

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I
U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2014

THESE N° 2014 LYO 1D 030

T H E S E
POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 23 Juin 2014

par

BOUAMMAR Oussama

Né le 6 Avril 1988 à Vénissieux (69)

Evaluation de l'étanchéité des ciments silicates tricalciques (MTA®, MM-MTA®, Biodentine®) dans les obturations rétrogrades en chirurgie endodontique : analyse de la littérature.

JURY

Monsieur le Professeur MAURIN Jean-Christophe

Président

Madame le Professeur SEUX Dominique

Assesseur

Madame le Docteur CHAUX-BODARD Anne-Gaëlle

Assesseur

Monsieur le Docteur VILLAT Cyril

Assesseur

Madame le Docteur BOUSSETTA Faouzia

Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	M. le Professeur F-N. GILLY
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil Scientifique	M. le Professeur P-G. GILLET
Vice-Président du Conseil des Etudes et de Vie Universitaire	M. le Professeur P. LALLE
Directeur Général des Services	M. A. HELLEU

SECTEUR SANTE

Comité de Coordination des Etudes Médicales	Président : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur. J. ETIENNE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directeur : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. le Professeur Y. MATILLON
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directeur : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies	Directeur : M. le Professeur F. DE MARCHI
UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. le Professeur C. COLLIGNON
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1	Directeur : M. C. VITON, Maître de Conférences
Ecole Polytechnique Universitaire de l'Université Lyon 1	Directeur : M. P. FOURNIER
Institut de Science Financière et d'Assurances	Directeur : Mme la Professeure V. MAUME DESCHAMPS
Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education (ESPE)	Directeur : M. A. MOUGNIOTTE
Observatoire de Lyon CNRS	Directeur : M. B. GUIDERDONI, Directeur de Recherche
Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique	Directeur : M. G. PIGNAULT

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyen	:	M. Denis BOURGEOIS, Professeur des Universités
Vice-Doyen	:	Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités
Vice-Doyen	:	M. Stéphane VIENNOT, Maître de Conférences
Vice-Doyen Etudiant	:	Mlle DARNE Juliette

SOUS-SECTION 56-01:

PÉDODONTIE

Professeur des Universités :	<u>M. Jean-Jacques MORRIER</u>
Maître de Conférences :	M. Jean-Pierre DUPREZ

SOUS-SECTION 56-02 :

ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences :	<u>M. Jean-Jacques AKNIN</u> , Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER, Mme Monique RABERIN
--------------------------	---

SOUS-SECTION 56-03 :

PRÉVENTION - EPIDÉMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTÉ - ODONTOLOGIE LÉGALE

Professeur des Universités	M. Denis BOURGEOIS
Professeur des Universités Associé :	M. Juan Carlos LLODRA CALVO
Maître de Conférences	<u>M. Bruno COMTE</u>

SOUS-SECTION 57-01 :

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences :	Mme Kerstin GRITSCH, M. Pierre-Yves HANACHOWICZ, <u>M. Philippe RODIER</u> ,
--------------------------	---

SOUS-SECTION 57-02 :

CHIRURGIE BUCCALE - PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION

Maître de Conférences :	Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, <u>M. Thomas FORTIN</u> , M. Jean-Pierre FUSARI
-------------------------	--

SOUS-SECTION 57-03 :

SCIENCES BIOLOGIQUES

Professeur des Universités :	<u>M. J. Christophe FARGES</u>
Maîtres de Conférences :	Mme Odile BARSOTTI, Mme Béatrice RICHARD, Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, M. François VIRARD

SOUS-SECTION 58-01 :

ODONTOLOGIE CONSERVATRICE - ENDODONTIE

Professeur des Universités :	M. Pierre FARGE, M. Jean-Christophe MAURIN, <u>Mme Dominique SEUX</u>
Maîtres de Conférences :	Mme Marion LUCCHINI, M. Thierry SELLI, M. Cyril VILLAT

SOUS-SECTION 58-02 :

PROTHÈSE

Professeurs des Universités :	M. Guillaume MALQUARTI, Mme Catherine MILLET
Maîtres de Conférences :	M. Christophe JEANNIN, M. Renaud NOHARET, <u>M. Gilbert VIGUIE</u> , M. Stéphane VIENNOT, M. Bernard VINCENT

SOUS-SECTION 58-03 :

SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Professeur des Universités :	Mme Brigitte GROSGOGEAT, <u>M. Olivier ROBIN</u>
------------------------------	--

Maîtres de Conférences :
Maître de Conférences Associé :

M. Patrick EXBRAYAT, Mme Sophie VEYRE-GOULET
Mme Doris MOURA CAMPOS

A notre président du jury,

Monsieur le Professeur Jean-Christophe MAURIN,

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon
Praticien-Hospitalier
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Claude Bernard Lyon 1
Maîtrise en Sciences Biologiques et Médicales
Habilitation à Diriger des Recherches

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en acceptant la présidence de notre jury de thèse.

Soyez assuré de notre estime pour votre disponibilité, gentillesse et tout simplement votre sourire qui illumine la faculté.

Nous aurions souhaité vous connaître plus tôt dans nos études, mais c'est un énorme plaisir de vous avoir pour le bouquet final.

Veuillez trouver dans ce travail, toute l'estime et l'admiration que nous vous portons.

A notre juge,

Madame le Professeur Dominique SEUX,

Professeure des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon
Praticien-Hospitalier
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Lyon I
Habilitée à Diriger des Recherches
Responsable de la sous-section Odontologie Conservatrice - Endodontie
Vice-Doyen à l'UFR d'Odontologie de Lyon

*Nous sommes très heureux de vous compter parmi les membres de notre jury de thèse.
Nous avons eu le plaisir d'apprendre et de travailler à vos côtés en préclinique comme en
clinique, en alliant rigueur, disponibilité et compétence.
Veuillez trouver ici, le témoignage de notre sincère reconnaissance.*

A notre juge,

Madame le Professeur Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD,

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon
Praticien-Hospitalier
Docteur en Chirurgie Dentaire
Ancien Interne en Odontologie
Docteur de l'Université Grenoble 1

Nous vous remercions d'avoir eu la gentillesse d'accepter de siéger dans notre jury de thèse.

Nous avons eu la chance de bénéficier de la qualité de votre enseignement théorique et clinique, dispensé avec calme, gentillesse et rigueur.

Que cette thèse vous exprime toute notre estime et notre profond respect.

A notre directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Cyril VILLAT,

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon
Praticien-Hospitalier
Docteur en Chirurgie Dentaire
Ancien Interne en Odontologie
Docteur de l'Ecole Centrale Paris

*Nous vous sommes reconnaissant d'avoir accepté la direction de cette thèse.
Vous avez su nous guider dans ce travail avec rigueur, qualité et vous nous avez donné
de précieux conseils.
Vous avez guidé nos premiers pas en odontologie conservatrice .
Vous avez fait preuve d'amabilité et d'un enseignement de grande qualité.
Nous tenons à vous remercier particulièrement.*

A notre codirectrice de thèse,

Madame le Docteur Faouzia BOUSSETTA,

Ancien Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon
Docteur en Chirurgie Dentaire

Nous sommes particulièrement honorés de vous avoir eu comme codirectrice de cette thèse.

Nous vous remercions pour votre disponibilité, votre gentillesse, vos précieux conseils, votre efficacité et votre rigueur.

Votre encadrement nous fut d'une aide précieuse.

Vous nous avez donné la passion pour la spécialité que vous exercez avec un haut niveau de perfection.

*Nous vous remercions pour l'accueil et les explications apportés au sein de votre cabinet.
Que cette thèse soit l'expression de notre grande gratitude.*

INTRODUCTION	2
1. Généralités sur la chirurgie endodontique ou « endodontie chirurgicale »	3
-1.1 Indication thérapeutique	3
-1.1.1. Endodontie chirurgicale de complément	3
-1.1.1.1. Incision de drainage ou décompensation d'un Kyste	3
-1.1.1.2. Persistance de douleur ou de lésion après un traitement endodontique convenablement conduit	4
-1.1.1.3. Persistance de douleur ou de lésion après un traitement mal conduit	5
-1.1.1.4. Fenestration	6
-1.1.2. Endodontie chirurgicale d'emblée	6
-1.2 Contre-indications	7
-1.3 Technique opératoire	8
2. Evaluation de l'étanchéité des matériaux d'obturation	16
-2.1 Les différents matériaux utilisés : historique	17
-2.2 Etudes in vitro de l'étanchéité	18
-2.2.1. Etude de l'étanchéité par technique de pénétration active ou passive de colorant (Dye leakage)	18
-2.2.2. Etude de l'étanchéité par la technique de filtration de fluide	21
-2.2.3. Etude de l'étanchéité par fuite protéinaire	22
-2.2.4. Etude de l'étanchéité par pénétration bactérienne	23
-2.2.5. Evaluation in vitro de l'étanchéité de la Biodentine®	27
-2.2.6. Evaluation des propriétés du MM-MTA®	29
-2.3 Evaluation in vivo et réalité clinique	29
3. Discussion : a-t-on trouvé le matériau idéal ?	34
CONCLUSION	36
BIBLIOGRAPHIE	37
ANNEXE	44

INTRODUCTION

La naissance et le développement d'une discipline dans un corps de métier résulte souvent d'une impasse créée par un certain nombre de problèmes récurrents sans aucune réponse apportée par les pairs de la profession.

C'est en partant de ce constat qu'il est aujourd'hui reconnu que l'endodontie est une discipline à part entière de la dentisterie moderne. Elle consiste au traitement du système canalaire afin de conserver une dent pulpée ou dépulpée, mais reconnue comme saine par l'organisme (KHAYAT, 2012). De plus, aujourd'hui, les traitements développés tendent vers la conservation d'une pulpe saine ou vers la revascularisation quand cela est possible.

Nous nous rendons aussi compte que la parodontite apicale est la maladie la plus fréquente au sein de la population française, et qu'avec l'évolution de la technique et la prise de conscience par le praticien de l'importance de cette thérapeutique, les chances de succès sont désormais très élevées avoisinant les 90 % (SETZER, 2010).

Il demeure cependant bon nombre d'échecs et de « cas » compliqués à résoudre par un traitement endodontique orthograde seul. L'endodontie chirurgicale apporte une solution à la prise en charge de ces cas complexes.

Le retraitement chirurgical était considéré comme l'ultime recours avant l'avulsion d'une dent. Aujourd'hui, on se rend compte que cette « option » a sa place dans l'arsenal thérapeutique de première intention.

Par ailleurs, grâce à l'amélioration de la technique, on est passé de la « résection apicale » à la « microchirurgie apicale », ainsi que le passage de la notion de « matériau » d'obturation à celle de « biomatériau » d'obturation.

En effet, de nombreux matériaux ont été utilisés pour sceller les apex, et des nouveaux biomatériaux sont apparus. Mais que valent-ils ?

Notre étude consiste en une analyse de la littérature afin d'étudier l'étanchéité de ces matériaux.

Dans une première partie, nous reviendrons sur les généralités en matière de chirurgie endodontique. Puis, nous étudierons et discuterons les résultats des études *in vitro* et *in vivo*. Enfin nous concluons : le « matériau idéal » existe-t-il ?

1. Généralités sur la chirurgie endodontique ou « endodontie chirurgicale »

1.1 Indication thérapeutique

L'évolution des techniques des traitements endodontiques initiaux ainsi que des retraitements a fait chuter le nombre des indications de chirurgie endodontique. Cependant, avec l'apparition du microscope opératoire et des inserts ultrasoniques de préparation *a retro*, un nouveau monde s'est ouvert et a rendu le geste chirurgical plus performant.

Souvent utilisé comme ultime recours, beaucoup de dents qui auraient été extraites dans le passé peuvent désormais être conservées.

Il existe deux types de chirurgies, la chirurgie de complément et la chirurgie d'emblée (KHAYAT, COCHET, 2012).

1.1.1. Endodontie chirurgicale de complément

1.1.1.1. Incision de drainage ou décompensation d'un Kyste

C'est le complément immédiat d'un traitement endodontique sur des dents qui présentent des volumineuses lésions, asymptomatiques ou symptomatiques, refroidies par antibiothérapie. Une incision est réalisée pour permettre l'évacuation des exsudats sous pression, complétée par un curetage de la lésion.



Figure 1 : Image d'une lésion volumineuse sur 26 (www.medicalorama.com)

1.1.1.2. Persistance de douleur ou de lésion après un traitement endodontique convenablement conduit

Dans le cas d'un échec persistant, la chirurgie peut être indiquée si aucun signe de guérison, voire l'apparition de signes d'aggravations de la maladie apparaissent, confirmant un échec du traitement par voie orthograde bien conduit. La décision doit être prise avec un recul de 6 mois post-traitement initial.

