

**UNIVERSITE DE LILLE**

**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2019

N°:

THESE POUR LE

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 18 DECEMBRE 2019

Par Quentin BOUKHETAM

Né le 31 MARS 1993 à Lille - France

**LA PULPOTOMIE CERVICALE : UNE ALTERNATIVE A LA BIOPULPECTOMIE  
POUR LES DENTS PERMANENTES MATURES ATTEINTES DE PULPITE  
IRREVERSIBLE.**

**JURY**

Président : Monsieur le Professeur Etienne DEVEAUX

Assesseurs : Monsieur le Docteur Thibaut BÉCAVIN

Monsieur le Docteur Lieven ROBBERECHT

Monsieur le Docteur Alexandre DEMETRIOU



# Présentation de la Faculté Dentaire et de l'Université de Lille



Président de l'Université	:	Pr. J-C. CAMART
Directeur Général des Services de l'Université	:	P-M. ROBERT
Doyen	:	Dr. E. BOCQUET
Vice-Doyen	:	Dr. A. de BROUCKER
Responsable des Services	:	S. NEDELEC
Responsable de la Scolarité	:	M. DROPSIT

## **PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.E.R.**

### ***PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS :***

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
E. DELCOURT-DEBRUYNE	Professeur Emérite Parodontologie
<b>C. DELFOSSE</b>	Responsable du Département <b>d'Odontologie Pédiatrique</b>
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie

## ***MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES***

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BECAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
P. BOITELLE	Prothèses
<b>F. BOSCHIN</b>	Responsable du Département de <b>Parodontologie</b>
<b>E. BOCQUET</b>	Responsable du Département d' <b>Orthopédie Dento-Faciale</b> <b>Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire</b>
<b>C. CATTEAU</b>	Responsable du Département de <b>Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale</b>
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
<b>P. HILDEBERT</b>	Responsable du Département de <b>Dentisterie Restauratrice Endodontie</b>
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
<b>L. NAWROCKI</b>	Responsable du Département de <b>Chirurgie Orale</b> Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
<b>C. OLEJNIK</b>	Responsable du Département de <b>Biologie Orale</b>
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
<b>M. SAVIGNAT</b>	Responsable du Département des <b>Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
<b>J. VANDOMME</b>	Responsable du Département de <b>Prothèses</b>

### ***Réglementation de présentation du mémoire de Thèse***

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

# **Remerciements**

**Aux membres du jury,**

**Monsieur le professeur Etienne DEVEAUX**

**Professeur des universités – praticien hospitalier des CSERD**

*Section de réhabilitation orale*

*Département de dentisterie restauratrice endodontie*

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur en sciences odontologiques

Docteur en odontologie de l'Université de Lille 2

Habilité à diriger des recherches

Ancien doyen de la faculté de chirurgie dentaire de Lille

Membre associé national de l'Académie nationale de chirurgie dentaire

Personne compétente en radioprotection

Ancien président de la société française d'endodontie

Chevalier dans l'Ordre des palmes académiques

*Vous me faites l'honneur d'avoir accepté la présidence de ce jury et je vous en remercie. J'ai eu le chance de pouvoir bénéficier de vos enseignements au cours de mon cursus universitaire et je tiens à vous remercier pour la pédagogie dont vous avez su faire preuve. Veuillez trouver dans cet ouvrage l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.*

**Monsieur le docteur Thibault BÉCAVIN**

**Maître de conférences des universités – praticien hospitalier des CSERD**

*Section de réhabilitation orale*

*Département de dentisterie restauratrice endodontie*

Docteur en chirurgie dentaire

Master II biologie et santé – Lille 2

Docteur de l'Université de Lille

*Vous avez spontanément accepté de siéger au sein de ce jury et je vous en remercie. Je vous remercie également pour la qualité de vos enseignements théoriques et pratiques. Veuillez trouver dans ce travail la marque de ma plus grande estime.*

**Monsieur le docteur Lieven ROBBERECHT**

**Maître de conférences des universités – praticien hospitalier des CSERD**

*Section de réhabilitation orale*

*Département de dentisterie restauratrice endodontie*

Docteur en chirurgie dentaire

Assesseur développement durable

*Je vous remercie d'avoir accepté de faire  
partie de ce jury. Je tiens à vous exprimer  
ici ma sincère reconnaissance pour les  
enseignements que vous avez su me  
transmettre avec passion.*

**Monsieur le docteur Alexandre DEMETRIOU**  
**Assistant hospitalo-universitaire des CSERD**  
*Section de réhabilitation orale*  
*Département de dentisterie restauratrice endodontie*

Docteur en chirurgie dentaire  
Certificat d'études supérieures d'odontologie chirurgicale – Lille

*Merci infiniment d'avoir accepté de diriger  
ce travail. Je te remercie également pour  
tes précieux conseils ainsi que la patience  
et la bienveillance dont tu as fait preuve à  
mon égard. Je tiens à t'exprimer ici toute  
ma reconnaissance.*



# Table des matières

<b>Abréviations</b> .....	<b>14</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>15</b>
<b>1 Rappels anatomiques et histologiques</b> .....	<b>16</b>
1.1 L'organe dentaire .....	16
1.2 Le complexe dentino-pulpaire .....	17
1.2.1 La dentine .....	17
1.2.1.1 Composition de la dentine .....	17
1.2.1.2 Les différents types de dentine .....	17
1.2.2 Le tissu pulpaire .....	19
1.2.2.1 Composition du tissu pulpaire .....	19
1.2.2.1 Fonctions du tissu pulpaire .....	19
1.2.2.2 Innervation du tissu pulpaire .....	20
1.2.2.3 Vieillessement du tissu pulpaire .....	21
1.3 Les mécanismes d'agression pulpaire .....	21
1.4 La carie dentaire .....	22
1.4.1 Épidémiologie de la carie .....	22
1.4.2 Conséquences de la carie sur l'organe dentaire .....	22
1.4.2.1 Conséquences sur les tissus durs .....	23
1.4.2.2 Conséquences sur le tissu pulpaire .....	25
<b>2 Diagnostic de l'état pulpaire</b> .....	<b>29</b>
2.1 Anamnèse .....	29
2.2 Examen clinique .....	29
2.2.1 Tests pulpaire .....	30
2.2.1.1 Tests de vitalité pulpaire .....	30
2.2.1.2 Tests de sensibilité pulpaire .....	31
2.2.1.2.1 Tests thermiques .....	31
2.2.1.2.1.1 <i>Test au froid</i> .....	31
2.2.1.2.1.2 <i>Test au chaud</i> .....	32
2.2.1.2.2 Tests électriques .....	33
2.2.2 Autres tests cliniques .....	33
2.3 Examen radiologique .....	34
2.4 Comparaison des tests pulpaire .....	34
2.5 Limite des tests de sensibilité pulpaire .....	35
2.6 Classifications de l'état pulpaire .....	36
2.7 Tableau clinique de la pulpite irréversible .....	38
2.8 Limites au diagnostic de l'état pulpaire .....	39
<b>3 Prise en charge thérapeutique de la pulpite irréversible pour les dents permanentes matures</b> .....	<b>41</b>
3.1 Traitement conventionnel d'une dent en pulpite irréversible .....	41
3.2 La pulpotomie cervicale .....	44
3.2.1 Indications .....	45
3.2.2 Contre-indications .....	46
3.2.2.1 Contre-indications générales .....	46
3.2.2.2 Contre-indications locales .....	46
3.2.3 Arbre décisionnel .....	48

3.2.4	Matériaux de coiffage pulpaire .....	49
3.2.4.1	Hydroxyde de calcium.....	49
3.2.4.2	MTA .....	49
3.2.4.3	Biodentine®.....	51
3.2.4.4	Calcium Enriched Mixture (CEM).....	51
3.2.4.5	Platelet Rich Fibrin (PRF).....	52
3.2.4.6	Comparaison des principaux matériaux.....	53
3.2.5	Protocole opératoire .....	54
3.2.5.1	Anesthésie.....	54
3.2.5.2	Isolation .....	54
3.2.5.3	Curetage carieux.....	55
3.2.5.4	Réalisation de la cavité d'accès .....	55
3.2.5.5	Amputation de la pulpe camérale.....	55
3.2.5.6	Hémostase et désinfection de la cavité.....	55
3.2.5.7	Mise en place du matériau.....	56
3.2.5.8	Reconstitution coronaire étanche.....	56
3.2.5.9	Radiographie post-opératoire .....	56
3.2.6	Critères de succès .....	57
3.3	Pulpotomie cervicale vs. biopulpectomie .....	58
3.3.1	Avantages .....	58
3.3.1.1	Durée et simplicité du soin.....	58
3.3.1.2	Conservation de la vitalité pulpaire radiculaire .....	58
3.3.1.3	Coût.....	58
3.3.1.4	Douleur post-opératoire .....	58
3.3.2	Inconvénients : en cas d'échec .....	59
3.3.2.1	Types d'échec .....	59
3.3.2.2	Causes d'échecs.....	60
3.3.2.2.1	Contamination bactérienne.....	60
3.3.2.2.2	Mauvaise évaluation du statut de la pulpe radiculaire.....	60
3.3.2.2.3	Défaut de cicatrisation pulpaire .....	60
3.3.3	Taux de succès .....	62
	<b>Conclusion .....</b>	<b>63</b>
	<b>Table des figures .....</b>	<b>64</b>
	<b>Table des tableaux.....</b>	<b>65</b>
	<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>66</b>

## **Abréviations**

CAOD : Dents Cariées, Absentes pour cause carieuses, ou Obturées.

CEM : Calcium Enriched Mixture.

CPAM : Caisse Primaire d'Assurance Maladie.

LDF : Laser Doppler Flowmetry.

LIPOE : Lésion Inflammatoire Péri-apicale d'Origine Endodontique.

MTA : Mineral Trioxyde Aggregate.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

TEI : Traitement Endodontique Initial.

VPN : Valeur Prédicative Négative.

VPP : Valeur Prédicative Positive.

## Introduction

Actuellement, la biopulpectomie représente le traitement d'usage pour les dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible. Les nombreuses avancées technologiques qui ont eu lieu ces dernières années ont permis d'améliorer considérablement le taux de succès de cette thérapeutique. Néanmoins, les échecs restent fréquents et sont directement corrélés à la qualité du traitement ainsi qu'au respect des protocoles.

En France, la faible valorisation financière des traitements endodontiques représente un frein important à l'amélioration de leur qualité, malgré l'effervescence des connaissances scientifiques sur le sujet. En effet, la réalisation d'un traitement endodontique dans les règles de l'art est un acte chronophage qui nécessite un plateau technique spécialisé et onéreux ainsi que des compétences spécifiques.

Par ailleurs, la tendance actuelle évolue vers la conservation maximale des différents tissus de l'organe dentaire. La pulpotomie cervicale, qui est une thérapeutique moins invasive, est d'ores et déjà indiquée pour les dents temporaires et les dents permanentes immatures. Sachant qu'une dent dépulpée est moins en mesure de se défendre face aux diverses agressions et que le risque qu'elle développe une lésion inflammatoire d'origine endodontique (LIPOE) est majoré, il est légitime de se poser la question de l'intérêt de l'amputation systématique de la pulpe radiculaire en cas de pulpite irréversible.

Ce travail détaille au cours d'une première partie les causes d'agression ainsi que les mécanismes de défense du tissu pulpaire. Puis, il s'intéresse dans une deuxième partie à la démarche diagnostique de l'état pulpaire. Enfin, dans une troisième et dernière partie, se pose la question de la pertinence de la pulpotomie cervicale en tant qu'alternative à la biopulpectomie pour les dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible.

# 1 Rappels anatomiques et histologiques

## 1.1 L'organe dentaire

L'organe dentaire est constitué de la dent et de son tissu de soutien, à savoir le ligament parodontal, l'os alvéolaire et la muqueuse gingivale. Sa fonction principale est la mastication mais cet organe est également impliqué dans des fonctions sociales, notamment la phonation et le sourire.

La dent est constituée de 4 tissus différents : l'émail, la dentine, le cément et le tissu pulpaire. Les trois premiers sont des tissus minéralisés tandis que le tissu pulpaire est un tissu conjonctif non minéralisé [38].

Une dent peut être considérée en deux parties distinctes : la couronne ainsi qu'une ou plusieurs racines. L'émail, qui est le tissu le plus minéralisé du corps humain, recouvre la couronne et joue un rôle de protection face aux diverses agressions extérieures [38]. Les racines sont quant à elles recouvertes de cément, tissu dans lequel viennent s'insérer les fibres ligamentaires desmodontales. Ces dernières permettent d'unir la dent à l'os alvéolaire. À l'extrémité de chacune des racines se trouvent un ou plusieurs orifices appelés *foramina* apicaux. La pulpe pénètre à l'intérieur de la dent par l'intermédiaire de ces *foramina*.

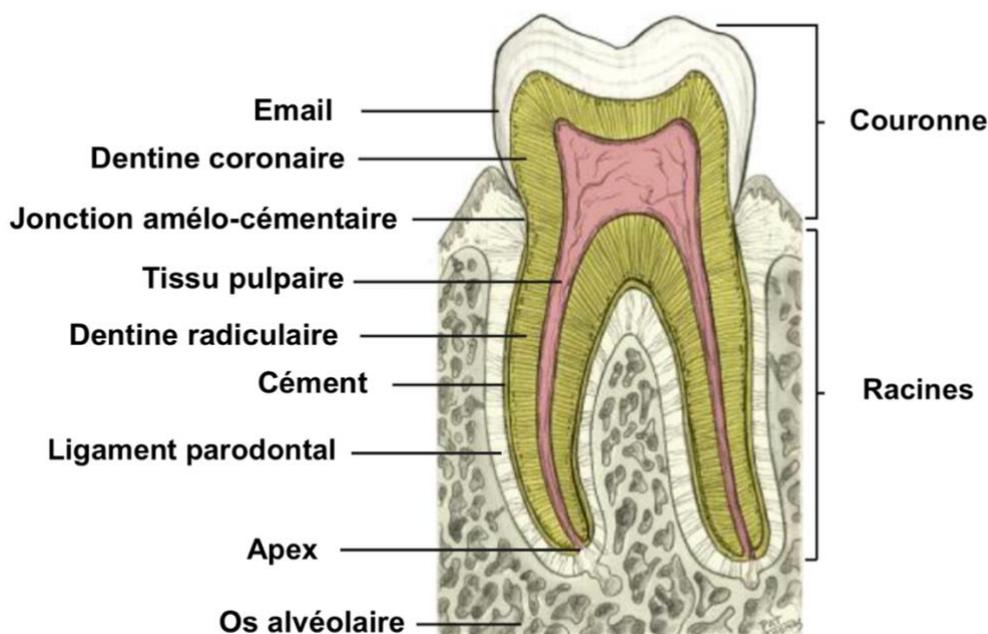


Figure 1 : coupe longitudinale d'une molaire mandibulaire. [38]

## **1.2 Le complexe dentino-pulpaire**

De par leur proximité et leur interdépendance, la pulpe et la dentine forment le complexe dentino-pulpaire [38]. En effet, l'interface entre ces deux tissus est une zone en constante évolution. Les odontoblastes apposent de la dentine en continue et envoient leur prolongement à l'intérieur des canalicules dentinaires.

### **1.2.1 La dentine**

La dentine est le principal tissu constitutif de la dent. On la retrouve aussi bien au niveau de la couronne qu'au niveau des racines. Elle présente une cavité centrale appelée cavité pulpaire, dans laquelle se trouve le tissu pulpaire. Une multitude d'espaces tubulaires appelés *tubuli* ou canalicules dentinaires traversent la dentine de part en part. Le diamètre de ces *tubuli* est de l'ordre du micromètre. On dénombre environ 20.000 canalicules par mm<sup>2</sup> de dentine, ce qui confère à ce tissu une certaine perméabilité [86]. A l'intérieur de ces canalicules se trouvent des prolongements odontoblastiques baignant dans un fluide : le fluide dentinaire.

#### **1.2.1.1 Composition de la dentine**

La dentine est constituée à :

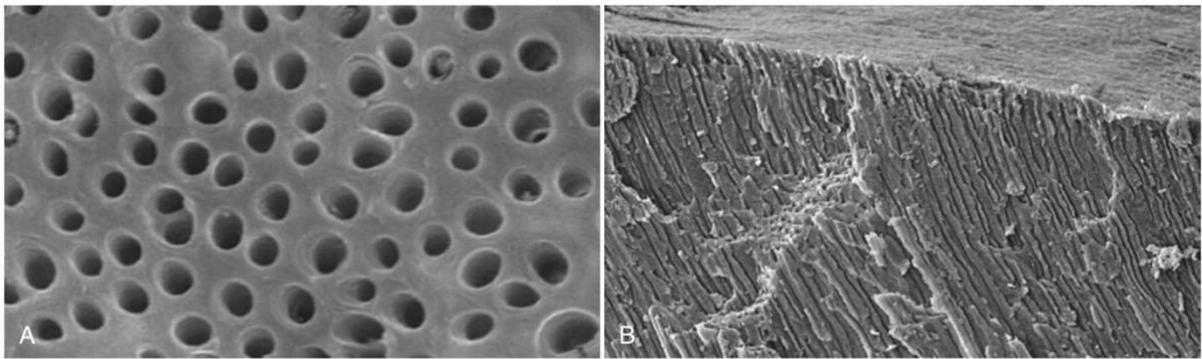
- 70% d'une phase minérale, composée principalement de cristaux d'hydroxyapatite,
- 20% d'une phase organique, contenant principalement du collagène,
- 10% d'eau.

