâce aux cellules indifférenciées présentes dans la pulpe. Le réseau nerveux au sein de la pulpe permet également de transmettre les informations sensorielles au système nerveux central. Les cellules impliquées dans la réaction immunitaire et inflammatoire permettent également à la pulpe de remplir son rôle face aux agressions.

1.1.1.2 Structure

Au niveau microscopique, la pulpe dentaire est organisée en quatre couches :

- La zone odontoblastique en périphérie qui contient le corps des odontoblastes dont les prolongements cytoplasmiques se situent dans les tubulis dentinaires. Ces cellules odontoblastiques sont reliées entre elles par des jonctions étanches assurant une communication intercellulaire nécessaire au processus de cicatrisation pulpaire.

- La zone acellulaire de Weil qui est constituée de fibres nerveuses et du plexus capillaire.

- La zone de Höhl qui est riche en cellules avec notamment les fibroblastes, les cellules mésenchymateuses et dentritiques assurant le rôle immunitaire du tissu. On y retrouve également des cellules ayant un potentiel de différenciation odontoblastique afin de répondre à des situations pathologiques.

- La zone centrale contient de nombreuses cellules également impliquées dans la réponse inflammatoire, immunitaire et dans la sécrétion de facteur de croissance jouant un rôle dans la cicatrisation pulpaire.

Toutes ces structures sont comprises dans une matrice extracellulaire riche en collagène de type I mais aussi de type III, IV, V et VI ainsi que des protéines non collagéniques.

1.1.2 Les dentines

La dentine est un tissu conjonctif minéralisé, avasculaire et non innervé. Elle est composée à 70 % d'hydroxyapatite, à 20 % de matière organique et 10 % d'eau. La dentine représente la majeure partie du volume de la dent. Elle est recouverte par l'émail au niveau de la couronne et par le cément au niveau de la racine.

1.1.2.1 Rôles

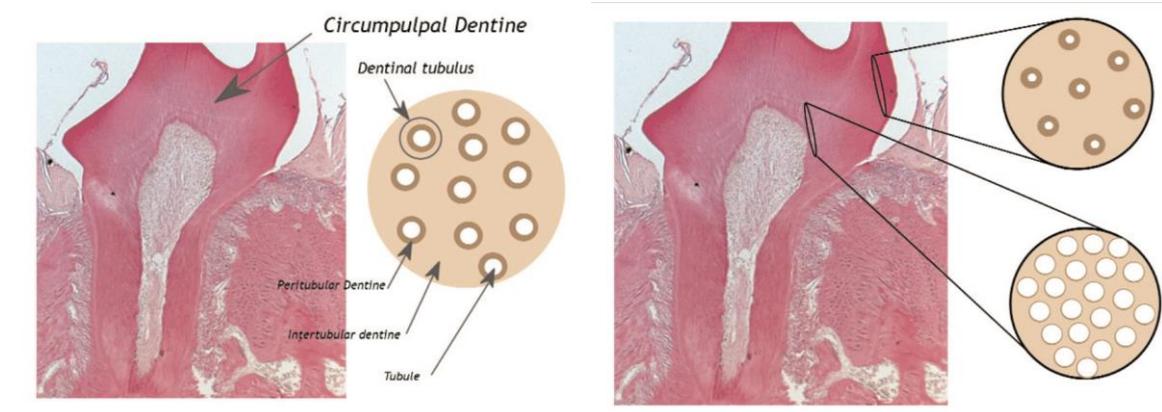
La dentine assure la protection de la pulpe, avec qui elle est étroitement liée. En effet, ces deux tissus communiquent grâce aux canalicules présents dans la dentine qui contiennent les prolongements odontoblastiques et qui se prolongent jusqu'au corps odontoblastiques présents en périphérie de la pulpe. Ce réseau de communication permet l'initiation de la dentinogenèse au moment de la formation de l'organe dentaire mais aussi plus tard face aux agressions carieuses, mais aussi chimiques ou mécaniques. Cette fonction, assure la fabrication de différentes dentines que nous détaillerons plus tard.

1.1.2.2 Structure

La dentine est un tissu perméable, perforé de millions de canalicules qui communiquent avec la pulpe. Anatomiquement on distingue deux types de dentines qui se différencient par leur degré de minéralisation.

En périphérie nous retrouvons le manteau dentinaire qui est moins minéralisé et présente une concentration de canalicules plus faible (cf. figure 1). Plus au centre, nous avons la dentine circumpulpaire qui regroupe la dentine inter-tubulaire et intra-tubulaire. Cette dernière possède la particularité d'être sécrétée tout au long de la vie. Sa sécrétion peut également être accélérée dans certaines situations physiopathologiques aboutissant à la sclérose dentinaire.

Figure 1 : Coupes histologiques schématisant la dentine circumpulpaire



Source : Simon et al., «Understanding pulp biology for routine clinical practice», 2009.

Il existe plusieurs types de dentines selon le développement de l'organe dentaire mais aussi selon la situation physiopathologique.

1.1.2.3 Dentine Primaire

La dentine primaire est formée par les odontoblastes jusqu'à l'éruption de l'organe dentaire dans la cavité buccale.

1.1.2.4 Dentine Secondaire

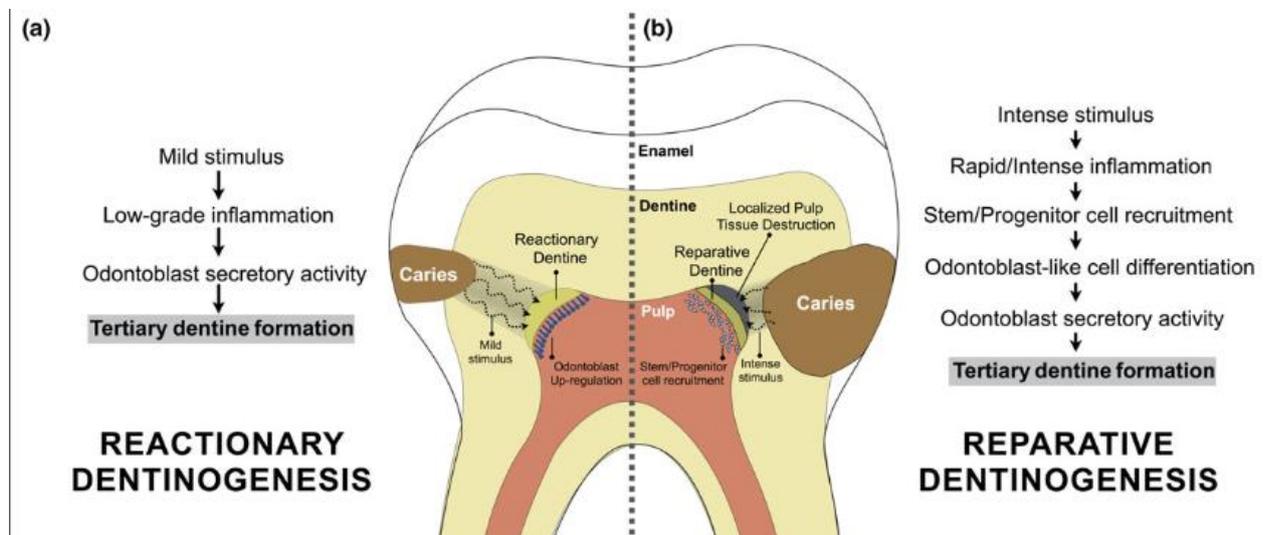
La dentine secondaire est sécrétée à la suite de la dentine primaire une fois que l'édification complète de la dent est terminée. La formation de la dentine secondaire est physiologique et intervient durant toute la vie. L'apposition de cette dentine secondaire se fait au détriment de l'espace pulpaire et est responsable de la diminution du volume de la chambre pulpaire dans le temps.

1.1.2.5 Dentine tertiaire

La formation de dentine tertiaire fait suite à une agression extérieure (abrasion, érosion, carie). Cette agression entraîne une déminéralisation du tissu dentinaire qui s'accompagne d'une libération de molécules initialement présentes dans la matrice dentinaire et qui, une fois libérées, vont permettre de recruter les cellules odontoblastiques nécessaires pour combattre l'agression en sécrétant la dentine tertiaire.

Il existe deux types de dentine tertiaire selon la sévérité et la vitesse de propagation du phénomène carieux.

Figure 2 : Deux types de formation de dentine tertiaire

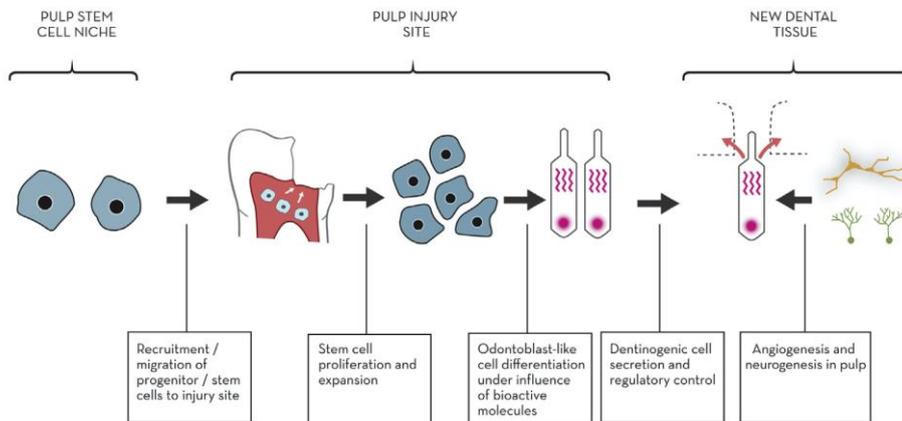


Source : da Rosa, Piva, et da Silva, « Disclosing the physiology of pulp tissue for vital pulp therapy », 2018.

En cas d'agression modérée, la dentine tertiaire est de type réactionnelle. Elle est sécrétée par les odontoblastes qui n'ont pas été détruits par l'agression carieuse. Cette dentine réactionnelle possède une structure proche de la dentine secondaire, de type canaliculaire.

Face à une agression plus importante, la dentine tertiaire est de type réparatrice. Dans cette situation, les odontoblastes initialement présents sont détruits et ne peuvent plus jouer leur rôle comme pour la dentine réactionnelle. Cette destruction, entraîne le recrutement de cellules souches pulpaire qui vont migrer et se différencier en « odontoblastes-like ». Ces derniers vont alors produire la dentine réparatrice qui est dépourvue de canalicules.

Figure 3 : Étapes biologiques associées aux événements de guérison lors de la régénération pulpo-dentinaire



Source : Smith, et al., «Exploiting the bioactive properties of the dentin-pulp complex in regenerative endodontics», 2016.

1.2 Réaction du complexe pulpo-dentinaire face aux agressions carieuses

Suite à une agression carieuse, l'activité microbienne qui en résulte synthétise des acides et des enzymes protéolytiques qui vont détériorer les tissus durs de la dents.² Ceux-ci ne peuvent plus alors remplir leur rôle de protection de la pulpe. Celle-ci se retrouve alors en contact avec des agents pathogènes, entraînant une cascade de réaction que nous allons détailler.

1.2.1 Réaction inflammatoire

La pulpe est un tissu conjonctif richement innervé et vascularisé. Comme tout tissu conjonctif, la pulpe réagit à une agression extérieure par une réaction inflammatoire appelée « pulpite ». Cette pulpite s'accompagne des signes classiques d'une inflammation. À savoir :

- Rougeur : ici représentée par l'augmentation de la perméabilité vasculaire, la diapédèse.
- Chaleur
- Tuméfaction : ici représentée par l'œdème pulpaire

² Komabayashi et Zhu, « Innovative endodontic therapy for anti-inflammatory direct pulp capping of permanent teeth with a mature apex ».

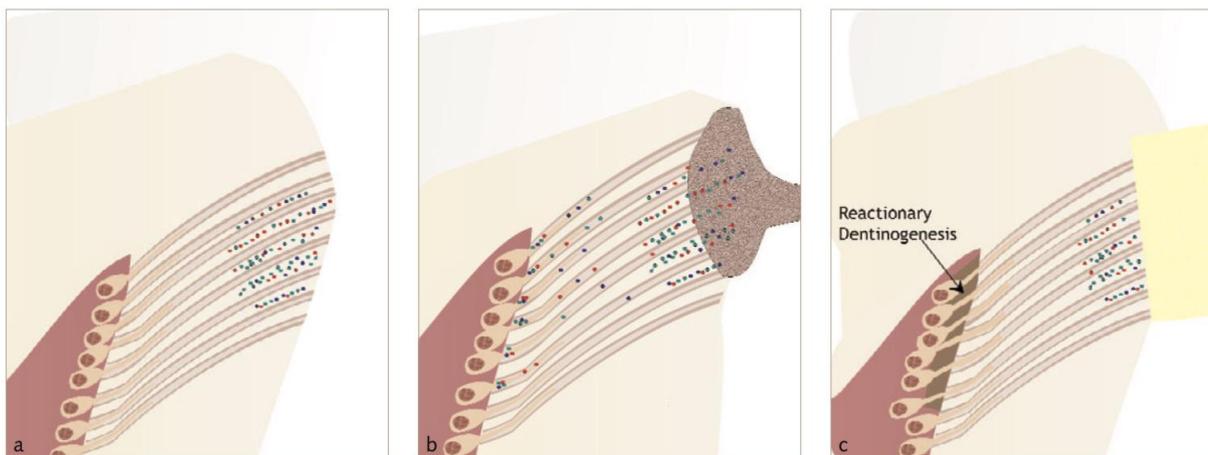
- Douleur : selon la théorie hydrodynamique de Brännström, la réaction inflammatoire entraîne un œdème qui comprime les terminaisons nerveuses à l'origine de la transmission de l'information douloureuse.³

Au niveau cellulaire l'augmentation de la perméabilité vasculaire appelée diapédèse permet d'amener les cellules nécessaires à la réaction inflammatoire directement sur le site infecté afin d'initier la réponse immunitaire.⁴

1.2.2 Réaction immunitaire

Lors du processus carieux, les motifs moléculaires PAMPs (Pathogen Associated Molecular Patterns) présents à la surface des bactéries sont détectés par les odontoblastes ainsi que par les fibroblastes grâce à leurs récepteurs spécifiques Toll Like Receptor (TLR). Cette détection permet d'initier la sécrétion de multiples cytokines et chemokines (TNF- α , IL-1, IL-6, IL-10, Wnt...) qui vont activer plusieurs voies à l'origine de la réponse inflammatoire et de la sécrétion de dentine tertiaire. De plus, la déminéralisation de la matrice dentinaire par les acides d'origine bactérienne, permet de libérer d'autres médiateurs pro-inflammatoires contenus à l'état quiescent dans cette matrice.⁵ Ces molécules libérées vont migrer vers la pulpe via les canalicules afin d'initier la réponse inflammatoire et de stimuler la dentinogenèse tertiaire (cf. figure 4).