Si, à 6 mois aucun signe de guérison n'apparaît sur une radiographie rétroalvéolaire, un examen scanner ou *cone beam* doit être réalisé pour confirmer l'échec. En effet, un grand nombre de lésions ne peuvent être mises en évidence que par un scanner (Roisin-Chausson et Cochet, 2000).



Fig. 2 : Radiographie d'une lésion volumineuse après un traitement bien conduit (www.conseildentaire.com)

1.1.1.3. Persistance de douleur ou de lésion après un traitement mal conduit

L'anatomie canalaire complexe peut rendre le traitement conventionnel insuffisant (crochet apicaux, delta, canaux en C, canaux latéraux, canaux en S, calcification, résorptions, etc.).

Les épaulements, les butées, les fractures d'instruments, les dépassements de matériaux d'obturations sont des causes iatrogènes responsables d'échecs endodontiques pouvant indiquer une chirurgie.

La partie non traitée sera réséquée, la racine préparée et obturée *a retro*. Dans très peu de cas, si l'obturation endodontique est correcte et dense (effectuée par le même opérateur) au niveau de la zone de résection, l'étape de préparation et d'obturation *a retro* ne sera pas nécessaire.



Fig. 3 : Radiographie pré et post opératoire d'une chirurgie endodontique suite à un traitement initial mal conduit (M. BOUAMMAR Oussama)

1.1.1.4. Fenestration

Il arrive quelquefois qu'après un traitement endodontique bien conduit, des dents maxillaires deviennent douloureuses. On retrouve en effet fréquemment au maxillaire des fenestrations de la corticale osseuse avec un apex sous-périosté. Le périoste est une zone très innervée et donc sensible. On peut alors être amené à réaliser une chirurgie afin de « réenfouir » les racines par résection.

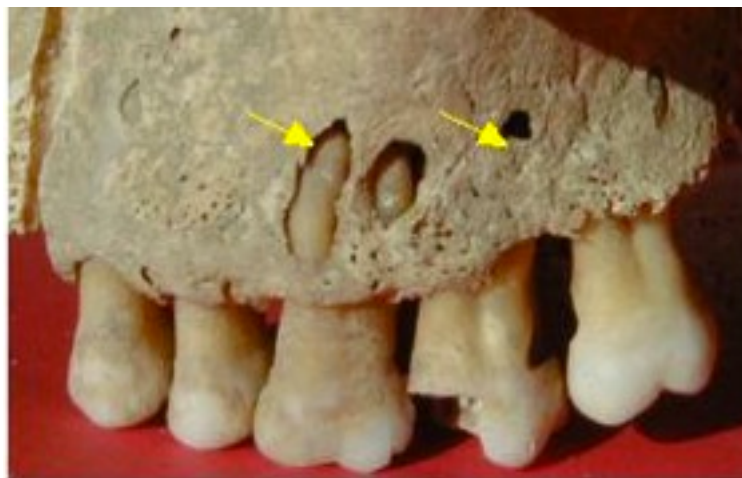


Fig. 4: Fenestration dentaire suite à une lésion d'origine endodontique (A-M Grimoud, 2004)

1.1.2. Endodontie chirurgicale d'emblée

Cette solution sera envisagée en présence d'un élément prothétique coronaire ou corono-radiculaire étanche, avec risque de fracture radiculaire lors de la dépose, ou désirant être conservé par le patient, ou lors de bridge de grande étendue.



Fig. 5 : Radiographie d'une 16 couronnée avec lésion périapicale (Dr. Etienne Suerinck)

1.2 Contre-indications

Tout traitement chirurgical a des contre-indications. Dans le cadre de la chirurgie endodontique, on note :

- des contre-indications chirurgicales (liées à l'état général du patient: hypertension artérielle, infarctus du myocarde, insuffisance cardiaque, endocardite infectieuse, anémie, désordres leucocytaires non prolifératifs, leucémies, troubles de la coagulation et de l'hémostase, patients sous biphosphonates, dent située dans une aire d'irradiation cervicaux faciale avec risque d'ostéoradionécrose),
- des considérations anatomiques (sinus, trou mentonnier, canal dentaire inférieur, épaisseur de corticale, arcade zygomatique),
- le rapport couronne / racine insuffisant,
- la présence de lésions radioclares d'origine non endodontique.

1.3 Technique opératoire

Le microscope opératoire et les ultrasons ont révolutionné la pratique de la chirurgie endodontique. Ces nouveaux outils ont permis d'augmenter le taux de succès de ce traitement.

Setzer et al. (2010) montrent un taux de succès de 94 % pour les dernières techniques contre 59 % pour les techniques traditionnelles.

Analyse radiographique préopératoire

Cette étape est indispensable au bon déroulement de l'intervention. A l'aide d'un examen radiographique rétroalvéolaire et/ou d'un *cone beam*, seront mis en évidence :

- la position de l'apex ;
- la longueur des racines ;
- la taille de la lésion ;
- la situation de la lésion ;
- le nombre de racine ;
- le nombre de canaux par racine ;
- la dimension du bandeau osseux cervical ;
- la présence des deux corticales ;
- la présence d'éléments anatomiques à risque proche des racines.

Incision

L'incision intervient après une anesthésie locale (para-apicale) ou loco-régionale (épine de Spix, foramen mentonnier, rétro-tubérositaire) avec rappel palatin ou lingual. Cette étape a deux rôles fondamentaux : annuler les perceptions nociceptives et améliorer l'hémostase du site (1/100 000 ème, ou 1/80 000 ème).

Il existe une multitude de lambeau, chacun avec ses avantages et ses inconvénients qui vont nous permettre de nous adapter à chaque situation clinique.

L'incision repose sur différents principes fondamentaux en chirurgie :

- avoir une bonne visibilité de la zone opérée ;
- éviter tout saignement gênant pendant le geste chirurgical ;
- ne pas « croiser » la lésion ;
- pouvoir repositionner les berges par recouvrement à distance du site opéré (importance de l'évaluation de la taille de la lésion avant l'intervention) ;
- effectuer une suture simple et efficace en fin d'intervention ;
- de prévenir, autant que possible, tout défaut esthétique après cicatrisation.

- Le lambeau intra-sulculaire avec une ou deux incisions de décharge est le lambeau de choix, avec décollement de pleine épaisseur. Le seul risque lors de l'incision de décharge est de léser le nerf alvéolaire inférieur au niveau du foramen mentonnier. L'incision doit donc être antérieure par rapport à ce foramen lors d'une chirurgie sur une molaire, ou postérieure lors d'une chirurgie sur une prémolaire.
- Dans un secteur esthétique (couronne prothétique) avec présence d'une bonne hauteur de gencive attachée, l'incision sous-marginale (Ochsenbein-Luebke) sera privilégiée. Cette option ne sera pas envisagée si le patient a un sourire gingival.

☞ Accès à la zone apicale

L'objectif est d'atteindre la ou les racines concernées et de faciliter l'accès des instruments nécessaires au curetage de la lésion, à la résection de la racine, à sa préparation apicale et à son obturation. Plus cette cavité sera petite et meilleures seront la régénération et les suites post-opératoires.



Fig. 6 : Photographie de deux cryptes osseuses en fonction de l'angle de résection apicale (Kim S., 2006)

☞ Mise en forme canalaire apicale

La préparation canalaire et l'obturation en chirurgie endodontique suivent les mêmes principes que l'endodontie conventionnelle (désinfection, mise en forme, étanchéité...).

Il est aujourd'hui admis qu'une simple résection apicale ne suffit pas pour guérir une lésion et qu'il est nécessaire de préparer le canal en l'instrumentant en association avec une irrigation.

Tout d'abord, la résection est nécessaire afin de faciliter le curetage de la lésion.

Ensuite, elle permet de délimiter les contours radiculaires.

De plus, les variations anatomiques tels que les deltas apicaux, les canaux accessoires et les bifurcations basses sont généralement localisées dans les 3 mm apicaux (Vertucci, 1978 et 1984).

Les différentes complications (calcification, perforation, fausse route, instrument fracturé) retrouvées lors des retraitements sont difficiles voire impossibles à négocier (Gorni et Gagliani, 2004).

La résection apicale se fait donc généralement sur les 3 mm apicaux.

En revanche, une réserve est à émettre sur les racines courtes ou une simple mise à plat de l'apex sera réalisée afin de conserver un maximum de hauteur radiculaire.

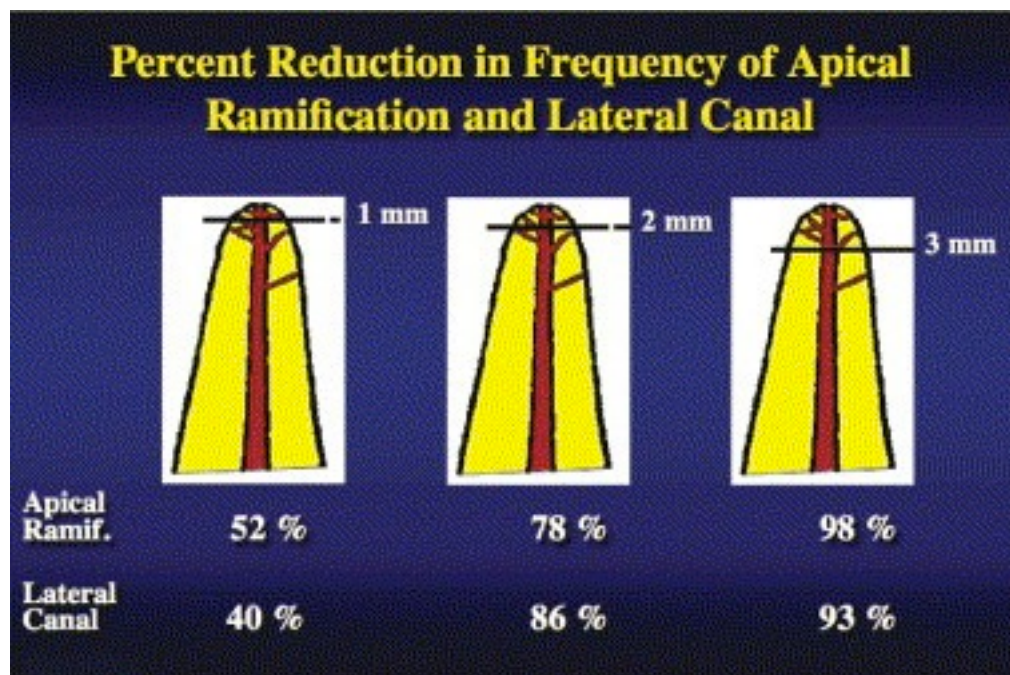


Fig. 7 : Pourcentage de réduction des canaux latéraux et accessoire en fonction de la taille de la résection apicale (Kim S., 2006)

La résection apicale est réalisée à l'aide d'une fraise Zekrya chirurgicale montée sur contre angle bague rouge ou sur turbine. Une turbine avec uniquement un spray d'eau sans rejet d'air (au niveau de la tête de la turbine) sera utilisée afin d'éviter tout risque d'emphysème (Stropko et Gutmann, 2005).

La résection est réalisée perpendiculairement au grand axe de la racine afin de permettre un accès à la totalité du système canalaire.

Plus l'angle du biseau est petit et plus la résection est perpendiculaire au grand axe de la racine.

Un angle de biseau réduit est indispensable afin d'être conservateur en tissu dentaire et de maintenir un rapport couronne/racine adéquat (Kim et Kratchman, 2006).

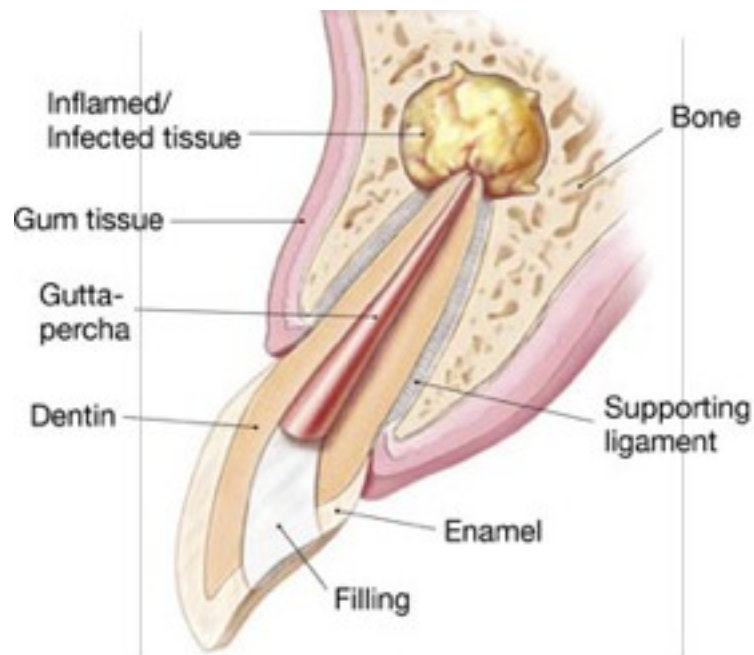


Fig. 8 : Schéma d'une lésion apicale sur une incisive (www.aae.org)

A l'aide de micro-miroir et sous microscope opératoire, la zone réséquée peut être facilement examinée (contour radiculaire, sortie canalaire, isthmes, canaux en C).