Cette composition lui confère une dureté inférieure à celle de l'émail mais supérieur à celle de l'os alvéolaire et du ciment [75].

#### **1.2.1.2 Les différents types de dentine**

**La dentine périphérique** constitue la couche de dentine la plus superficielle, formée aux stades initiaux de l'odontogenèse. Cette couche de dentine périphérique, épaisse de 30 à 150 µm, est hypominéralisée et dépourvue de *tubuli*. Cette composition lui confère une relative élasticité, favorisant ainsi l'absorption des chocs [44].

Sous cette couche de dentine périphérique se trouve la **dentine circumpulpaire**, plus minéralisée que la couche périphérique. La dentine circumpulpaire est composée de deux types de dentine : la dentine inter-canaliculaire (entre les *tubuli*) et la dentine péri-canaliculaire qui tapisse la paroi des canalicules. La dentine péri-canaliculaire est plus minéralisée que la dentine inter-canaliculaire et ne contient pas de collagène [45].



*Figure 2 : mise en évidence de la perméabilité dentinaire [50].*

On distingue également 3 types de dentine en fonction de leur période de formation [38] :

- la **dentine primaire**, qui est formée avant l'édification radiculaire complète,
- la **dentine secondaire**, qui est formée après l'édification radiculaire complète,
- la **dentine tertiaire**, dite réparatrice ou réactionnelle, qui est formée en réponse à une agression de la pulpe.

Au cours d'une agression modérée, la dentine tertiaire formée par les odontoblastes est dite réactionnelle. En revanche, suite à une agression plus intense, qui provoque une altération de la couche odontoblastique, une cascade de réactions permet le recrutement de cellules progénitrices au sein de la pulpe. Ces cellules se différencient en néo-odontoblastes, qui sécrètent alors de la dentine dépourvue de canalicules, appelée dentine réparatrice [38].

## 1.2.2 Le tissu pulpaire

Le tissu pulpaire occupe la cavité pulpaire de la dent. Il peut être considéré en deux portions : la pulpe camérale ou coronaire et la pulpe canalaire ou radiculaire.

La pulpe camérale, contenue dans la chambre pulpaire, représente la partie la plus volumineuse de la pulpe. On y retrouve des proéminences en direction coronaire appelées cornes pulpaires. La pulpe se prolonge dans les racines, à l'intérieur de canaux dont le nombre et la forme sont inconstants.

### 1.2.2.1 Composition du tissu pulpaire

La pulpe dentaire est un tissu conjonctif non minéralisé, vascularisé et innervé, constituée de 25% de matières organiques et de 75% d'eau.

On distingue différentes zones au sein de la pulpe dont les compositions sont différentes, de la plus périphérique à la plus interne [46] :

- **la couche odontoblastique** : les odontoblastes forment une palissade accolée à la dentine et envoient leur prolongement au sein des *tubuli* dentinaires,
- **la zone acellulaire de Weil**, dépourvue de cellules,
- **la couche sous odontoblastique**, qui contient des cellules de Hoehl, dotées d'un potentiel de différenciation,
- **la zone centrale**, qui est composée :
  - d'éléments cellulaires : fibroblastes, cellules vasculaires, cellules nerveuses, cellules immunocompétentes, cellules souches,
  - d'une matrice extra cellulaire contenant du collagène ainsi que d'autres protéines non collagéniques et des facteurs de croissance.

### 1.2.2.1 Fonctions du tissu pulpaire

La fonction essentielle de ce tissu est d'apporter les éléments précurseurs nécessaires aux odontoblastes et aux cellules sous-odontoblastiques impliquées dans la **dentinogenèse**. L'apposition de dentine est un phénomène physiologique qui a lieu en continu sur chacune des surfaces internes de la cavité pulpaire ainsi qu'à l'intérieur des *tubuli* [46].

La pulpe a également une **fonction sensitive** grâce aux différentes fibres nerveuses. Ces dernières entraînent une réaction nociceptive en réponse à différents *stimuli*, notamment les variations thermiques et osmotiques ainsi que les lésions des tissus minéralisés : fissures, abrasions et caries [46].

Enfin, la pulpe a une **fonction de réparation**. En effet, lorsqu'elle subit une agression, la pulpe est capable de se protéger en apposant de la dentine tertiaire en regard de la zone concernée [46]. De la dentine est également sécrétée à l'intérieur des *tubuli* dentinaires, pouvant conduire à leur oblitération. La pénétration des bactéries au sein des *tubuli* dentinaire est alors limitée, tout comme le phénomène de sensibilité pulpaire. La dentine tertiaire joue donc le rôle d'une véritable barrière de protection pour la pulpe en cas d'agression.

#### **1.2.2.2 Innervation du tissu pulpaire**

L'innervation du tissu pulpaire provient des branches maxillaires et mandibulaires du nerf Trijumeau. Les axones pénètrent dans la pulpe par le biais des *foramina* apicaux et cheminent, avec les vaisseaux sanguins, au centre de la pulpe radiculaire. Ces fibres forment un réseau dense au niveau de la pulpe coronaire, appelé plexus de Rashkow. Ce dernier est en étroite relation avec la couche odontoblastique.

Il existe différents types de fibres nerveuses au sein de la pulpe :

- **les fibres A**, principalement  $A\delta$ , qui sont myélinisées et qui conduisent l'information sensitive directement vers le thalamus [3]. Leur vitesse de conduction est donc élevée et la douleur qu'elles entraînent est rapide, aiguë et bien localisée,
- **les fibres C**, non myélinisées, entraînant une réponse plus lente et une douleur plus sourde et irradiante. Leur seuil d'excitabilité est plus élevé que celui des fibres A, elles répondent donc à des *stimuli* plus intenses [3].

La sensibilité pulpaire qui fait suite à un *stimuli* externe (thermique ou osmotique) s'explique par la **théorie hydrodynamique de Brännström** [24], selon laquelle ce sont les mouvements du fluide dentinaire au sein des *tubuli* qui sont à l'origine de la réponse nociceptive. En effet, ce flux liquidien provoque un changement d'état des prolongements odontoblastiques. La relation étroite entre la couche odontoblastique et le plexus de Rashkow permet alors la dépolarisation des membranes neuronales, responsable de la réponse nociceptive.

De plus, il a été montré chez le rat que certaines fibres nerveuses pénétraient à l'intérieur des *tubuli* dentinaires, notamment dans les portions de dentine les plus internes [69,100]. Cependant, cette théorie relative à l'innervation de la dentine reste controversée.

### **1.2.2.3 Vieillessement du tissu pulpaire**

Avec l'âge et notamment les diverses agressions, la pulpe dentaire subit des modifications [46] :

- une **réduction du volume pulpaire** par apposition de dentine continue, pouvant entraîner des pulpolithes voire une minéralisation diffuse,
- une **fibrose** due à l'augmentation du nombre et du volume des fibres de collagène,
- une **diminution globale du nombre de cellules** pouvant aller jusqu'à 50%,
- une **diminution de la vascularisation et de l'innervation**.

Ces modifications affectent le potentiel réparateur, la réponse hémodynamique aux agressions ainsi que la réponse à l'inflammation de la pulpe [46].

## **1.3 Les mécanismes d'agression pulpaire**

La pulpe dentaire peut subir plusieurs types d'agression. On distingue les agressions **bactériennes** des agressions **mécaniques** : traumatiques ou iatrogènes.

La pulpotomie cervicale des dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible étant beaucoup mieux documentée dans le cadre des lésions carieuses profondes, les mécanismes d'agression mécaniques ne seront pas développés dans ce travail.

## **1.4 La carie dentaire**

La carie dentaire est une pathologie infectieuse multifactorielle chronique qui entraîne une destruction localisée des tissus durs de l'organe dentaire par des produits acides provenant de la fermentation bactérienne des hydrates de carbone issus de l'alimentation. Il s'agit d'un processus dynamique étant donné l'alternance de périodes de déminéralisation et de reminéralisation des tissus dentaires, liée aux fluctuations du pH de la plaque dentaire [79].

### **1.4.1 Épidémiologie de la carie**

Selon l'OMS, la maladie carieuse est un problème de santé publique majeur étant donné qu'elle touche 60% à 90% des enfants et une grande majorité des adultes dans la plupart des pays industrialisés [80]. L'indice CAOD permet de calculer le nombre de dents qui sont cariées, absentes pour cause carieuses, ou obturées. Cet indicateur reflète l'importance de l'atteinte carieuse chez un individu. Un indice CAOD égal à 0 correspond à une absence totale de carie actuelle ou passée. A travers le monde, on observe globalement une diminution de l'indice CAOD moyen et de la prévalence de la maladie carieuse depuis les années 1980.

Cependant, il existe de fortes disparité interindividuelles, étant donné qu'en France, en 2006, les 20% des enfants de 12 ans les plus touchés possédaient à eux seuls 72% des dents atteintes [99]. De plus, il semble exister un fort gradient social. En effet, l'indice CAOD moyen est presque deux fois plus élevé chez les enfants issus de milieux populaires. Au niveau dentaire, les premières molaires sont les plus touchées (70%), et les caries occlusales représentent 80% des lésions [68].

### **1.4.2 Conséquences de la carie sur l'organe dentaire**

Le milieu buccal est un écosystème complexe dans lequel s'établit une flore bactérienne composée de plus de 500 espèces bactériennes, dont certaines sont protectrices tandis que d'autres sont pathogènes. L'équilibre entre ces différents types de flores bactériennes peut être rompu au profit de la flore bactérienne cariogène sous l'influence de certains facteurs, comme une augmentation de l'apport en hydrates de carbones fermentescibles en terme de quantité mais surtout en terme de fréquence [16].

Ces bactéries sont retrouvées à la surface des dents, organisées au sein d'une matrice organique appelée biofilm ou plaque dentaire. Lors de l'alimentation, les hydrates de carbones sont métabolisés par ces bactéries, qui produisent alors des substances acides. L'acidité au sein du biofilm entraîne une baisse du pH ( $\text{pH} < 5$  après quelques minutes), responsable de la déminéralisation des tissus durs de l'organe dentaire. Le pouvoir tampon de la salive permet de rééquilibrer progressivement le pH (autour de 7 après 30 à 60 minutes). Il en résulte une alternance entre les périodes de déminéralisation et de reminéralisation, qui détermine au cours du temps l'évolution de la lésion carieuse [59].

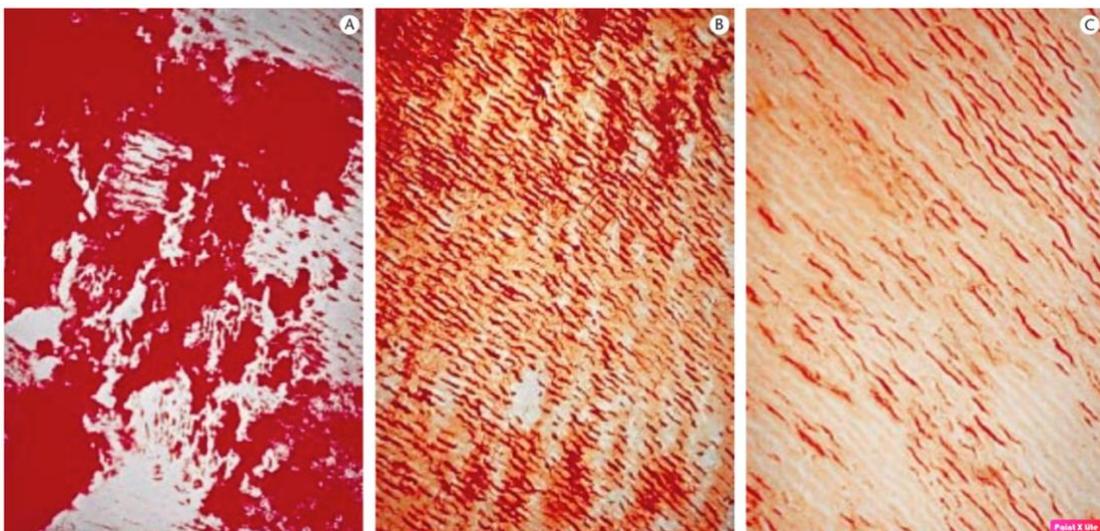
#### **1.4.2.1 Conséquences sur les tissus durs**

L'acidité entraîne la destruction des cristaux d'hydroxyapatite et de la substance inter-cristalline de l'émail, ce qui a tendance à provoquer l'augmentation de sa porosité. La colonisation bactérienne de ce tissu est ainsi favorisée. Lorsque le front de déminéralisation atteint la jonction amélo-dentinaire, les bactéries ainsi que les toxines qu'elles sécrètent pénètrent à l'intérieur des *tubuli* dentinaires. La lésion carieuse progresse alors au sein de la dentine, de manière plus rapide et plus extensive que dans l'émail, du fait de la moindre minéralisation de la dentine. Avec le temps, une cavité dentinaire apparaît. Cette cavité évolue plus ou moins rapidement et peut provoquer à terme l'effondrement de l'émail sus-jacent.

Lors d'une lésion carieuse à évolution lente, la colonisation bactérienne des canalicules entraîne une réponse des odontoblastes. Une apposition de dentine a lieu à l'intérieur des *tubuli*, provoquant une diminution du diamètre voire l'oblitération de ces derniers [76]. Les odontoblastes produisent également de la dentine tertiaire sur les parois internes de la chambre pulpaire en regard de la zone cariée. Ces deux phénomènes permettent de limiter la progression bactérienne intra-tubulaire en direction pulpaire et participent donc à la protection du tissu pulpaire.

En cas de lésion carieuse, on distingue 2 zones de dentines composées chacune de plusieurs couches dont les frontières ne sont pas clairement décelables, de la plus superficielle à la plus interne [87] :

- **la zone externe**, non reminéralisable et insensible, composée de :
  - dentine nécrosée,
  - dentine infectée,
  
- **la zone interne**, reminéralisable et sensible, composée de :
  - dentine affectée,
  - dentine sclérosée,
  - dentine tertiaire.



*Figure 3 : aspect au microscope photonique des zones nécrosée (A), infectée (B) et affectée (C) d'une lésion carieuse dentinaire après coloration des bactéries dont la pénétration au sein des canalicules dentinaire est ainsi révélée (x200) [87].*

La morphologie péritubulaire et intertubulaire de la dentine affectée n'est pas altérée, contrairement à celle de la dentine infectée [52]. De plus, les fibres de collagène contenues dans la dentine affectée ne sont pas dénaturées, contrairement à celles retrouvées dans la dentine infectée. Des bactéries sont présentes dans les *tubuli* pour ces deux types de dentines. Cependant, on en retrouve une moindre quantité dans la dentine affectée [87].

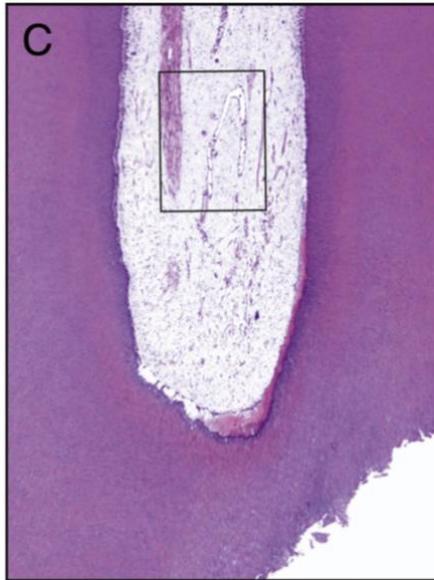
Ces éléments permettent de comprendre pourquoi la dentine affectée peut être reminéralisée, au contact d'un matériau adéquat, contrairement à la dentine infectée. Ainsi, lors d'un curetage carieux, la dentine infectée doit absolument être éliminée tandis que la dentine affectée doit être conservée, à condition que l'état pulpaire le permette.

