



**HAL**  
open science

# Évaluation de la perméabilisation après désobturation endodontique d'un ciment minéral par une technique combinée : séquence rotative et laser diode

Mathilde Boudeau

## ► To cite this version:

Mathilde Boudeau. Évaluation de la perméabilisation après désobturation endodontique d'un ciment minéral par une technique combinée : séquence rotative et laser diode. Chirurgie. 2017. dumas-01561826

**HAL Id: dumas-01561826**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01561826>**

Submitted on 13 Jul 2017

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

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

Université de Bordeaux  
Collège des Sciences de la Santé  
UFR des Sciences Odontologiques

Année 2017

Thèse n° 58

Thèse pour l'obtention du  
DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par Mathilde Pauline BOUDEAU

Née le 15 Avril 1992 à Bruges (Gironde)

**Evaluation de la perméabilisation après désobturation  
endodontique d'un ciment minéral par une technique  
combinée : séquence rotative et laser diode**

Directeur de thèse  
Dr Raphaël DEVILLARD

Membres du Jury

Président	Mme C. BERTRAND	Professeur des Universités
Assesseur	M. J-F. PELI	Maître de Conférences des Universités
Directeur	M. R. DEVILLARD	Maître de Conférences des Universités
Rapporteur	Mme O. KEROUREDAN	Assistante Hospitalo-Universitaire

# UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ 01/02/2017

**Président** M. TUNON DE LARA Manuel  
**Directeur de Collège des Sciences de la Santé** M. PELLEGRIN Jean-Luc

## **COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES**

**Directrice** Mme BERTRAND Caroline 58-02  
**Directrice Adjointe – Chargée de la Formation initiale** Mme ORIEZ-PONS Dominique 58-01  
**Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche** M. FRICAIN Jean-Christophe 57-02  
**Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales** M. LASSERRE Jean-François 58-02

### **ENSEIGNANTS DE L'UFR**

#### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES**

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Véronique	DUPUIS	Prothèse dentaire	58-02
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-03
M.	Jean-Christophe	FRICAIN	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02

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

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mme	Cécile	BADET	Sciences biologiques	57-03
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-02
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M.	Sylvain	CATROS	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
M.	Stéphane	CHAPENOIRE	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M,	Jean-Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Raphael	DEVILLARD	Odontologie conservatrice- Endodontie	58-01
M.	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-02
M.	Dominique	GILLET	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-02

M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
Mme	Odile	LAVIOLE	Prothèse dentaire	58-02
M.	Jean-Marie	MARTEAU	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme	Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Dominique	ORIEZ	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Jean-François	PELI	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Sciences biologiques	57-03
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Sciences biologiques	57-03
M.	Eric	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

### **ASSISTANTS**

Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
M.	Wallid	BOUJEMAA AZZI	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
Melle	Camille	BOULÉ-MONTPEZAT	Odontologie pédiatrique	56-01
Melle	Anaïs	CAVARÉ	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Hubert	CHAUVEAU	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Mathieu	CONTREPOIS	Prothèse dentaire	58-02
M.	Jean-Baptiste	CULOT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-03
Mme	Clarisse	DE OLIVEIRA	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Cédric	FALLA	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Agathe	GREMARE	Sciences biologiques	57-03
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Adrien	LASTRADE	Prothèse dentaire	58-02
M.	Alexandre	MARILLAS	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Emmanuel	MASSON-REGNAULT	Chirurgie buccale – Pathologie et thérapeutique	57-02
Mme	Marie	MÉDIO	Orthopédie dento-faciale	56-02
Mme	Meriem	MESFIOUI	Parodontologie	57-01
Mme	Darrène	NGUYEN	Sciences biologiques	57-03
M.	Ali	NOUREDDINE	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Chloé	PELOURDE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	Antoine	PEPELUT	Parodontologie	57-01
Mme	Charlotte	RAGUENEAU	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Noëlla	RAJONSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03
M.	Clément	RIVES	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01
M.	Thibaut	ROULLAND	Prothèse dentaire	58-02
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-02
Mme	Audrey	SAY LIANG FAT	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-03