Des colorants peuvent être utilisés pour faciliter cet examen comme le bleu de méthylène.



Fig. 9 : Photographie d'apex après coloration au bleu de méthylène (Kim S., 2006)

👉 Hémostase

L'obtention d'une hémostase est une condition requise et incontournable. Cela permet d'avoir une excellente visibilité et de réaliser l'étape de préparation canalaire et d'obturation dans les meilleures conditions.

- Adrénaline

Une boulette de coton imprégnée d'un vasoconstricteur appliquée avec une pression pendant 2 à 3 minutes dans la crypte osseuse peut être utilisée afin de parfaire l'hémostase (Vickers et al., 2004).

- Sulfate ferrique

Le sulfate ferrique peut être également utilisé en chirurgie endodontique comme agent hémostatique en l'appliquant avec une boulette de coton. Les ions sulfates et ferriques forment des agglomérats de protéines obturant ainsi les capillaires sanguins.

Le sulfate ferrique peut provoquer une légère inflammation s'il est laissé en place après l'intervention. Pour cela, un rinçage final et un curetage léger en fin d'intervention suffisent à éliminer tous les résidus de coagulum (Jeansonne et al., 1993).

👉 Préparation canalaire

Un insert à pointe non diamantée est d'abord utilisé passivement pour commencer le nettoyage. Puis, les inserts à pointe diamantée sont utilisés pour le nettoyage et la mise en forme sous irrigation permanente. Les inserts sont utilisés par ordre de grandeur croissant, d'abord 3 mm puis 6 et 9 mm si nécessaire.

Les inserts sont aussi pratiques pour nettoyer et mettre en forme les canaux en C souvent présents au niveau des prémolaires mandibulaires et des canaux distaux des molaires mandibulaires (Baidson et al., 1992).

Les inserts doivent être utilisés parallèlement au grand axe de la racine, afin de ne pas être iatrogène. Si l'insert rencontre une résistance, il ne doit jamais être forcé. Une radiographie rétroalvéolaire est réalisée en fin de préparation afin de valider la désobturation et la mise en forme.

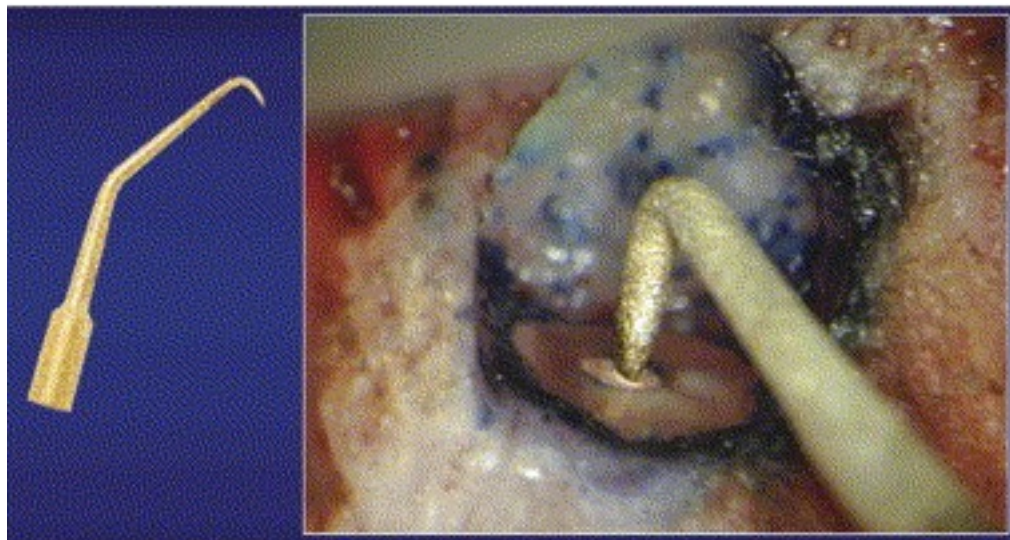


Fig. 10 : Photographie d'un insert lors d'une préparation *a retro* (Kim S., 2006)

☞ Désinfection et séchage

A l'aide d'une aiguille précourbée, on peut irriguer à l'hypochlorite de sodium 2 % (B. Khayat, 2013) ou à la chlorhexidine (Eludril®) directement à l'apex de la dent. Pour cela, il faut que l'assistante puisse aspirer en même temps au niveau de l'apex à l'aide d'une aspiration chirurgicale très fine. Cependant, en raison du risque de nécrose du tissu osseux, il faut utiliser une solution moins concentrée qu'en endodontie par voie orthograde.

Les ultrasons permettent, par une action mécanique, la désinfection presque totale (Jonasson, 2008).

On peut aussi utiliser un gel à la chlorhexidine à 2 %, pendant 1 minute, suivi d'un rinçage au sérum physiologique (Stropko, 2005).

Le canal est ensuite séché à l'aide de pointe de papier prédécoupée, ou d'une micro-aspiration.

☞ Obturation *a retro*

Une fois que le canal est propre et sec, il sera obturé afin de sceller l'apex de la dent. De nombreux matériaux ont été utilisés pour l'obturation, nous y reviendrons plus précisément dans la deuxième partie.

☞ Contrôle final, rinçage et réfection de la crypte osseuse

Sous microscope, à l'aide de micro-miroir, puis par contrôle radiographique, la qualité de l'obturation est évaluée. Si l'obturation est jugée de qualité (dense, absence de bulle ou de vide, épaisseur minimale de 3 mm,...) la crypte osseuse est alors rincée pour éliminer les débris et la solution éventuellement utilisée pour l'hémostase. L'opérateur provoque ensuite la reprise du saignement afin d'obtenir la formation d'un caillot.

Une membrane d'exclusion cellulaire doit être utilisée lorsque la lésion a détruit les deux corticales (vestibulaire et palatine, ou vestibulaire et linguale).

☞ Sutures

Pour cela des fils non résorbables sont utilisées, de petit diamètre (5-0, 6-0), monofilament, afin de limiter au maximum l'irritation et l'inflammation gingivale.

Le lambeau est suturé berge à berge, par des points simples, et des points suspendus au niveau des papilles.

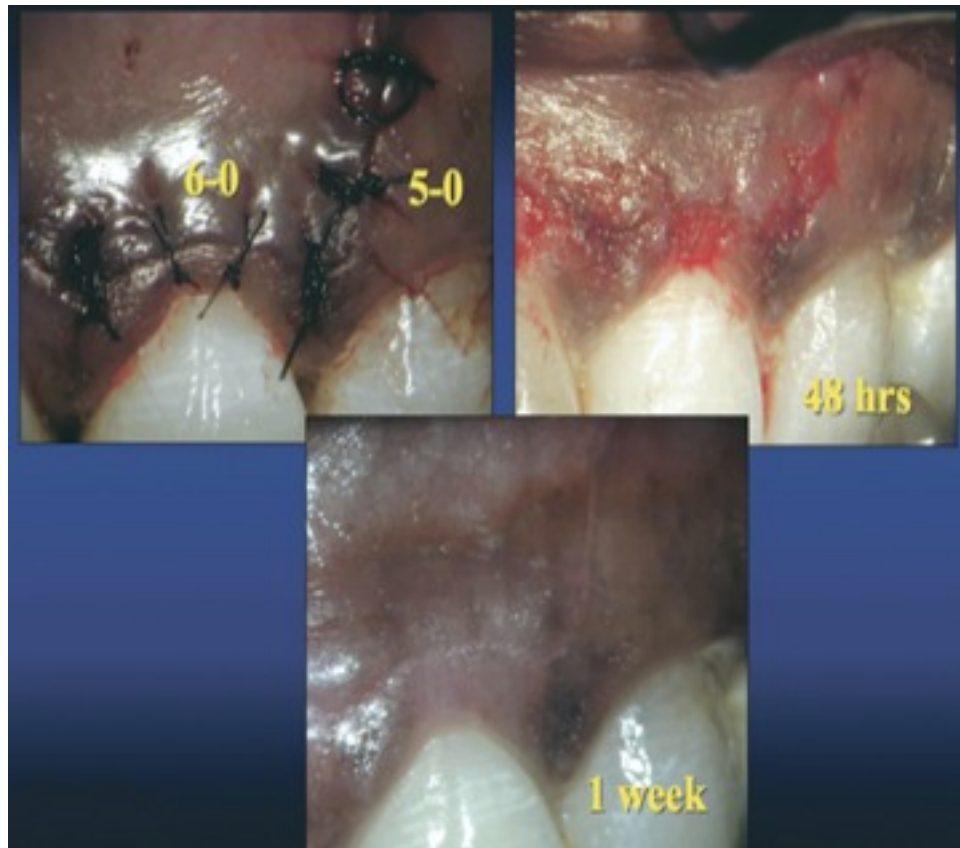


Fig. 11 : Photographie d'une suture avec du fil 6-0 et 5-0 monofilament et contrôle après 48h et après une semaine (Kim S., 2006)

2. Evaluation de l'étanchéité des matériaux d'obturation

Selon Waechter et Obwegeser (1953), les matériaux d'obturation des cavités rétrogrades devraient présenter les propriétés suivantes :

- viscosité adéquate (pour éviter des obturations excessives, tout en assurant une obturation complète de toutes les parois de la cavité),
- capacité adhésive,
- biocompatibilité.

De plus, Gartner et Dorn (1992) ont postulé les exigences suivantes :

- scellement du système des canaux radiculaires,
- biocompatibilité,
- stimulation de la régénération des tissus périapicaux,
- durcissement indépendant de l'humidité,
- stabilité volumétrique,
- pas de corrosion, ni d'activité électrochimique,
- pas de coloration de la dent, ni des tissus adjacents,
- manipulation clinique aisée,
- opacité radiologique différente de celle de la dentine.

L'endodontie chirurgicale garde les mêmes principes fondamentaux que l'endodontie conventionnelle, c'est-à-dire la désinfection, la mise en forme et le respect des tissus péri-apicaux...

L'objectif de ce travail est de se pencher plus spécifiquement sur l'obturation tridimensionnelle et étanche *a retro*.

2.1 Les différents matériaux utilisés : historique

L'étanchéité de l'obturation est un point clé de la réussite de la microchirurgie. Il s'agit de sceller l'apex des dents à l'aide d'un matériau remplissant un certain nombre de caractéristiques.

Au fil du temps, on observe que les praticiens se sont servis des matériaux de dentisterie restauratrice pour obturer les apex. En essayant de mettre les choses dans leur contexte, il faut prendre en compte les protocoles utilisés dans le passé. Le terme de « résection apicale » était utilisé auparavant, lorsque le praticien cherchait à cureter une lésion et à réséquer un apex, et avec une fraise boule il réalisait tant bien que mal une petite cavité qu'il obturait.

L'amalgame a d'abord été utilisé en tant que matériau d'obturation *a retro*. Cependant, il est contesté depuis plusieurs années, surtout en raison de sa composition à base de mercure.

La recherche s'est alors efforcée depuis les années soixante à trouver des alternatives. Parmi les matériaux utilisés jusqu'alors, il faut évoquer, à titre d'exemple :

- les ciments à base de polycarboxylate (McClean, 1971),
- l'or en feuilles (Kopp et Kresberg, 1973),
- les ciments d'oxyde de zinc-eugénol (Dorn et Gartner, 1990 ; Trope et coll., 1996),
- les ciments verre ionomère (Chong et coll., 1995).

Puis l'évolution de la technique depuis la fin des années quatre-vingt-dix avec l'utilisation du microscope opératoire et des inserts ultrasoniques de préparation *a retro* (Wuchenich et coll. 1994) ainsi que le développement de biomatériaux comme le MTA ont permis d'améliorer cette thérapeutique.