#### **1.4.2.2 Conséquences sur le tissu pulpaire**

Dans le cadre d'une lésion carieuse profonde, les toxines bactériennes pénètrent dans le tissu pulpaire par le biais des *tubuli* dentinaire. Ces toxines bactériennes constituent un matériel antigénique capable de stimuler des cellules pulpaires immunocompétentes, notamment des lymphocytes T et B. La quantité de ces toxines bactériennes ainsi que l'intensité des *stimuli* provenant du milieu extérieur (variations thermiques et osmotiques) influencent la réponse inflammatoire du tissu pulpaire. Pour les lésions à évolution lente, l'inflammation est principalement chronique et localisée en regard de la perte de substance carieuse. Cependant, lorsque le processus carieux se poursuit, une inflammation localisée aiguë est susceptible d'apparaître.

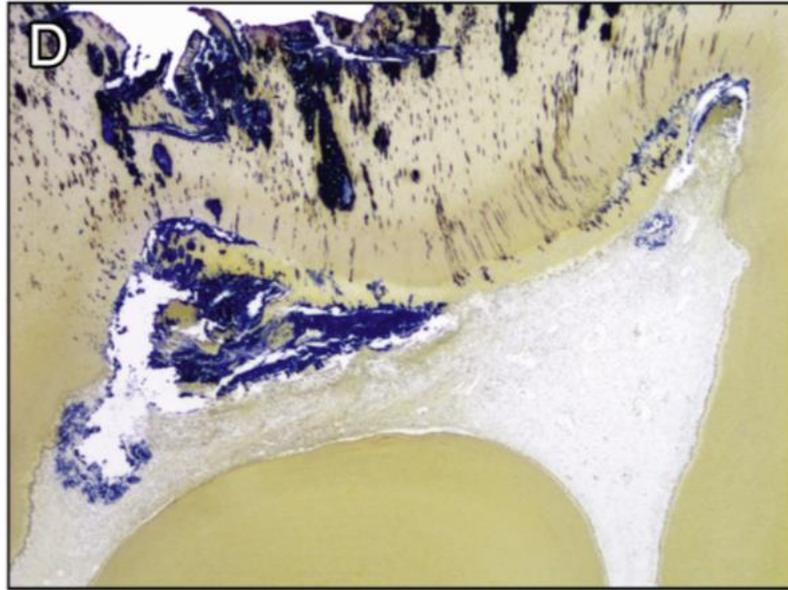
Lors d'une inflammation chronique, on retrouve au sein du tissu pulpaire : des cellules de l'immunité (lymphocytes, monocytes, plasmocytes et macrophages) ainsi qu'une augmentation de la production de collagène, susceptible d'entraîner une fibrose. Malgré tout, la vitalité du tissu pulpaire n'est pas compromise à ce stade [59].

*A contrario*, l'inflammation aiguë provoque une dilatation du système vasculaire, responsable d'une augmentation de pression au sein de l'espace inextensible de la cavité pulpaire. Ce phénomène explique la survenue de fortes douleurs. Le débit sanguin augmente dans un premier temps, puis diminue et finit par disparaître dans un second temps. Ce processus provoque une nécrose localisée du tissu pulpaire par anoxie, qui peut *in fine* s'étendre à l'ensemble du parenchyme pulpaire [59].



*Figure 4 : coupe histologique mettant en évidence l'atteinte inflammatoire réversible de la pulpe d'une molaire maxillaire suite à une lésion carieuse. De la dentine tertiaire est présente en regard de la lésion carieuse, cependant, aucune bactérie n'est visible au sein du tissu pulpaire [83].*

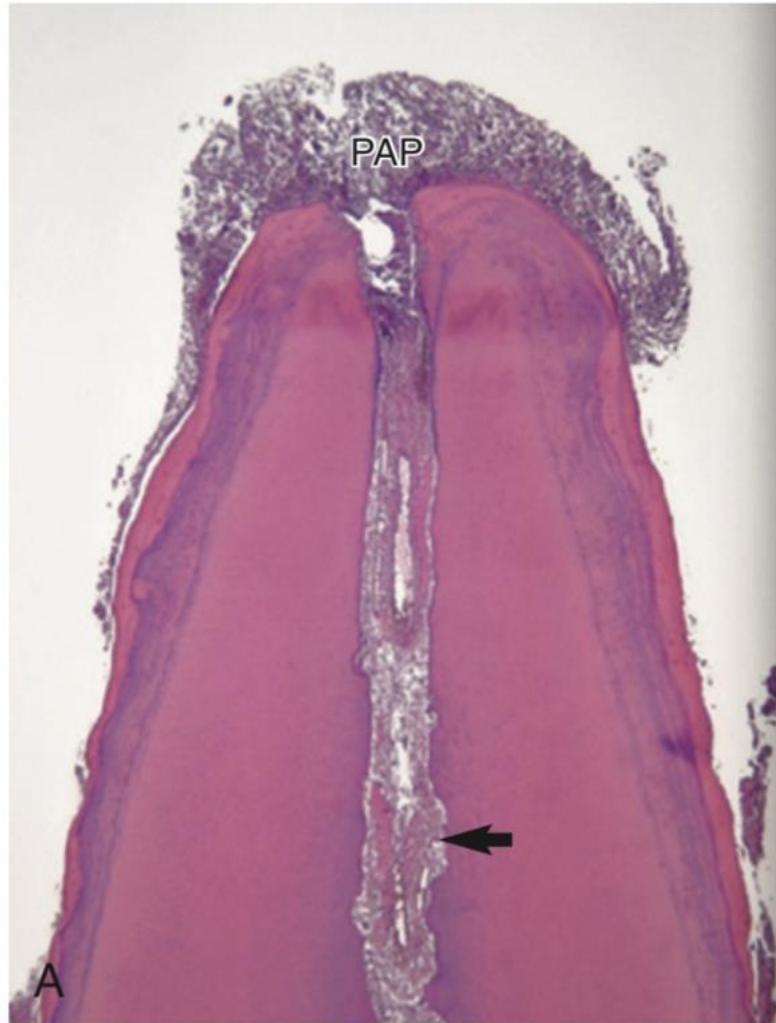
L'inflammation du tissu pulpaire peut être réversible ou irréversible. Dans le cas d'une pulpite réversible, les bactéries n'ont pas colonisé le parenchyme pulpaire et ce dernier est exempt de zone de nécrose. Ainsi, la suppression de l'étiologie permet un retour spontané vers l'état asymptomatique. A l'inverse, lors d'une pulpite irréversible, on retrouve des bactéries dans le parenchyme pulpaire, associées à des zones de nécrose. La suppression de l'étiologie n'est donc pas suffisante pour engendrer une guérison. La pulpe doit alors être amputée, partiellement ou totalement, en fonction de la sévérité de l'atteinte pulpaire [1,65,83].



*Figure 5 : coupe histologique mettant en évidence l'atteinte inflammatoire irréversible de la pulpe d'une molaire mandibulaire suite à une lésion carieuse profonde. On observe des zones de nécroses ainsi que des bactéries qui colonisent la pulpe coronaire [83].*

Suite à l'invasion de la pulpe par les bactéries et en l'absence de traitement, ces dernières se propagent peu à peu à l'ensemble du système canalaire. Le tissu pulpaire nécrotique devient alors une source de nutriments pour les bactéries, et finit par disparaître complètement après 1 à 2 mois suivant la colonisation bactérienne initiale [1]. A ce stade, le système canalaire est infecté.

Enfin, l'atteinte inflammatoire ou infectieuse du tissu pulpaire peut se propager au-delà des *foramina* apicaux de la racine, entraînant alors des phénomènes inflammatoires ou infectieux des tissus péri-apicaux et péri-radiculaires.



*Figure 6 : coupe histologique mettant en évidence l'inflammation de la pulpe d'une dent mature ainsi que l'extension de l'inflammation au niveau des tissus péri-apicaux. Ici la pulpe radiculaire est enflammée de manière réversible [50].*

## **2 Diagnostic de l'état pulpaire**

La démarche diagnostique passe par une anamnèse approfondie, suivie d'un examen clinique, complété par une série de tests ainsi qu'un examen radiologique. Le but de cette démarche est de poser un diagnostic concernant l'état pulpaire de la dent causale. La thérapeutique adéquate est alors déterminée en fonction de ce diagnostic.

### **2.1 Anamnèse**

Tout d'abord, il s'agit de recueillir le motif de consultation du patient ainsi que ses antécédents médico-chirurgicaux. Un interrogatoire est mené oralement, afin de retracer l'évolution de la pathologie.

Si une douleur actuelle ou antérieure est évoquée, on cherche à connaître :

- sa localisation,
- sa date et son mode d'apparition : soudain ou progressif,
- son intensité,
- sa fréquence d'apparition,
- l'existence d'éventuels facteurs de déclenchement ou de soulagement.

Les réponses à ces différentes questions permettent d'orienter la suite de la démarche diagnostique [50].

### **2.2 Examen clinique**

Dans un premier temps, un examen exo-buccal est mené à la recherche d'éventuels signes d'infection bucco-dentaire comme une limitation de l'ouverture buccale ou une tuméfaction faciale. Dans un second temps, un examen endo-buccal minutieux est réalisé. Au cours de celui-ci, les tissus mous et les dents sont observées avec attention. La mise en évidence de tuméfaction intraorale, de fistule, d'obturation volumineuse ou non étanche, de coloration suspecte, de perte de substance (cariéuse ou non), de fracture ou encore de fêlure implique de réaliser différents tests cliniques, selon les cas, afin d'approfondir l'examen [33,41,50].

## 2.2.1 Tests pulpaire

Le test pulpaire idéal doit fournir un moyen simple, objectif, normalisé, reproductible, non douloureux, non dommageable, précis et peu coûteux d'évaluer l'état du tissu pulpaire [27,47].

### 2.2.1.1 Tests de vitalité pulpaire

La vitalité d'un tissu est définie par sa vascularisation. En effet, un arrêt prolongé de la vascularisation provoque une nécrose du tissu par anoxie. Par conséquent, seul un test qui mesure ou évalue objectivement le débit sanguin au sein du tissu pulpaire peut être qualifié de test de vitalité pulpaire à proprement parler.

Actuellement, les seuls véritables tests de vitalité pulpaire rapportés dans la littérature sont les tests de débitmétrie laser Doppler (LDF) et d'oxymétrie de pouls. Cependant, ces tests ne sont pas couramment utilisés au cabinet dentaire en raison de leur coût, de leur caractère chronophage et des procédures cliniques complexes qu'ils impliquent [43,53,54,56,85,88].



*Figure 7 : oxymètre de pouls customisé par Gopikrishna et al. [48].*



*Figure 8 : utilisation d'un LDF sur un enfant [58].*

### **2.2.1.2 Tests de sensibilité pulpaire**

Les tests de sensibilité pulpaire consistent en l'application brève d'un *stimulus* thermique ou électrique à la surface d'une dent. Ce sont des tests subjectifs basés sur la réponse nociceptive ressentie par le patient. Ils permettent d'évaluer l'intégrité des fibres nerveuses sensorielles A $\delta$  dans le tissu pulpaire. Si ces fibres sont fonctionnelles, le *stimulus* provoque une sensation douloureuse. *A contrario*, une absence de réponse indique que les fibres nerveuses ne sont pas fonctionnelles. Cependant, ces tests ne donnent aucune indication sur l'état de la vascularisation du tissu pulpaire. On ne peut donc pas parler de vitalité pulpaire *stricto sensu* [47,54].

Ces tests doivent être réalisés sur des dents préalablement séchées et isolées. Plusieurs dents adjacentes et/ou controlatérales doivent être testées afin de mettre en évidence une différence de réponse entre une dent potentiellement saine et une autre potentiellement pathologique. Afin d'éviter les phénomènes d'anticipation, le patient ne doit pas savoir à l'avance pas si la dent testée est saine ou pathologique. Enfin, le *stimulus* doit avoir lieu au niveau de la zone cervical. En effet, ceci permet d'améliorer la reproductibilité ainsi que la fiabilité des tests, étant donné que la couche d'émail est plus fine à cet endroit [54].

#### **2.2.1.2.1 Tests thermiques**

##### **2.2.1.2.1.1 Test au froid**

Ce test peut être réalisé de plusieurs façons. La manière la plus courante et l'une des plus efficaces est d'utiliser une boulette de coton refroidie à l'aide d'un spray réfrigérant [50]. D'autres techniques peuvent également être utilisées comme de la neige carbonique ou des bâtonnets de glace. Le *stimulus* peut être appliqué sans danger pour la pulpe pendant plusieurs secondes et doit être retiré dès l'apparition d'une réponse sensorielle, ou à défaut de réponse, au bout de quelques secondes [50].



*Figure 9 : test au froid réalisé à l'aide d'une boulette de coton imprégnée de spray réfrigérant [107].*

Lorsque la pulpe est vivante, le patient ressent une douleur vive. En cas d'inflammation irréversible de la pulpe, cette douleur persiste après l'arrêt du *stimulus*. *A contrario*, une absence totale de réponse est le signe d'une nécrose pulpaire [7,50,54,81].

#### **2.2.1.2.1.2 Test au chaud**

Le test au chaud est habituellement réalisé à l'aide d'un cône de gutta réchauffé et placé au contact de l'émail. Une couche de vaseline peut être appliquée sur la surface de la dent afin d'éviter que la gutta n'y adhère en refroidissant. D'autres techniques peuvent également être mises en œuvre, comme l'utilisation d'un instrument métallique chauffé ou encore l'utilisation d'un instrument rotatif non abrasif, qui provoque alors l'élévation de la température par friction.



*Figure 10 : différentes techniques de réalisation du test au chaud [54].*

Cependant, le test au chaud est rarement utilisés étant donné qu'il est moins fiable que le test au froid et également que l'élévation importante de la température peut provoquer des dommages pulpaires irréversibles. Il est donc recommandé que la durée du *stimulus* ne dépasse pas 5 secondes pour ce type de test [7,50,54,81].

### 2.2.1.2.2 Tests électriques

Les tests électriques nécessitent un appareil spécifique appelé « pulp tester ». Un gel de conduction peut être appliqué à la surface de la dent à tester afin d'améliorer l'efficacité du test. L'intensité du courant électrique est variable. Il convient de commencer avec une intensité faible, puis de l'augmenter progressivement en cas d'absence de réponse. Le courant électrique traverse l'émail et se propage via le fluide dentinaire jusqu'aux fibres nerveuses A $\delta$ . L'isolation est très importante pour ce type de test car le courant électrique peut facilement se propager vers le parodonte ou les dents adjacentes via les fluides et les restaurations métalliques [55,81].



*Figure 11 : test électrique réalisé à l'aide d'un pulp tester [107].*

### 2.2.2 Autres tests cliniques

Les tests pulpaires doivent être complétés par d'autres tests cliniques tels que le sondage parodontal ainsi que les tests de percussion, de palpation, de mobilité et de trans-illumination [54].

Les tests de percussion et de palpation permettent de mettre en évidence une atteinte inflammatoire ou infectieuse des tissus péri-radicaux et péri-apicaux [64]. Ainsi, une réponse positive au test de percussion révèle la présence d'une parodontite apicale. Cependant, cette lésion n'est pas forcément infectieuse. En effet, les signes cliniques d'infection sont les suivants : rougeur, tuméfaction, fistule et sensibilité à la palpation [50].

## 2.3 Examen radiologique

A l'issue de l'examen clinique, un cliché radiographique rétro-alvéolaire orthonormé est réalisé. La radiographie numérique est à privilégier étant donné la moindre irradiation pour le patient. De plus, l'optimisation de l'image par certains logiciels permet une meilleure visualisation des zones d'intérêt [92]. Plusieurs clichés d'incidences différentes peuvent être réalisés si nécessaire afin de pallier à la superposition des différents éléments anatomiques.

Cet examen permet d'objectiver la proximité entre la lésion carieuse et la pulpe. Il est également possible de mettre en évidence d'éventuelles images de calcifications, de résorptions, ainsi que des images de lésions péri-radicales et péri-apicales [78]. La combinaison de ces clichés avec les informations recueillies au cours de l'examen clinique permet d'améliorer la précision du diagnostic.

Les examens tridimensionnels comme le CBCT, plus précis mais également plus irradiants que les examens en 2 dimensions, ne sont pas indiqués dans le cadre du diagnostic de l'état pulpaire [101]. En effet, chaque examen radiologique doit être justifié et la question de la balance bénéfice-risque doit être posée a priori [50].

## 2.4 Comparaison des tests pulpaires

Une étude menée en 2007 par Gopikrishna *et al.* [48] a permis de comparer l'efficacité des tests au froid, électrique et d'oxymétrie de pouls. Les résultats de cette étude mettent en évidence la supériorité de l'oxymétrie de pouls, malgré la complexité inhérente à son utilisation.