# Remerciements

### A notre Présidente de thèse

Madame le Professeur Caroline BERTRAND  
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier  
Directrice de l’UFR des Sciences Odontologiques  
Sous-section Prothèse 58-02

*Je vous remercie d’avoir accepté de présider cette thèse. Je vous remercie aussi pour vos enseignements durant toute ma formation et pour votre encadrement à Xavier Arnozan. Il me tient enfin à cœur de vous remercier pour avoir contribué à ce travail en me prêtant votre propre laser.*

*Veillez trouver ici, Madame la Présidente, la marque de ma reconnaissance et de mon profond respect.*

### A notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Raphaël DEVILLARD  
Maître de conférences des Universités – Praticien Hospitalier  
Sous-section Odontologie Conservatrice – Endodontie 58-01

*Je vous remercie sincèrement d’avoir accepté de diriger cette thèse. Je vous remercie pour vos suggestions, vos précieux conseils et votre disponibilité tout au long de ce travail. Merci pour vos enseignements théoriques et cliniques durant ma formation et merci également pour votre encadrement en quatrième année au PQR lors des premières vacances cliniques.*

*Avec toute ma gratitude, je vous renouvelle, Monsieur, mes remerciements les plus sincères et vous exprime mon profond respect.*

### A notre Rapporteur de thèse

Madame le Docteur Olivia KEROUREDAN

Assistante Hospitalo-Universitaire

Sous-section Odontologie Conservatrice- Endodontie 58-01

*Je te remercie d'avoir accepté, sans hésitation, d'être le rapporteur de ce travail. Merci pour ton encadrement à la fac et en clinique, à Xavier Arnozan, toujours dans la bonne humeur. Un grand merci aussi pour tous tes conseils utiles et profitables lors de mes débuts en cabinet.*

### A notre Assesseur de thèse

Monsieur le Docteur Jean-François PELI

Maître de conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Sous-section Odontologie Conservatrice – Endodontie 58-01

*Vous avez bien voulu accepter de venir juger ce travail et je vous en remercie. C'est un réel honneur pour moi. Je vous remercie également pour la qualité de vos enseignements théoriques.*

*Je vous prie de croire, Monsieur, en l'assurance de ma respectueuse considération.*

A ma maman, qui m'a toujours aimée et soutenue avec un savant mélange de bons petits plats faits maison et de coups de pieds aux fesses. Une maman qui est un exemple de détermination, d'engagement, à la vie comme au travail mais aussi de douceur et de compréhension.

A mon papa, que je sais fier de son « bébé docteur » mais qui a toujours peur de venir sur mon fauteuil de dentiste ! Mon papa qui s'inquiète encore de savoir si je suis bien rentrée chez moi et que je ne fais pas de bêtise, je sais que c'est ta façon de dire je t'aime.

A mon grand frère Guillaume, mon exemple depuis toujours, indépendant, bricoleur, touche à tout, sociable et qui ne tient pas en place. Tu m'as expliqué les maths, la physique et le vélo ! Je sais que je pourrais toujours compter sur toi pour aider la petite sœur encombrante que je suis. Notre complicité est chère à mon cœur et j'espère que tu sais que moi aussi je suis là pour toi.

A ma tante Raymonde, mon troisième parent aimant, une tata toujours à la pointe des tendances parisiennes. Tu as largement participé à mon éducation en m'offrant mes premiers voyages et mes premières visites au musée. Je me souviens aussi du grand soutien que tu m'as apporté durant la PACES en me proposant des « récréations » téléphoniques quasi quotidiennes et en me rappelant toujours de me remettre au travail avant de raccrocher !

A mes grands-mères, mamie Charlotte et mamie Anite toutes deux très complices et heureuses de se retrouver à chaque occasion. Deux personnes très importantes dans ma vie, qui ont couverts d'amour leurs petits et arrières petits-enfants. Mamie Charlotte n'est plus parmi nous aujourd'hui mais elle continue de m'influencer chaque jour quand je repense à sa force de caractère et à sa bonté avec son entourage.

A mes compagnons à quatre pattes, Max et Gutta. Les petites frimousses qui remontent le moral en période de révision.