Aujourd'hui les matériaux les plus utilisés par les endodontistes sont :

- l'IRM®,
- le Super-EBA®,
- le MTA (Schultz, Westhauser, 2005).

Le dernier matériau apparu sur le marché est la Biodentine® mais peu de praticiens l'utilisent notamment par son manque de radio-opacité. Cependant, il est tout de même intéressant d'étudier dans la littérature son pouvoir d'étanchéité. D'autres formes de MTA sont aussi apparues comme le MM-MTA® et il serait intéressant de les étudier également, ainsi que les biocéramiques.

2.2 Etudes *in vitro* de l'étanchéité

Les différentes études vont être classées en fonction de la technique utilisée lors du test et des matériaux étudiés (Torabinejad, 2010).

2.2.1. Etude de l'étanchéité par technique de pénétration active ou passive de colorant (*Dye leakage*)

Par définition, cette technique utilise un colorant en solution pouvant être :

- du bleu de méthylène,
- la fuchsine,
- la rhodamine B,
- l'Encre de Chine,
- le nitrate d'argent,
- l'encre Pelikan ®.

Un procédé de trempage passif ou activé par pression hydrostatique permet au colorant de pénétrer tout espace vide.

C'est une étude qualitative et semi-quantitative.

• Limites :

L'étude de la pénétration d'un colorant peut être gênée par de l'air piégé le long de l'obturation canalaire. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser cette méthode sous une pression réduite.

La plupart des études mesurent la percolation dans un seul plan de l'espace et seulement sur certaines sections de la dent.

Des vides de longueur identique mais de diamètre et de volume différents conduisent à des mesures de pénétration linéaire identiques, alors qu'un diamètre plus important permet un passage bactérien et une diffusion de toxines plus larges.

La méthode est destructive.

L'évaluation objective est difficile. Le meilleur critère d'évaluation semble être la quantité maximale de pénétration de marqueur par dent.

L'acidité de certains colorants entraîne une déminéralisation et une pénétration plus profonde (donne un faux positif).

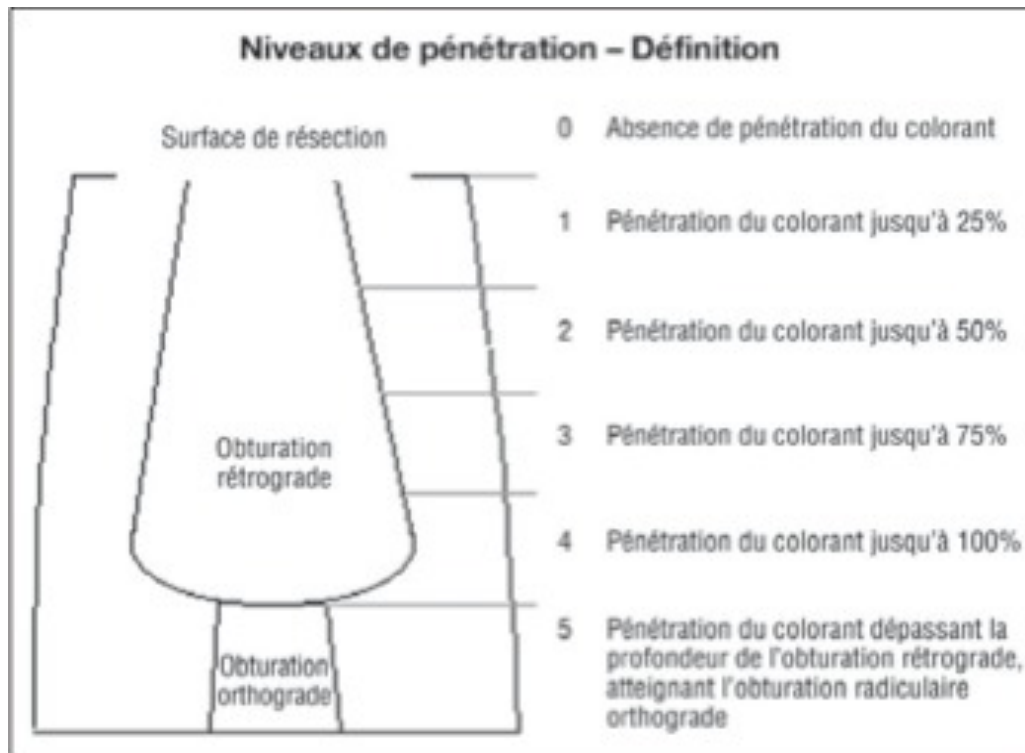


Fig. 12 : Schéma du niveau de pénétration des colorants (Schultz C., 2005)

- La revue de littérature de Torabinejad de 2010 analyse tous les articles de 1993 à 2009 (publiés dans les revues de référence comme *International Endodontic Journal* ; *Journal of Endodontics* ; *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Endodontology*...) qui étudient l'étanchéité du MTA comparé à d'autres matériaux. Selon lui, la technique de pénétration de colorant a été utilisée à 17 reprises pour évaluer l'étanchéité des matériaux.
- Six articles comparent l'étanchéité du MTA avec le Super EBA® et l'amalgame. Il en ressort que le MTA est significativement plus étanche que ces deux matériaux (Torabinejad, 1993, 1994 ; Aqrabawi, 2000 ; Martell, 2002 ; Davis JL, 2003 ; Pereira, 2004).
- Trois articles comparent l'étanchéité du MTA avec le Super EBA®, l'amalgame et l'IRM®. Il en ressort que le MTA est significativement plus étanche que tous ces matériaux (Torabinejad, 1994 ; Martell, 2002 ; Asgary, 2008).
- Un article étudie la micro-perméabilité du Pro Root® MTA comparée au Super EBA® et à l'IRM®. Il en ressort que le MTA est significativement plus étanche (Shultz, 2005).

- En revanche Pichardo et son équipe en 2004, ainsi que Tobon-Arroyave et son équipe en 2007, concluent que le MTA est moins étanche que le Geristore® (verre ionomère associé à une résine composite) mais pas de manière significative ($p < 0.0001$) et aussi étanche que le Super EBA®. Dans ces deux articles, l'Encre de Chine a été utilisée comme colorant. L'objectif de ces deux articles était de voir l'influence de milieu de conservation des dents après extraction, comme une solution de formol à 10 % ou autre. C'est un paramètre important à prendre en considération. Cela montre que pour mettre des articles en comparaison, il faudrait que les conditions expérimentales soient strictement les mêmes (comme la solution de conservation), ce qui est rarement le cas.
- De plus, une étude utilisant le nitrate d'argent comme colorant afin de comparer l'étanchéité du MTA face au Super EBA® et au CVI montre que le Super EBA® est le plus étanche puis le MTA et enfin le CVI.
Cependant, dans la même étude, les coupes ont ensuite été analysées sous microscope électronique afin d'analyser l'adaptation marginale des trois matériaux sur les deux premiers millimètres. L'auteur observe une différence significative entre les trois matériaux et c'est le MTA qui présente la meilleure adaptation marginale. Il en résulte qu'il n'y a aucune corrélation entre les deux méthodes dans la même étude (Xavier CB, 2005).
- Un autre paramètre à prendre en considération est l'action de l'hydroxyde de calcium sur le bleu de méthylène qui a pour effet de le décolorer. Le MTA entraîne la formation d'hydroxyde de calcium lors de sa réaction de prise. Il est donc susceptible d'entraîner cette décoloration (Wu MK, Wesselink, 1998). Les études utilisant le bleu de méthylène sont donc à reconsidérer.
- Une étude évaluant l'influence du changement de pH dans le milieu de conservation entre le MTA et le ciment verre ionomère (CVI) montre que le MTA est moins influencé par les variations de pH (Tobon-Arroyave, 2007). Le colorant utilisé était la rhodamine. Cependant, il en résulte que pour des valeurs de pH neutre, le verre ionomère est plus étanche que le MTA (Tobon-Arroyave, 2007).
- De Bruyne et De Moor (2008) ont comparé la capacité et la qualité de scellement du MTA comparé à celle du CVI. Il en résulte qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux matériaux et que le Pro Root® MTA a de meilleures qualités d'obturation que le Fuji IX®.

2.2.2. Etude de l'étanchéité par la technique de filtration de fluide

Cette méthode d'analyse utilise la dent comme filtre à travers lequel on va essayer de faire passer un fluide mis sous pression. La quantité de fluide ayant traversé le filtre est mesurée à sa sortie en μL par minute. Plus le filtre est étanche et moins il y a de liquide à sa sortie.

C'est une étude réellement quantitative.

• Avantages :

- Cette technique, reproductible car non destructive, permet d'évaluer le scellement coronaire et apical sur une longue période, sans destruction de l'échantillon.
- L'enregistrement automatique des résultats donne des résultats quantitatifs précis de petits volumes (de l'ordre du microlitre) en évitant les erreurs liées à l'opérateur.
- La sensibilité du système peut être ajustée en modifiant la pression ou le diamètre interne du tube contenant la bulle.

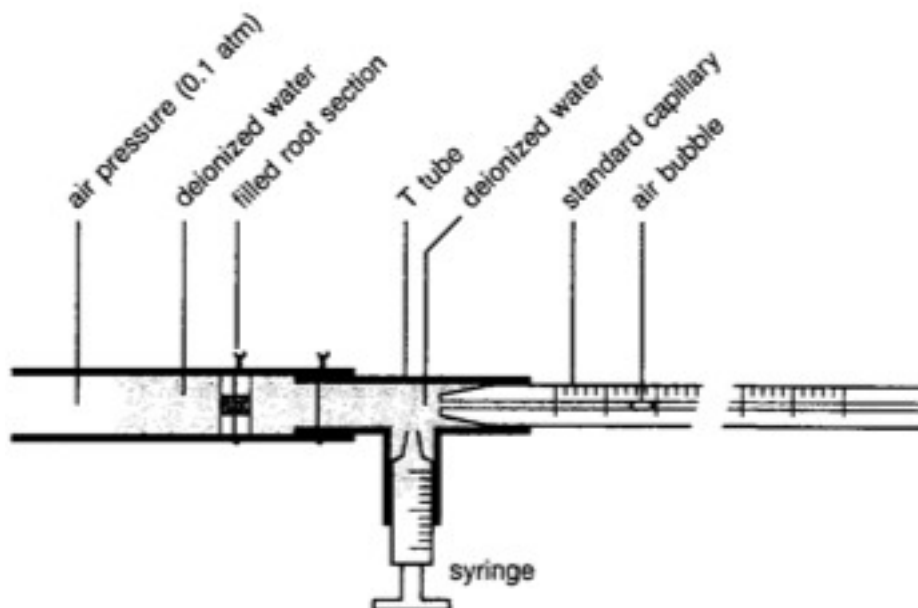


Fig. 13 : Schéma d'une expérience par filtration de fluide (Wu M., 1998)

- Quatre auteurs ont étudié l'étanchéité du MTA avec cette technique comparée à l'amalgame. Il en résulte que le MTA est significativement plus étanche que l'amalgame (Bates CF, 1996 ; Yatsushiro, 1998 ; Fogel HM, 2001).

- Wu, en 1998, compare le MTA, le Super EBA® et l'amalgame. Ici encore le MTA présente les meilleurs résultats (Wu MK, 1998).
- D'autres auteurs ont comparé l'IRM®, le Super EBA® et le MTA avec deux manières de réaliser la cavité *a retro* : soit avec un laser, soit avec des inserts à ultrasons. Il en résulte que les valeurs d'étanchéité sont meilleures pour les quatre matériaux lorsque le laser est utilisé, et que pour les cavités préparées avec le laser c'est le MTA qui est le moins perméable (Karlovic Z, 2005).
- De Bruyne, quant à lui, a comparé le MTA, l'IRM® et le Fuji IX®. Il réalisa d'abord une étude avec la filtration de fluide et conclut que le Fuji IX® est moins perméable que le MTA et l'IRM®. Puis, il réalisa une étude de porosimétrie de flux capillaire et conclut que l'IRM® et le MTA sont moins perméables que le Fuji IX®. L'auteur explique que cette différence est due à la taille des cavité *a retro* préparées qui sont sensiblement différentes dans ces deux tests et à l'utilisation de dents humaines dans le premier cas et de dents de bovins dans le second cas (De Bruyne, 2005 ; De Bruyne 2006). Cependant, il a été montré qu'il n'existe pas de différence d'adhésion des matériaux dentaires sur dent humaine ou bovine (Nakamitchi, 1983 ; Yassen GH, 2011). Les deux études de De Bruyne sont donc en contradiction.
- Economides, en 2004, compare le composite Admira® et le Fuji II® en essayant de voir, en plus, si l'ajout d'un adhésif spécial CVI et un adhésif spécial composite peut améliorer les performances des matériaux. Il en résulte une différence significative en faveur du Fuji II®, mais il n'y a pas de différence lors de l'ajout ou non d'adhésif (Economides N, 2004).