*Tableau 1 : sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive (VPP) et valeur prédictive négative (VPN) pour les tests au froid, électrique et d'oxymétrie de pouls [48].*

Test	Sensibilité	Spécificité	VPP	VPN
Froid	0,81	0,92	0,92	0,81
Électrique	0,71	0,92	0,91	0,74
Oxymétrie	1	0,95	0,95	1

Concernant les tests de sensibilité, le test au froid est le plus efficace et le plus simple à mettre en place [54,64]. Cependant, le test électrique peut se révéler utile en cas de calcifications canalaires, pour le suivi des dents traumatisées, ou en cas de résultats équivoques au test au froid [55].

## **2.5 Limite des tests de sensibilité pulpaire**

Plusieurs éléments constituent les limites aux tests de sensibilité pulpaire [54] :

- ce sont des tests qui évaluent l'intégrité des fibres nerveuses pulpaire et non pas la présence d'un afflux sanguin,
- ces tests sont peu efficaces chez les personnes âgées en raison de la sclérose des *tubuli* dentinaire, de la diminution du volume pulpaire et de la diminution du nombre de fibres nerveuses pulpaire, en comparaison avec les pulpes plus jeunes,
- ces tests sont peu concluants chez les enfants étant donné qu'ils ne sont pas toujours aptes à décrire la réponse aux différents *stimuli*,
- les restaurations volumineuses peuvent compliquer la réalisation de ces tests,
- la réponse à la nociception est une variable subjective qui compromet la fiabilité et la reproductibilité de ces tests,
- les tests électriques sont peu efficaces sur les dents immatures étant donné que le plexus de Rashkow n'est pas encore complètement formé.

Par ailleurs, l'obtention de résultats faux positifs peut être expliquée par [78] :

- l'anxiété d'un patient,
- un *stimulus* réalisé au contact d'une restauration métallique,
- un *stimulus* réalisé au contact des tissus parodontaux,
- la présence de tissus vivant au sein d'une pulpe partiellement nécrosée.

Enfin, l'obtention de résultats faux négatifs peut être expliquée par [78] :

- un développement canalaire incomplet,
- un traumatisme récent : phénomène de sidération pulpaire transitoire,
- la présence de calcifications canalaires,
- un traitement orthodontique récent,
- un patient atteint de troubles psychologiques.

## **2.6 Classifications de l'état pulpaire**

En 1970, Baume met au point la classification symptomatologique des pathologies pulpaire à des fins thérapeutique [20]. Celle-ci est actualisée l'année suivante et se divise en 4 catégories [21] :

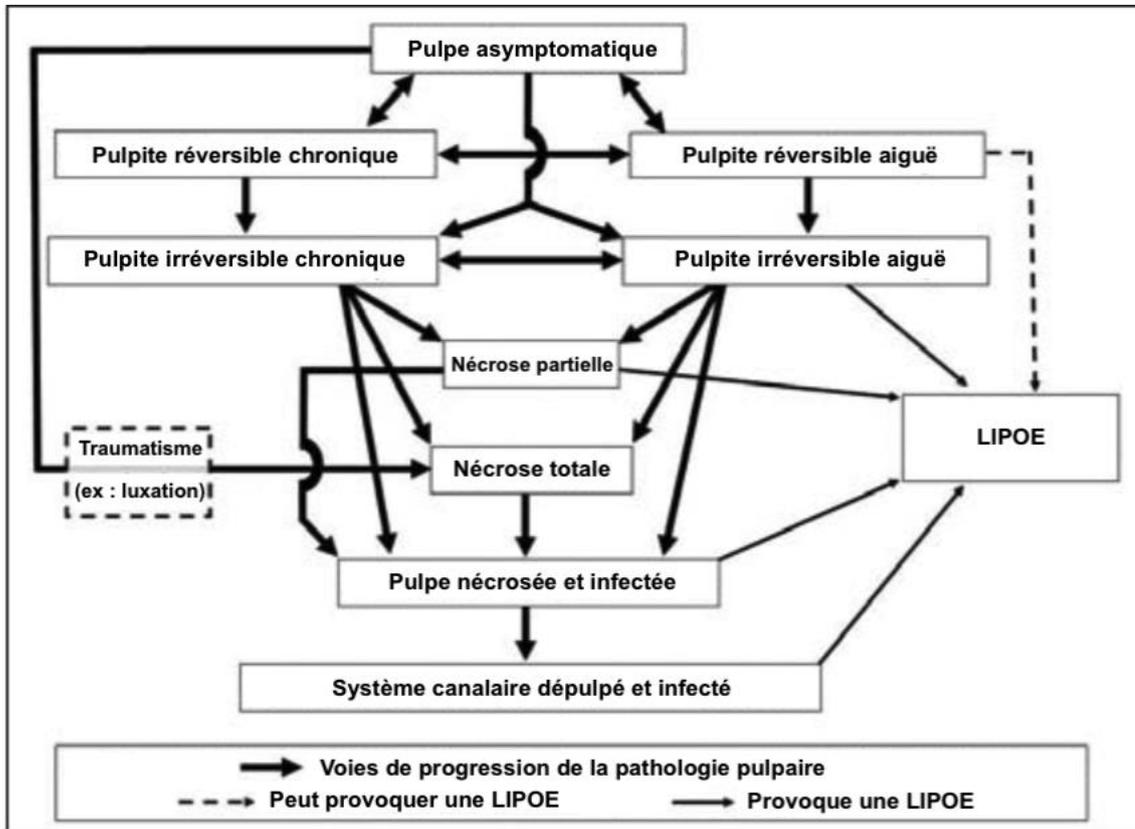
- catégorie I : pulpes vivantes asymptomatiques, exposées accidentellement ou à proximité d'une lésion carieuse profonde pour lesquelles le coiffage pulpaire est indiqué,
- catégorie II : pulpes vivantes avec antécédents de douleur, susceptibles d'être traitées par coiffage pulpaire ou pulpotomie,
- catégorie III : pulpes vivantes pour lesquelles la biopulpectomie est indiquée pour des raisons pathologiques, prothétiques, iatrogènes ou pronostiques,
- catégorie IV : pulpes nécrosées pouvant entraîner une infection de la dentine radiculaire, avec ou sans complication péri-apicale, qui nécessitent un traitement endodontique antiseptique.

Cette classification est intéressante étant donné qu'elle permet de déterminer la thérapeutique la plus adaptée en fonction de la symptomatologie pulpaire. Cependant, les critères de décision permettant de faire la différence entre les catégories II et III ne sont pas clairement définis. De plus, l'évolution des connaissances scientifiques au cours des dernières décennies soulève la question de la pertinence de cette classification à l'heure actuelle.

De ce fait, en 2002, Abbott propose la classification clinique de l'état pulpaire suivante [2] :

- **pulpe asymptomatique**,
- **pulpite réversible** (aiguë ou chronique),
- **pulpite irréversible** (aiguë ou chronique),
- **nécrose pulpaire partielle**,
- **nécrose pulpaire totale** (avec ou sans infection bactérienne),
- **système canalaire dépulvé et infecté**.

Cette classification basée sur l'anamnèse, l'examen clinique et l'examen radiologique a pour objectif de déterminer précisément le stade d'évolution de la pathologie pulpaire. Le schéma suivant met en évidence la complexité des voies de progression de cette pathologie.



*Figure 12 : représentation schématique des voies de progression de la pathologie pulpaire et de l'interaction entre les différents états pathologiques de la pulpe ainsi que leur relation avec la LIPOE [1].*

Ce schéma met également en évidence le fait qu'une LIPOE peut apparaître à différents stades de la pathologie pulpaire. En effet, une LIPOE peut être retrouvée dès le stade de pulpite réversible. Par conséquent, la présence d'une LIPOE n'implique pas nécessairement la réalisation d'un TEI.

## **2.7 Tableau clinique de la pulpite irréversible**

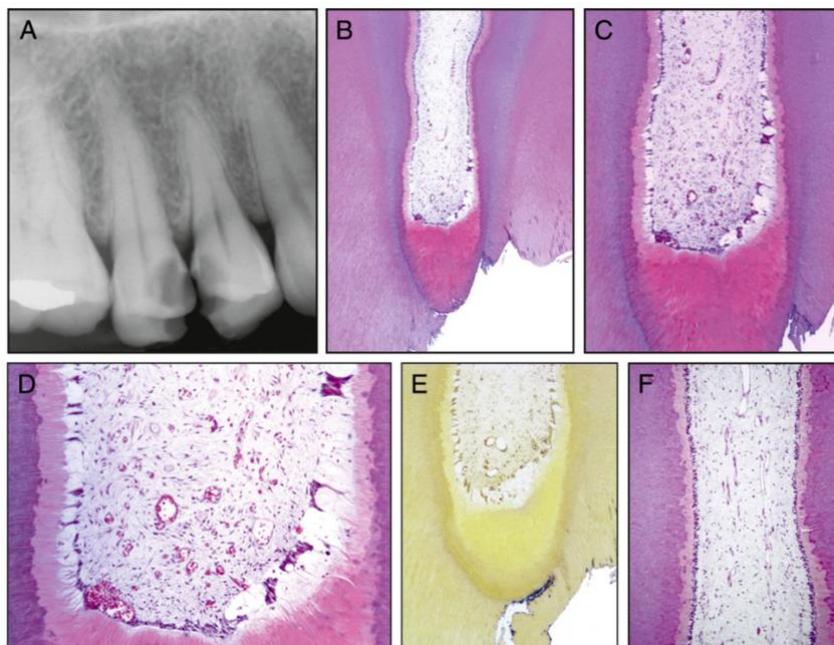
La pulpite irréversible aiguë [1] se traduit cliniquement par une douleur intense, spontanée et difficile à localiser. Cette douleur est exacerbée par différents *stimuli*, notamment les variations thermiques, l'alimentation sucrée et la position orthostatique. De plus, elle persiste malgré la prise d'antalgiques et peut empêcher le patient de dormir la nuit. Les tests de sensibilité pulpaire entraînent une réponse nociceptive intense qui persiste de plusieurs secondes jusqu'à plusieurs heures après l'arrêt du *stimulus*. L'examen radiologique permet quant à lui de mettre en évidence l'élément causal, généralement une carie profonde ou une restauration volumineuse.

La pulpite irréversible chronique [1] se traduit quant à elle par une douleur intermittente d'intensité modérée, avec antécédents, et qui peut être contrôlée par la prise d'antalgique. Cependant, la réponse aux tests de sensibilité est de la même nature que pour la pulpite irréversible aiguë.

## 2.8 Limites au diagnostic de l'état pulpaire

En 2012, Mejaère *et al.* ont mené une revue systématique de la littérature concernant le diagnostic de l'état pulpaire [72]. Les auteurs concluent que le niveau de preuve scientifique est insuffisant pour évaluer l'efficacité des différents signes cliniques, symptômes, et résultats des tests cités précédemment concernant le diagnostic de l'état pulpaire. Il en est de même à propos de la combinaison des différents tests cliniques entre eux. Des études à plus grande échelles visant à comparer la concordance des diagnostics cliniques et histologiques de l'état pulpaire sont nécessaires afin d'améliorer ce niveau de preuve.

Par conséquent, en 2014, Ricucci *et al.* ont étudié la corrélation entre les diagnostics clinique et histologique de l'état pulpaire grâce à l'analyse de coupes de dents humaines préalablement testées *in vivo* [83]. Histologiquement, l'irréversibilité de l'inflammation pulpaire est déterminée par l'existence de zones de nécrose, associées à la présence de bactéries qui colonisent la pulpe et la dentine adjacente [83].



*Figure 13 : absence de correspondance entre les diagnostics clinique et histologique d'inflammation pulpaire irréversible pour cette deuxième prémolaire maxillaire droite [83].*

Un diagnostic de pulpite irréversible a été posé cliniquement pour cette prémolaire. Les coupes histologiques mettent en évidence une hyperhémie, ce qui traduit bien une inflammation. Cependant, l'inflammation pulpaire ne présente aucun signe histologique d'irréversibilité. En effet, aucune zone de nécrose ne peut être observée au sein de la pulpe et les bactéries sont confinées dans la zone de transition entre les dentines secondaire et tertiaire. Dans ce cas de figure, l'amputation de la pulpe n'est pas nécessaire malgré le diagnostic clinique de pulpite irréversible.

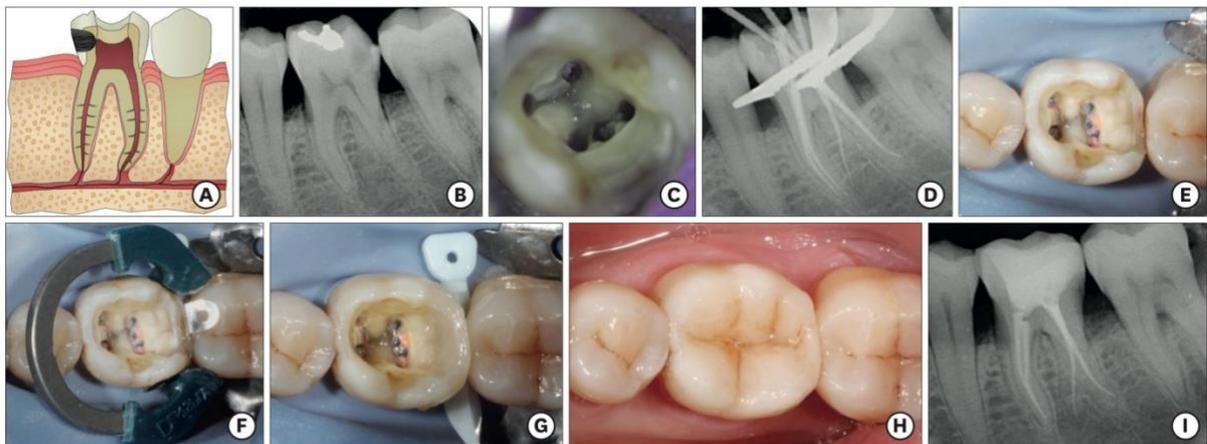
Selon cette même étude, la corrélation entre les diagnostics clinique et histologique de la pulpite irréversible est de 84,4%. De ce fait, certaines dents subissent des thérapeutiques endodontiques invasives qui ne sont pas justifiées par l'état histologique de leur pulpe. Par ailleurs, il a été mis en évidence histologiquement que des zones d'inflammation et de nécrose pouvaient coexister avec des zones saines, au sein d'une même pulpe pathologique [83]. En d'autres termes, la pulpe coronaire peut être enflammée de manière irréversible alors même que la pulpe radiculaire est enflammée de manière réversible, voire saine. Il est donc légitime de se poser la question de la pertinence de l'amputation systématique de la pulpe radiculaire en cas de symptomatologie pulpaire.

### 3 Prise en charge thérapeutique de la pulpite irréversible pour les dents permanentes matures

Actuellement, lorsqu'un diagnostic de pulpite irréversible est posé pour une dent permanente mature, les 2 seules options thérapeutiques sont la biopulpectomie ou l'avulsion. Ces thérapeutiques étant peu conservatrices, il est légitime de se poser la question de l'existence d'une alternative moins invasive.

#### 3.1 Traitement conventionnel d'une dent en pulpite irréversible

Le traitement conventionnel de la dent permanente mature atteinte de pulpite irréversible est la biopulpectomie. On parle également de traitement endodontique initial (TEI). Ce traitement consiste en l'amputation complète de la pulpe coronaire et radiculaire, suivie de la désinfection du système canalaire et de son obturation tridimensionnelle par un matériau inerte, généralement de la gutta percha associée à un ciment de scellement canalaire.



*Figure 14 : TEI et reconstitution coronaire directe réalisés en 1 séance sur une molaire mandibulaire cariée diagnostiquée en pulpite irréversible [31].*

Au vu de l'anatomie du système canalaire, notamment pour les dents pluri-radiculées, ce traitement est relativement complexe à réaliser. En théorie, l'ensemble du système canalaire doit être instrumenté et désinfecté. Cependant, l'existence de canaux accessoires, de delta apicaux et d'autres variations anatomiques rendent en réalité impossible son instrumentation et sa désinfection complète [97]. Des bactéries résiduelles sont alors susceptibles de se développer au sein du système canalaire à

l'issue du traitement. Ces bactéries peuvent être à l'origine d'une infection secondaire à plus ou moins long terme, qui signe alors l'échec du traitement [84].



*Figure 15 : mise en évidence de la complexité de l'anatomie du système canalaire de molaires et prémolaires maxillaires et mandibulaires [75].*

De ce fait, ce traitement nécessite un plateau technique spécifique et onéreux, comprenant généralement : des limes à usage unique, un moteur de rotation continue ou de réciprocité, un localisateur d'apex électronique, ainsi que des aides optiques [49].

Ce traitement, en plus d'être chronophage et onéreux, implique différents risques et évènements indésirables [57] :

- perforation,
- fausses route,
- butée,
- fracture instrumentale,
- irritation mécanique de la zone péri-apicale,
- projection d'hypochlorite de sodium au-delà de l'apex,
- emphysème,
- atteinte inflammatoire ou infectieuse des tissus péri-apicaux.