Figure 4 : Libération des protéines matricielles lors de la déminéralisation dentinaire



Source : Simon et al., « Understanding pulp biology for routine clinical practice », 2009.

³ Brannstrom, « The hydrodynamic theory of dentinal pain : sensation in preparations, caries, and the dentinal crack syndrome ».

⁴ Lin et al., « Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology ».

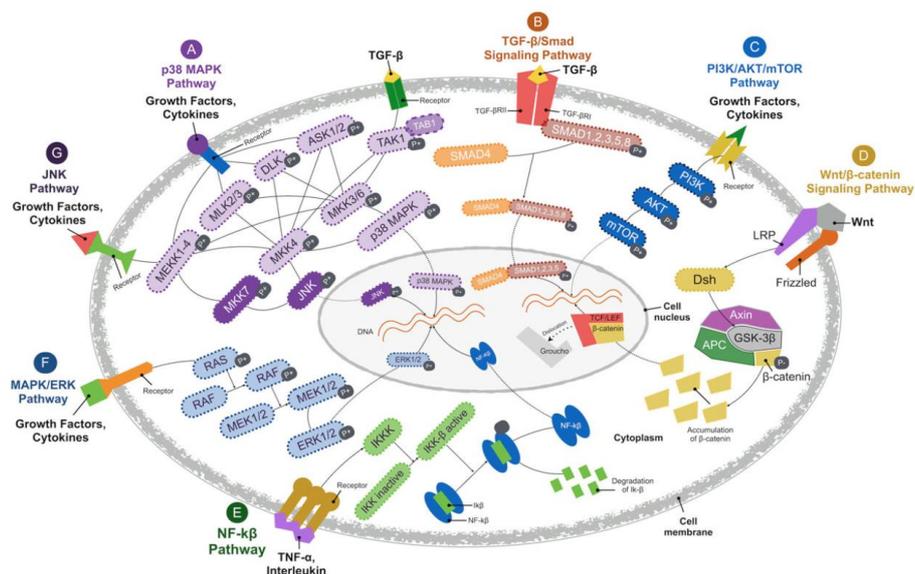
⁵ Cooper et al., « Inflammation-regeneration interplay in the dentine-pulp complex ».

La matrice dentinaire est un réservoir de molécule bioactives qui vont pouvoir être libérées comme nous venons de le voir. Parmi elles nous avons notamment des facteurs de croissance tels que TGF- β 1, BMP, IGF. Il existe également des protéines non collagéniques comme BSP, DSPP et DMP-1 qui vont avoir un rôle dans la minéralisation de la dentine tertiaire.⁶ Toutes ces molécules libérées de la matrice dentinaire ou sécrétées par les cellules de l'immunité vont activer différentes voies (cf. figure 5), qui auront pour but d'initier le recrutement et la différenciation des cellules souches pulpaires en odontoblastes-like puis la sécrétion de dentine tertiaire.

Parmi ces voies nous avons notamment :

- La voie des sérine-thréonines kinases (MAPK, PI3K/AKT/mTOR) qui est activée par des facteurs de croissances et des cytokines. Parmi la famille MAPK (p38 MAPK, JNK, ERK), p38 MAPK a un rôle central dans la régulation de l'activité sécrétoire des odontoblastes (cf. figure 5).⁷
- La voie TGF- β active les protéines SMAD qui sont à l'origine de la prolifération et différenciation cellulaire.
- La voie Wnt / β -catenin est impliquée dans la prolifération et la différenciation odontoblastique des cellules souches pulpaires.
- La voie NF- κ B est activée par les cytokines TNF- α et les interleukines sécrétées notamment par les odontoblastes et le fibroblastes suite à l'activation de leurs récepteurs TLR. Cette voie NF- κ B permet de réguler la réponse inflammatoire.⁸

Figure 5 : Cascade d'évènements moléculaires impliqués dans la dentinogenèse



Source : da Rosa, Piva, et da Silva, « Disclosing the physiology of pulp tissue for vital pulp therapy », 2018.

⁶ da Rosa, Piva, et da Silva, « Disclosing the physiology of pulp tissue for vital pulp therapy ».

⁷ Simon et al., « Dentin-pulp complex regeneration: from lab to clinic ».

⁸ Cooper et al., « Inflammation-regeneration interplay in the dentine-pulp complex ».

Suivant la profondeur de l'atteinte carieuse, la quantité et la nature des cellules recrutées peut varier. Les lymphocytes T et B, les macrophages ou encore les neutrophiles peuvent être recrutés afin de combattre l'infection et d'initier la cicatrisation pulpaire.⁹

Face à une atteinte limitée, l'ensemble de ces phénomènes inflammatoires seront réversibles et vont se réguler afin d'assurer la réparation pulpaire.

Au contraire, si l'atteinte est plus importante et se prolonge, la pulpe peut être en partie ou complètement altérée de manière irréversible de par l'effet toxique des bactéries mais également par la réponse excessive du système immunitaire.¹⁰

1.3 Réaction du complexe pulpo-dentinaire face aux biomatériaux

1.3.1 Cahier des charges des biomatériaux

Grâce à la compréhension du mécanisme de défense pulpaire et du réservoir de molécules bioactives que constitue la matrice dentinaire, des recherches ont été menées afin de développer des matériaux capables de solubiliser ces molécules dans le but de stimuler la formation de dentine tertiaire.

En 2013, Koubi et coll. ont établi le cahier des charges suivant pour les biomatériaux utilisés lors des thérapeutiques pulpaires:

- Biocompatibilité et effet bactériostatique
- Facilité de manipulation et adaptation marginale
- Ne pas induire de coloration dentaire
- Stabilité dimensionnelle et résistance mécanique
- Compatibilité avec les systèmes d'obturation et de restauration coronaire

Parmi les matériaux existants, nous allons nous intéresser plus particulièrement à l'hydroxyde de calcium et aux silicates de calcium.

1.3.2 Les biomatériaux

1.3.2.1 Hydroxyde de Calcium

L'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$, a été le matériaux de choix pour les thérapeutiques pulpaires jusqu'à la fin du XXe siècle. Caractérisé par un pH élevé d'environ 12,5, l'hydroxyde de calcium subit une dissociation ionique qui va entraîner la libération d'ions OH^- et Ca^{2+} .

⁹ da Rosa, Piva, et da Silva, « Disclosing the physiology of pulp tissue for vital pulp therapy ».

¹⁰ Smith et al., « Exploiting the bioactive properties of the dentin-pulp complex in regenerative endodontics ».

Les ions Ca^{2+} ont une action hémostatique, anti-inflammatoire et favoriseront la formation de tissu minéralisé. Les ions OH^- , auront une action antibactérienne.

Lors de sa mise en place comme matériau de coiffage pulpaire direct, l'un des premiers effets de l'hydroxyde de calcium va être d'induire une nécrose superficielle du tissu pulpaire. Cette nécrose superficielle, va engendrer une inflammation localisée qui aura comme effet de stimuler les propriétés de défense et de réparation de la pulpe.¹¹ En effet, le caractère alcalin de l'hydroxyde de calcium induit, au contact du tissu pulpaire, une nécrose par coagulation. Cette nécrose permet par la suite d'initier le phénomène de cicatrisation. Dans un premier temps, le caillot de coagulation va être résorbé puis des fibroblastes vont proliférer dans le but de synthétiser du collagène, indispensable à la matrice dentinaire. Enfin, des cellules mésenchymateuses vont être recrutées pour de se différencier en néo-odontoblastes afin d'initier la formation de la dentine tertiaire.

Cependant, suite à plusieurs études, le pont dentinaire minéralisé formé à la suite d'un coiffage pulpaire à l'hydroxyde de calcium s'est avéré poreux dans près de 89 % des cas.¹² Un autre inconvénient de l'hydroxyde de calcium est sa résorption suite à sa mise en place.¹³ Cette résorption est en partie dû à sa dissociation ionique que nous venons de voir. Cette résorption est à l'origine donc d'une faible adhérence de ce matériau à la dentine et aboutit à une instabilité mécanique entraînant un défaut d'étanchéité qui peut à terme provoquer de nouvelles infiltrations bactériennes amenant à des nécroses. Son pH élevé peut également entraîner des nécroses par liquéfaction qui peuvent causer des calcifications intra-pulpaire.

Figure 6 : Forme commerciale de l'hydroxyde de calcium par Henry Schein



Source : Schein, « Hydroxyde de calcium ».

¹¹ Komabayashi et al., « Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth ».

¹² Cox et al., « Tunnel defects in dentin bridges : their formation following direct pulp capping ».

¹³ Cox et Suzuki, « Re-evaluating pulp protection: calcium hydroxide liners vs. cohesive hybridization ».

1.3.2.2 Silicates de Calcium

Depuis quelques années, de nouveaux matériaux ont été développés afin de pallier aux inconvénients de l'hydroxyde de calcium cités au-dessus. Parmi eux, nous allons nous intéresser plus particulièrement au MTA et à la Biodentine®.

- Le MTA

Le Mineral Trioxyde Aggregate (MTA) a été développé dans les années 1990 et commercialisé à partir de 1998. Il est composé à 75 % de son poids de ciment de Portland, 20 % d'oxyde de bismuth et 5 % de sulfate de calcium dihydrate. Le ciment de Portland est lui-même composé de silicate tricalcique, silicate dicalcique, aluminat tricalcique, aluminoferrite tétracalcique, oxyde de magnésium et de calcium ainsi que de sulfate.

Le temps de travail du MTA est de 5 minutes environ mais son temps de prise est de plusieurs heures. Son pH est proche de celui de l'hydroxyde de calcium ce qui lui confère des propriétés antibactériennes. L'oxyde de bismuth présent dans sa composition lui permet d'être radio-opaque.

Du fait de la présence d'aluminoferrite tétracalcique dans sa composition, le MTA avait au départ un inconvénient esthétique. En effet, ce composé entraîne des dyschromies sur les dents traitées avec le MTA.

Depuis, une nouvelle formule (White MTA) a été développée et commercialisée à partir de 2002 afin de limiter cet effet indésirable de dyschromie en supprimant l'aluminoferrite tétracalcique et en augmentant la quantité de silicate de calcium ce qui permet également de réduire le temps de prise à 15-20 minutes.¹⁴

Figure 7 : Proroot MTA®, forme commerciale par Dentsply



Source : Dentsply, « Proroot MTA ».

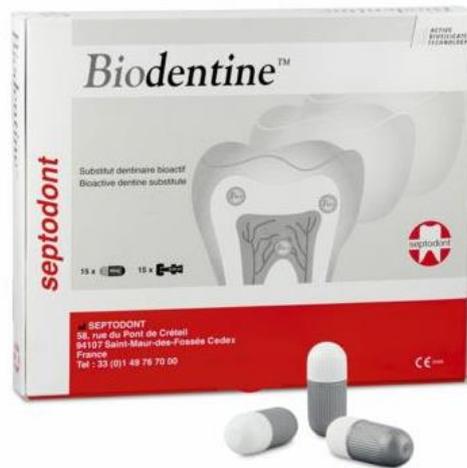
¹⁴ Komabayashi et al., « Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth ».

- La Biodentine®

La Biodentine® est également un ciment composé de silicate tricalcique contenant du carbonate de calcium, de l'oxyde de zirconium et du chlorure de calcium.

La Biodentine® a un temps de travail comparable à celui du MTA (environ 5 minutes) mais un temps de prise largement diminué (12 minutes). Son pH alcalin lui confère des propriétés antibactériennes comme le MTA et l'hydroxyde de calcium. Tout comme le MTA, la Biodentine® est radio-opaque. Cependant, elle n'engendre pas de dyschromies coronaires suite à son utilisation.¹⁵

Figure 8 : Biodentine®, forme commerciale par Septodont



Source : Septodont, « Biodentine™ ».

Les réactions de prise du MTA et de la Biodentine® sont semblables. Elles aboutissent à la formation de silicate de calcium et d'hydroxyde de calcium. Ces produits vont alors réagir avec des ions phosphates afin de former des cristaux d'hydroxyapatites indispensables à la formation de la barrière minéralisée. Il peuvent également induire la libération de facteurs de croissance situés dans la matrice dentinaire qui vont permettre l'activation et la différenciation de cellules souches pulpaire en « odontoblaste-like » à l'origine de la sécrétion de dentine tertiaire.¹⁶

¹⁵ Hegde et al., « Clinical evaluation of mineral trioxide aggregate and biodentine as direct pulp capping agents in carious teeth ».

¹⁶ Lin et al., « Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology ».

Il a été démontré que le MTA possédait de meilleures caractéristiques que l'hydroxyde de calcium notamment sur sa capacité à induire la formation d'un pont minéralisé homogène, épais et étanche. Il induirait également moins de nécrose du tissu pulpaire.¹⁷ La Biodentine® a des caractéristiques proches de celles du MTA tout en ayant une manipulation plus aisée et une résistance à la compression supérieure. Cette résistance à la compression lui permet d'être utilisée comme matériau de restauration temporaire durant 6 mois.¹⁸ Une étude clinique de 2018 évaluant les facteurs affectant le taux de succès du coiffage pulpaire direct par la Biodentine n'a pas mis en évidence de différences significatives entre le fait de mettre en place une restauration définitive dans la même séance ou de garder la Biodentine comme restauration provisoire pendant 2 à 3 mois.¹⁹

Tableau 1 : Tableau comparatif des biomatériaux

	MTA	Biodentine®	Ca(OH) ₂
Temps de travail	5 min	5 min	3-5 min
Temps de prise	Plusieurs heures	12 min	3-5 min
Induction dentinogène	✓	✓	✓
Pont minéralisé induit	Étanche	Étanche	Poreux
pH	12,5	12,5	12,5
Radio-opacité	Proche de la dentine	Élevée	Proche de la dentine
Résistance à la compression (MPa)	40	200	10,5
Action antibactérienne	✓	✓	✓
Action anti-inflammatoire	✓	✓	✓

Source : Auteur, 2021.