2.2.3. Etude de l'étanchéité par fuite protéinaire

Cette technique utilise la méthode de Bradford qui consiste en un dosage colorimétrique basé sur le changement d'absorbance (la mesure se fait à 595 nm), se manifestant par le changement de la couleur du bleu de coomasie après liaison avec les acides aminés.

La forme anionique (liée) du colorant est bleue, et possède un spectre d'absorption maximal estimé historiquement à 595 nm. Les formes cationiques (libres) du colorant sont rouge et marron, absorbant à 465-470 nm. Le changement d'absorbance est proportionnel à la quantité de colorant lié, indiquant donc la concentration en protéines dans l'échantillon. Les dents préparées et obturées sont ensuite immergées dans du sérum de bovin contenant de l'albumine. Les dents sont ensuite immergées dans un dispositif avec du bleu de coomasie, puis par spectrophotométrie, la quantité d'albumine est calculée. Plus il y a d'albumine et moins les obturations étaient étanches.

- Une étude compare avec cette technique l'IRM® et le Super EBA®, en ajoutant comme critère le fait d'obturer ou non d'abord le canal de façon orthograde avec de la gutta percha. Il en résulte qu'il n'y a pas de différence significative d'étanchéité entre l'IRM® et le Super EBA® et que les résultats sont meilleurs lorsque la dent a d'abord été obturée à la gutta percha (Malcic, 2006).
- Valois et son équipe ont étudié par cette méthode l'étanchéité de différentes épaisseurs de MTA. Ils ont conclu que c'est à partir de 4 mm qu'il y a une différence significative, et que c'est donc l'épaisseur minimale à partir de laquelle l'étanchéité est optimale (Valois, 2004).

2.2.4. Etude de l'étanchéité par pénétration bactérienne

Le système comprend en général deux chambres séparées, entre les extrémités apicales et coronaires d'une dent obturée. La turbidité du bouillon dans la chambre apicale est la première indication de contamination par des micro-organismes et donc de perte d'herméticité. Le liquide dans la chambre apicale peut également contenir un indicateur ; par exemple un indicateur de pH comme le phénol rouge à 0,01 % passe du rouge au jaune lorsque se produit une contamination bactérienne. En effet, la production d'acide par fermentation des hydrates de carbone, par *Streptococcus salivarius* par exemple, modifie le pH du milieu. Les souches bactériennes et fongiques utilisées varient selon les études.

<i>auteurs</i>	<i>Souches bactériennes utilisées</i>
Chailertvanitkul [38, 39]	<i>Streptocoques anaérobies, Fusobacterium nucleatum</i>
Barthel [18]	<i>Streptococcus epidermidis</i>
Adamo [2]	<i>Streptococcus salivarius</i>
Timpawat [253]	<i>Enterococcus faecalis</i>
Carratù [35]	<i>Porphiromonas mirabilis, S. epidermidis</i>
Miletic [171]	<i>Candida albicans, Streptococcus mutans, S. mitis, Prevotella melaninogenica, Lactobacillus acidophilus</i>
Michailescu [169]	<i>Actinomyces odontolyticus, Lactobacillus acidophilus, Pseudomonas fluorescens</i>
Maltezos [154]	<i>Streptococcus salivarius</i>

Fig. 14 : Tableau des souches bactériennes utilisées en fonction des études (NOIRRIT-ESCLASSAN E., 2009)

Des endotoxines peuvent également être utilisées : ce sont des lipopolysaccharides de la membrane externe de bactéries Gram négatif.

L'espace permettant le passage de bactéries fait au minimum 0,5 à 1 μm de large. En revanche, la percolation de toxines nécessite des hiatus de taille inférieure.

D'après ADAMO et TIMPAWAT, cette technique d'évaluation serait d'une plus grande valeur biologique et clinique que la méthode de pénétration d'un colorant ou d'un isotope. En effet, la capacité des micro-organismes vivants à modifier leur forme et leur taille pour se mouvoir activement et se multiplier peut jouer un rôle important qui ne peut être représenté par aucune solution aqueuse avec un marqueur.

Limites :

- Méthode inutilisable si le ciment a une activité anti-bactérienne,
- Résultats dépendants du type de bactéries et/ou champignon utilisé.

Mesure qualitative : présence ou absence de contamination.

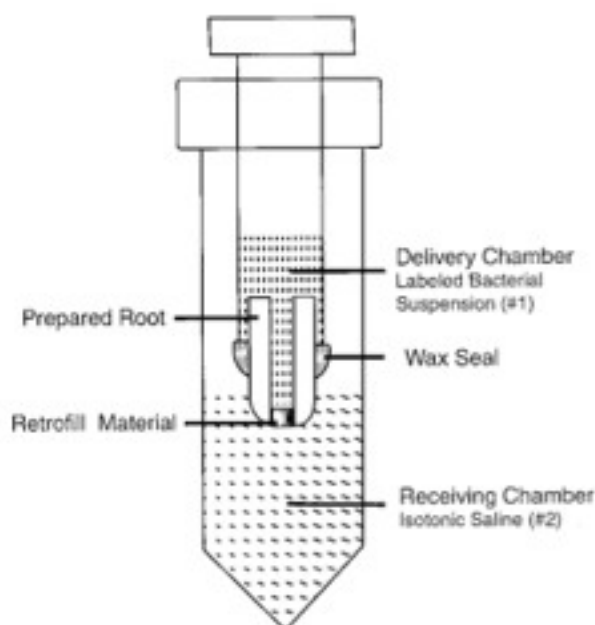


Fig. 15 : Schéma d'une étude par pénétration bactérienne (TICHANNE S., 2012)

- Pour commencer, quatre études ont comparé le MTA et l'amalgame. Trois auteurs ont conclu une meilleure résistance du MTA à la pénétration bactérienne (Torabinejad, 1995 ; Fisher, 1998 ; Ferk Luketic, 2008). En revanche, une étude montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux matériaux (Adamo, 1999).

- La comparaison du MTA et du Super EBA® a été réalisée par six auteurs. Trois d'entre eux ont montré une supériorité du MTA (Torabinejad, 1995 ; Fisher, 1998 ; Maltezos, 2006). Les trois autres auteurs n'obtiennent aucune différence significative entre les deux matériaux (Scheerer, 2001 ; Mangin, 2003 ; Adamo, 1999).
- Dans une étude par pénétration d'endotoxine bactérienne (lipopolysaccharides), on observe que le MTA est le plus résistant face à l'IRM®, le Super EBA®, et l'amalgame (Tang, 2002).
- Torabinejad et Fisher ont observé dans leur étude une supériorité du MTA face à l'IRM® (Torabinejad, 1995 ; Fisher, 1998).
- Sheerer en 2001 n'observe aucune différence significative entre le MTA et le Geristore®.
- Mangin en 2003 n'observe aucune différence entre le MTA et l'hydroxyapatite.
- Adamo en 2003 n'observe aucune différence significative entre le composite et l'amalgame avec application d'adhésif (Pro-Bond dentin bonding agent®).
- Maltezos en 2006 n'observe aucune différence significative entre le MTA et le Resilion® (polymère de polyester).
- Pour finir, une méta-analyse réalisée sur 30 articles étudie les matériaux d'obturation *a retro in vitro* (Fernandez-Yanez Sanchez, 2008). Les conclusions de cette analyse sont les suivantes :
 - Les études évaluant le temps requis par certains micro-organismes pour pénétrer 3 mm d'un matériau, révèlent que les différences du MTA avec les autres matériaux sont importantes. En effet, il faut 65,5 jours pour que le MTA commence à montrer des fuites, contre 31,7 pour l'amalgame, 44,75 pour l'IRM® et 48,66 pour le Super EBA®.
 - Au sujet de la profondeur de fuite en mm, le MTA montre à nouveau sa supériorité en terme d'étanchéité. On constate une moyenne de 0,46 mm après un contrôle à 41 jours (et n'évolue plus après 41 jours). L'amalgame possède une moyenne de 2,2 mm pour 60,94 jours tandis que le Super EBA® montre une profondeur 1,18 mm sur une période beaucoup plus longue que l'amalgame. Pour l'IRM®, la moyenne est de 1,75 mm après une période de 70 jours.

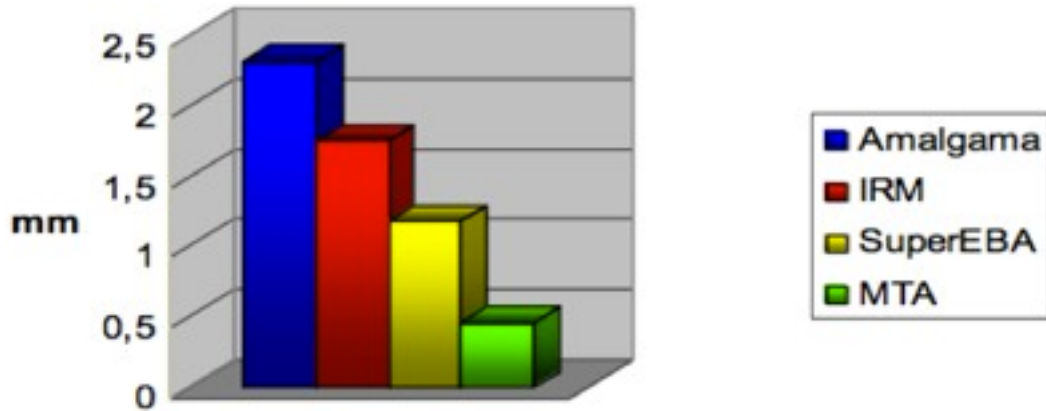


Fig. 16 : Profondeur de fuite en fonction des matériaux (FERNANDEZ A., 2008)

- Le MTA possède le pourcentage d'absence de fuite le plus élevé. Dans cette comparaison, la performance du Super EBA® (73,45 %) est très proche de ce dernier (78,47 %). L'IRM® a un pourcentage de 39,1 % tandis que l'amalgame montre des résultats légèrement améliorés 35,02 %, sachant que pour l'amalgame les échantillons et le temps de contrôle étaient plus petits que les autres.

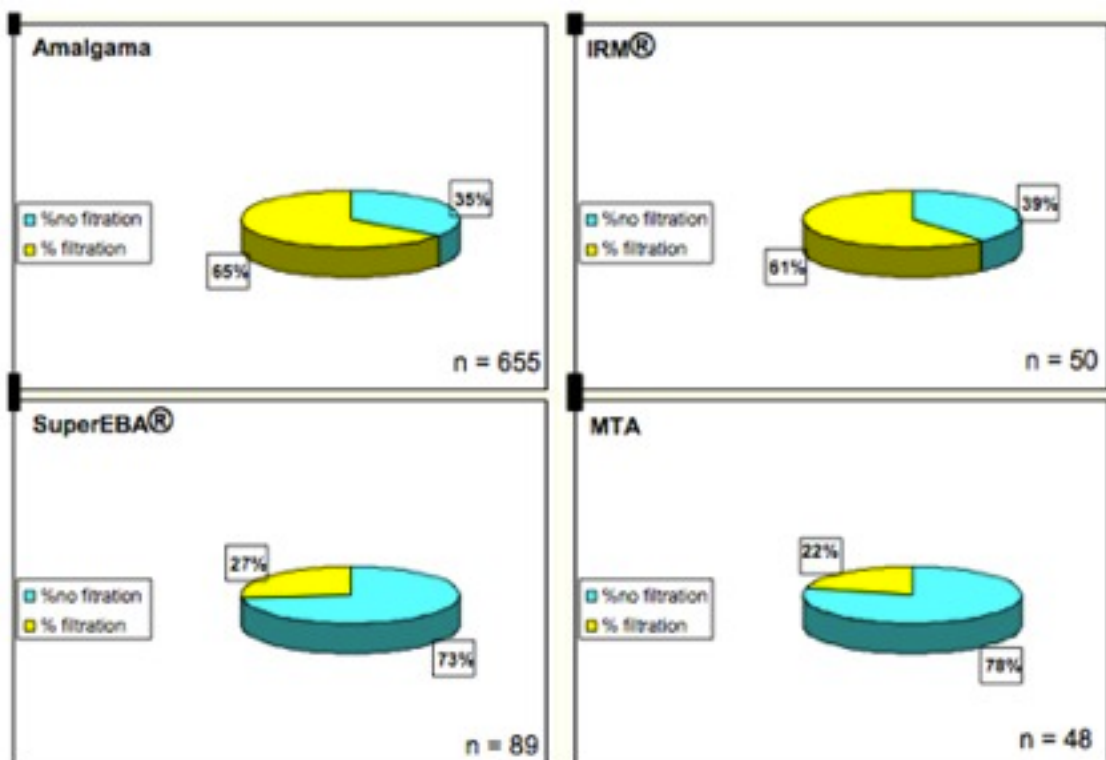


Fig. 17 : Pourcentage d'absence de fuite en fonction des matériaux (FERNANDEZ A.,2008)

2.2.5. Evaluation *in vitro* de l'étanchéité de la Biodentine®

La biodentine a été comparée au Fuji II® et au Vitrebond® (ciment verre ionomère modifié par adjonction de résine) dans une étude de micro-perméabilité par immersion dans une solution contenant des microsphères fluorescentes de carboxylates modifiés de 0,5 μm de diamètre. Cette étude a révélé que la Biodentine® est moins étanche que les deux autres matériaux (Camilleri, 2013). La technique utilisée révèle une méthode destructrice lors de la réalisation des lamelles, sinon le protocole a été bien mené.