Bien que le TEI des dents vitales ait un taux de succès moyen avoisinant les 80% dans différents essais cliniques [60], plusieurs études révèlent des taux de succès bien inférieurs dans la réalité clinique en France [23,95]. Ces études mettent notamment en évidence que seuls 20% des traitements sont jugés satisfaisants et qu'une LIPOE est retrouvée dans 30 à 60% des cas après un TEI.

Par ailleurs, les praticiens français estiment que le coût des thérapeutiques endodontiques est supérieur à leur valorisation financière [19]. Autrement dit, ces actes ne sont pas rentables financièrement. Cette faible valorisation financière semble être en partie responsable du manque de qualité des traitements endodontiques en France.

Au vu de ces éléments, il est légitime de se poser la question de la pertinence de ce traitement lorsque la pulpe radiculaire est vivante.

### **3.2 La pulpotomie cervicale**

La pulpotomie cervicale consiste en l'amputation de la pulpe coronaire symptomatique afin de conserver la pulpe radiculaire vivante. Un matériau de coiffage bioactif est alors mis en place dans la chambre pulpaire, directement au contact de la pulpe radiculaire. Le but est d'obtenir la cicatrisation de la plaie pulpaire, puis de protéger la pulpe radiculaire face aux agressions extérieures.

Il existe 2 techniques de pulpotomie :

- **la pulpotomie cervicale**, qui consiste en l'amputation complète de la pulpe coronaire,
- **la pulpotomie partielle**, dite « de Cvek », qui consiste en l'amputation partielle, sur 2 à 3 mm, de la pulpe coronaire.

Cependant, une méta-analyse parue en 2019 concernant la **pulpotomie partielle** des dents permanentes matures avec exposition pulpaire met en évidence un taux de succès plus faible en cas de pulpite irréversible [37]. De plus, la reproductibilité de ce traitement est incertaine. En effet, l'examen visuel de la pulpe coronaire résiduelle va conditionner l'ampleur de l'amputation pulpaire. Il est donc difficile d'entreprendre un protocole standardisé étant donné que le sens clinique du praticien occupe une part importante de la prise de décision. La réalisation d'une pulpotomie partielle devrait alors être indiquée en cas d'effraction pulpaire pour les dents atteintes de **pulpite réversible**. Cette thérapeutique ne sera donc pas développée dans ce travail.



*Figure 16 : réalisation d'une pulpotomie cervicale sur une molaire mandibulaire [32].*

### **3.2.1 Indications**

Actuellement, la pulpotomie cervicale est indiquée pour les effractions pulpaires des dents temporaires ou permanentes immatures, atteintes de pulpite réversible [9]. La conservation de la pulpe radiculaire vivante des dents permanentes immatures permet la poursuite de l'édification radiculaire, jusqu'à la fermeture de l'apex. On parle alors d'apexogénèse.

Pour les dents permanentes matures, la pulpotomie cervicale est un traitement temporaire qui s'effectue généralement en urgence, de manière à soulager la douleur du patient. Dans ce cas de figure, le TEI est systématiquement réalisé au cours d'une séance ultérieure.

Cependant, la tendance actuelle évolue vers une conservation maximale de l'organe dentaire et de ses différents tissus, dont le parenchyme pulpaire. Par conséquent, la pulpotomie cervicale commence à être envisagée dans de nombreuses études comme une alternative à la biopulpectomie pour les dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible [6,8,11–13,15,29].

### **3.2.2 Contre-indications**

Les contre-indications de la pulpotomie cervicale ne sont pas clairement établies dans la littérature [91]. Il est cependant possible de s'appuyer sur les contre-indications aux thérapeutiques endodontiques des dents permanentes matures.

#### **3.2.2.1 Contre-indications générales**

Les contre-indications générales aux thérapeutiques endodontiques concernent les sujets à haut risque d'endocardite infectieuse [51].

De plus, il existe également des contre-indications relatives comme le défaut d'hygiène bucco-dentaire ainsi que l'impossibilité d'établir un suivi à long terme.

#### **3.2.2.2 Contre-indications locales**

Les contre-indications locales à la pulpotomie cervicale des dents permanentes matures peuvent être de deux types : pré-opératoires ou per-opératoires.

#### **Contre-indications pré-opératoires :**

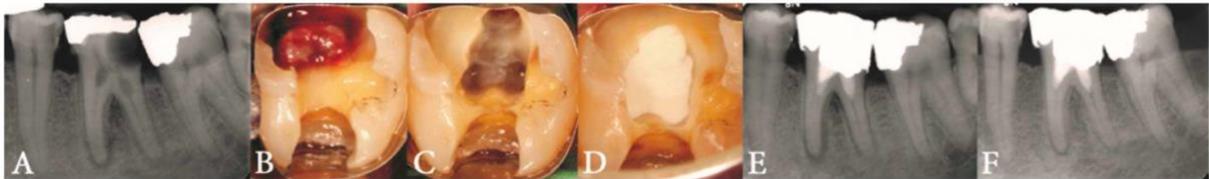
- l'impossibilité de reconstituer la dent de manière étanche et durable,
- l'existence de signes cliniques ou radiologiques d'infection ou de résorption inflammatoire interne ou externe,
- la nécessité d'un ancrage radiculaire pour la reconstitution d'usage de la dent,

#### **Contre-indications per-opératoires [63]:**

- l'absence de saignement ou l'aspect grisâtre de la pulpe radiculaire suite à l'amputation de la pulpe camérale, qui sont des signes de nécrose de la pulpe radiculaire,
- la non obtention de l'hémostase de la pulpe radiculaire après 5 minutes de compression, signe d'une atteinte inflammatoire irréversible de la pulpe radiculaire.

Dans ces deux cas de figure, la pulpe radiculaire n'est pas capable de cicatriser malgré la mise en place d'un matériau de coiffage bioactif. Le TEI doit alors être réalisé.

Par ailleurs, les signes cliniques et radiologiques de LIPOE, en l'absence de signe d'infection, ne constituent pas une contre-indication à la réalisation d'une pulpotomie cervicale. En effet, plusieurs études ont montré que la présence d'une LIPOE n'avait pas de répercussion significative sur le taux de succès de la pulpotomie cervicale et que celle-ci était capable de cicatriser [13,67]. Cependant, ces résultats doivent être confirmés par d'autres études à plus grande échelle et à plus long terme.

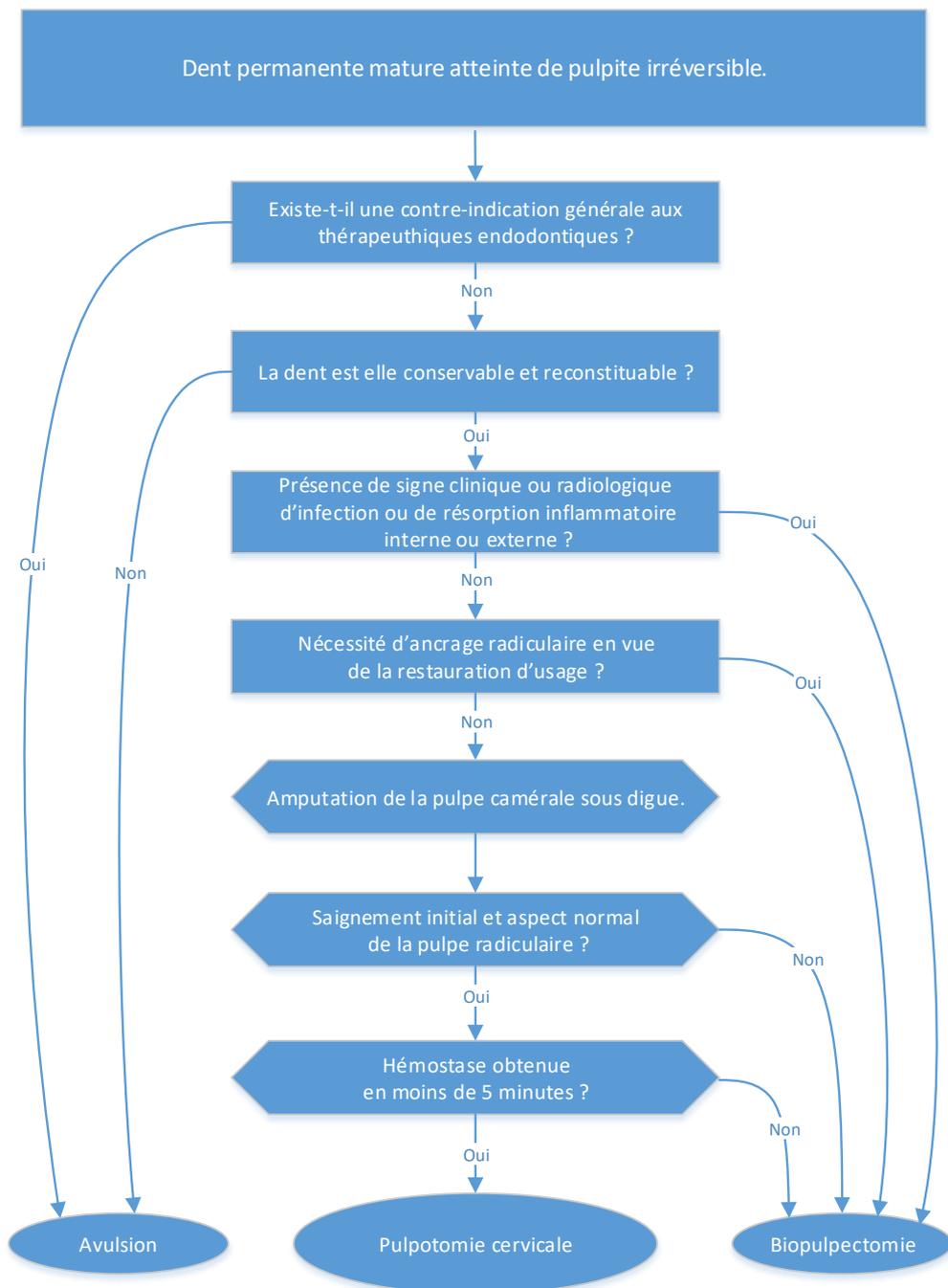


*Figure 17 : réalisation d'une pulpotomie cervicale sur une molaire permanente mature atteinte de pulpite irréversible ayant des signes d'atteinte péri-apicale et péri-radulaire ainsi qu'une résorption radulaire interne. Cicatrisation obtenue après 6 mois de suivi (F) [10].*

Enfin, l'impossibilité de poser la digue constitue également une contre-indication relative aux thérapeutiques endodontiques, dont la pulpotomie cervicale fait partie [51].

### 3.2.3 Arbre décisionnel

Un arbre décisionnel reprenant les différents critères de décisions pré-opératoires et per-opératoires a été élaboré dans le but de faciliter la prise de décision relative à la prise en charge thérapeutique des dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible.



*Figure 18 : proposition d'un arbre décisionnel reprenant les différents critères de décision pré-opératoires et per-opératoires relatifs à la prise en charge des dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible (source : auteur).*

### **3.2.4 Matériaux de coiffage pulpaire**

#### **3.2.4.1 Hydroxyde de calcium**

L'hydroxyde de calcium, introduit par Hermann en 1921 est le premier matériau à avoir été utilisé pour le parage des plaies pulpaires. Il a été considéré pendant près d'un siècle comme le gold standard des matériaux de coiffage pulpaire [35]. Cependant, depuis l'arrivée sur le marché de nouveaux matériaux ayant de meilleures propriétés, son utilisation tend à diminuer.

L'hydroxyde de calcium, en libérant des ions  $Ca^{2+}$  et  $HO^-$  est responsable d'une augmentation de pH (autour de 12,4). Il possède des propriétés anti-inflammatoires, antibactériennes, hémostatiques, ainsi que la capacité d'induire la formation de tissus minéralisés [35,39]. En effet, des cellules souches pulpaire se différencient en néo-odontoblastes qui apposent de la dentine tertiaire de type réparatrice au contact de ce matériau. On parle alors de pont dentinaire. Ce pont dentinaire est un critère de réussite du traitement étant donné qu'il démontre que la pulpe est toujours capable de se défendre et qu'il agit comme une barrière de protection contre les agressions extérieures.

Cependant, les propriétés mécaniques de ce matériau, sa capacité d'adhésion à la dentine ainsi que la qualité du pont dentinaire néo formé sont faibles [28]. La percolation bactérienne est alors facilitée en cas de manque d'étanchéité de la reconstitution coronaire. Enfin, le coiffage pulpaire à l'hydroxyde de calcium provoque l'apparition d'une zone de nécrose de coagulation du tissu pulpaire au cours du phénomène de cicatrisation [35].

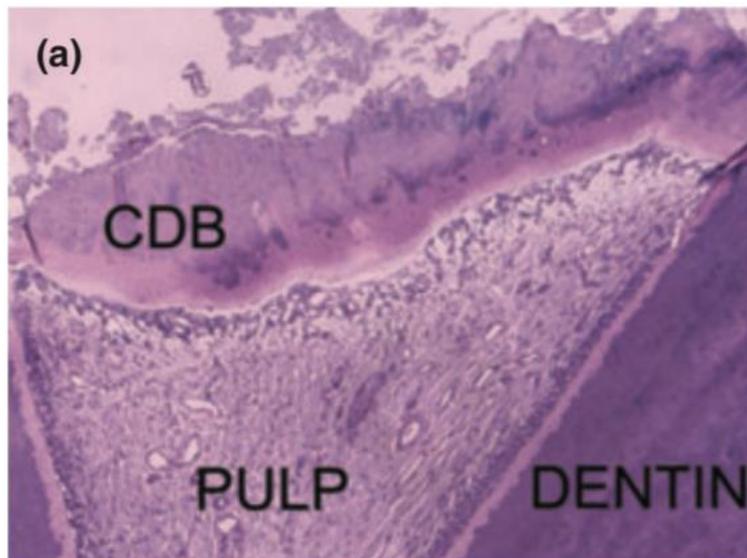
#### **3.2.4.2 MTA**

Le Mineral Trioxyde Aggregate (MTA) est un matériau utilisé depuis les années 1990, initialement indiqué pour l'obturation des perforations coronaires et radiculaires [26]. Il est aujourd'hui le matériau de coiffage pulpaire le plus largement documenté dans la littérature. Ce matériau est composé en majorité d'oxyde de calcium et de dioxyde de silicium. Le mélange de ces deux composants produit des silicates dicalciques et tricalciques, de l'aluminate tricalcique et de l'aluminoferrite tétracalcique [26]. Il contient également de l'oxyde de bismuth afin de le rendre radio-opaque et d'améliorer sa réaction de prise.

Il existe différentes formules et formes commerciales du MTA, dont :

- le Grey MTA (GMTA), de couleur grise, pouvant entraîner des dyschromies des tissus dentaires,
- le White MTA (WMTA), de couleur blanche étant donné qu'il ne contient pas de particules ferriques ni de silicate dicalcique, permettant en théorie d'éviter les dyschromies [74],
- le MM-MTA® et le MTA Angelus®, qui ont un temps de prise réduit (15 à 20 minutes).

Le MTA libère de l'hydroxyde de calcium au cours de sa réaction de prise, ce qui lui confère des propriétés antibactériennes. Par ailleurs, il est capable d'induire un pont dentinaire de meilleure qualité, de manière plus rapide et plus prédictible que l'hydroxyde de calcium [4]. De plus, l'inflammation pulpaire est amoindrie suite à un coiffage au MTA par rapport à l'hydroxyde de calcium [74]. Le MTA présente également de meilleures propriétés mécaniques et une meilleure adhésion à la dentine que l'hydroxyde de calcium [98].



*Figure 19 : coupe histologique mettant en évidence la formation d'un pont dentinaire (CDB) et l'absence d'inflammation de la pulpe, 2 mois après une pulpotomie cervicale au MTA sur une molaire permanente mature cariée atteinte de pulpite irréversible [36].*

Cependant, ce matériau présente plusieurs inconvénients, à savoir :

- un coût élevé,
- un temps de prise long, autour des 120 minutes (pouvant être réduit en fonction des différentes formes commerciales),
- un risque de dyschromie des tissus dentaires.

#### **3.2.4.3 Biodentine®**

La Biodentine® est un matériau récent, qui démontre d'excellentes propriétés malgré le faible recul clinique observé à ce jour. Ce matériau est composé de silicate tricalcique, de carbonate de calcium et d'oxyde de zirconium. Il est commercialisé sous forme de capsules à usage unique qui doivent être vibrées pendant 30 secondes.