¹⁷ Komabayashi et al., « Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth ».

¹⁸ Koubi et al., « Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth — a prospective study ».

¹⁹ Lipski et al., « Factors affecting the outcomes of direct pulp capping using Biodentine ».

2 : Démarche diagnostique et arbre décisionnel

La pose du diagnostic de l'état pulpaire est une étape cruciale et repose sur une méthode qui doit être maîtrisée et que nous allons détailler ici.

La thérapeutique mise en œuvre dépend du diagnostic qui sera posé à la fin de la consultation. Afin que cette thérapeutique soit la mieux adaptée, il est important que tous les éléments lors de l'entretien, de l'examen clinique et radiologique, soient recueillis de façon rigoureuse. Cependant, nous verrons que la plus grande difficulté reste l'évaluation de l'état histopathologique de la pulpe.

2.1 Méthodes diagnostiques

2.1.1 Entretien clinique

L'entretien clinique doit précéder l'examen clinique. Il est dirigé par le praticien mais la parole doit être laissée au patient. Il permet de recueillir des informations sur les symptômes perçus par le patient.

L'anamnèse de la douleur est un élément très important qui permettra d'aiguiller notre diagnostic.

Le type de douleur est important à définir, qu'elle soit permanente, provoquée, persistante suite à un stimulus, pulsatile ou sourde par exemple.

L'intensité de la douleur peut être mesurée par différents moyens à notre disposition comme l'échelle visuelle analogique (EVA) et peut nous renseigner sur l'évolution de la douleur tout au long de la prise en charge.

Le stimulus provoquant la douleur est important à identifier également (mastication, changement de température).

Enfin, la disparition de la douleur suite à la prise d'antalgique est à prendre en compte.

Une douleur sévère, spontanée, irradiante et pulsatile pourra faire penser à une pulpite irréversible par exemple.

2.1.2 Examen clinique

L'examen clinique est composé d'un examen exo-buccal dans un premier temps puis d'un examen endo-buccal.

Cette examen endo-buccal doit être mené de manière stratégique. En commençant par un examen général de la cavité buccal y compris les muqueuses et la gencive puis par un examen plus précis de la

dent causale. Pour cela, nous avons une batterie de tests à notre disposition afin d'évaluer au mieux l'état de la pulpe.

L'ensemble de ces tests doivent être calibrés en commençant par une dent saine avant de tester la dent causale. En effet la réaction à ces tests n'est pas la même chez tous les patients et le calibrage des tests permet d'évaluer comparativement la réaction pulpaire.

2.1.2.1 Tests de sensibilité pulpaire

Ces tests permettent d'évaluer la réponse nerveuse face à un stimulus mais ils ne nous renseignent pas sur la vascularisation pulpaire qui est l'élément primordial de la vitalité pulpaire.

2.1.2.1.1 Tests thermiques

Il existe deux types de tests thermiques qui peuvent être réalisés facilement en séchant au préalable la dent.

- Le test au froid est réalisé en appliquant une boulette de coton imprégnée d'un spray de dichlorodifluorométhane sur la face vestibulaire de la dent, en ayant au préalable isolé la dent de la salive. Une absence de réponse peut être expliquée par la présence de restaurations coronaires importantes, d'une réduction du volume pulpaire par apposition de dentine secondaire chez un individu âgé par exemple, ou par l'apposition de dentine tertiaire suite à une agression extérieure.

Figure 9 : Photo clinique, test au froid sur 21 avec boulette de coton réfrigéré



Source : Endosud, « Test au froid », 2002.

- Le test au chaud est réalisé à l'aide d'un cône de gutta percha chaud qui est appliqué sur la dent préalablement isolée avec de la vaseline.

Figure 10 : Photo clinique, test au chaud sur 21 avec gutta percha réchauffée



Source : Endosud, « Test au chaud », 2002.

2.1.2.1.2 Test électrique

Le test électrique consiste à stimuler les fibres nerveuses de la pulpe en appliquant un courant électrique à la surface de la dent. Le patient doit se manifester lorsqu'il ressent une sensation de chaleur ou de picotement. La valeur alors indiquée sur l'appareil peut être comparée dans le temps afin de suivre l'évolution de la vitalité pulpaire suite à un traumatisme par exemple.

Figure 11 : Photo clinique, test électrique avec électrode placé sur 21



Source : Endosud, « Test électrique », 2002.

Ces tests de sensibilité pulpaire nous renseignent uniquement sur la partie sensorielle de la dent et non pas sur la partie vasculaire. Or la vascularisation pulpaire est un élément fondamental dans l'inflammation pulpaire et dans le potentiel réparateur de la pulpe.

2.1.2.2 Tests de percussion

Le test de percussion doit être réalisé à l'aide d'un élément métallique que l'on vient percuter doucement sur la face occlusale ou vestibulaire de la dent. Comme les tests thermiques, il doit être calibré en étant réalisé sur une dent saine avant d'être effectué sur la dent causale. Le test de percussion nous renseigne sur l'état inflammatoire du ligament parodontal.

Figure 12 : Photo clinique, test de percussion axiale sur 21 avec le manche métallique d'un miroir



Source : Endosud, « Test de percussion », 2002.

2.1.2.3 Tests de vitalité pulpaire

D'autres tests basés sur la vascularisation pulpaire ont été développés afin d'évaluer la vitalité pulpaire de manière plus fiable que les tests de sensibilité pulpaire. Cependant, ces tests restent très compliqués à mettre en place et très coûteux. C'est pour cela qu'ils ne sont pas utilisés dans la pratique courante.

2.1.2.3.1 Fluxmétrie par Laser Doppler

La fluxmétrie par Laser Doppler permet de connaître la vitalité pulpaire en mesurant le flux de cellules sanguines à travers la pulpe. Cependant ce test est trop sensible au positionnement de la sonde du Laser sur la dent et également à la présence de restaurations sur la dent.

2.1.2.3.2 Oxymétrie pulsatile

L'oxymétrie pulsatile permet de mesurer la saturation en oxygène dans les capillaires sanguins. Cette technique nécessite d'être réalisée sous anesthésie générale ce qui n'est pas applicable dans le cadre dentaire.

2.1.3 Examen radiologique

L'examen radiologique est un examen complémentaire à l'examen clinique. En première intention un cliché rétro-alvéolaire permet d'objectiver la localisation et la profondeur de la carie ainsi que sa proximité avec la chambre pulpaire.²⁰ La présence de carie secondaire sous une restauration ainsi que de calcifications intra-pulpaire peuvent être observées. De plus une atteinte péri-apicale ou inter-radiculaire peut également être diagnostiquée.

Cet examen complémentaire nous permet d'infirmier ou de confirmer les hypothèses diagnostiques établies lors de l'anamnèse puis de l'examen clinique afin d'obtenir le diagnostic positif.

L'ensemble des données recueillies grâce à ces examens permet de poser un diagnostic pulpaire. Cependant ces données sont à confronter avec la réalité clinique et le diagnostic peut être amené à évoluer en opératoire en fonction de l'état inflammatoire de la pulpe une fois l'exposition pulpaire réalisée.

2.2 Actuelle terminologie de diagnostic pulpaire

Dans une situation de préservation de la vitalité pulpaire, face à une inflammation pulpaire, nous avons jusqu'à présent un diagnostic dichotomique. Soit la pulpe est dans un état inflammatoire réversible soit dans un état inflammatoire irréversible.

2.2.1 Pulpite réversible

Le diagnostic de pulpite réversible est posé pour une douleur provoquée d'intensité légère ou modérée. La réponse au test de sensibilité pulpaire doit être positive sans rémanence et le test de percussion doit être négatif.

Face à cette situation, les thérapeutiques de préservation pulpaire, que nous détaillerons plus loin, sont en général menées.

²⁰ Awawdeh et al., « Outcomes of vital pulp therapy using mineral trioxide aggregate or biodentine : a prospective randomized clinical trial ».

2.2.2 Pulpite irréversible

Une pulpite irréversible correspond à une douleur spontanée de forte intensité. La réponse au test de sensibilité pulpaire est exacerbée avec rémanence et le test de percussion peut être légèrement positif.

Face à cette situation, une pulpectomie est en général préférée face à une thérapeutique de préservation de la vitalité pulpaire.

Tableau 2 : Éléments diagnostiques de la pulpite réversible et irréversible

	Pulpite réversible	Pulpite irréversible
Douleur - <i>Type</i> - <i>Intensité</i>	<i>Provoquée</i> <i>Légère / Modérée</i>	<i>Spontanée</i> <i>Forte</i>
Test de sensibilité pulpaire	<i>Positif sans rémanence</i>	<i>Exacerbé avec rémanence</i>
Test de percussion	<i>Négatif</i>	<i>Négatif / Positif</i>
Thérapeutique	<i>Maintien de la vitalité pulpaire</i>	<i>Pulpectomie</i>

Source : Auteur, 2021.

Cette classification repose uniquement sur les résultats subjectifs obtenus lors de l'anamnèse et sur les résultats des tests cliniques. Ces résultats sont censés orienter la thérapeutique en fonction de la capacité de la pulpe à guérir.²¹ Face à une pulpite irréversible, l'inflammation pulpaire est considérée comme trop importante pour qu'elle puisse guérir, c'est pourquoi la pulpectomie est en règle générale menée.

Cependant, les éléments recueillis lors de l'examen clinique ne font que nous aiguiller sur la probable vitalité pulpaire. Ces éléments ne nous renseignent pas sur la vascularisation de la pulpe. Seul un examen histologique peut nous donner le véritable état inflammatoire de la pulpe. Nous pouvons alors nous demander s'il existe une corrélation entre le diagnostic clinique et l'état histologie de la pulpe.

2.3 Corrélation entre diagnostic clinique et histologique

En 2014, Domenico Ricucci a publié une étude dans laquelle il évalue la fiabilité du diagnostic clinique pulpaire par rapport au diagnostic histologique.

²¹ Lin et al., « Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology ».

Cette étude a été menée sur 95 dents classées en deux catégories en fonction de leur diagnostic clinique. D'un côté les dents avec une pulpe saine ou en pulpite réversible, de l'autre côté les dents en pulpite irréversible.

Après extraction, des études histologiques ont été réalisées sur ces dents afin de les classer en 3 catégories suivant le diagnostic histologique : pulpe saine, inflammation réversible ou inflammation irréversible.

Ensuite le pourcentage de corrélation entre les diagnostics cliniques et histologiques a été calculé.

Le diagnostic clinique de pulpe saine ou de pulpite réversible correspond au diagnostic histologique dans près de 97 % des cas alors que le diagnostic clinique de pulpite irréversible ne correspond au diagnostic histologique que dans 84 % des cas.

Donc dans près de 16 % des cas diagnostiqués en pulpite irréversible cliniquement, l'étude histologique a montré que l'inflammation était réversible.²²

Parmi les cas dont les diagnostics clinique et histologique ne correspondent pas, voici celui d'une dent 15 diagnostiquée cliniquement en pulpite irréversible chez une femme de 52 ans présentant des douleurs spontanées sévères. Le test de sensibilité pulpaire est exacerbé.

Figure 13: Radiographie rétro-alvéolaire de la dent 15



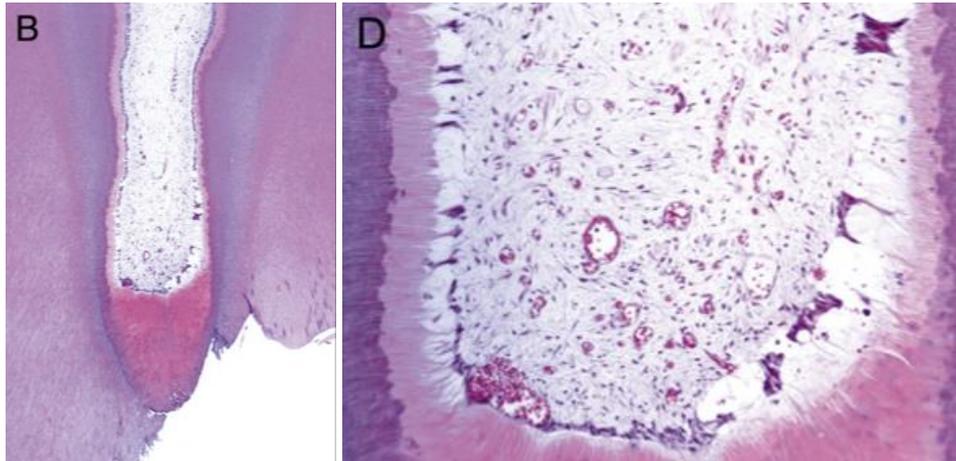
Source : Ricucci, Loghin, Siqueira, « Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses », 2014.

²² Ricucci, Loghin, et Siqueira, « Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses ».

Cette radiographie nous indique la présence d'une carie atteignant le tiers interne dentinaire sur la dent 15. Il n'y a pas de lésion inflammatoire périapicale d'origine endodontique visible. En clinique, le diagnostic de pulpite irréversible a été posé.

Cependant, suite à l'examen histologique, aucune zone de nécrose n'a pu être observée au sein de la pulpe comme le montre la figure suivante.

Figure 14 : Coupes histologiques colorée à l'hématoxyline éosine



Source : Ricucci, Loghin, Siqueira, « Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses », 2014.

Sur cette coupe histologique, seules des zones d'inflammation et d'hyperémie ont pu être observées ainsi que la présence de dentine tertiaire.