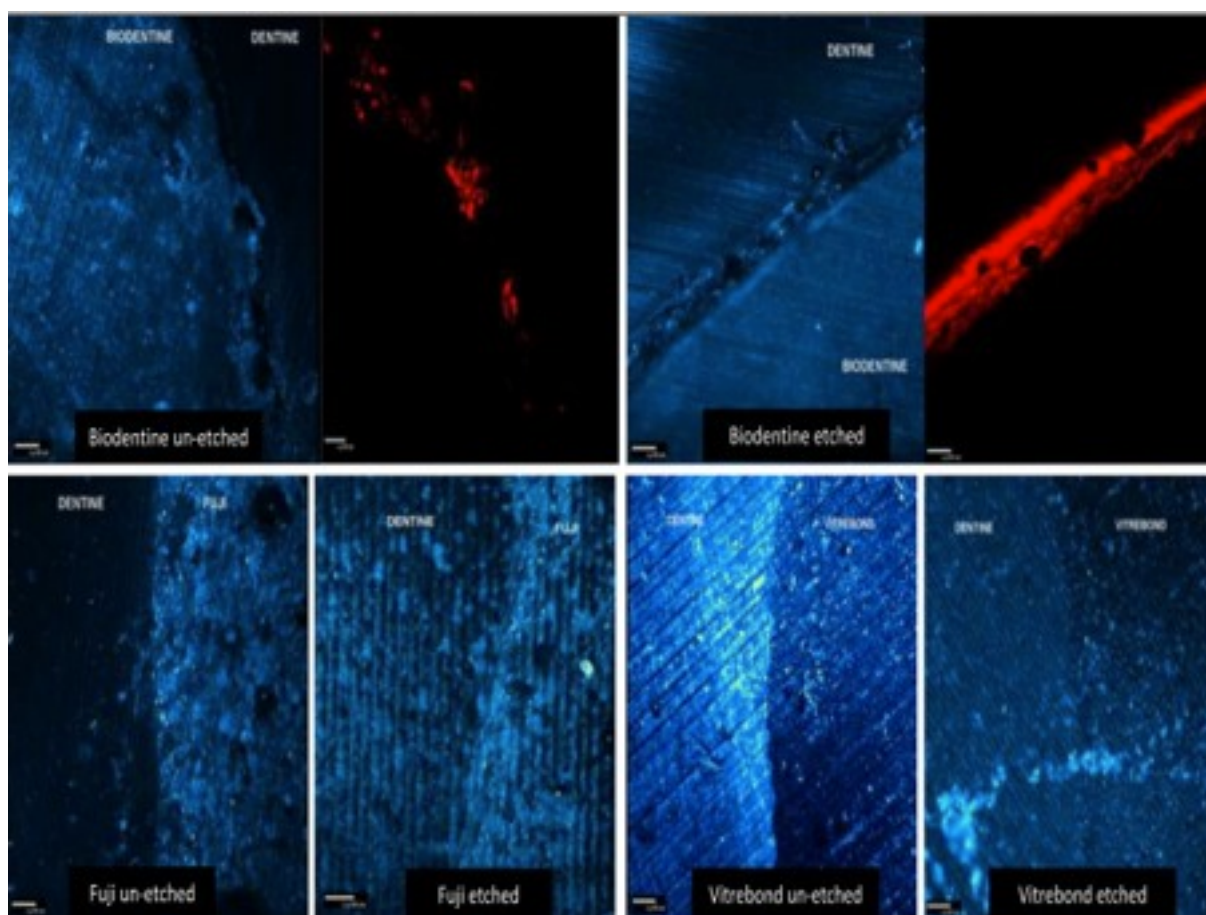


Fig. 18 : Observation des coupes sous microscope à fluorescence (CAMILLERI, 2013)

Dans une autre étude de pénétration de nitrate d'argent, les auteurs n'ont trouvé aucune différence significative entre le Fuji II® et la Biodentine® lorsqu'il est utilisé pour les lésions carieuses cervicales (Raskin, 2012).

Une autre étude par diffusion de fluide ne montre aucune différence entre la Biodentine® et un ciment verre ionomère modifié par adjonction de résine, utilisés pour des cavités de classe II (Koubi, 2012).

Il existe une étude comparant la Biodentine®, l'IRM®, le Bioaggregate® et un ciment silicate tricalcique expérimental (TCS-20-Zr) dans les obturations rétrogrades. La technique utilisée est l'intrusion de mercure par porosimétrie. Cette étude révèle que la Biodentine® et l'IRM® sont relativement moins poreux que les deux autres matériaux, et qu'ils sont les plus étanches. A noter que l'IRM® présente une différence non significative avec la Biodentine® mais qu'il lui est inférieur en porosité et perméabilité (Camilleri, 2013).

Parameter measured	Units	Material			
		TCS-20-Z	Bioaggregate	Biodentine	IRM
Average pore diameter	µm	0.0508	0.0337	0.0121	0.0205
Total pore area	m ² /g	13.101	24.321	21.752	10.545
Bulk Density	g/ml	1.8637	1.8007	2.0444	2.3455
Porosity	%	30.98	36.86	13.44	12.66

Fig. 19 : Tableau des résultats de l'étude par intrusion de mercure par porosimétrie (CAMILLERI, 2013)

2.2.6. Evaluation des propriétés du MM-MTA®

Bien que les différentes formes de MTA existant actuellement sur le marché aient prouvé leur efficacité clinique, il en résulte toutefois un temps de prise long, une consistance souvent granuleuse et/ou sableuse et un conditionnement peu ergonomique.

C'est partant de ce constat que MICRO-MEGA® propose désormais le MM-MTA®, ciment d'obturation endodontique à base de MTA. Ses caractéristiques physico-chimiques et sa consistance pâteuse rendent la manipulation et le placement aisé.

L'adjonction de carbonate de calcium (CaCO_3) par le fabricant réduit considérablement le temps de prise, rapporté à 20 minutes.

Il existe dans la littérature une seule étude au sujet du MM-MTA®. C'est une étude comparative de la radio-opacité du MM-MTA®, de la Biodentine® et du MTA Angelus®. Il résulte que le MM-MTA® et le MTA Angelus® ont une radio-opacité similaire et bien supérieure à celle de la Biodentine®. L'auteur déconseille donc l'usage de la Biodentine® dans les chirurgies endodontiques (Tonalp, 2013).

2.3 Evaluation *in vivo* et réalité clinique

- Il existe un seul cas clinique rapporté dans la littérature d'utilisation de la Biodentine® comme matériau d'obturation *a retro* avec un suivi à 18 mois d'une lésion avec une lacune osseuse importante.

Suite à un choc, la 11 et la 12 se sont nécrosées et un an après une fistule apparaît. Après un protocole bien mené, on observe une guérison totale à 18 mois et un succès clinique. Il est cependant encore tôt pour tirer des conclusions car le cas n'a pas encore été suivi pendant 2 ans. De plus, l'auteur affirme qu'il ne réutilisera pas la biodentine en chirurgie endodontique à cause de son manque de radio-opacité.

Il n'existe aucune autre publication de cas clinique à ce sujet (Powar AM., 2013).



Fig. 20 : Photographie d'une chirurgie endodontique avec utilisation de biodentine (POWAR AM., 2013).

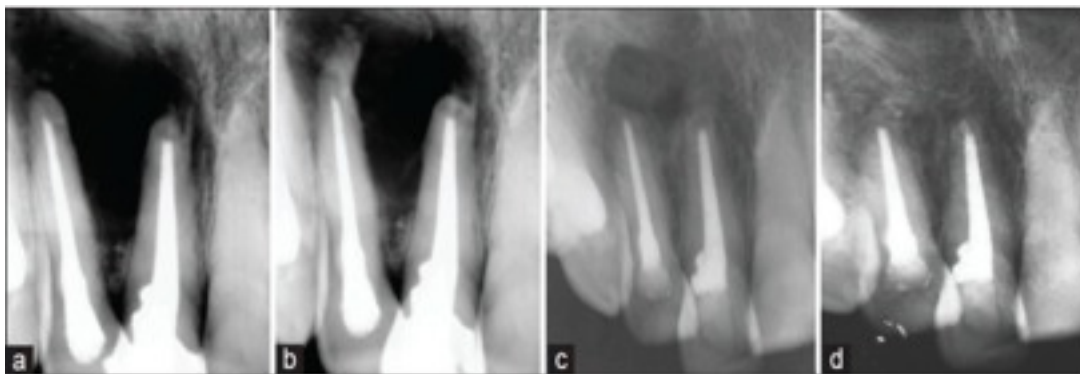


Fig. 21 : Radiographie de suivi du cas de chirurgie endodontique utilisant la biodentine comme matériau d'obturation (POWAR AM., 2013).

- Une méta-analyse sur des études cliniques analysant le pourcentage de succès clinique en fonction de différents paramètres dont le matériau utilisé lors de l'obturation *a rétro* a été réalisée (Von Arx et coll., 2010).

Cette étude a pris en compte les articles publiés entre 1980 et 2007 avec un recul minimum de 6 mois.

Concernant le matériau d'obturation *a rétro*, les meilleurs pourcentages de succès ont été largement obtenus avec le MTA, suivi par l'IRM®, puis le Super EBA®, puis le ciment verre ionomère, et enfin les autres matériaux (résine, amalgame...).

- De plus deux autres essais randomisés et contrôlés ne montrent aucune différence significative entre le MTA et l'IRM® (Chong, 2003 ; Lindeboom, 2005).

Confidence interval (95%)					
	Estimated healed rate (%)	Lower limit (%)	Upper limit (%)	Pairwise comparisons	P value
Retrofilling material					
Amalgam	57.9	54.3	61.5	vs GIC	0.470
				vs IRM	0.052†
				vs MTA	<0.001-
				vs SuperEBA	0.086†
				vs Retroplast	0.020-
				vs other	0.147
GIC	51.2	42.2	60.1	vs IRM	0.059†
				vs MTA	0.002-
				vs SuperEBA	0.087†
				vs Retroplast	0.026-
				vs other	0.091†
IRM	71.6	66.2	76.6	vs MTA	0.097†
				vs SuperEBA	0.652
				vs Retroplast	0.491
				vs other	0.777
MTA	91.4	85.9	95.2	vs SuperEBA	0.072†
				vs Retroplast	0.449
				vs other	0.367
SuperEBA	69.8	64.4	74.9	vs Retroplast	0.401
				vs other	0.705
Retroplast	80.0	72.6	86.2	vs other	0.835
Other	75.9	65.3	84.6		
GIC, glass ionomer cement; IRM, intermediate restorative material; MTA, mineral trioxide aggregate; EBA, ethoxy benzoic acid.					
‡p < 0.05.					
†p < 0.1.					