La Biodentine® présente globalement les mêmes propriétés que le MTA, tout en palliant à ses divers inconvénients. En effet, son temps de prise est considérablement réduit (12 min) et elle n'entraîne pas de dyschromie des tissus dentaires [25]. De plus, ses propriétés mécaniques sont très proches de celles de la dentine. Sa force d'adhésion élevée aux tissus dentaires lui permet d'être utilisée à la fois en tant que matériau de coiffage pulpaire et de reconstitution coronaire provisoire [61]. Cependant, son étanchéité diminue avec le temps, ce qui rend obligatoire la réalisation d'une reconstitution coronaire définitive à terme.

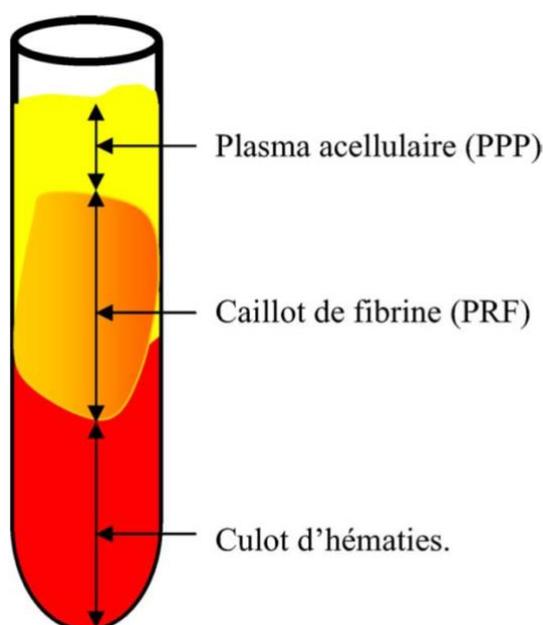
#### **3.2.4.4 Calcium Enriched Mixture (CEM)**

Le CEM est un matériau bioactif récent, apparu dans les années 2000, composé principalement d'oxyde de calcium, de trioxyde de soufre, de pentoxyde de phosphore et de dioxyde de silicium [18]. C'est un matériau biocompatible, capable d'induire la formation de tissus minéralisés, et qui possède une action antibactérienne [102]. De plus, il jouit d'une excellente étanchéité et d'un pH alcalin (autour de 10,7). Enfin, c'est un matériau hydrophile qui peut être utilisé en milieu humide [14].

Cependant, le recul clinique est insuffisant à ce jour pour avérer l'absence d'effets indésirables à long terme, et son temps de prise est relativement long (50 minutes).

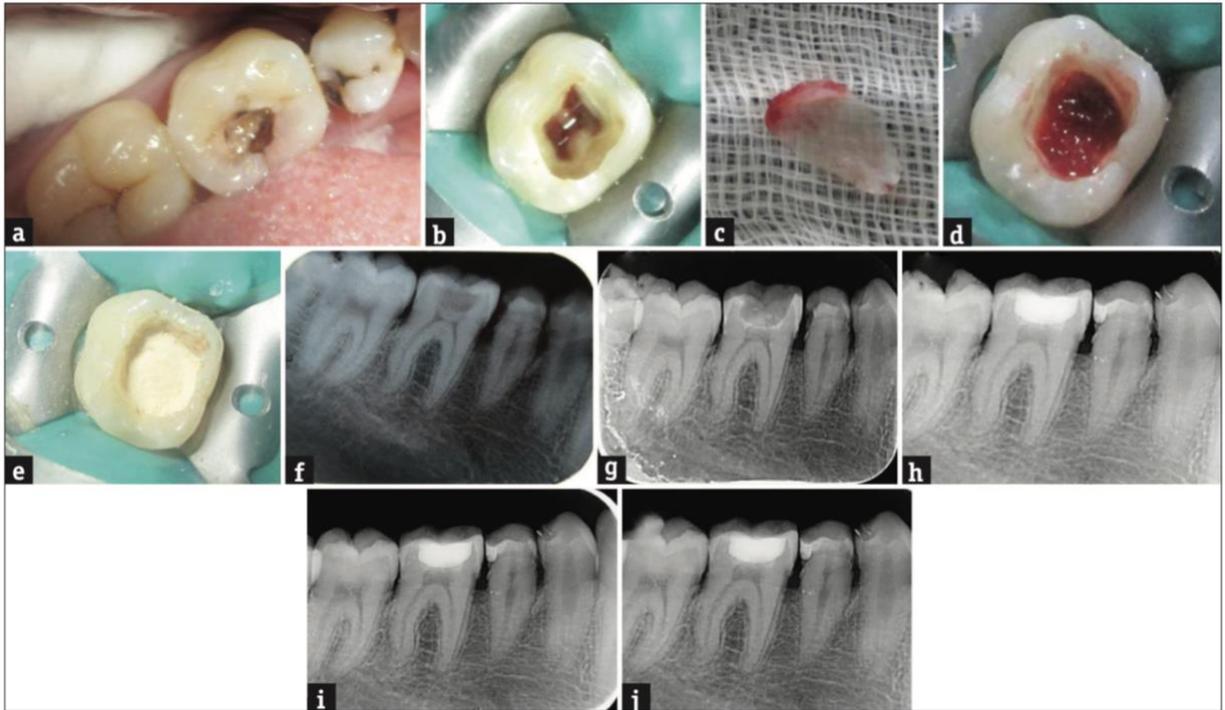
### 3.2.4.5 Platelet Rich Fibrin (PRF)

Le PRF consiste en une matrice de fibrine riche en plaquettes et leucocytes, obtenue grâce à la centrifugation d'un prélèvement sanguin autologue [34]. Ses applications sont nombreuses en dentisterie étant donné qu'il présente d'excellentes propriétés de régénération tissulaire, dues à la libération de facteurs de croissance. Ce matériau est par ailleurs capable d'induire la différenciation des cellules souches et de favoriser l'angiogenèse [22].



*Figure 20 : schéma représentant la formation du PRF après 10 minutes de centrifugation d'un prélèvement sanguin à 3000 tours/min [34].*

Dans le cadre de la pulpotomie cervicale, il est utilisé en tant que « scaffold » afin de permettre la régénération d'un tissu vascularisé au sein de la chambre pulpaire [30]. Le PRF est alors mis en place au fond de la cavité puis recouvert par un matériau de coiffage pulpaire habituel, comme le MTA ou la Biodentine®. Malgré le faible recul clinique concernant l'usage de ce matériau pour la pulpotomie cervicale, celui-ci semble prometteur. Par ailleurs, selon une étude menée par Kumar *et al.* en 2016, il n'existe pas de différence significative entre les taux de succès de l'hydroxyde de calcium, du MTA et du PRF dans le cadre de la pulpotomie cervicale des dents permanentes atteintes de pulpite irréversible [62].



*Figure 21 : photographies et radiographies pré-, per-, et post-opératoires réalisées au cours d'une pulpotomie cervicale avec mise en place de PRF et de Biodentine® sur une molaire mandibulaire permanente mature diagnostiquée en pulpite irréversible. Suivi : à 12 (i) et 24 (j) mois [30].*

#### **3.2.4.6 Comparaison des principaux matériaux**

Une méta analyse menée en 2019 par Li *et al.* conclut que le taux de succès de la pulpotomie cervicale pour les dents permanentes matures cariées avec exposition pulpaire est supérieur en cas d'utilisation de MTA plutôt que d'hydroxyde de calcium. Le taux de succès radiologique est également supérieur pour le MTA par rapport au CEM [66].

Par ailleurs, la Biodentine® est un matériau intéressant dont les propriétés sont en théorie meilleures que celles du MTA. Cependant, force est de constater qu'il n'existe à ce jour aucune étude qui permette d'affirmer la supériorité de la Biodentine® sur le MTA en tant que matériau de coiffage pulpaire [77].

### **3.2.5 Protocole opératoire**

Le protocole opératoire de la pulpotomie cervicale est le suivant :

- anesthésie,
- isolation,
- curetage carieux,
- réalisation de la cavité d'accès,
- amputation de la pulpe camérale,
- hémostase et désinfection de la cavité,
- mise en place du matériau de coiffage pulpaire,
- reconstitution coronaire provisoire ou définitive,
- radiographie de contrôle postopératoire.

#### **3.2.5.1 Anesthésie**

Le premier temps opératoire consiste en l'anesthésie de la dent causale grâce à l'infiltration d'une molécule anesthésique associée, sauf contre-indication, à un vasoconstricteur. En première intention, la technique à réaliser est l'anesthésie para-apicale. Cependant, celle-ci n'est pas toujours suffisante pour l'obtention du silence opératoire, notamment en cas de pulpite irréversible aiguë. De ce fait, d'autres techniques d'anesthésie locale peuvent être employées comme les techniques intra-ligamentaires ou intra-osseuses. Les techniques d'anesthésie locorégionale peuvent également s'avérer utiles en cas d'échec des techniques locales [17]. Par ailleurs, il a été démontré que les techniques d'anesthésie intra-osseuses étaient particulièrement efficaces pour l'analgésie des molaires mandibulaires atteintes de pulpite irréversibles [17]. Enfin, la réalisation d'une anesthésie intra-pulpaire ne semble pas compromettre le taux de succès de la pulpotomie cervicale [96].

#### **3.2.5.2 Isolation**

Une fois le silence opératoire obtenu, la dent est isolée grâce à la mise en place d'un champ opératoire. L'étanchéité doit absolument être obtenue afin d'éviter la contamination du tissu pulpaire par la flore bactérienne buccale [94]. La réalisation d'une reconstitution pré-endodontique ou l'utilisation de digue liquide peuvent être nécessaires. Par ailleurs, le crampon peut être placé à distance de la dent à traiter, si nécessaire, afin de ne pas perturber l'accès au site opératoire.

### **3.2.5.3 Curetage carieux**

Une fois la dent isolée, le curetage de la lésion carieuse peut débuter. L'accès à la lésion carieuse ainsi que la suppression des éventuelles reconstitutions a lieu à l'aide d'une fraise boule diamantée montée sur turbine. Puis, une fraise boule multilame montée sur contre-angle est utilisée afin de cureter l'ensemble de la lésion carieuse tout en conservant le maximum de tissus dentaires sains [106].

### **3.2.5.4 Réalisation de la cavité d'accès**

Une cavité d'accès est alors réalisée. L'ensemble du plafond pulpaire doit être éliminé afin d'améliorer l'accès visuel, direct ou indirect, à la chambre pulpaire ainsi qu'aux orifices canaux [90]. La trépanation du plafond pulpaire doit avoir lieu avec une nouvelle fraise stérile afin de limiter la contamination bactérienne de la pulpe. Une fraise stérile de type zékrya à pointe non travaillante est alors utilisée pour terminer la cavité, de manière à ne pas léser le plancher pulpaire.

### **3.2.5.5 Amputation de la pulpe camérale**

La totalité de la pulpe camérale est alors amputée à l'aide d'une fraise boule multilame stérile, montée sur contre-angle, utilisée sous irrigation à basse vitesse de manière à ne pas léser les tissus minéralisés ou à l'aide d'un excavateur stérile. A ce stade, les orifices canaux sont rendus visibles, ce qui permet de déceler la présence ou l'absence de saignement de la pulpe radiculaire. Si le saignement a lieu, on considère que la pulpe radiculaire est vivante. *A contrario*, une absence de saignement, ou un aspect grisâtre de la pulpe radiculaire signifie que celle-ci est nécrosée. Dans ce cas, la pulpectomie doit être réalisée.

### **3.2.5.6 Hémostase et désinfection de la cavité**

Une boulette de coton imprégnée d'hypochlorite de sodium (1,25% à 6%) est alors maintenue sous pression modérée, au contact de la pulpe radiculaire dans le but d'obtenir son hémostase [93]. Un saignement persistant au-delà de 5 minutes de compression est le signe d'une atteinte inflammatoire irréversible de la pulpe radiculaire [73]. Dans ce cas, la biopulpectomie doit être réalisée.

L'hypochlorite de sodium permet à la fois d'obtenir l'hémostase et de désinfecter la cavité. Elle permet d'améliorer le processus de cicatrisation pulpaire en éliminant les bactéries et les débris dentinaires [89]. La chlorhexidine à 0,12% peut également être utilisée pour désinfecter la cavité. Cependant son action hémostatique est moindre comparée à celle de l'hypochlorite de sodium [42]. L'hémostase peut également être obtenue à l'aide d'une boulette de coton imbibée de sérum physiologique.

#### **3.2.5.7 Mise en place du matériau**

Après rinçage et séchage soigneux de la cavité, le matériau de coiffage pulpaire y est déposé, en contact direct avec la pulpe radiculaire. Les temps de travail et de prise ainsi que le protocole de manipulation varient selon les différents matériaux. Il suffit de se référer à la notice dudit matériau afin de le manipuler dans les conditions optimales.

#### **3.2.5.8 Reconstitution coronaire étanche**

Enfin, une reconstitution coronaire étanche doit être mise en place. Celle-ci peut être provisoire ou définitive. La Biodentine® peut être utilisée en tant que reconstitution coronaire provisoire. Son temps de prise relativement court permet également de réaliser une reconstitution définitive en méthode directe (type composite) dans la séance. En cas de reconstitution coronaire provisoire, la reconstitution définitive doit avoir lieu le plus rapidement possible afin de limiter la perte d'étanchéité coronaire, qui est l'une des principales causes d'échec du traitement [15].

#### **3.2.5.9 Radiographie post-opératoire**

Une radiographie post-opératoire est réalisée afin de vérifier la bonne adaptation des matériaux mis en place au niveau coronaire. Cette radiographie fait office de base de comparaison avec les clichés réalisés lors des séances de suivi ultérieures. L'utilisation d'angulateurs permet une meilleure comparaison des différents clichés entre eux.

### **3.2.6 Critères de succès**

Un suivi régulier, clinique et radiologique, doit être assuré afin d'évaluer la réussite du traitement. Il est recommandé d'instaurer des séances de suivi à 1 semaine, 1 mois, 3 mois, 6 mois et 1 an en post-opératoire, puis un contrôle annuel [93]. Les critères de succès qui doivent être évalués au cours de ces séances de suivi sont les suivants [105]:

#### **signes cliniques :**

- absence de douleur,
- absence de signes d'infection (rougeur, tuméfaction, fistule),
- absence de sensibilité aux tests de percussion et de palpation,
- bonne étanchéité et intégrité de la reconstitution coronaire,
- réponse normale aux tests de sensibilité pulpaire,

#### **signes radiologiques :**

- absence de radioclarité apicale (ou diminution de sa taille par rapport au cliché pré-opératoire),
- absence d'image d'élargissement desmodontal,
- absence d'image de résorption radiculaire, interne ou externe,
- absence d'image d'oblitération canalaire,
- présence d'image de tissu minéralisé au contact du matériau (pont dentinaire).

Cependant, l'absence de réponse aux tests de sensibilité pulpaire ne doit pas être considérée à elle seule comme un signe d'échec du traitement. En effet, celle-ci est favorisée par l'épaisseur de la restauration ainsi que le manque de conductivité des différents matériaux (de coiffage et de reconstitution) et du pont dentinaire [105].

Par ailleurs, les reconstitutions coronaires de type couronne périphérique permettent d'augmenter le taux de succès à long terme en comparaison aux reconstitutions directes (composites et amalgames) [63]. D'autres études prenant en compte les reconstitutions indirectes collées de type onlay et overlay sont nécessaires afin de déterminer avec plus de précision l'incidence des différents types de reconstitutions sur le taux de succès à long terme de la pulpotomie cervicale.

### **3.3 Pulpotomie cervicale vs. biopulpectomie**

#### **3.3.1 Avantages**

##### **3.3.1.1 Durée et simplicité du soin**

Les avantages de la pulpotomie cervicale sont nombreux. Tout d'abord, cette thérapeutique est plus rapide et moins complexe à mettre en place que la biopulpectomie [13,104]. De ce fait, l'expérience est plus agréable pour le patient comme pour le praticien.