Lorsque l'on s'intéresse à la présence de bactérie au sein de cette pulpe, on se rend compte grâce à la coloration Brown and Brenn (cf. figure 15) que les bactéries sont uniquement présentes entre la dentine secondaire et tertiaire mais qu'elles sont absentes au sein de la pulpe.

Figure 15 : Coupe histologique à la coloration Brown and Brenn



Source : Ricucci, Loghin, Siqueira, « Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses », 2014.

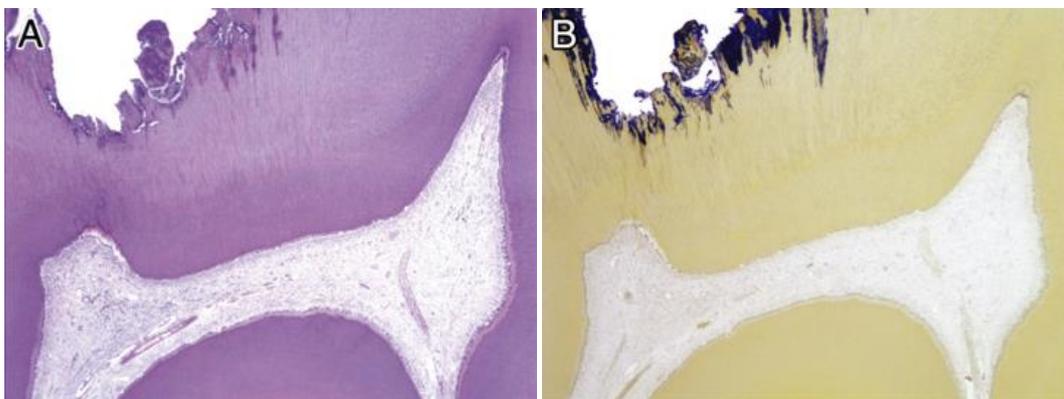
Un autre cas ici dont les diagnostics clinique et histologique s'accordent sur une inflammation irréversible.

Un diagnostic de pulpite irréversible a été posé sur une dent de sagesse mandibulaire chez une femme de 42 ans ayant des douleurs spontanées sévères.

Suivant la localisation des coupes histologiques au sein de la dent, différents diagnostics histologiques peuvent être posés.

Sur la figure suivante, nous observons une pulpe qui ne présente pas de zones nécrosées et qui pourrait être qualifiée de pulpite réversible. On remarque que les bactéries n'ont pas envahie l'espace pulpaire.

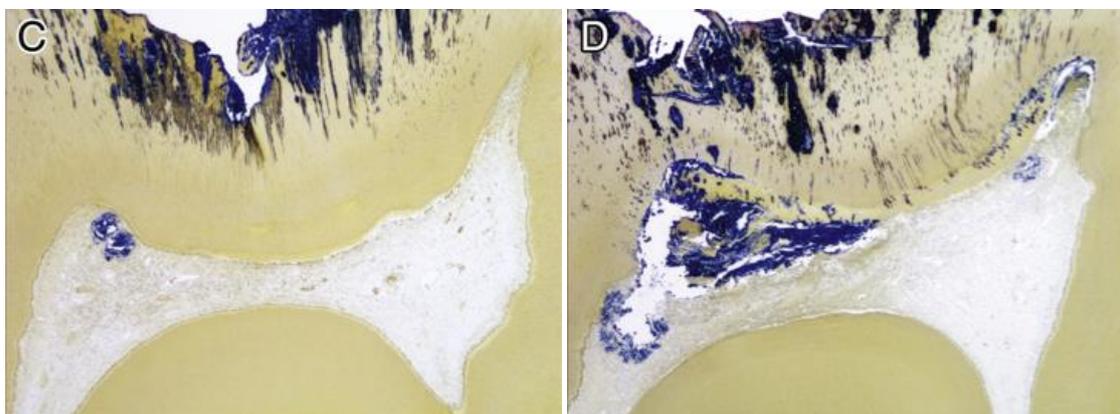
Figure 16 : Coupes histologiques, coloration hématoxyline éosine et Brown and Brenn



Source : Ricucci, Loghin, Siqueira, « Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses », 2014.

Sur d'autres coupes histologiques de cette même dent, un diagnostic de pulpite irréversible pourrait être posé du fait de la présence d'une large zone de nécrose pulpaire avec colonisation bactérienne de la pulpe.

Figure 17 : Coupes histologiques, coloration Brown and Brenn



Source : Ricucci, Loghin, Siqueira, « Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses », 2014.

Au sein d'une dent atteinte d'une pulpite irréversible, certaines zones de la pulpe peuvent être saines. Tout comme la pulpe radiculaire qui peut être saine sous une pulpe coronaire inflammatoire comme le montre la figure 14.²³

Cette étude nous montre que la corrélation entre le diagnostic clinique et histologique est relativement importante mais qu'il reste un pourcentage non négligeable (16 %) de dents cliniquement diagnostiquées en pulpite irréversible qui sont en réalité atteintes d'une inflammation réversible. Cela aboutit à la dévitalisation de ces dents qui se retrouvent sans potentiel réparateur. Il est alors légitime d'essayer de trouver des moyens de diagnostic plus fiables afin d'évaluer l'inflammation pulpaire.

2.4 Nouvelle terminologie de diagnostic pulpaire

Un nouveau système de diagnostic d'inflammation pulpaire a été proposé afin de mettre en évidence le potentiel de guérison de la pulpe et de développer une approche thérapeutique adaptée.

Pour cela, Wolters et coll. ont proposé le concept de « Endolight » regroupant un nouveau système de diagnostic associé à des thérapeutiques minimalement invasives. Ce concept repose sur les connaissances du potentiel de guérison du complexe pulpo-dentinaire et des biomatériaux récemment développés que nous avons vus précédemment.

L'objectif de ce concept est multiple :

- Préserver le potentiel réparateur de la pulpe et l'intégrité structurelle de la dent
- Simplifier les procédures et éviter les complications inhérentes à la pulpectomie
- Diminuer les suites opératoires qui peuvent être douloureuses et réduire les coûts pour le patient.²⁴

Ce nouveau système de diagnostic pulpaire repose sur quatre terminologies :

2.4.1 Pulpite initiale

La pulpite initiale correspond à une réponse qui peut être exacerbée au test de sensibilité mais non rémanente. Il n'y a pas de douleur spontanée et le test de percussion est négatif.

²³ Ricucci, Loghin, et Siqueira.

²⁴ Shon et al., « Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs ».

2.4.2 Pulpite légère

Le diagnostic de pulpite légère est posé lorsqu'il y a une douleur provoquée d'intensité légère et que la réponse au test de sensibilité est exacerbée avec une rémanence inférieure à 20 secondes. Le test de percussion peut être plus ou moins positif.

2.4.3 Pulpite modérée

La pulpite modérée est une inflammation qui peut entraîner des douleurs spontanées d'intensité modérée qui peuvent être plus ou moins soulagées par des antalgiques. La réponse au test de sensibilité est exacerbée avec une rémanence de plusieurs minutes. Le test de percussion peut être également positif.

2.4.4 Pulpite sévère

La pulpite sévère correspond à des douleurs spontanées sévères augmentées en position de decubitus dorsal. Le test de sensibilité est exacerbé comme dans le cas d'une pulpite modérée et la dent est fortement sensible au test de percussion.

En plus de définir de nouvelles terminologies de diagnostic, Wolters et coll. ont proposé les thérapeutiques en fonction du diagnostic posé. Nous reverrons ces thérapeutiques juste après.

Tableau 3 : Éléments diagnostics selon le concept « Endolight »

	Pulpite initiale	Pulpite légère	Pulpite modérée	Pulpite sévère
Douleur - <i>Type</i> - <i>Intensité</i>	Provoquée Faible	Provoquée Légère	Spontanée Modérée	Spontanée Forte
Test de sensibilité	Normal ou exacerbé sans rémanence	Exacerbé avec rémanence inférieure à 20s	Exacerbé avec rémanence de plusieurs minutes	Exacerbé avec rémanence de plusieurs minutes
Test de percussion	Négatif	Négatif / Positif	Négatif / Positif	Positif
Thérapeutique	Traitement indirect de la pulpe	Traitement indirect de la pulpe	Pulpotomie partielle ou complète	Pulpotomie complète ou pulpectomie

Source : Wolters et al., « Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs », 2017.

Face à cette évolution de prise en charge des atteintes pulpaire, plusieurs auteurs ont proposé des protocoles pour les thérapeutiques de conservation de la vitalité pulpaire. Parmi eux, Ricucci a en 2019 proposé un organigramme de prise en charge basé sur les diagnostics de pulpite réversible ou irréversible.²⁵

Comme lui, Lin a en 2020 proposé un protocole de prise en charge des atteintes pulpaire.²⁶

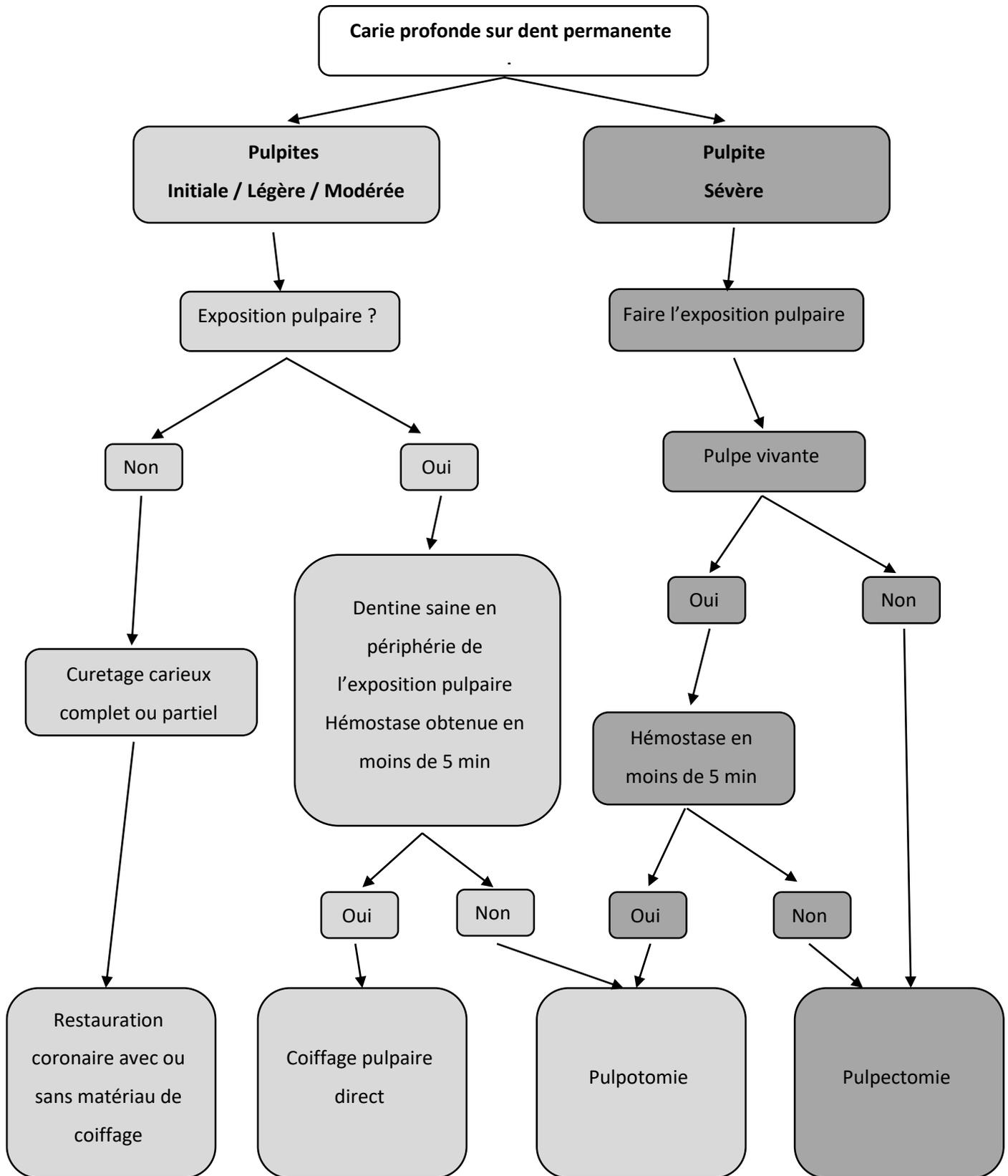
En plus des éléments de diagnostics énoncés dans le concept de « Endolight », ces deux auteurs ont pris en compte des éléments peropératoires afin de guider leur prise en charge. Parmi ces éléments nous retrouvons l'exposition pulpaire lors du curetage carieux et l'obtention de l'hémostase en quelques minutes.

Basé sur ces études, nous pouvons alors établir le diagramme suivant (cf. figure 18) dans le but d'organiser et d'adapter notre prise en charge des atteintes pulpaire.

²⁵ Ricucci et al., « Vital pulp therapy: histopathology and histobacteriology-based guidelines to treat teeth with deep caries and pulp exposure ».

²⁶ Lin et al., « Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology ».

Figure 18 : Organigramme de la gestion de la préservation pulpaire dans le cas de lésions carieuses profondes



Source : Auteur, 2021.

3 : Les différentes thérapeutiques

3.1 Coiffage direct

3.1.1 Définition

Le coiffage pulpaire direct est une thérapeutique qui consiste à mettre en place un matériau de coiffage tel que l'hydroxyde de calcium ou un ciment tricalcique sur une pulpe vivante exposée. Cette thérapeutique a pour but de stimuler la formation de dentine réparatrice et de maintenir la vitalité pulpaire.²⁷

Il existe deux types de coiffage pulpaire direct en fonction de l'étiologie de l'effraction pulpaire²⁸ :

- Coiffage pulpaire de classe I : effraction pulpaire suite à un traumatisme engendrant une fracture coronaire complexe ou suite à une perforation accidentelle de la chambre pulpaire lors d'un acte thérapeutique. Dans cette catégorie, on considère la pulpe non inflammatoire.

- Coiffage pulpaire de classe II : effraction pulpaire suite à un curetage carieux profond. Dans ce cas, étant donné l'environnement bactérien, on considère que la pulpe est inflammatoire.