Fig. 22 : Pourcentage de guérison en fonction du matériau utilisé (Von Arx et coll., 2010)

Author (s) (reference)	Total (N)	Healed/total amalgam (N)	Healed, amalgam (%)	Healed/total GIC (N)	Healed GIC (%)	Healed/total IRM (N)	Healed, IRM (%)
Dalal and Gohil, 1983 (117)	40	10/15	66.7	5/10	50.0	—	—
Dorn and Gartner, 1990 (119)	488	171/294	58.2	—	—	95/129	73.6
Waikakul and Punwutikorn, 1991 (121)	62	16/23	69.6	—	—	—	—
Pantschev et al, 1994 (123)	103	27/52	51.9	—	—	—	—
Jesslén et al, 1995 (124)	82	35/41	85.4	35/41	85.4	—	—
Testori et al, 1999 (129)	302	141/207	68.1	—	—	—	—
Rahbaran et al, 2001 (3)	154	24/94	25.5	—	—	—	—
Jensen et al, 2002 (4)	122	—	—	19/62	30.6	—	—
Chong et al, 2003 (133)	108	—	—	—	—	41/47	87.2
Schwartz-Arad et al, 2003 (135)	103	10/23	43.5	—	—	40/80	50.0
Sahlin Platt and Wannfors, 2004 (138)	34	—	—	7/16	43.8	—	—
Lindeboom et al, 2005 (141)	100	—	—	—	—	43/50	86.0
von Arx et al, 2007 (6)	191	—	—	—	—	—	—
Total	1889	434/749	57.9	66/129	51.2	219/306	71.6

Healed/total MTA (N)	Healed, MTA (%)	Healed/total SuperEBA (N)	Healed, SuperEBA (%)	Healed/total Retroplast (N)	Healed, Retroplast (%)	Healed/total other (N)	Healed, other (%)
—	—	—	—	—	—	9/15 (gutta-percha with ZnO eugenol)	60.0
—	—	49/65	75.4	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	34/39 (gold leaf)	87.2
—	—	29/51	56.9	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	81/95	85.3	—	—	—	—
—	—	19/49	38.8	—	—	4/11 (unknown)	36.4
—	—	—	—	44/60	73.3	—	—
56/61	91.8	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	16/18 (compomer)	88.9
46/50	92.0	—	—	—	—	—	—
46/51	90.2	42/55	76.4	72/85	84.7	—	—
148/162	91.4	220/315	69.8	116/145	80.0	63/83	75.9

Fig. 23 : Pourcentage de guérison en fonction des études et du matériau (Von Arx et coll., 2010)

- Une revue de littérature analyse aussi le succès clinique en fonction du matériau utilisé lors de l'obturation *a retro*. Cette étude a été conduite sur les articles cliniques parus entre 1993 et 2009, avec un recul clinique d'un an minimum.

Il en résulte qu'il n'existe la encore pas de différence significative entre le MTA et l'IRM®, que le MTA est supérieur à l'amalgame, et que le MTA est supérieur à la gutta-percha (c'est-à-dire entre une obturation *a retro* au MTA et une simple résection sur une dent obturée préalablement à la gutta).

- Une étude sur les douleurs postopératoires en fonction du matériau utilisé (MTA et IRM®) montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux matériaux. Les douleurs postopératoires relèveraient plus de facteurs comme la durée de l'intervention et le suivi des conseils postopératoires par les patients (Chong, 2005).

3. Discussion : a-t-on trouvé le matériau idéal ?

Après analyse de toutes les études *in vitro* réalisées sur l'étanchéité des biomatériaux d'obturation *a retro*, il est difficile de tirer des conclusions.

En effet, les études sont très hétérogènes avec des protocoles expérimentaux différents dans toutes les catégories de tests d'étanchéité. Les résultats sont eux aussi très hétérogènes, avec certains résultats d'études venant contredire les résultats d'autres études. Parfois, les mêmes auteurs obtiennent des résultats différents selon la technique utilisée.

Cependant, il est intéressant de pouvoir récapituler tous les résultats pour en tirer quand même certaines conclusions.

On cherche à savoir si finalement il y a quand même un matériau qui est supérieur aux autres dans les études *in vitro*.

Pour que les résultats soient plus équitables en fonction du nombre de test sur chaque matériau, il est intéressant de calculer le pourcentage de réussite de chaque matériau sur le nombre d'étude dans lesquelles il a été testé.

Matériau	Nombre d'article où le matériau a été testé : (ainsi que l'échelle des années)	Nombre d'article où le matériau obtient les meilleurs résultats	Pourcentage de succès
MTA	28 (1993, 2008)	24	85,71
IRM	12 (1994, 2013)	3	25
Super EBA	21 (1990, 2008)	5	23,80
CVI	10 (2001, 2012)	7	70
Amalgame	17 (1990, 2008)	2	11,76
Biodentine	4 (2012, 2013)	2	50
Résine composite	3 (2003, 2006)	2	66,67

Voir en annexe (1; 2; 3; 4) le détail des tableaux résumant les résultats.

Fig.28 : Pourcentage de succès des matériaux en fonction du nombre d'article où le matériau a été testé

On remarque dans ce tableau que le MTA obtient le meilleur score dans les études dans lesquelles il a été testé. Donc *in vitro* le meilleur matériau est le MTA.

Maintenant, *in vivo*, on a vu que les deux meilleurs matériaux étaient l'IRM® et le MTA, et qu'avec un fort niveau de preuve il n'y avait aucune différence significative entre les deux matériaux.

Peu d'études existent sur le MM-MTA® et la Biodentine®. Cependant, il semblerait que la Biodentine®, par son manque de radio-opacité, ne soit pas utilisable pour les chirurgies endodontiques, d'autant plus que les premières études d'étanchéité, ne donnent pas de résultats en sa faveur.

Il semblerait donc que les deux matériaux qui se distinguent de tous les autres sont le MTA et l'IRM®.

Les études *in vivo* sur les taux de guérison ont un niveau de preuve supérieur aux études *in vitro*, faite en laboratoire dans des conditions proches mais tout de même très différentes de celles que l'on rencontre dans la bouche de nos patients.

Pour faire un choix entre ces deux matériaux, quatre autres critères vont permettre d'orienter le praticien sur son choix :

- la maniabilité,
- la cytotoxicité,
- la durée de prise du matériau,
- le coût.

Les arguments plaidant en faveur des matériaux type IRM sont sa facilité de mise en oeuvre, son temps de prise court (5 minutes), son aptitude au polissage et son coût.

En revanche, le MTA (et les ciments silicates tricalciques) présente l'avantage d'être faible cytotoxique (pas de libération d'eugénol entraînant un risque de nécrose), une biocompatibilité avérée mais un coût élevé et une courbe d'apprentissage nécessaire à son utilisation.

CONCLUSION

L'évolution des biomatériaux permet au praticien d'avoir un large choix dans les matériaux d'obturation *a retro*. Après avoir étudié leur pouvoir d'étanchéification *in vitro* on se rend compte que c'est le MTA qui l'emporte sur tous les autres matériaux. Cependant, lorsque l'on se penche sur les études *in vivo* faites sur les taux succès, les deux matériaux qui se distinguent sont l'IRM® et le MTA avec la même efficacité. Il ne faut donc pas exclure l'IRM® et le praticien devra choisir entre ces deux matériaux en fonction d'autres critères objectifs mais aussi subjectifs. Ces critères peuvent à titre indicatif être la maniabilité du produit, le temps de prise du produit, sa cytotoxicité, et enfin son coût.

De plus il ne faut pas exclure totalement les autres matériaux comme la Biodentine® qui malgré son manque de radio-opacité manque de test au niveau de son utilisation en chirurgie endodontique.

Le MM-MTA® est lui aussi prometteur mais n'a pas encore été testé dans ce domaine.

Le matériau idéal n'est donc toujours pas à la disposition des praticiens mais l'avenir et la recherche pourront peut-être à terme dévoiler le biomatériau qui mettra tout le monde d'accord.

BIBLIOGRAPHIE

1. **ADAMO HL, BURUIANA R, SCHERTZER L, BOYLAN RJ:** A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling material using a bacterial microleakage model. *Int Endod J*, 1999; 32:197-203.
2. **ANDELIN WE, BROWING DF, HSU GH, ROLAND DD, TORABINEJAD M:** Microleakage of resected MTA. *J Endod* 2002;28:573-4.
3. **AQRABAWI J:** Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *Br Dent J* 2000;188:266-8.
4. **ASGARY S, EGHBAL MJ, PARIROKH M:** Sealing ability of a novel endodontic cement as a root-end filling material. *J Biomed Mater Res* 2008;87A:706-9.
5. **BAIDSEN MK, KULLID JC, WELLER RN:** Root canal configuration of the first remolar. *J Endod* 1992 ; 18 : 505-8.
6. **BATES CF, CARNES DL, DEL RIO CE:** Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1996;22:575-8.
7. **CAMILLERI J:** Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent*. 2013 Jul;41(7):600-10.
8. **CAMILLERI J, GRECH L, GALEA K, KEIR D, FENECH M, FORMOSA L, DAMIDOT D, MALLIA B:** Porosity and root dentine to material interface assessment of calcium silicate-based root-end filling materials. *Clin Oral Investig*. 2013 Oct 8.
9. **CHONG BS, PITT FORD TR:** Postoperative pain after root-end resection and filling. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005 Dec; 100(6): 762-6.
10. **CHONG BS, PITT FORD TR, HUDSON MB:** A prospective clinical study of Mineral Trioxide Aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. *Int Endod J*. 2003 Aug;36(8):520-6.
11. **CHONG BS, PITT FORD TR, WATSON TF, WILSON RF:** Sealing ability of potential retrograde root filling materials. *Endod Dent Traumatol*. 1995 Dec; 11(6): 264-9.
12. **COCHET JY, KHAYAT B:** Endodontie chirurgicale, Wolters Kluwer France, 2012.

13. **DAVIS JL, JEANSONNE BG, DAVENPORT WD, GARDINER D:** The effect of irrigation with doxycycline or citric acid on leakage and osseous wound healing. *J Endod* 2003;29:31-5.
14. **DE BRUYNE MA, DE BRUYNE RJ, ROSIERS L, DE MOOR RJ:** Longitudinal study on microleakage of three root-end filling materials by the fluid transport method and by capillary flow porometry. *Int Endod J.* 2005 Feb;38(2):129-36.
15. **DE BRUYNE MA, DE BRUYNE RJ, DE MOOR RJ:** Capillary flow porometry to assess the seal provided by root-end filling materials in a standardized and reproducible way. *J Endod.* 2006 Mar;32(3):206-9.
16. **DE BRUYNE MA, DE MOOR RJ:** Influence of cracks on leakage and obturation efficiency of root-end filling materials after ultrasonic preparation: an in vitro evaluation. *Quintessence Int.* 2008 Sep;39(8):685-92.
17. **DORN SO, GARTNER AH:** Retrograde filling materials: a retrospective success- failure study of amalgam, EBA, and IRM. *J Endod.* 1990 Aug;16(8):391-3.
18. **ECONOMIDES N, KOKORIKOS I, GOGOS C, KOLOKOURIS I, STAURIANOS:** Comparative study of sealing ability of two root-end-filling materials with and without the use of dentin-bonding agents. *J Endod.* 2004 Jan;30(1):35-7.
19. **FERNANDEZ-YANEZ SANCHEZ A, LECO-BERROCAL MI, MARTINEZ-GONZALEZ JM:** Metaanalysis of filler materials in periapical surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2008 Mar 1;13(3):E180-5.
20. **FERK LUKETIC S, MALCIC A, JUKIC S, ANIC I, SEGOVIC S, KALENIC S:** Coronal microleakage of two root-end filling materials using a polymicrobial marker. *J Endod.* 2008 Feb;34(2):201-3.
21. **FISCHER EJ, ARENS DE, MILER CH:** Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. *J Endod.* 1998 Mar;24(3):176-9.
22. **FOGEL HM, PEIKOFF MD:** Microleakage of root-end filling materials. *J Endod.* 2001 Jul;27(7):456-8. Erratum in: *J Endod* 2001 Oct;27(10):634.

23. **GARTNER AH, DORN SO:** Advances in endodontic surgery. Dent Clin North Am. 1992 Apr;36(2):357-78.
24. **GORNI FG, GAGLIANI MM:** The outcome of endodontic retreatment : at 2 years follow-up. J Endod 2004 ; 30 : 1-4.
25. **GRIMOUD A-M, BOULBET MAUGER M, LODTER JP:** Critères de sélection d'échantillons dentaires pour l'étude de l'ADN ancien. Antropo, 2004 ; 6 : 43-51.
26. **JEANSONNE BG, BOGGS WS, LEMON RR:** Ferric sulfate hemostasis: effect on osseous wound healing. I. Left in situ for maximum exposure. J Endod. April 1993 ; 19 : 170-73.
27. **JEANSONNE BG, BOGGS WS, LEMON RR:** Ferric sulfate hemostasis: effect on osseous wound healing. II. With curetage and irrigation. J Endod 1993 ; 19 : 174-76.
28. **JONASSON P, REIT C, KVIST T:** A preliminary study on the technical feasibility and outcome of retrograde root canal treatment. Int Endod J. 2008 Sep;41(9): 807-13.
29. **KARLOVIC Z, PEZELJ-RIBARIC S, MILETIC I, JUKIC S, GRGUREVIC J, ANIC:** Erbium:YAG laser versus ultrasonic in preparation of root-end cavities. J Endod. 2005 Nov;31(11):821-3.
30. **KHAYAT B:** Le retraitement chirurgical, Congrès 2013 de la Société Française d'Endodontie.
31. **KIM S, KRATCHMAN S:** Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. J Endod 2006 ; 10 : 119-24.
32. **KOPP WK, KRESBERG H:** Apicoectomy with retrograde gold foil: a new technique. N Y State Dent J. 1973 Jan;39(1):8-11.
33. **KOUBI G, COLON P, FRANQUIN JC, HARTMANN A, RICHARD G, FAURE MO, LAMBERT G:** 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 Jan;17(1):243-9.
34. **LINDEBOOM JA, FRENKEN JW, KROON FH, VAN DEN AKKER HP:** A comparative prospective randomized clinical study of MTA and IRM as root-end filling materials in single-rooted teeth in endodontic surgery. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005 Oct;100(4):495-500.