##### **3.3.1.2 Conservation de la vitalité pulpaire radiculaire**

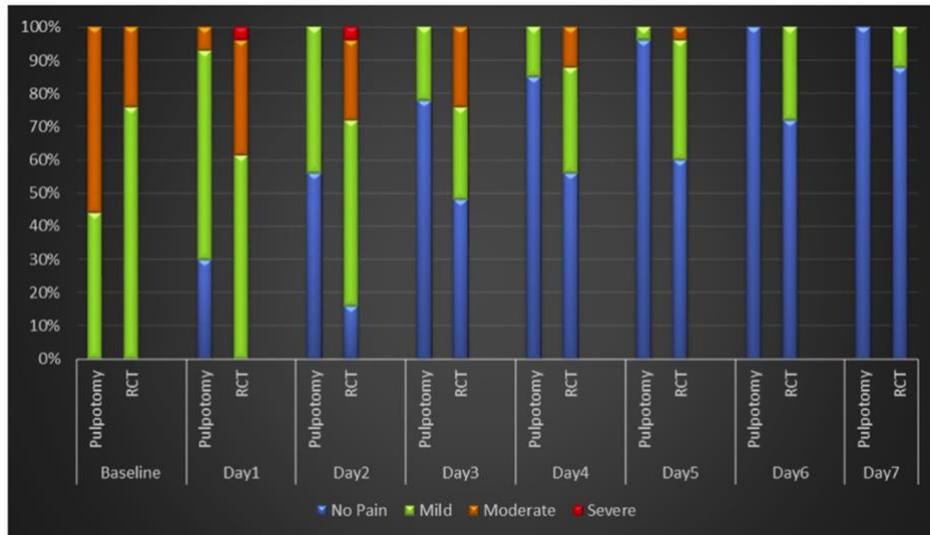
De plus, la conservation de la vitalité pulpaire radiculaire permet la conservation des différentes fonctions du tissu pulpaire développées précédemment [103]. Cela rend donc possible une détection plus précoce des lésions carieuses secondaires, grâce à la fonction sensitive de la pulpe. De plus, la fonction de réparation de la pulpe lui permet de se défendre en cas de nouvelle agression, en apposant de la dentine réactionnelle. Enfin, cette thérapeutique permet de repousser voire de rendre inutile la mise en place de thérapeutiques plus invasives comme la biopulpectomie.

##### **3.3.1.3 Coût**

La pulpotomie cervicale est moins coûteuse que la biopulpectomie [13,104]. En France, les thérapeutiques endodontiques conventionnelles sont des actes opposables qui sont pris en charge par la caisse primaire d'assurance maladie (CPAM) et la mutuelle du patient. Le coût de ces traitements n'est donc pas une entrave à l'accès au soin en France. Cependant, dans la plupart des pays du monde, le prix élevé des traitements endodontiques peut contraindre certains patients, par faute de moyens financiers, à choisir l'extraction plutôt que le TEI en cas de pulpite irréversible [82]. La pulpotomie cervicale représente alors une alternative intéressante d'un point de vue financier puisqu'elle permet d'améliorer l'accès au soin des populations les plus pauvres dans la plupart des pays du monde.

##### **3.3.1.4 Douleur post-opératoire**

Selon plusieurs études, la douleur post-opératoire ressentie à suite d'une pulpotomie cervicale sur une dent permanente mature atteinte de pulpite irréversible est moins fréquente, moins intense et moins durable que celle ressentie après un TEI [11,40].



*Figure 22 : évaluation de la douleur postopératoire sur 7 jours à la suite d'une pulpotomie cervicale (pulpotomy) ou d'un TEI (RCT) [40].*

### 3.3.2 Inconvénients : en cas d'échec

#### 3.3.2.1 Types d'échec

Plusieurs types d'échec peuvent avoir lieu à plus ou moins court terme à la suite d'une pulpotomie cervicale. Il peut s'agir de pulpite aiguë, d'oblitération canalaire, de résorption radiculaire interne ou externe, de nécrose pulpaire, de parodontite apicale ou d'abcès apical. La plupart des échecs semblent intervenir dans les 45 jours suivant la pulpotomie cervicale [12]. Cependant, des échecs à long terme sont susceptibles de survenir en raison d'un défaut d'étanchéité coronaire.

Ces différents échecs, à l'exception de l'oblitération canalaire, nécessitent la mise en place d'une thérapeutique endodontique adaptée. En effet, l'oblitération canalaire étant un mécanisme physiologique de défense pulpaire, ce phénomène implique uniquement une surveillance régulière en l'absence d'autres symptômes [71].

Cependant, en cas d'oblitération canalaire associée à une autre pathologie comme une LIPOE, la ré-intervention peut être compliquée voire même impossible à réaliser dans certains cas. On peut alors parler de perte de chance.

Bien que le taux d'échec soit relativement faible [12,67], des études comportant des périodes de suivi plus longues sont nécessaires afin de confirmer ces résultats à long terme.

### **3.3.2.2 Causes d'échecs**

#### **3.3.2.2.1 Contamination bactérienne**

L'une des principales causes d'échec de la pulpotomie cervicale est la contamination bactérienne de la pulpe [94]. Elle peut avoir lieu en per-opératoire ou en post-opératoire. L'importance de la bonne isolation de la dent, de la désinfection de la cavité et de l'utilisation de fraises et d'instruments stériles prend alors tout son sens. De plus, la mise en place d'une reconstitution coronaire étanche définitive doit avoir lieu le plus rapidement possible afin de limiter au maximum le risque de contamination bactérienne post-opératoire [70]. Son intégrité et son étanchéité doivent être contrôlées régulièrement afin d'éviter toute percolation bactérienne, susceptible d'entraîner un échec du traitement.

#### **3.3.2.2.2 Mauvaise évaluation du statut de la pulpe radiculaire**

L'aspect normal de la pulpe radiculaire ainsi que l'obtention rapide de son hémostase ne permettent pas de déterminer son état avec certitude. Malgré le respect de ces critères de décision, il est possible que la pulpe d'un ou de plusieurs canaux soit nécrosée ou atteinte d'inflammation pulpaire irréversible. Dans ces deux cas de figure, la pulpe radiculaire n'est pas capable de cicatriser.

Des douleurs intenses persistant plusieurs jours après la réalisation de la pulpotomie cervicale révèlent une inflammation irréversible de la pulpe radiculaire. Le TEI doit alors être réalisé. Par ailleurs, en cas de nécrose pulpaire, une LIPOE finit par apparaître, entraînant alors des douleurs à la mastication ainsi qu'une sensibilité à la percussion. Dans ce cas, le TEI doit également être réalisé afin de permettre à la lésion de cicatriser.

#### **3.3.2.2.3 Défaut de cicatrisation pulpaire**

La diminution du potentiel réparateur de la pulpe avec l'âge et les agressions antérieures laisse à penser que la pulpotomie cervicale, ainsi que les autres thérapeutiques de conservation de la vitalité pulpaire, auraient un taux de succès plus faible chez le sujet âgé, notamment pour les dents ayant subi de multiples agressions par le passé.

Cependant, aucune corrélation n'existe à ce jour entre l'âge des patients et le taux de succès de la pulpotomie cervicale des dents permanentes matures [13,15,63,67].

Toutefois, d'autres études prenant en compte les agressions préalables de la pulpe sont nécessaires afin de préciser leur éventuel impact sur le taux de succès des thérapeutiques de conservation de la vitalité pulpaire comme la pulpotomie cervicale [5].

### 3.3.3 Taux de succès

Asgary *et al.* ont réalisé un essai clinique randomisé, incluant 407 patients, concernant la non-infériorité de la pulpotomie cervicale par rapport à la biopulpectomie, pour les dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible, avec un suivi sur 5 ans [13].

*Tableau 2 : taux de succès de la pulpotomie cervicale et de la biopulpectomie à 5 ans selon différents groupes d'âge [13].*

Groupes d'âge	Taux de succès	
	Pulpotomie cervicale	Biopulpectomie
< 20 ans	75 %	68 %
21 – 29 ans	81,4 %	77,9 %
≥ 30 ans	76,1 %	75,6 %

Ces résultats démontrent la non-infériorité de la pulpotomie cervicale vis à vis de la biopulpectomie pour les dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible, quel que soit l'âge des patients.

Par ailleurs, Li *et al.* ont conduit une revue systématique de la littérature et une méta-analyse, parue en 2019, concernant la pulpotomie cervicale des dents permanentes matures avec exposition pulpaire pour cause carieuse [66]. Les auteurs concluent que cette thérapeutique peut être considérée comme une alternative potentielle à la biopulpectomie pour les dents permanentes matures, même en cas de pulpite irréversible. Ils ajoutent néanmoins que de nouveaux essais cliniques à plus grande échelle et à plus long terme sont nécessaires afin d'apporter des preuves scientifiques encore plus convaincantes.

Enfin, ils ajoutent également que le rapport coût/efficacité devrait être pris en compte dans les futures études de manière à mieux évaluer les avantages et inconvénients des différentes options thérapeutiques.

## Conclusion

La réalisation d'une pulpotomie cervicale pour traiter la pulpite irréversible des dents permanentes matures ne fait pas encore l'objet d'un consensus dans la communauté scientifique. Cependant, les résultats encourageants de nombreuses études permettent d'envisager cette thérapeutique comme une réelle alternative à la biopulpectomie. Toutefois, la conduite de nouveaux essais cliniques randomisés incluant un nombre de patients plus importants et une période de suivi plus longue sont nécessaires afin de mieux évaluer les avantages et inconvénients de cette thérapeutique.

De plus, l'amélioration des techniques de diagnostic de l'état pulpaire est un enjeu majeur qui permettra probablement d'améliorer la sélection des cas susceptibles d'être traités par pulpotomie cervicale.

Par ailleurs, la tendance actuelle dirigée vers la conservation maximale des tissus de l'organe dentaire évolue vers un nouveau paradigme, selon lequel la pulpe radiculaire devrait être conservée en première intention et amputée uniquement lorsque la situation clinique l'oblige. On parle de l'ère « no post, no crown, no endo », au sein de laquelle la pulpotomie cervicale trouve bien entendu sa place.

En outre, de nouvelles thérapeutiques comme la revascularisation vont encore plus loin, et permettent la création d'un tissu hybride vascularisé *de novo* grâce au recrutement de cellules souches. La pulpotomie cervicale représente alors une thérapeutique intermédiaire, qui se situe entre les thérapeutiques endodontiques conventionnelles et ces techniques de revascularisation.

## Table des figures

Figure 1 : coupe longitudinale d'une molaire mandibulaire. [38] .....	16
Figure 2 : mise en évidence de la perméabilité dentinaire [50]. .....	18
Figure 3 : aspect au microscope photonique des zones nécrosée (A), infectée (B) et affectée (C) d'une lésion carieuse dentinaire après coloration des bactéries dont la pénétration au sein des canalicules dentinaire est ainsi révélée (x200) [87]. .....	24
Figure 4 : coupe histologique mettant en évidence l'atteinte inflammatoire réversible de la pulpe d'une molaire maxillaire suite à une lésion carieuse. De la dentine tertiaire est présente en regard de la lésion carieuse, cependant, aucune bactérie n'est visible au sein du tissu pulpaire [83]. .....	26
Figure 5 : coupe histologique mettant en évidence l'atteinte inflammatoire irréversible de la pulpe d'une molaire mandibulaire suite à une lésion carieuse profonde. On observe des zones de nécroses ainsi que des bactéries qui colonisent la pulpe coronaire [83]. .....	27
Figure 6 : coupe histologique mettant en évidence l'inflammation de la pulpe d'une dent mature ainsi que l'extension de l'inflammation au niveau des tissus péri-apicaux. Ici la pulpe radiculaire est enflammée de manière réversible [50]. .....	28
Figure 7 : oxymètre de pouls customisé par Gopikrishna et al. [48]. .....	30
Figure 8 : utilisation d'un LDF sur un enfant [58]. .....	30
Figure 9 : test au froid réalisé à l'aide d'une boulette de coton imprégnée de spray réfrigérant [107]. .....	32
Figure 10 : différentes techniques de réalisation du test au chaud [54]. .....	32
Figure 11 : test électrique réalisé à l'aide d'un pulp tester [107]. .....	33
Figure 12 : représentation schématique des voies de progression de la pathologie pulpaire et de l'interaction entre les différents états pathologiques de la pulpe ainsi que leur relation avec la LIPOE [1]. .....	37
Figure 13 : absence de correspondance entre les diagnostics clinique et histologique d'inflammation pulpaire irréversible pour cette deuxième prémolaire maxillaire droite [83].	39
Figure 14 : TEI et reconstitution coronaire directe réalisés en 1 séance sur une molaire mandibulaire cariée diagnostiquée en pulpite irréversible [31]. .....	41
Figure 15 : mise en évidence de la complexité de l'anatomie du système canalaire de molaires et prémolaires maxillaires et mandibulaires [75]. .....	42
Figure 16 : réalisation d'une pulpotomie cervicale sur une molaire mandibulaire [32]. .....	45
Figure 17 : réalisation d'une pulpotomie cervicale sur une molaire permanente mature atteinte de pulpite irréversible ayant des signes d'atteinte péri-apicale et péri-radicaire ainsi qu'une résorption radiculaire interne. Cicatrisation obtenue après 6 mois de suivi (F) [10]. .....	47
Figure 18 : proposition d'un arbre décisionnel reprenant les différents critères de décision pré-opératoires et per-opératoires relatifs à la prise en charge des dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible (source : auteur). .....	48
Figure 19 : coupe histologique mettant en évidence la formation d'un pont dentinaire (CDB) et l'absence d'inflammation de la pulpe, 2 mois après une pulpotomie cervicale au MTA sur une molaire permanente mature cariée atteinte de pulpite irréversible [36]. .....	50
Figure 20 : schéma représentant la formation du PRF après 10 minutes de centrifugation d'un prélèvement sanguin à 3000 tours/min [34]. .....	52
Figure 21 : photographies et radiographies pré-, per-, et post-opératoires réalisées au cours d'une pulpotomie cervicale avec mise en place de PRF et de Biodentine® sur une molaire mandibulaire permanente mature diagnostiquée en pulpite irréversible. Suivi : à 12 (i) et 24 (j) mois [30]. .....	53
Figure 22 : évaluation de la douleur postopératoire sur 7 jours à la suite d'une pulpotomie cervicale (pulpotomy) ou d'un TEI (RCT) [40]. .....	59

## **Table des tableaux**

Tableau 1 : sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive (VPP) et valeur prédictive négative (VPN) pour les tests au froid, électrique et d'oxymétrie de pouls [48]. .....	34
Tableau 2 : taux de succès de la pulpotomie cervicale et de la biopulpectomie à 5 ans selon différents groupes d'âge [13]. .....	62

## Références bibliographiques

1. Abbott P, Yu C. A clinical classification of the status of the pulp and the root canal system. *Aust Dent J.* 2007;52:S17-31.
2. Abbott PV. The periapical space - a dynamic interface. *Aust Endod J.* 2002;28(3):96-107.
3. Abd-Elmeguid A. Dental pulp neurophysiology: part 1. clinical and diagnostic implications. 2009;75(1):55-9.
4. Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J.* 2003;36(3):225-35.
5. Aguilar P, Linsuwanont P. Vital pulp therapy in vital permanent teeth with cariously exposed pulp: a systematic review. *J Endod.* 2011;37(5):581-7.
6. Al Baik S, Al Mkenah A, Khan A, Alkhalifa A, Al Makinah A, Alquraini H, et al. Pulpotomy vs. pulpectomy techniques, indications and complications. *Int J Community Med Public Health.* 2018;5(11).
7. Alghaithy RA, Qualtrough AJE. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. *Int Endod J.* 2017;50(2):135-42.
8. Alqaderi HE, Al-Mutawa SA, Qudeimat MA. MTA pulpotomy as an alternative to root canal treatment in children's permanent teeth in a dental public health setting. *J Dent.* 2014;42(11):1390-5.
9. American Academy of Pediatric Dentistry. Pulp therapy for primary and immature permanent teeth. 2014;40(6):343-51.
10. Asgary S, Çalışkan MK. Vital pulp therapy of a mature molar with concurrent hyperplastic pulpitis, internal root resorption and periradicular periodontitis: A Case Report. 2015;10(4):284-6.
11. Asgary S, Eghbal MJ. The effect of pulpotomy using a calcium-enriched mixture cement versus one-visit root canal therapy on postoperative pain relief in irreversible pulpitis: a randomized clinical trial. *Odontology.* 2010;98(2):126-33.
12. Asgary S, Eghbal MJ. Treatment outcomes of pulpotomy in permanent molars with irreversible pulpitis using biomaterials: a multi-center randomized controlled trial. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(1):130-6.

13. Asgary S, Eghbal MJ, Fazlyab M, Baghban AA, Ghoddusi J. Five-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: a non-inferiority multicenter randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2015;19(2):335-41.
14. Asgary S, Shahabi S, Jafarzadeh T, Amini S, Kheirieh S. The properties of a new endodontic material. *J Endod*. 2008;34(8):990-3.
15. Asgary S, Shirvai A. Pulpotomy with calcium hydroxide may be an effective alternative to root canal therapy in vital teeth. *J Evid Based Dent Pract*. 2016;16(1):64-6.
16. Badet C. Étude clinique de la carie. EMC. 2011:1-7.
17. Balanger M. Techniques d'analgésie buccodentaire. 2017;12(2):1-9.
18. Bali P, Shivekshith AK, Allamaprabhu CR, Vivek HP. Calcium enriched mixture cement: A review. *Int J Contemp Dent Med Rev*. 2014:1-3.
19. Basmadjian-Charles C, Bourgeois D, Coudeville L, Lebrun T. National survey of endodontics in general dental practice in France. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2004;12(4):144-53.
20. Baume LJ. Diagnosis of diseases of the pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1970;29(1):102-16.
21. Baume LJ, Holz J, Risk LB. Radicular pulpotomy for category III pulps. Part I. Biologic and diagnostic aspects. *J Prosthet Dent*. 1971;25(4):418-31.
22. Borie E, Oliví DG, Orsi IA, Garlet K, Weber B, Beltrán V, et al. Platelet-rich fibrin application in dentistry: a literature review. 2015;8(5)7922-29.
23. Boucher Y, Matossian L, Rilliard F, Machtou P. Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a french subpopulation. *Int Endod J*. 2002;35(3):229-38.
24. Brännström M. The hydrodynamic theory of dentinal pain: sensation in preparations, caries, and the dentinal crack syndrome. *J Endod*. 1986;12(10):453-57.
25. Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent*. 2013;41(7):600-10.
26. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J*. oct 2006;39(10):747-54.
27. Chambers IG. The role and methods of pulp testing in oral diagnosis: a review. *Int Endod J*. 1982;15(1):1-15.
28. Cox CF, Sübay RK, Ostro E, Suzuki S, Suzuki SH. Tunnel defects in dentin bridges: their formation following direct pulp capping. *Oper Dent*. 1996;21(1):4-11.