3.1.2 Indications

Le coiffage direct peut être réalisé en cas d'exposition pulpaire suite à un traumatisme ou suite à un geste médical iatrogène. Dans ce cas, du fait de l'absence de carie profonde en préopératoire, on considère que la pulpe sous-jacente est saine.

Un coiffage direct peut également être réalisé suite à un curetage carieux profond entraînant l'exposition pulpaire. Dans ce cas, on considère que la pulpe est inflammatoire et le protocole devra être suivi scrupuleusement afin d'obtenir le meilleur résultat.

D'après Matsuo (1996) le meilleur indicateur clinique de l'état inflammatoire pulpaire serait le saignement.²⁹ Ce dernier doit pouvoir être maîtrisé afin de mettre en place le matériau de coiffage dans les meilleures conditions.

²⁷ American association of endodontists, « Pulp capping ».

²⁸ Bjørndal et al., « Management of deep caries and the exposed pulp ».

²⁹ Matsuo et al., « A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps ».

3.1.3 Contre-indications

Dans certaines conditions, le coiffage pulpaire direct peut être contre-indiqué.

Ces contre-indications peuvent être liées à l'état général du patient. Chez les patients immunodéprimés ou à haut risque d'endocardite infectieuse, un traitement endodontique sous antibioprofylaxie sera préféré.

D'autres facteurs locaux peuvent entrer en jeu également. Lors de l'effraction pulpaire, si aucun saignement n'est objectivé, nous sommes donc en présence d'une nécrose. La dent n'a alors plus de potentiel réparateur et le traitement endodontique devra être réalisé.

Au contraire, si après l'effraction pulpaire, le saignement ne peut être contrôlé et qu'aucune hémostase n'est obtenue, nous sommes en présence d'une inflammation pulpaire plus importante que prévue. Dans ce cas, une thérapeutique plus invasive devra être réalisée comme une pulpotomie par exemple afin d'éliminer l'ensemble du tissu atteint.

Enfin, lors de l'examen radiologique préopératoire, si une calcification pulpaire est observée le coiffage pulpaire ne pourra pas être réalisé du fait du phénomène inflammatoire trop important.

3.1.4 Mise en œuvre

La société européenne d'endodontie a en 2019 proposé un protocole de mise en œuvre du coiffage pulpaire afin de gérer une exposition pulpaire.³⁰

Après la réalisation d'une anesthésie locale ou locorégionale, cette procédure doit être réalisée sous digue et en ayant au préalable désinfectée la dent. L'utilisation d'aide optique est largement conseillée afin de s'assurer de l'état pulpaire au moment de l'exposition mais également de s'assurer de l'élimination complète de la dentine infectée. En effet, le curetage carieux doit être complet avant de réaliser l'exposition pulpaire afin de diminuer le risque de dissémination de dentine infectée au sein de la pulpe (cf. figure 19b).

Ce curetage carieux doit être réalisé à l'aide de fraises stériles montées sur turbine sous spray abondant. Une nouvelle fraise stérile doit être utilisée pour réaliser l'effraction pulpaire.³¹

L'hémostase doit ensuite être recherchée afin de pouvoir mettre en place le matériau de coiffage. L'hémostase peut être obtenue en comprimant l'effraction pulpaire à l'aide d'une boulette de coton stérile imbibée d'hypochlorite de sodium (0,5-5 %) ou de Chlorhexidine (0,2-2 %). Cette hémostase doit être obtenue en moins de 5 minutes. Si cela n'est pas le cas, une thérapeutique plus invasive

³⁰ European society of endodontology (ESE) developed by: et al., « European society of endodontology position statement : management of deep caries and the exposed pulp ».

³¹ Awawdeh et al., « Outcomes of vital pulp therapy using mineral trioxide aggregate or biodentine : a prospective randomized clinical trial ».

comme une pulpotomie partielle ou complète devra être réalisée afin d'éliminer le tissu pulpaire inflammatoire.

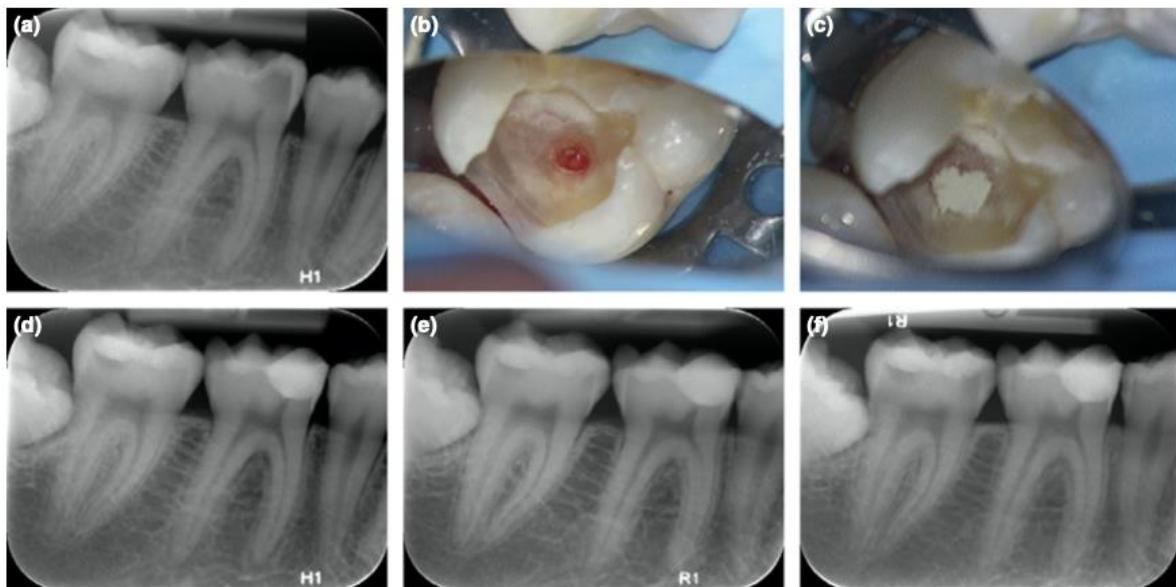
Une fois l'hémostase obtenue et la cavité désinfectée, le matériau de coiffage peut être placé directement en contact avec la pulpe (cf. figure 19c).

Se pose alors la question de la restauration coronaire. Celle-ci a pour objectif de sceller la cavité dentinaire de manière étanche afin d'éviter toute nouvelle contamination de la pulpe. Sur ce point, les auteurs ne sont pas tous d'accord sur la stratégie à adopter. Pour certains, une restauration étanche adhésive comme le composite doit être mise en place directement le jour du coiffage afin de limiter le risque de réinfection de la pulpe (cf. figure 19d : restauration composite dans la même séance). Cependant pour ces mêmes auteurs, si une restauration indirecte doit être mise en place, un délai de deux ans doit être respecté afin de s'assurer de la réussite du coiffage.³²

Mente a en 2010 mis en évidence que le délai entre le coiffage direct et la mise en place de la restauration définitive qu'elle soit directe (composite) ou indirecte (couronne) avait une influence significative sur le succès du coiffage. Ce délai ne doit pas dépasser 2 jours.³³

Figure 19 : Coiffage pulpaire direct sur 46

(19 a : radiographie préopératoire ; 19 b : effraction pulpaire après curetage complet et hémostase pulpaire ; 19 c : MTA mis en place sur la plaie pulpaire ; 19 d : radiographie post-opératoire avec restauration définitive; 19 e : radiographie de contrôle à 1 an ; 19 f : radiographie de contrôle à 2 ans)



Source : Bjørndal, et al., « Management of deep caries and the exposed pulp », 2019.

³² Dammaschke, Leidinger, et Schäfer, « Long-term evaluation of direct pulp capping : treatment outcomes over an average period of 6.1 years ».

³³ Mente et al., « Mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: an analysis of the clinical treatment outcome ».

3.1.5 Résultats et pronostics

Dans une étude prospective contrôlée et randomisée, Awawdeh et coll. ont en 2018 comparé les résultats obtenus suite au coiffage pulpaire direct sur des dents permanentes, entre la Biodentine et le MTA.³⁴

Aucune différence significative n'a été démontrée entre l'utilisation de ces deux biomatériaux. Le taux de succès obtenu est de 100 % à 6 mois, 100 % à 1 an, 100 % à 2 ans et 93,3 % à 3 ans (cf. figure 19e contrôle à 1 an, figure 19f contrôle à 2 ans).

Dans cette étude, l'âge du patient n'a pas été un facteur significatif sur le succès du traitement. Cependant, la qualité de la restauration coronaire semble affecter le taux de succès. La fracture ou la perte de cette dernière pouvant entraîner une nouvelle infiltration bactérienne à l'origine d'une nouvelle contamination pulpaire.

Un essai clinique randomisé mené par Asgary et coll. en 2018 a permis de comparer le succès du coiffage pulpaire indirect, direct, de la pulpotomie partielle et complète sur des dents permanentes matures, atteintes de pulpites réversibles ou irréversibles, sur une période de un an.³⁵ Le taux de succès du coiffage pulpaire direct dans cette étude est de 98,4 % à 3 mois et de 94,7 % à 1 an. Ce résultat est comparable aux trois autres groupes de thérapeutiques de maintien de la vitalité pulpaire. L'ensemble de ces groupes étaient homogènes en terme de sexe et d'âge notamment. Cependant un suivi sur une plus longue période serait nécessaire afin d'évaluer le succès du coiffage pulpaire direct sur le long terme.

3.2 Pulpotomie partielle

3.2.1 Définition

La pulpotomie partielle consiste à retirer une petite partie de la pulpe coronaire vivante dans le but de préserver le reste de la pulpe coronaire ainsi que la pulpe radiculaire.³⁶ L'avantage de la pulpotomie partielle est la préservation des cellules pulpaires coronaires indispensables pour obtenir une guérison.³⁷

³⁴ Awawdeh et al., « Outcomes of vital pulp therapy using mineral trioxide aggregate or biodentine : a prospective randomized clinical trial ».

³⁵ Asgary et al., « Treatment outcomes of 4 vital pulp therapies in mature molars ».

³⁶ European society of endodontology (ESE) developed by: et al., « European society of endodontology position statement : management of deep caries and the exposed pulp ».

³⁷ Fong et Davis, « Partial pulpotomy for immature permanent teeth, its present and future ».

Comme pour le coiffage pulpaire, la pulpotomie partielle a pour objectifs de maintenir la vitalité pulpaire du tissu restant (coronaire et radicaire) et d'initier la formation de dentine réparatrice grâce au biomatériau placé directement sur la plaie pulpaire.

3.2.2 Indications

Initialement, la pulpotomie partielle est pratiquée sur les dents temporaires ou sur les dents permanentes immatures. Cependant comme nous l'avons vu tout au long de ce document, ces nouvelles thérapeutiques peuvent être mises en place sur des dents permanentes matures afin de conserver la vitalité pulpaire.

L'indication de la pulpotomie partielle peut être posée en préopératoire si on estime que la proximité entre la lésion carieuse et la chambre pulpaire entraîne une dissémination bactérienne au sein de la pulpe. Dans ce cas, le retrait d'une petite partie de la pulpe coronaire en regard de la lésion carieuse est effectué afin d'éliminer le tissu potentiellement infecté.

L'indication peut également être posée en peropératoire si l'hémostase n'est pas obtenue en 5 minutes après l'effraction pulpaire. Dans ce cas, l'inflammation pulpaire est trop importante et nécessite le retrait de la petite partie du tissu pulpaire inflammatoire. La pulpotomie partielle peut également être indiquée si au moment de l'effraction pulpaire, l'excavation carieuse n'est pas complète. En effet, la poursuite de l'excavation carieuse après l'effraction pulpaire pourrait engendrer une dissémination de copeaux de dentine infectée au sein de la pulpe. Dans ce cas, le retrait d'une partie du tissu pulpaire en regard de l'effraction est recommandé afin de s'assurer de l'absence de contamination pulpaire.³⁸

3.2.3 Contre-indications

Les contre-indications vis-à-vis de l'état général du patient sont les mêmes pour la pulpotomie partielle que pour le coiffage pulpaire direct.

En l'absence de saignement au moment de l'effraction pulpaire, la pulpotomie comme toutes thérapeutiques du maintien de la vitalité pulpaire sont contre indiquées. Un traitement endodontique sera alors mené.

Enfin, si une hémostase n'est pas obtenue au bout de deux tentatives de 2 à 3 minutes chacune, le traitement endodontique doit être effectué selon Taha et khazali.³⁹ Nous pouvons cependant tenter

³⁸ European society of endodontology (ESE) developed by: et al., « European society of endodontology position statement : management of deep caries and the exposed pulp ».

³⁹ Taha et Khazali, « Partial pulpotomy in mature permanent teeth with clinical signs indicative of irreversible pulpitis : a randomized clinical trial ».

d'obtenir une hémostase après une élimination plus importante de la pulpe camérale en réalisant une pulpotomie complète par exemple.

3.2.4 Mise en œuvre

Dans leur étude de 2017 comparant les résultats du MTA et de l'hydroxyde de calcium dans le cas de pulpotomie partielle sur dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible, Taha et Khazali décrivent le protocole de la pulpotomie partielle.⁴⁰

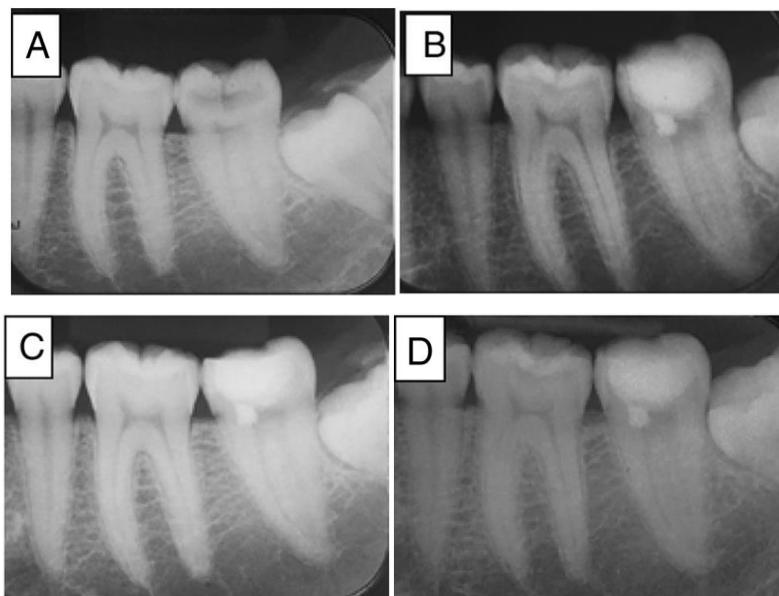
La réalisation de la pulpotomie partielle nécessite les mêmes prérequis que pour le coiffage direct. À savoir, la réalisation de l'acte sous digue et après décontamination de la dent à l'hypochlorite de sodium. L'excavation carieuse doit ensuite être réalisée à l'aide de fraise stérile montée sur turbine accompagnée d'une irrigation importante. L'effraction pulpaire est réalisée à l'aide d'une nouvelle fraise stérile et une amputation de la pulpe camérale est alors effectuée sur 2 à 3 millimètres de profondeur.