A Séverine, ma super binôme de toujours, une binôme fantastique de TPs, d'hôpital, de gardes, de goûters, de voyages, de soirées, d'orga de gala, de révisions, et de monitorat. On aura passé une grande partie de ces années étudiantes ensemble j'en garde une foule de bons souvenirs mais le meilleur reste à venir c'est sûr ! Pour le moment je retiens surtout les empreintes à l'alginate, les cookies cacahuètes, les voyages « galères », dame Ginette dans un lavoir et notre baptême en parapente ... ou presque.

A Muriel, Mum's, celle qui nous as quitté pour le soleil de Montpellier et son fameux Rockstore ! Que de beaux moments partagés, de cartes postales échangées, de porte-clés

achetés, de bonnes vanes, de champagne à l'ADF, de kawa et de soirées crêpes/nems chez toi.

A Morgane, Momo, rencontre tardive mais de qualité. On a trouvé en toi notre « victime », celle qui ne nous en veut même pas de lui organiser une soirée ratée pour son anniversaire ! Une chouette amie avec qui on partage les mêmes envies de voyage et qui est prête à suivre les plans galères, mais ne parlons plus du GR10.

A Jesse, Jessie mon partenaire sur le dancefloor des soirées dentaires. Je ne peux pas me rappeler une soirée réussie sans une danse partagée avec toi ! Sinon j'attends toujours que tu partages ta playlist de zouk mauricien ...

A Charlotte, la belle Charlotte, ma copine de transat, ma confidente, une super danseuse. Elle qui a accompagné mes premiers pas au Black et qui m'a fait redécouvrir le rap des années 90 !

Aux Marions, Marion Blonde (parfois Violette) et Marion Brune, c'est avec vous et Sév que je me suis lancée dans l'aventure road trip scandinave, mes premières vacances sans la surveillance parentale ! On peut dire qu'on aura presque vu le soleil de minuit, on aura surtout appris le bonheur de partager un yaourt au muesli sur un parking, de se brosser les dents au-dessus d'un fjord, de vivre à quatre dans un break Volvo et des demi tours en 18 temps à Nyksund ! Depuis je n'ai pas vécu de plus beaux voyages sauf peut-être Interrail toujours en votre compagnie.

Vi tre trenger me øl, gratis ! Vi har sett en sel !

A Marion et Clément, le couple geek bientôt installé sur le bassin. De nombreux repas de séminaires et d'adresses de bar à cocktails/à vin partagés ! Où est ce que je vais trouver mes adresses pour sortir si vous quittez Bordeaux ?

A Sylvain, mon acolyte de retour de soirée qui me fait rêver quand il parle de Marie-Galante et de la farine de Coco. Aussi connu pour son rôle de Sylvette dans les Reines de la CCAM, court métrage tourné à XA en 2015 (voir Youtube).

A Sophia, mon compagnon des galères de la thèse. On aura avancé nos thèses en parallèle, partagé la paillasse d'OCE en musique, et on aura surtout découvert ensemble l'ergonomie du logiciel image J ! Je te souhaite une belle carrière universitaire !

A la promo 2015-2016, aux amphis, aux férias de la Victoire, aux soirées au City Club, à notre voyage promo et à notre remise des diplômes. En espérant continuer à vous croiser aux événements dentaires et perso des uns et des autres. Bien confraternellement.

Aux copains du lycée, la T9 (le corps jaune !), les Brédois, Julie, Andréa, Laura, Marion, Cécilia, les Goma, Kiara, Antony, Thibault, Virgile ... Je me rappelle les cours de maths en Algeco, M Dauphin qui part 3 mois en Chine avant le bac, J-B notre idole à tous, les pâtes au beurre salé de Laura, moi qui rate le bus tous les 4 matins. Merci pour ces années lycée tellement importantes, merci d'avoir été mes amis malgré ma mini taille et mon look raté, c'était pas gagné ! Et merci de perpétuer le RDV annuel de la Rosière !

A ma première titulaire, qui m'aura enseigné une chose, on ne peut pas s'entendre avec tout le monde mais on peut choisir avec qui on travaille. Un des avantages du libéral !