29. Cushley S, Duncan HF, Lappin MJ, Tomson PL, Lundy FT, Cooper P, et al. Pulpotomy for mature carious teeth with symptoms of irreversible pulpitis: a systematic review. *J Dent.* 2019;88.
30. D. Prasanthi NalamNV, Simpsy G, Chittem J, Sajjan G. Biological approach in the management of permanent molars with irreversible pulpitis using platelet-rich fibrin as a pulpotomy medicament: case reports with 2-year follow up. *J Interdiscip Dent.* 2018;8(1):30-4.
31. Dablanca-Blanco AB, Blanco-Carrión J, Martín-Biedma B, Varela-Patiño P, Bello-Castro A, Castelo-Baz P. Management of large class II lesions in molars: how to restore and when to perform surgical crown lengthening? *Restor Dent Endod.* 2017;42(3):240-52.
32. Derakhshan P, Gurgel Georgelin M. La pulpotomie sur dent permanente mature : une alternative au traitement endodontique conventionnel ? 2018:11-68.
33. Deveaux E, Gambiez A. Le diagnostic en endodontie. II - Les pathologies. *Réalités Cliniques.* 2006;17:291-306.
34. Dohan S, Choukroun J, Dohan A, Donsimoni JM, Gabrieleff D, Fioretti F, et al. Platelet rich fibrin (PRF) : un nouveau biomatériau de cicatrisation. *Implantodontie.* 2004;13(2):87-97.
35. D.Pathak DrS. Advances in pulp capping materials: a review. *IOSR J Dent Med Sci.* 2017;16(2):31-7.
36. Eghbal MJ, Asgary S, Baglue RA, Parirokh M, Ghoddusi J. MTA pulpotomy of human permanent molars with irreversible pulpitis. *Aust Endod J.* 2009;35(1):4-8.
37. Elmsmari F, Ruiz X-F, Miró Q, Feijoo-Pato N, Durán-Sindreu F, Olivieri JG. Outcome of partial pulpotomy in cariously exposed posterior permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2019:1-14.
38. Fehrenbach MJ, Popowics T. *Illustrated dental embryology, histology, and anatomy.* 4. ed. Riverport Lane, Md: Elsevier; 2016. 335 p.
39. Foreman PC, Barnes IE. A review of calcium hydroxide. *Int Endod J.* 1990;23(6):283-97.
40. Galani M, Tewari S, Sangwan P, Mittal S, Kumar V, Duhan J. Comparative evaluation of postoperative pain and success rate after pulpotomy and root canal treatment in cariously exposed mature permanent molars: a randomized controlled trial. *J Endod.* 2017;43(12):1953-62.
41. Gambiez A, Deveaux E. Le diagnostic en endodontie. I - Les moyens. *Réalités Cliniques.* 2006;17:275-89.
42. Garcia-Godoy F, Murray PE. Systemic evaluation of various haemostatic agents following local application prior to direct pulp capping. 2005;4(14):791-7.

43. Ghouth N, Duggal MS, BaniHani A, Nazzal H. The diagnostic accuracy of laser Doppler flowmetry in assessing pulp blood flow in permanent teeth: a systematic review. *Dent Traumatol.* 2018;34(5):311-9.
44. Goldberg M. *Histologie du complexe dentinopulpaire.* EMC. 2008:1-34.
45. Goldberg M. *Histologie du complexe dentinaire.* EMC. 2016;11(6):1-24.
46. Goldberg M. *Pulpe dentaire : fonctions, structure et composition.* EMC. 2017;12(1):1-11.
47. Gopikrishna V, Pradeep G, Venkateshbabu N. Assessment of pulp vitality: a review. *Int J Paediatr Dent.* 2009;19(1):3-15.
48. Gopikrishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D. Evaluation of efficacy of a new custom-made pulse oximeter dental probe in comparison with the electrical and thermal tests for assessing pulp vitality. *J Endod.* 2007;33(4):411-4.
49. Gulabivala K, Ng Y-L. *Endodontics.* Edinburgh: Mosby Elsevier; 2014. 396 p.
50. Hargreaves K, Berman L. *Cohen's pathways of the pulp.* Eleventh Edition. 2016. 907 p.
51. HAS. *Traitement endodontique - Texte court du rapport d'évaluation technologique.* 2008.
52. Hayashi Y, Yanagiguchi K, Virolia I, Yukizaki H. High-resolution electron microscopy of crystal contact in the demineralized dentine. *Journal of Electron Microscopy.* 1997;46(2):189-92.
53. Jafarzadeh H. Laser Doppler flowmetry in endodontics: a review. *Int Endod J.* 2009;42(6):476-90.
54. Jafarzadeh H, Abbott PV. Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests: pulp sensibility tests. *Int Endod J.* 2010;43(9):738-62.
55. Jafarzadeh H, Abbott PV. Review of pulp sensibility tests. Part II: electric pulp tests and test cavities: electric pulp tests and test cavities. *Int Endod J.* 2010;43(11):945-58.
56. Jafarzadeh H, Rosenberg PA. Pulse oximetry: review of a potential aid in endodontic diagnosis. *J Endod.* 2009;35(3):329-33.
57. Jain P, Paul von S. *Common complications in endodontics.* Springer Nature. 2018. 294 p.
58. Karayilmaz H, Kirzioğlu Z. Comparison of the reliability of laser Doppler flowmetry, pulse oximetry and electric pulp tester in assessing the pulp vitality of human teeth. *J Oral Rehabil.* 2011;38(5):340-7.
59. Kidd EAM. *Essentials of dental caries: the disease and its management.* 3. ed. Oxford: Oxford Univ. Press; 2005. 180 p.

60. Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I, et al. Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2004;97(1):95-9.
61. Koubi G, Colon P, Franquin J-C, Hartmann A, Richard G, Faure M-O, et al. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth — a prospective study. *Clin Oral Investig*. 2013;17(1):243-9.
62. Kumar V, Juneja R, Duhan J, Sangwan P, Tewari S. Comparative evaluation of platelet-rich fibrin, mineral trioxide aggregate, and calcium hydroxide as pulpotomy agents in permanent molars with irreversible pulpitis: a randomized controlled trial. *Contemp Clin Dent*. 2016;7(4):512-8.
63. Kunert GG, Kunert IR, da Costa Filho LC, de Figueiredo JAP. Permanent teeth pulpotomy survival analysis: retrospective follow-up. *J Dent*. 2015;43(9):1125-31.
64. Levin LG. Pulp and periradicular testing. *J Endod*. 2013;39(3):S13-9.
65. Levin LG, Law AS, Holland GR, Abbott PV, Roda RS. Identify and define all diagnostic terms for pulpal health and disease states. *J Endod*. 2009;35(12):1645-57.
66. Li Y, Sui B, Dahl C, Bergeron B, Shipman P, Niu L, et al. Pulpotomy for carious pulp exposures in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2019;84:1-8.
67. Linsuwanont P, Wimonstuthikul K, Pothimoke U, Santiwong B. Treatment Outcomes of mineral trioxide aggregate pulpotomy in vital permanent teeth with carious pulp exposure: the retrospective study. *J Endod*. 2017;43(2):225-30.
68. Lupi-Pégurier L, Bourgeois D, Muller-Bolla M. Épidémiologie de la carie. EMC. 2009:1-13.
69. Maeda T, Iwanaga T, Fujita T, Takahashi Y, Kobayashi S. Distribution of nerve fibers immunoreactive to neurofilament protein in rat molars and periodontium. *Cell Tissue Res*. 1987;249(1):13-23.
70. Massler M. Preserving the exposed pulp: a review. *J Pedod*. 1978;2(3):217-27.
71. McCabe PS, Dummer PMH. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge: diagnosis and treatment of pulpal obliteration. *Int Endod J*. 2012;45(2):177-97.
72. Mejàre IA, Axelsson S, Davidson T, Frisk F, Hakeberg M, Kvist T, et al. Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review: diagnosis of dental pulp. *Int Endod J*. 2012;45(7):597-613.
73. Mente J, Geletneky B, Ohle M, Koch MJ, Friedrich Ding PG, Wolff D, et al. Mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: an analysis of the clinical treatment outcome. *J Endod*. 2010;36(5):806-13.

74. Nair PNR, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *Int Endod J.* 2008;41:128-50
75. Nelson SJ. Wheeler's dental anatomy, physiology, and occlusion. Tenth edition. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders; 2015. 350 p.
76. Ogawa K, Yamashita Y, Ichijo T, Fusayama T. The ultrastructure and hardness of the transparent layer of human carious dentin. 1983;62(1):7-10.
77. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part I: vital pulp therapy. *Int Endod J.* 2018;51(2):177-205.
78. Patel B. Endodontic diagnosis, pathology, and treatment planning. Cham: Springer International Publishing; 2015. 323 p.
79. Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, Daly B, Venturelli R, Mathur MR, et al. Oral diseases: a global public health challenge. *The Lancet.* 2019;394:249-60.
80. Petersen PE. Rapport sur la santé bucco-dentaire dans le monde. OMS. 2003:1-48.
81. Pitt Ford TR, Patel S. Technical equipment for assessment of dental pulp status. *Endod Top.* 2004;7(1):2-13.
82. Richardson SL, Khan AA, Rivera EM, Phillips C. Access to endodontic care in North Carolina public health and Medicaid settings: access to endodontic care. *J Public Health Dent.* 2014;74(3):175-80.
83. Ricucci D, Loghin S, Siqueira JF. Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. *J Endod.* 2014;40(12):1932-9.
84. Ricucci D, Siqueira Jr. JF. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod.* 2010;36(1):1-15.
85. Roy E, Alliot-Licht B, Dajean-Trutaud S, Fraysse C, Jean A, Armengol V. Evaluation of the ability of laser Doppler flowmetry for the assessment of pulp vitality in general dental practice. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2008;106(4):615-20.
86. Schilke R, Lisson JA, Bauß O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol.* 2000;45(5):355-61.
87. Séguier S. Histopathologie de la lésion carieuse de l'émail et de la dentine. EMC. 2002:1-12.
88. Setzer FC, Kataoka SHH, Natrielli F, Gondim-Junior E, Caldeira CL. Clinical diagnosis of pulp inflammation based on pulp oxygenation rates measured by pulse oximetry. *J Endod.* 2012;38(7):880-3.

89. Silva AF, Tarquinio SBC, Demarco FF, Piva E, Rivero ERC. The influence of haemostatic agents on healing of healthy human dental pulp tissue capped with calcium hydroxide. *Int Endod J.* 2006;39(4):309-16.
90. Simon S, Ctorza-Perez C. Cavité d'accès en endodontie. EMC. 2010:1-10.
91. Simon S, Perard M, Zanini M, Smith AJ, Charpentier E, Djole SX, et al. Should pulp chamber pulpotomy be seen as a permanent treatment? Some preliminary thoughts. *Int Endod J.* 2013;46(1):79-87.
92. Van der Stelt PF. Better imaging : the advantages of digital radiography. *J Am Dent Assoc.* 2008;139:S7-13.
93. Swift EJ, Trope M, Ritter AV. Vital pulp therapy for the mature tooth - can it work? *Endod Top.* 2003;5(1):49-56.
94. Taha NA, Ahmad MB, Ghanim A. Assessment of mineral trioxide aggregate pulpotomy in mature permanent teeth with carious exposures. *Int Endod J.* 2017;50(2):117-25.
95. Tavares PBL, Bonte E, Boukpepsi T, Siqueira JF, Lasfargues J-J. Prevalence of apical periodontitis in root canal-treated teeth from an urban french population: influence of the quality of root canal fillings and coronal restorations. *J Endod.* 2009;35(6):810-3.
96. Teixeira LS, Demarco FF, Coppola MC, Bonow MLM. Clinical and radiographic evaluation of pulpotomies performed under intrapulpal injection of anaesthetic solution. *Int Endod J.* 2001;34(6):440-6.
97. Torabinejad M, Fouad AF, Walton RE. *Endodontics principles and practice.* Fifth Editions. 2014. 564 p.
98. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Pittford T. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995;21(7):349-53.
99. Tramini P, Bourgeois D. *Épidémiologie de la carie.* EMC. 2017;12(6):1-15.
100. Tsukada K. Ultrastructure of the relationship between odontoblast processes and nerve fibres in dentinal tubules of rat molar teeth. *Arch Oral Biol.* 1987;32(2):87-92.
101. Tyndall D, Kohltfarber H. Application of cone beam volumetric tomography in endodontics. *Aust Dent J.* 2012;57:72-81.
102. Utneja S, Nawal RR, Talwar S, Verma M. Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications. *Restor Dent Endod.* 2015;40(1):1-13.
103. Ward J. Vital pulp therapy in cariously exposed permanent teeth and its limitations. *Aust Endod J.* 2002;28(1):29-37.
104. Yazdani S, Jadidfard M-P, Tahani B, Kazemian A, Dianat O, Alim Marvasti L. Health technology assessment of CEM pulpotomy in permanent molars with irreversible pulpitis. *Iran Endod J.* 2014;9(1):23-9.

105. Zanini M, Hennequin M, Cousson P-Y. A review of criteria for the evaluation of pulpotomy outcomes in mature permanent teeth. *J Endod.* 2016;42(8):1167-74.
106. De Almeida Neves A, Coutinho E, Cardoso MV, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Current concepts and techniques for caries excavation and adhesion to residual dentin. *J Adhes Dent.* 2010;13(1):7-22.
107. Bienvenue sur Endosud [Internet]. [consulté le 15 nov 2019]. Disponible sur: [http://endosud.free.fr/D2\\_4.htm](http://endosud.free.fr/D2_4.htm)

**Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année [2019] – N°:**

La pulpotomie cervicale : une alternative à la biopulpectomie pour les dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible. / **BOUKHETAM Quentin.**- p. 74 ; ill. 22 ; réf. 107.

**Domaines :** Endodontie

**Mots clés Rameau:** Endodontie clinique ; Pulpopathies ; Pulpe de la dent ; Biocompatibilité.

**Mots clés FMeSH:** Endodontie ; Pulpotomie ; Pulpectomie ; Pulpe dentaire ; Test pulpaire.

**Mots clés libres :** Pulpotomie cervicale ; Biopulpectomie ; Pulpite irréversible.

Résumé de la thèse :

La pulpotomie cervicale est une thérapeutique de conservation de la vitalité pulpaire indiquée en cas d'effraction pulpaire pour les dents temporaires et les dents permanentes immatures. Pour les dents permanentes matures, cette thérapeutique est encore considérée comme un traitement temporaire, réalisé en urgence en cas de pulpite irréversible, dans le but de soulager la douleur. Cependant, les avancées technologiques des dernières décennies en terme de biomatériaux ainsi que la meilleure compréhension des mécanismes de cicatrisation pulpaire poussent la communauté scientifique à envisager cette thérapeutique comme traitement d'usage de la dent permanente. Par conséquent, de nombreuses études mettent aujourd'hui en évidence des résultats encourageants qui permettent de considérer cette thérapeutique comme une alternative à la biopulpectomie pour les dents permanentes matures atteintes de pulpite irréversible. Ce travail s'intéresse dans un premier temps à la pertinence du diagnostic de l'état pulpaire. Puis, les avantages et inconvénients de la pulpotomie cervicale sont abordés. Enfin, un arbre décisionnel est proposé de manière à guider la prise de décision relative à l'indication de cette thérapeutique dans le cadre de la pulpite irréversible de la dent permanente mature.

**JURY :**

**Président : Monsieur le Professeur Etienne DEVEAUX**

**Assesseurs : Monsieur le Docteur Thibaut BÉCAVIN**

**Monsieur le Docteur Lieven ROBBERECHT**

**Monsieur le Docteur Alexandre DEMETRIOU**