Enfin, l'hémostase est recherchée en comprimant une boulette de coton stérile imbibée d'hypochlorite de sodium à 2,5 % pendant 2 à 3 minutes sur le tissu pulpaire. Cette étape peut être prolongée de 2 à 3 minutes supplémentaires si une hémostase n'est pas obtenue directement. Ensuite, le matériau de coiffage peut être mis en place directement au contact de la pulpe sur une épaisseur de 3 millimètres environ. Une restauration provisoire est ensuite placée au-dessus du biomatériau. Cette restauration provisoire est remplacée par une restauration définitive au bout d'une semaine en l'absence de symptômes.

⁴⁰ Taha et Khazali.

Figure 20 : Pulpotomie partielle sur 37 atteinte d'une pulpite irréversible

(20 a : radiographie préopératoire ; 20 b : radiographie post-opératoire ; 20 c : radiographie de contrôle à 1 an ; 20 d : radiographie de contrôle à 28 mois)



Source : Taha, Khazali, « Partial pulpotomy in mature permanent teeth with clinical signs indicative of irreversible pulpitis : a randomized clinical trial », 2017.

3.2.5 Résultats et pronostics

Une méta-analyse a été réalisée en 2019 sur des études cliniques évaluant le taux de réussite de la pulpotomie partielle comme traitement de caries profondes sur molaires postérieures.

Seules des études cliniques randomisées ou prospectives ont été sélectionnées. Un suivi minimum de 6 mois avec un taux de suivi supérieur à 80 % ainsi qu'un échantillon minimum de 10 dents par études était nécessaire pour entrer dans cette méta-analyse.

Le taux de succès a été évalué à différentes périodes. Il est de 98 % à 6 mois, 96 % à 1 an et 92 % à 2 ans. Seul le statut pulpaire préopératoire a été identifié comme étant un facteur significatif. Les dents diagnostiquées en pulpite irréversible ont un taux de succès significativement moins important que les autres. Dans cette étude, l'âge du patient, le statut mature ou immature des dents ainsi que la nature du matériau de coiffage n'ont pas été définis comme étant des facteurs significatifs sur le taux de succès de la pulpotomie partielle.⁴¹

⁴¹ Elmsmari et al., « Outcome of partial pulpotomy in cariously exposed posterior permanent teeth: a systematic review and meta-analysis ».

3.3 Pulpotomie complète

3.3.1 Définition

La pulpotomie complète aussi appelée pulpotomie cervicale consiste à éliminer l'ensemble du tissu pulpaire coronaire afin de préserver la vitalité de la pulpe radiculaire.⁴² Cette thérapeutique permet d'augmenter les chances d'élimination du tissu pulpaire infecté comparativement à la pulpotomie partielle.⁴³ Cependant, du fait de l'élimination plus importante du tissu pulpaire avec ce geste chirurgical, le potentiel réparateur de ce tissu se trouve alors diminué du fait de l'élimination plus conséquente des cellules impliquées dans la guérison pulpaire.⁴⁴

3.3.2 Indications

Comme nous l'avons vu dans la partie 2 de ce document, la pulpotomie complète peut être indiquée en première intention face à une pulpite sévère si une hémostase peut être obtenue au niveau des entrées canalaires.

L'indication de la pulpotomie complète peut également être posée en peropératoire si, suite à la réalisation d'une pulpotomie partielle, l'hémostase n'est pas obtenue en 5 minutes, alors l'élimination de l'ensemble de la pulpe coronaire est indiquée.

3.3.3 Contre-indications

Tout comme les autres thérapeutiques de maintien de la vitalité pulpaire que nous venons de voir, la pulpotomie complète est contre-indiquée chez les patients immunodéprimés ou à haut risque d'endocardite infectieuse.

Cet acte est également contre-indiqué en cas de nécrose pulpaire au moment de l'effraction de la chambre pulpaire.

Enfin, si une hémostase n'est pas obtenue en 10 minutes au niveau des entrées canalaires, comme le propose Linsuwamont dans son protocole de pulpotomie sur dent permanente⁴⁵ ; l'inflammation trop importante de la pulpe en direction apicale nécessite une pulpectomie.

⁴² American association of endodontists, « Cervical pulpotomy ».

⁴³ Taha et Abdelkader, « Outcome of full pulpotomy using Biodentine in adult patients with symptoms indicative of irreversible pulpitis ».

⁴⁴ Fong et Davis, « Partial pulpotomy for immature permanent teeth, its present and future ».

⁴⁵ Linsuwamont et al., « Treatment outcomes of mineral trioxide aggregate pulpotomy in vital permanent teeth with carious pulp exposure : the retrospective study ».

3.3.4 Mise en œuvre

Dans un étude rétrospective de 2017 évaluant le succès de la pulpotomie complète sur dents permanentes, Linsuwamont propose le protocole suivant pour cet acte thérapeutique.⁴⁶

Les conditions d'asepsie sont les mêmes que pour le coiffage direct et la pulpotomie partielle, à savoir la réalisation de l'acte sous digue.

L'excavation carieuse est réalisée à l'aide de fraise à carbure de tungstène à vitesse lente sous spray. Après l'exposition pulpaire, la cavité est désinfectée à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium à 2,5 %. L'élimination de l'ensemble du toit pulpaire est réalisée avec une nouvelle fraise stérile à haute vitesse sous spray également. Une fois le tissu pulpaire coronaire éliminé, l'hémostase est recherchée au niveau des entrées canalaire avec une solution d'hypochlorite de sodium à 2,5 % (cf. figure 22b).

Le biomatériau est ensuite mis en place au niveau des entrées canalaire et du plancher pulpaire sur une épaisseur de 2 millimètres puis recouvert d'une restauration provisoire (cf. figure 22c). Cette restauration est remplacée par une restauration définitive dans un délais d'un mois. Ce changement s'effectue également sous digue afin d'éviter toute contamination.

Une revue systématique de littérature publiée par Zanini et coll. en 2019 récapitule les procédures et matériaux utilisés dans le cas de pulpotomie sur dents permanentes matures dont voici le tableau récapitulatif.

Figure 21: Tableau récapitulatif des procédures pour la réalisation d'une pulpotomie sur dent permanente.

Objectives	Procedure steps	Proposals
Pulpal status		Healthy pulp Reversible pulpitis Irreversible pulpitis (Clinical diagnosis based on AAE 2013)
Asepsis control	Isolation	Systematic use of rubber dam
	Pre-operative disinfection	Scaling and polishing
Inflammation control	Per-operative disinfection	Irrigation with Betadine, Sodium hypochlorite, or Chlorhexidine 2% before and after caries excavation Systematic use of a new sterile bur for the cavity access (different from the bur used for caries excavation).
	Radicular pulp section	Irrigation with Sodium hypochloride or Chlorhexidine 2%
Pulp healing	Haemostasis	High speed rotary instrumentation under irrigation with round ball drill at the canal opening Gates glidden bur on the 2-3 first millimeter Irrigation with saline solution or sodium hypochlorite
	Radicular pulp capping	Compression with sterile cotton pellet Gates glidden bur on the 2-3 first millimetres inside the canal in case of persistent bleeding. First choice: Calcium silicate cement (MTA, Biodentine™, CEM) Alternatives in case of persistent bleeding, limited intervention duration: • CH covered with ZOE or IRM
Sealing	Coronal restoration	Over Calcium silicate cement: Depending on the setting time of the calcium silicate cement used: • Composite based on GIC in cases of non-immediate restorations • Any type of direct and indirect restoration. Over other pulp capping materials: No temporary cements Immediate direct definitive restoration in all cases

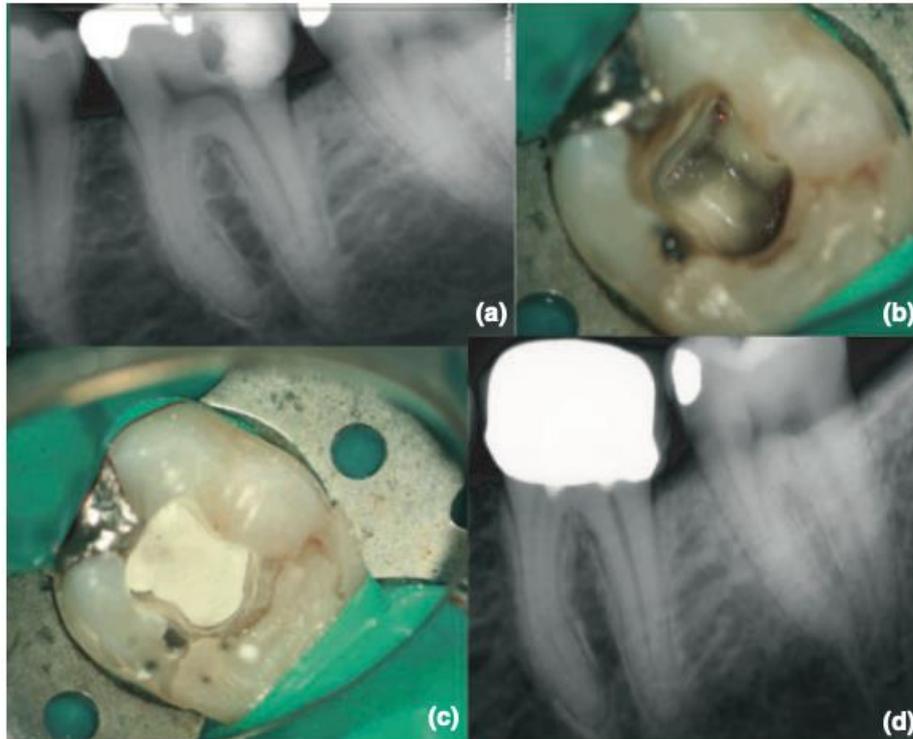
(ZOE: Zinc Oxide Eugenol Cement; GIC: Glass Ionomer Cement; CH: Calcium Hydroxide; MTA: Mineral Trioxide Aggregate; CEM: Calcium enriched Mixture cement).

Source : Zanini, Hennequin, Cousson, « Which procedures and materials could be applied for full pulpotomy in permanent mature teeth ? », 2019.

⁴⁶ Linsuwamont et al.

Figure 22 : Pulpotomie complète sur 36

(22 a : radiographie préopératoire ; 22 b : élimination de la pulpe camérale et hémostase obtenue au niveau des entrées canalaire ; 22 c : mise en place du matériaux de coiffage, ici MTA, sur les entrées canalaire et sur le plancher pulpaire sur une épaisseur de 2mm ; 22 d : radiographie de contrôle à 2 ans avec mise en place de la restauration définitive, ici une couronne)



Source : Simon et al., « Should pulp chamber pulpotomy be seen as a permanent treatment ? Some preliminary thoughts », 2013.

3.3.5 Résultats et pronostics

Une méta-analyse publiée en 2016 a été réalisée afin d'évaluer les résultats cliniques du traitement d'exposition pulpaire carieuse sur des molaires permanentes matures.

Cette méta-analyse se base sur des études cliniques prospectives ou rétrospectives ayant un minimum de 10 patients inclus et dont la période de suivi est supérieure à 1 an. Seulement 6 études ont été finalement sélectionnées selon les critères d'inclusion. Le taux de succès de la pulpotomie complète a donc été évalué à 94 % à 1 an et 92 % à 2 ans. La nature du biomatériau utilisé en coiffage et la nature de la restauration coronaire définitive n'ont pas été identifiés comme facteurs significatifs sur le succès du traitement. Cependant les groupes traités avec le MTA ont un taux de succès supérieur par rapport

aux groupes traités avec l'hydroxyde de calcium (92 % contre 88 %). L'absence de significativité de ce facteur peut être expliquée par le faible nombre d'études incluses dans cette méta-analyse.⁴⁷

Dans le but de rendre la pose de diagnostic plus facile, nous avons développé un tableau à remplir pendant l'entretien et l'examen clinique. En fonction du score obtenu, le praticien devra alors s'orienter vers différentes options thérapeutiques.

- Si le score est inférieur à 5, un curetage carieux sans effraction pulpaire est réalisé.
- Si le score est compris entre 5 et 8, le curetage carieux complet est réalisé puis l'effraction pulpaire est recherchée. En fonction de l'entendu de l'effraction et de l'hémostase obtenue, un coiffage direct, une pulpotomie partielle ou complète seront réalisés.
- Si le score est supérieur à 8, une fois le curetage carieux complet réalisé, une pulpotomie sera la première indication. En fonction de l'inflammation pulpaire et de l'hémostase obtenue, une pulpectomie sera peut être nécessaire.