35. **MALCIC A, JUKIC S, BRZOVIC V, MILETICI, ANIC I:** Leakage of bovine serum albumin in root canals obturated with super-EBA and IRM. J Endod. 2006 Apr; 32(4):368-71.
36. **MALTEZOS C, GLICKMANN GN, EZZO P, HE J:** Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. J Endod. 2006 Apr;32(4):324-7.
37. **MANGIN C, YESILSOY C, NISSAN R, STEVENS R:** The comparative sealing ability of hydroxyapatite cement, mineral trioxide aggregate, and super ethoxybenzoic acid as root-end filling materials. J Endod. 2003 Apr; 29(4):261-4.
38. **MARTELL B, CHANDLER NP:** Electrical d-and dye leakage comparison of three root-end restorative materials. Quintessence Int 2002;33:30-4.
39. **MCLEAN JW:** A five year case history of a polycarboxylate cement root filling. J Br Endod Soc. 1971 Summer;5(2):20.
40. **MUSHTAQ I, MALIK A:** Evaluation of the Ochsenbein-Luebke flap technique in periapical surgery at Punjab Dental Hospital Lahore Pakistan. J Ayub Med Coll Abbottabad. 2003 Jul-Sep; 15 (3) : 50-3.
41. **NAKAMICHI I, IWAKU M, FUSAYAMA T:** Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. J Dent Res. 1983 Oct;62(10):1076-81.
42. **NOIRRIT-ESCLASSAN E:** Etude de l'interface et de l'étanchéité endocanalaire après collage de tenons fibrés radiculaire. Thèse. Toulouse. 2009.
43. **PARIROKH M, TORABINEJAD M:** Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. J Endod. 2010 Mar;36(3):400-13.
44. **PAWAR AM, KOKATE SR, SHAH RA:** Management of a large periapical lesion using Biodentine(™) as retrograde restoration with eighteen months evident follow up. J Conserv Dent. 2013 Nov;16(6):573-5.
45. **PEREIRA CL, CENCI MS, DEMARCO FF:** Sealing ability of MTA, Super EBA, Vitremer and amalgam as root-end filling materials. Braz Oral Res 2004;18;317-21.
46. **PICHARDO MR, GEORGE SW, BERGERON BE, JEANSONNE BG, RUTLEDGE R:** Apical leakage of root-end placed Super EBA, MTA, and Geristore restorations in human teeth previously stored in 10% formalin. J Endod 2006;32:956-6.

47. **ROISIN-CHAUSSEON MH:** L'examen TDM. Cah Stomatol Chir Maxillo Fac ; 5 ; 12-16.
48. **SCHEERER SQ, STEIMANN HR, COHEN J:** A comparative evaluation of three root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Prevotella nigrescens*. J Endod. 2001 Jan;27(1):40-2.
49. **SCHULTZ CB, WESTHAUSER P:** Obturation rétrograde par ciment MTA et Super-EBA après résection apicale. Rev Mens Suisse Odontostomatol, Vol 115: 5/2005
50. **SETZER FC, SHAH SB, KOHLI MR, KARABUCAK B, KIM S:** Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature. Part 1. Comparaison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. J Endod 2010 ; 36 : 1757-65.
51. **STROPKO JJ, DOYON GE, GUTMANN J:** Root-end management: resection, cavity preparation, and material placement. Endodontic Topics 2005 ; 11 : 131-51.
52. **TANALP J, KARAPINAR M, DOLEKOGLU S, KAYAHAN MB:** Comparison of the radiopacities of different root-end filling and repair materials. ScientificWorldJournal. 2013 Oct 23;2013:594950.
53. **TANG HM, TORABINEJAD M, KETTERING JD:** Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. J Endod. 2002 Jan;28(1):5-7.
54. **TANGY, LI X, YIN S:** Outcomes of MTA as root-end filling in endodontic surgery: a systematic review. Quintessence Int. 2010 Jul-Aug;41(7):557-66.
55. **TIMPAWAT S, ARMORNCHAT C, TRISUWAN WR:** Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. J Endod, 2001; 27: 36-39.
56. **TOBON-ARROYAVE SI, RESTREPO-PEREZ MM, AISMENDI-ECHAVARRIA JA, VELASQUEZ-RESTREPO Z, MARIN-BOTERO ML, GARCIA-DORADO EC:** Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. Int Endod J. 2007 Aug; 40(8):590-602.
57. **TORABINEJAD M, HIGA RK, MCKENDRY DJ, PITT FORD:** Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. J Endod 1994;20:159-63.
58. **TORABINEJAD M, PARIROKH M:** Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. J Endod. 2010 Feb;36(2):190-202.

59. **TORABINEJAD M, RASTEGAR AF, KETTERING JD, PITT FORD TR:** Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 1995 Mar;21(3):109-12.
60. **TORABINEJAD M, WATSON TF, PITT FORD TR:** Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993;19:591-5.
61. **TROPE M, FUSS Z:** Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol.* 1996 Dec;12(6):255-64.
62. **VALOIS CR, COSTA ED Jr:** Influence of the thickness of mineral trioxide aggregate on sealing ability of root-end fillings in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004 Jan;97(1):108-11.
63. **VERTUCCI FJ:** Root canal morphology of mandibular premolar, and first molars. *J Am Dent Assoc* 1978; 45 : 27-28 ; 97 : 47-50.
64. **VERTUCCI FJ:** Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1984 ; 58 : 589-99.
65. **VICKERS FG, BAUMGARTNER JC, MARSHALL G:** Hemostatic efficacy and cardiovascular effects of agents used during endodontics surgery. *J Endo* 2004 ; 28 : 322-23.
66. **VON ARX T, PENARROCHA M, JENSEN S:** Prognostic factors in apical surgery with root-end filling: a meta-analysis. *J Endod.* 2010 Jun;36(6): 957-73.
67. **WAECHTER R, OBSEGESER H:** The first clinical experiences with the root canal filling drug diaket. *Zahnarztl Welt.* 1953 Sep 25;8(18):442-4.
68. **WUCHENICH G., MEADOWS D, TORABINEJAD M:** A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers. *J Endod* 1994;20(6):279-82.
69. **WU MK, KONTAKIOTIS EG, WESSELINK PR:** Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. *J Dent.* 1998 Sep;26(7):585-9.
70. **WU MK, KONTAKIOTIS EG, WESSELINK PR:** Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod.* 1998 Aug;24(8):557-60.
71. **WWW.AAE.ORG**
72. **WWW.CONSEILDENTAIRE.COM**

- 73. **WWW.MEDICALORAMA.FR**
- 74. **XAVIER CB, WEISMANN R, DE OLIVIERA MG, DEMARCO FF, POZZA DH:** Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. J Endod. 2005 Jul;31(7):539-42.
- 75. **YASSEN GH, PLATT JA, HARA A:** Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. J Oral Sci. 2011 Sep;53(3):273-82.
- 76. **YATSUSHIRO JD, BAUMGARTNER JC, TINKLE JS:** Longitudinal study of the microleakage of two root-end filling materials using a fluid conductive system. J Endod. 1998 Nov;24(11):716-9.

ANNEXE

Les tableaux suivants récapitulent le matériau ayant eu le meilleur résultat d'étanchéité lors des tests. Ils sont classés en fonction des auteurs et de la technique. Un point est attribué au meilleur matériau lors d'un test, et lorsque qu'il n'y a pas de différence significative entre deux matériaux ou plus, un point est alors attribué à chaque matériau. En fin de tableau est indiqué le total des points attribués à chaque matériau.

Les matériaux qui ont été testés lors de l'étude et qui ont été perdants au test sont signalés par une pastille.

	MTA	IRM	Super EBA	CVI	Amalgame	Biodentine	Résine composite
Torabinejad, 1995	1	●	●		●		
Fisher, 1998	1	●	●		●		
Ferkluketic, 2008	1				●		
Adamo, 1999	1		1		1		
Maltezos, 2006	1		●				1
Scheerer, 2001	1		1	1			
Mangin, 2003	1		1				
Tang, 2002	1	●	●		●		
Adamo, 2003					1		1
TOTAL	8		3	1	2		2

Annexe 1: Récapitulatif des études par pénétration bactérienne

	MTA	IRM	Super EBA	CVI	Amalgame (amg)	Biodentine	Résine Composite
Torabinejad, 1993	1		●		●		
Torabinejad, 1994	1	●	●		●		
Aqrabawi, 2000	1		●		●		
Martell, 2002	1	●	●		●		
Davis, 2003	1		●		●		
Pereira, 2004	1		●		●		
Asgarg, 2008	1	●	●		●		
Shultz, 2005	1	●	●				
Pichardo, 2004	●		●	1			
Tobon-Arroyave, 2007	●		●	1			
Xavier, 2005	●		1	●			
De Bruyne, De Moor, 2008	1			●			
Camilleri, 2013	1					●	
Raskin, 2012				1		1	
TOTAL	10		1	3		1	

Annexe 2 : Récapitulatif des études par pénétration de colorant

	MTA	IRM	SUPER EBA	CVI	Amalgame (amg)	Biodentine	Résine composite
Bates, 1996	1				●		
Yatsushiro, 1998	1				●		
Fogel, 2001	1				●		
Wu, 1998	1		●		●		
Karlovic, 2005	1	●	●				
De Bruyne, 2005	●	●		1			
De Bruyne, 2006	1	1		●			
Economides, 2004				1			●
Koubi, 2012				1		1	
Camilleri, 2013		1				●	
TOTAL	6	2		3		1	

Annexe 3 : Récapitulatif des études par filtration de fluide

	MTA	IRM	Super EBA	CVI	Amalgame	Biodentine	Résine composite
Malcic, 2006		1	1				
TOTAL		1	1				

Annexe 4 : Récapitulatif des études par fuite protéinaire

BOUAMMAR (Oussama) – Evaluation de l'étanchéité des ciments silicates tricalciques (MTA®, MM-MTA®, Biodentine®) dans les obturations rétrograde en chirurgie endodontique : analyse de la littérature.

(Thèse : Chir. Dent. : Lyon : 2014.030)
N°2014 LYO 1D 030

La chirurgie endodontique, ou le « retraitement chirurgical », est une discipline de la dentisterie moderne ayant beaucoup évolué ces dernières années. En effet, avec l'apparition du microscope opératoire, et des micro-inserts de préparation et d'obturation *a retro*, le protocole thérapeutique a été fortifié, augmentant ainsi le taux de succès de cet acte.

Les matériaux utilisés pour sceller les apex ont eux aussi beaucoup évolué. On parle aujourd'hui de biomatériau d'obturation *a retro*.

L'objectif de cette thèse est de voir quel est la matériau idéal, s'il existe.

Les études *in vitro* mettent en avant le MTA, alors qu'*in vivo* ce sont l'IRM et le MTA qui se démarquent. La biodentine® manque de radio-opacité pour être utilisée dans cette indication. Le MM-MTA® n'a pas encore été assez testé pour en tirer des conclusions.

Un nouveau biomatériau est né entre temps: la biocéramique, qui mérite elle aussi d'être étudiée.

Rubrique de classement : Odontologie conservatrice, Endodontie.

Mots clés :

- chirurgie endodontique
- obturation rétrograde
- étanchéité

Mots clés en anglais :

- endodontic surgery
- root-end filling
- sealing ability

Jury :

Président : Monsieur le Professeur Jean-Christophe MAURIN

Assesseurs : Madame le Professeur Dominique SEUX
Madame le Docteur Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD
Monsieur le Docteur Cyril VILLAT
Madame le Docteur Faouzia BOUSSETTA

Adresse de l'auteur : BOUAMMAR Oussama
28 place Louis Juvet
38100 Grenoble