Tableau 4 : Tableau d'aide au diagnostic pulpaire

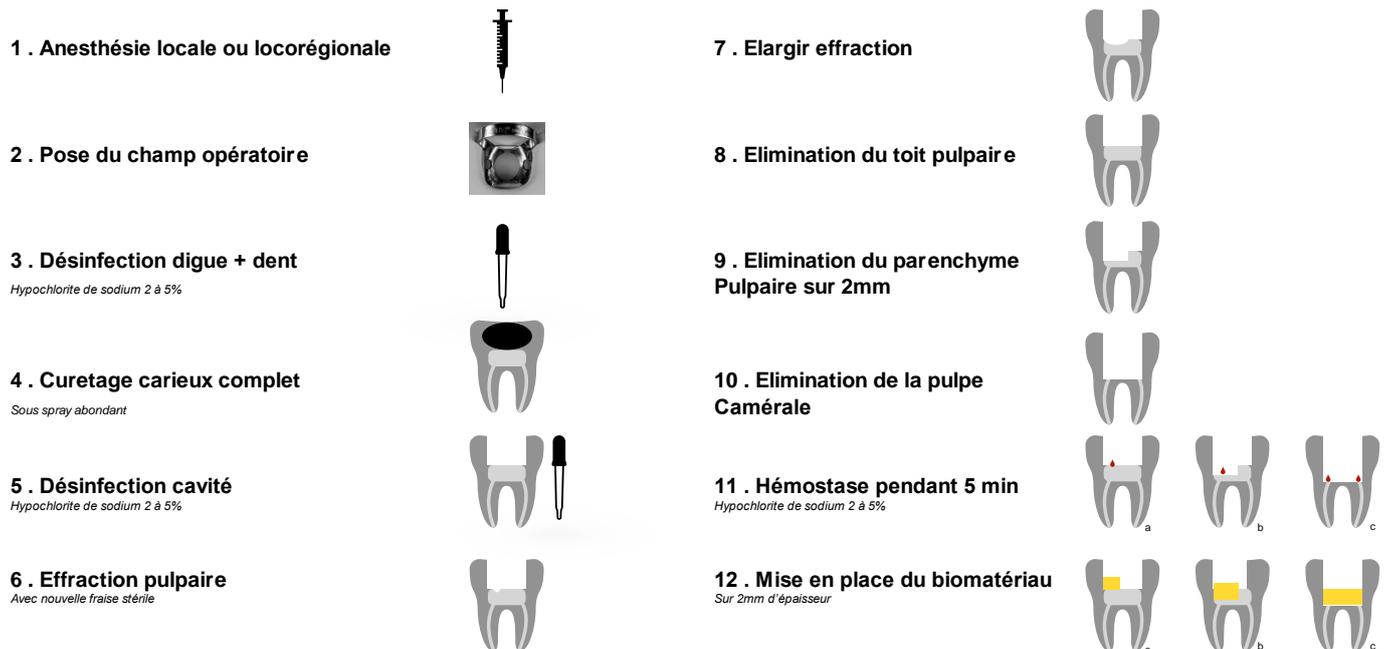
Pulpites		Initiale	Légère	Modérée	Sévère	Cas clinique
Douleur						
Type						
Provoquée	0	0	0	1	1	?
Spontanée	1					
Intensité						
Faible	0					
Légère	1	0	1	2	3	?
Modérée (nécessite la prise d'antalgique)	2					
Sévère (accentuée en décubitus dorsal)	3					
Sensibilité						
Normale	0					
Exacerbée sans rémanence	1	0 / 1	2	3	3	?
Exacerbée avec rémanence < 20s	2					
Exacerbée avec rémanence > 20s	3					
Percussion						
Négative	0	0	0 / 1	0 / 1	2	?
Positive	1					
Exacerbée	2					
Total		0 / 1	3 / 4	6 / 7	9	?

Source : Auteur, 2021.

⁴⁷ Alqaderi et al., « Coronal pulpotomy for cariously exposed permanent posterior teeth with closed apices : a systematic review and meta-analysis ».

Nous avons également créé une fiche récapitulative sur les étapes à réaliser durant les actes thérapeutiques qui peut être utile en clinique afin de s'assurer de respecter au mieux les protocoles strictes nécessaires à la réussite de la prise en charge (cf. figure 23).

Figure 23 : Fiche thérapeutique pulpaire



Étapes :

- Coiffage pulpaire direct : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 11a - 12a
- Pulpotomie partielle : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 9 - 11b - 12b
- Pulpotomie complète : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 11c - 12c

Source : Auteur, 2021.

3.4 Synthèse

3.4.1 Pronostic

Le succès des thérapeutiques de maintien de la vitalité pulpaire peut être difficile à évaluer. En effet, les tests de sensibilité pulpaire peuvent être biaisés du fait de l'absence de tissu pulpaire vivant dans la chambre coronaire, notamment pour la pulpotomie complète. Afin de palier à ce problème, le test électrique peut être utilisé afin d'évaluer la vitalité pulpaire suite à la réalisation d'une pulpotomie.

Cependant le résultat obtenu avec ce test peut être altéré en fonction de la restauration coronaire réalisée.

Cependant, les auteurs semblent s'accorder sur le fait qu'une absence de signes cliniques, de symptômes ainsi que de signes radiologiques de pathologie apicale vont dans le sens du succès.⁴⁸⁴⁹ En effet, se baser sur les résultats des tests de sensibilité pourrait augmenter le nombre de faux négatifs. Il est donc difficile d'utiliser des critères objectifs pour évaluer ces thérapeutiques pulpaire, l'absence de signes d'inflammation ou d'infection semble plus pertinente.⁵⁰

Le taux de succès cité dans la méta-analyse de la pulpotomie partielle⁵¹ est comparable à celui calculé dans la méta-analyse sur la pulpotomie complète.⁵² Notamment pour les pulpes initialement diagnostiquées saines ou en pulpite réversible. Le taux de succès à 1 an est comparable (96 % pour la pulpotomie partielle contre 94 % pour la pulpotomie complète). La pulpotomie partielle par rapport à la pulpotomie complète est alors légitime dans ces situations de pulpes pas ou peu inflammatoires du fait de la conservation pulpaire plus importante.

L'un des avantages des thérapeutiques de maintien de la vitalité pulpaire et d'éviter la dévitalisation de la dent. Il est donc légitime de comparer le succès de ces thérapeutiques avec celui du traitement de pulpectomie. Un essai clinique randomisé mené sur une période de 5 ans avec 407 patients inclus a été réalisé dans le but de comparer ces deux traitements sur des molaires permanentes atteintes de pulpite irréversible.⁵³ Malgré 33 % de patients perdus de vue à 5 ans, aucune différence significative n'a été démontrée entre les deux types de traitements sur les 271 patients étudiés à 5 ans. Dans la logique du gradient thérapeutique, la préservation pulpaire a donc tout à fait sa place dans le traitement des pulpes inflammatoires face à la pulpectomie.

3.4.2. Facteurs influençant le succès

L'âge du patient serait le premier critère évident pour influencer le succès de ces thérapeutiques. Les patients de moins de 40 ans auraient un taux de succès supérieur aux patients de plus de 40 ans dans

⁴⁸ Alqaderi et al.

⁴⁹ Ricucci, Loghini, et Siqueira, « Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses ».

⁵⁰ Zanini, Hennequin, et Cousson, « A review of criteria for the evaluation of pulpotomy outcomes in mature permanent teeth ».

⁵¹ Elmsmari et al., « Outcome of partial pulpotomy in cariously exposed posterior permanent teeth: a systematic review and meta-analysis ».

⁵² Alqaderi et al., « Coronal pulpotomy for cariously exposed permanent posterior teeth with closed apices : a systematic review and meta-analysis ».

⁵³ Asgary et al., « Five-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis : a non-inferiority multicenter randomized clinical trial ».

le cas de coiffage pulpaire direct (90,9 % contre 73,8 %).⁵⁴ Cette différence peut être expliquée par la capacité de réparation de la pulpe plus importante chez les patients jeunes. Cependant d'autres études n'ont pas montré de différences significatives entre les différents groupes d'âge quant au succès des thérapeutiques de maintien de la vitalité pulpaire.^{55 56 57} Il serait plus intéressant de s'intéresser à l'âge pulpaire plus qu'à l'âge du patient lui-même. Une pulpe ayant subi plusieurs agressions aura une capacité de défense diminuée par rapport à une pulpe qui subit sa première agression carieuse et ce, indépendamment de l'âge du patient. Une dent sur laquelle plusieurs reprises carieuses ont eu lieu aura un âge pulpaire plus important et donc une défense affaiblie par rapport à une dent indemne de carie sur le même patient. Même si aucune différence significative n'a été démontrée dans son étude sur le coiffage pulpaire direct, Lipski a comparé le taux de succès entre les dents atteintes de carie primaire et celles atteintes de carie secondaire. Ce taux de succès est de 88,6 % et 76,2 % respectivement.⁵⁸

Le sexe, le type de dent, la localisation proximale ou occlusale de la carie n'ont, dans la majorité des études, pas d'influence significative sur le succès du maintien de la vitalité pulpaire.^{59 60 61 62}

Le type de restauration coronaire ainsi que le délais de sa mise en place peuvent avoir pour certains auteurs une influence sur le succès des traitements.^{63 64} Notamment pour Barthel, qui dans son étude rétrospective a montré une influence significative du délais de mise en place de la restauration coronaire définitive sur le succès du coiffage pulpaire direct. Il préconise la mise en place de cette restauration définitive dans un délais maximum de 2 jours suivant la thérapeutique pulpaire.⁶⁵ Dans son étude rétrospective, Kunert a évalué l'impact du type de restauration coronaire sur le succès de la pulpotomie sur dents permanentes. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la mise en place d'une couronne suivi par l'amalgame et les moins bons résultats ont été obtenus avec le composite.⁶⁶

⁵⁴ Lipski et al., « Factors affecting the outcomes of direct pulp capping using Biodentine ».

⁵⁵ Kunert et al., « Permanent teeth pulpotomy survival analysis: retrospective follow-up ».

⁵⁶ Asgary et al., « Outcomes of different vital pulp therapy techniques on symptomatic permanent teeth : a case series ».

⁵⁷ Linsuwanont et al., « Treatment outcomes of mineral trioxide aggregate pulpotomy in vital permanent teeth with carious pulp exposure : the retrospective study ».

⁵⁸ Lipski et al., « Factors affecting the outcomes of direct pulp capping using Biodentine ».

⁵⁹ Lipski et al.

⁶⁰ Taha et Khazali, « Partial pulpotomy in mature permanent teeth with clinical signs indicative of irreversible pulpitis : a randomized clinical trial ».

⁶¹ Taha et Abdulkhader, « Full pulpotomy with biodentine in symptomatic young permanent teeth with carious exposure ».

⁶² Asgary et al., « Five-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis : a non-inferiority multicenter randomized clinical trial ».

⁶³ Linsuwanont et al., « Treatment outcomes of mineral trioxide aggregate pulpotomy in vital permanent teeth with carious pulp exposure : the retrospective study ».

⁶⁴ Kunert et al., « Permanent teeth pulpotomy survival analysis: retrospective follow-up ».

⁶⁵ Barthel et al., « Pulp capping of carious exposures: treatment outcome after 5 and 10 years : a retrospective study ».

⁶⁶ Kunert et al., « Permanent teeth pulpotomy survival analysis: retrospective follow-up ».

D'autres études n'ont montré aucune différence significative quant à la nature de la restauration coronaire définitive.⁶⁷ Cela a été notamment démontré avec l'utilisation de Biodentine comme matériau de restauration provisoire pendant 2 à 3 mois qui n'a pas montré de différence significative avec le placement immédiat de la restauration coronaire définitive.⁶⁸

Enfin, le type de biomatériau mis en place en contact avec le tissu pulpaire peut avoir une influence sur le succès des thérapeutiques pulpaires.

De nombreuses études comparant l'hydroxyde de calcium au MTA ont été réalisées et ont démontré une différence significative à l'avantage du MTA. Un essai clinique randomisé réalisé en 2017 a démontré une différence significative entre le MTA et l'hydroxyde de calcium dans le cas de pulpotomie partielle sur des dents atteintes de pulpite irréversible. Le taux de succès à 1 an est de 83 % pour le MTA et 55 % pour l'hydroxyde de calcium et de 85 % contre 43 % à 2 ans.⁶⁹

La Biodentine étant plus récente, moins d'études ont été publiées à son sujet. Cependant son succès semble être comparable à celui du MTA.⁷⁰

3.4.3 Suivi

Se pose également la question du suivi après ces thérapeutiques pulpaires. La faible différence de succès au fur et à mesure des périodes étudiées (6 mois, 1 an, 2 ans) dans les méta-analyses précédemment citées peuvent nous laisser croire qu'un contrôle à 6 mois permettrait d'envisager un succès à plus long terme. Cette analyse est également supportée par la Société Européenne d'Endodontie qui préconise une surveillance à 6 mois avec entretien clinique et un examen radiologique à 1 an.⁷¹ Cependant, un suivi sur le long terme est nécessaire tout comme les dents recevant une pulpectomie, afin de s'assurer de l'absence d'apparition de symptômes ou de signes cliniques qui marqueraient l'échec de la thérapeutique.

⁶⁷ Taha et Abdulkhader, « Full pulpotomy with biodentine in symptomatic young permanent teeth with carious exposure ».

⁶⁸ Lipski et al., « Factors affecting the outcomes of direct pulp capping using Biodentine ».

⁶⁹ Taha et Khazali, « Partial pulpotomy in mature permanent teeth with clinical signs indicative of irreversible pulpitis : a randomized clinical trial ».

⁷⁰ Awawdeh et al., « Outcomes of vital pulp therapy using mineral trioxide aggregate or biodentine : a prospective randomized clinical trial ».

⁷¹ European society of endodontology (ESE) developed by: et al., « European society of endodontology position statement : management of deep caries and the exposed pulp ».

Conclusion

La compréhension du rôle du complexe pulpo-dentinaire face à la lésion carieuse profonde ainsi que le développement de nouveaux biomatériaux ont permis de mettre à jour de nouvelles techniques de prise en charge dans le but de préserver la vitalité pulpaire.

Cela implique dans un premier temps de poser le bon diagnostic. Les outils disponibles à ce jour nous permettent de poser un diagnostic uniquement basé sur les symptômes et les signes cliniques. Pour cela nous avons vu qu'une démarche rigoureuse devait être suivie afin d'indiquer la thérapeutique la mieux adaptée à la situation clinique. Des recherches sur de nouvelles méthodes de diagnostic sont en train d'être menées dans le but d'obtenir un diagnostic histologique plus précis en clinique.

Les thérapeutiques que nous avons vues sont déjà utilisées pour le traitement des dents temporaires. Cependant, comme nous l'avons vu à travers différentes études, ces thérapeutiques de maintien de la vitalité pulpaire semblent applicables pour le traitement des dents permanentes. Des études menées sur de plus longues périodes permettraient de valider le pronostic de ces actes sur le long terme.

Le maintien de la vitalité pulpaire devrait être l'objectif majeur pour la prise en charge des lésions carieuses profondes. Son taux de succès n'a pas démontré d'infériorité par rapport au traitement endodontique. De plus les coûts engagés par le patient pour ces thérapeutiques est largement réduit par rapport à une pulpectomie.⁷²

⁷² Asgary, Eghbal, et Ghoddsi, « Two-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis : an ongoing multicenter randomized clinical trial ».

Bibliographie

- Alqaderi, H., C.-T. Lee, S. Borzangy, et T.-C. Pagonis. « Coronal pulpotomy for cariously exposed permanent posterior teeth with closed apices : a systematic review and meta-analysis ». *Journal of Dentistry* 44 (2016): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.12.005>.
- American association of endodontists. « Cervical pulpotomy ». In *Glossary of endodontic terms*, 2020. <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>.
- . « Pulp capping ». In *Glossary of endodontic terms*, 2020. <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>.
- Asgary, S., M.-J. Eghbal, M. Fazlyab, A.-A. Baghban, et J. Ghoddusi. « Five-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis : a non-inferiority multicenter randomized clinical trial ». *Clinical oral investigations* 19, n° 2 (2015): 335-41. <https://doi.org/10.1007/s00784-014-1244-z>.
- Asgary, S., M.-J. Eghbal, et J. Ghoddusi. « Two-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis : an ongoing multicenter randomized clinical trial ». *Clinical oral investigations* 18, n° 2 (2014): 635-41. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1003-6>.
- Asgary, S., M. Fazlyab, S. Sabbagh, et M.-J. Eghbal. « Outcomes of different vital pulp therapy techniques on symptomatic permanent teeth : a case series ». *Iranian endodontic journal* 9, n° 4 (2014): 295-300.
- Asgary, S., R. Hassanizadeh, H. Torabzadeh, et M.-J. Eghbal. « Treatment outcomes of 4 vital pulp therapies in mature molars ». *Journal of endodontics* 44, n° 4 (2018): 529-35. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.010>.
- Awawdeh, L., A. Al-Qudah, H. Hamouri, et R.-J. Chakra. « Outcomes of vital pulp therapy using mineral trioxide aggregate or biodentine : a prospective randomized clinical trial ». *Journal of endodontics* 44, n° 11 (2018): 1603-9. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.004>.
- Awawdeh, L., K. Hemaidat, et W. Al-Omari. « Higher maximal occlusal bite force in endodontically treated teeth versus vital contralateral counterparts ». *Journal of endodontics* 43, n° 6 (2017): 871-75. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.028>.
- Barthel, C.-R., B. Rosenkranz, A. Leuenberg, et J. F. Roulet. « Pulp capping of carious exposures: treatment outcome after 5 and 10 years : a retrospective study ». *Journal of endodontics* 26, n° 9 (2000): 525-28. <https://doi.org/10.1097/00004770-200009000-00010>.

- Bjørndal, L., S. Simon, P.-L. Tomson, et H.-F. Duncan. « Management of deep caries and the exposed pulp ». *International endodontic journal* 52, n° 7 (2019): 949-73.
<https://doi.org/10.1111/iej.13128>.
- Brannstrom, M. « The hydrodynamic theory of dentinal pain : sensation in preparations, caries, and the dentinal crack syndrome ». *Journal of endodontics* 12, n° 10 (1986): 453-57.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(86\)80198-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(86)80198-4).
- Cooper, P.-R., Y. Takahashi, L.-W. Graham, S. Simon, S. Imazato, et A.-J. Smith. « Inflammation-regeneration interplay in the dentine-pulp complex ». *Journal of dentistry* 38, n° 9 (2010): 687-97. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.05.016>.
- Cox, C.-F., R.-K. Sübay, E. Ostro, S. Suzuki, et S.-H. Suzuki. « Tunnel defects in dentin bridges : their formation following direct pulp capping ». *Operative dentistry* 21, n° 1 (1996): 4-11.
- Cox, C.-F., et S. Suzuki. « Re-evaluating pulp protection: calcium hydroxide liners vs. cohesive hybridization ». *Journal of the American Dental Association (1939)* 125, n° 7 (1994): 823-31.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.1994.0205>.
- Dammaschke, T., J. Leidinger, et E. Schäfer. « Long-term evaluation of direct pulp capping : treatment outcomes over an average period of 6.1 years ». *Clinical oral investigations* 14, n° 5 (2010): 559-67. <https://doi.org/10.1007/s00784-009-0326-9>.
- Elmsmari, F., X.-F. Ruiz, Q. Miró, N. Feijoo-Pato, F. Durán-Sindreu, et J.-G. Olivieri. « Outcome of partial pulpotomy in cariously exposed posterior permanent teeth: a systematic review and meta-analysis ». *Journal of endodontics* 45, n° 11 (2019): 1296-1306.e3.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.07.005>.
- European society of endodontology (ESE) developed by: H.-F. Duncan, K.-M. Galler, P.-L. Tomson, S. Simon, I. El-Karim, R. Kundzina, et al. « European society of endodontology position statement : management of deep caries and the exposed pulp ». *International endodontic journal* 52, n° 7 (2019): 923-34. <https://doi.org/10.1111/iej.13080>.
- Fong, C.-D., et M.-J. Davis. « Partial pulpotomy for immature permanent teeth, its present and future ». *Pediatric dentistry* 24, n° 1 (2002): 29-32.
- Hegde, S., B. Sowmya, S. Mathew, S.-H. Bhandi, S. Nagaraja, et K. Dinesh. « Clinical evaluation of mineral trioxide aggregate and biodentine as direct pulp capping agents in carious teeth ». *Journal of conservative dentistry: JCD* 20, n° 2 (2017): 91-95. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.212243>.
- Komabayashi, T., et Q. Zhu. « Innovative endodontic therapy for anti-inflammatory direct pulp capping of permanent teeth with a mature apex ». *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 109, n° 5 (2010): e75-81.
<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.12.034>.

- Komabayashi, T., Q. Zhu, R. Eberhart, et Y. Imai. « Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth ». *Dental Materials Journal* 35, n° 1 (2016): 1-12.
<https://doi.org/10.4012/dmj.2015-013>.
- Koubi, G., P. Colon, J.-C. Franquin, A. Hartmann, G. Richard, M.-O. Faure, et G. Lambert. « Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth — a prospective study ». *Clinical Oral Investigations* 17, n° 1 (2013): 243-49. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0701-9>.
- Kunert, G.-G., I.-R. Kunert, L.-C. da Costa Filho, et J.-A.-P. de Figueiredo. « Permanent teeth pulpotomy survival analysis: retrospective follow-up ». *Journal of Dentistry* 43, n° 9 (2015): 1125-31.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.06.010>.
- Lin, L.-M., D. Ricucci, T.-M. Saoud, A. Sigurdsson, et B. Kahler. « Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology ». *Australian Endodontic Journal: The Journal of the Australian Society of Endodontology Inc* 46, n° 1 (2020): 154-66.
<https://doi.org/10.1111/aej.12392>.
- Linsuwanont, P., K. Wimonutthikul, U. Pothimoke, et B. Santiwong. « Treatment outcomes of mineral trioxide aggregate pulpotomy in vital permanent teeth with carious pulp exposure : the retrospective study ». *Journal of Endodontics* 43, n° 2 (2017): 225-30.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.10.027>.
- Lipski, M., A. Nowicka, K. Kot, L. Postek-Stefańska, I. Wysoczańska-Jankowicz, L. Borkowski, P. Andersz, et al. « Factors affecting the outcomes of direct pulp capping using Biodentine ». *Clinical Oral Investigations* 22, n° 5 (2018): 2021-29. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2296-7>.
- Matsuo, T., T. Nakanishi, H. Shimizu, et S. Ebisu. « A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps ». *Journal of endodontics* 22, n° 10 (1996): 551-56.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80017-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80017-3).
- Mente, J., B. Geletneky, M. Ohle, M.-J. Koch, P.-G. Friedrich Ding, D. Wolff, J. Dreyhaupt, N. Martin, H.-J. Staehle, et T. Pfefferle. « Mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping : an analysis of the clinical treatment outcome ». *Journal of endodontics* 36, n° 5 (2010): 806-13.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.024>.
- Ricucci, D., S. Loghin, et J.-F. Siqueira. « Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses ». *Journal of endodontics* 40, n° 12 (2014): 1932-39. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.08.010>.
- Ricucci, D., J.-F. Siqueira, Y. Li, et F.-R. Tay. « Vital pulp therapy: histopathology and histobacteriology-based guidelines to treat teeth with deep caries and pulp exposure ». *Journal of Dentistry* 86 (2019): 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.05.022>.

- Rosa, W.-L.-O. da, E. Piva, et A. F. da Silva. « Disclosing the physiology of pulp tissue for vital pulp therapy ». *International endodontic journal* 51, n° 8 (2018): 829-46.
<https://doi.org/10.1111/iej.12906>.
- Shon, W.-J., H.-F. Duncan, P.-L. Tomson, I.-E. Karim, G. McKenna, M. Dorri, L. Stangvaltaite, et L.-W.-M. van der Sluis. « Minimally invasive endodontics : a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs ». *International endodontic journal* 50, n° 9 (2017): 825-29.
<https://doi.org/10.1111/iej.12793>.
- Simon, S.-R.-J., A. Berdal, P.-R. Cooper, P.-J. Lumley, P.-L. Tomson, et A.-J. Smith. « Dentin-pulp complex regeneration : from lab to clinic ». *Advances in dental research* 23, n° 3 (2011): 340-45.
<https://doi.org/10.1177/0022034511405327>.
- Smith, A.-J., H.-F. Duncan, A. Diogenes, S. Simon, et P.-R. Cooper. « Exploiting the bioactive properties of the dentin-pulp complex in regenerative endodontics ». *Journal of endodontics* 42, n° 1 (2016): 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.10.019>.
- Taha, N.-A., et S.-Z. Abdelkader. « Outcome of full pulpotomy using Biodentine in adult patients with symptoms indicative of irreversible pulpitis ». *International endodontic journal* 51, n° 8 (2018): 819-28. <https://doi.org/10.1111/iej.12903>.
- Taha, N.-A., et S.-Z. Abdulkhader. « Full pulpotomy with biodentine in symptomatic young permanent teeth with carious exposure ». *Journal of endodontics* 44, n° 6 (2018): 932-37.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.03.003>.
- Taha, N.-A., et M.-A. Khazali. « Partial pulpotomy in mature permanent teeth with clinical signs indicative of irreversible pulpitis : a randomized clinical trial ». *Journal of endodontics* 43, n° 9 (2017): 1417-21. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.033>.
- Zanini, M., M. Hennequin, et P.-Y. Cousson. « A review of criteria for the evaluation of pulpotomy outcomes in mature permanent teeth ». *Journal of endodontics* 42, n° 8 (2016): 1167-74.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.05.008>.

Table des figures

Figure 1 : Coupes histologiques schématisant la dentine circumpulpaire.....	6
Figure 2 : Deux types de formation de dentine tertiaire.....	7
Figure 3 : Étapes biologiques associées aux évènements de guérison lors de la régénération pulpo-dentinaire	8
Figure 4 : Libération des protéines matricielles lors de la déminéralisation dentinaire.....	9
Figure 5 : Cascade d'évènements moléculaires impliqués dans la dentinogenèse	10
Figure 6 : Forme commerciale de l'hydroxyde de calcium par Henry Schein	12
Figure 7 : Proroot MTA®, forme commerciale par Dentsply	13
Figure 8 : Biodentine®, forme commerciale par Septodont.....	14
Figure 9 : Photo clinique, test au froid sur 21 avec boulette de coton réfrigéré.....	17
Figure 10 : Photo clinique, test au chaud sur 21 avec gutta percha réchauffée.....	18
Figure 11 : Photo clinique, test électrique avec électrode placé sur 21	18
Figure 12 : Photo clinique, test de percussion axiale sur 21 avec le manche métallique d'un miroir ..	19
Figure 13: Radiographie rétro-alvéolaire de la dent 15	22
Figure 14 : Coupes histologiques colorée à l'hématoxyline éosine	23
Figure 15 : Coupe histologique à la coloration Brown and Brenn.....	23
Figure 16 : Coupes histologiques, coloration hématoxyline éosine et Brown and Brenn	24
Figure 17 : Coupes histologiques, coloration Brown and Brenn	24
Figure 18 : Organigramme de la gestion de la préservation pulpaire dans le cas de lésions carieuses profondes	28
Figure 19 : Coiffage pulpaire direct sur 46	31
Figure 20 : Pulpotomie partielle sur 37 atteinte d'une pulpite irréversible	35
Figure 22 : Pulpotomie complète sur 36	38
Figure 23 : Fiche thérapeutique pulpaire	40

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau comparatif des biomatériaux.....	15
Tableau 2 : Éléments diagnostiques de la pulpite réversible et irréversible	21
Tableau 3 : Éléments diagnostics selon le concept « Endolight »	26
Tableau 4 : Tableau d'aide au diagnostic pulpaire.....	39

Vu, le Directeur de thèse

Vu, le Doyen de l'UFR d'Odontologie

Docteur Fleur BERES

Professeur Louis MAMAN

Vu, le Président d'Université de Paris

Professeur Christine CLERICI

Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Louis MAMAN

Préservation de la vitalité pulpaire, quelle approche adopter ?

Paul Engelvin. Préservation de la vitalité pulpaire, quelle approche adopter ?. 2021. 50

p.: ill., graph., tabl. Réf. bibliographiques p. 45-48

Sous la direction de Mme le Docteur Fleur Beres

Université de Paris

UFR d'Odontologie - Montrouge

1, rue Maurice Arnoux - 92120 Montrouge