A Marc, qui m'a donné ma chance en collab' salariée pendant ... un an ! J'ai beaucoup appris à ton contact et j'ai repris confiance en mes capacités grâce à ta patience et à ta bienveillance. J'espère continuer notre collaboration sur la même voie et atteindre un jour ton niveau en endo et en pose de digue sectorielle, 2min chrono !

Aux assistants de la team OCE (Olivia, Clément, Alex, Guillaume, Wallid, Hubert) merci de m'avoir intégré à l'équipe des TPs. Merci pour cette belle ambiance, les repas de sous-section, et les soirées de la SFE et de l'ADF !

A Xavier Arnozan, mon hôpital d'adoption depuis la D3 qui m'a irrésistiblement attirée par ses cabinets climatisés et son planning gâteaux ! Je suis restée pour les aides-soignantes adorables, Cathy et Domi, la meilleure des secrétaires Elysia et Vivi à la régie !

Evaluation de la perméabilisation après  
désobturation endodontique d'un ciment  
minéral par une technique combinée :  
séquence rotative et laser diode

## Table des matières

Introduction.....	14
1. Le retraitement endodontique.....	15
2. Les ciments minéraux.....	16
2.1. Propriétés en endodontie.....	16
2.2. Changement de paradigme .....	17
2.3. Désobturation.....	18
3. Le laser en endodontie .....	21
4. Objectifs de l'étude .....	24
Matériels et méthodes .....	25
Résultats .....	30
Discussion .....	37
Bibliographie.....	46

## Table des abréviations

<b>2D</b>	Deux dimensions
<b>3D</b>	tridimensionnelle
<b>EDTA</b>	Acide éthylène-diamine-tétraacétique
<b>f</b>	Fréquence
<b>GP</b>	Gutta-percha
<b>LAI</b>	Laser activated irrigation
<b>LASER</b>	Light amplification by stimulated emission of radiation
<b>LIPOE</b>	Lésion inflammatoire péri radiculaire d'origine endodontique
<b>LT</b>	Longueur de travail
<b>MC</b>	Maître-cône
<b>MEB</b>	Microscope électronique à balayage
<b>M.O</b>	Microscopie optique
<b>MTA</b>	Mineral trioxide aggregate
<b>NaOCl</b>	Hypochlorite de sodium
<b>Ni-Ti</b>	Nickel-titane
<b>P</b>	Puissance
<b>PIPS</b>	Photon initiated photo acoustic streaming
<b>PTD</b>	Photothérapie dynamique
<b>R</b>	Rotatifs
<b>R+L</b>	Rotatifs, suivis d'impulsions laser
<b>RTE</b>	Retraitement endodontique
<b>TE</b>	Traitement endodontique
<b>US</b>	Ultra-sons

---

## Table des tableaux et des figures

<b>TABLEAU 1</b> : PERMEABILITE RETROUVEE ET TEMPS GLOBAL POUR LES GROUPES OBTURES AVEC BIOROOT™ RCS .....	30
<b>TABLEAU 2</b> : PERMEABILITE RETROUVEE ET TEMPS GLOBAL POUR LES ECHANTILLONS OBTURES AVEC SEALITE™ .....	30
<b>FIGURE 1</b> : CRITERES DU MATERIAU IDEAL D'OBTURATION SELON GROSSMAN .....	17
<b>FIGURE 2</b> : PLATEAU TECHNIQUE D'OBTURATION, CIMENT BIOROOT™ RCS. ....	26
<b>FIGURE 3</b> : LASER DIODE DELTA <sup>3</sup> D'ERMA ELECTRONIQUE. ....	27
<b>FIGURE 4</b> : MOYENNES D'OBTURATION RESIDUELLE (%) DANS LE TIERS CORONAIRE DES DIFFERENTS GROUPES.....	31
<b>FIGURE 5</b> : MOYENNES D'OBTURATION RESIDUELLE (%) POUR LE TIERS MEDIAN DES DIFFERENTS GROUPES.....	32
<b>FIGURE 6</b> : MOYENNES D'OBTURATION RESIDUELLE (%) POUR LE TIERS APICAL DES DIFFERENTS GROUPES .....	32
<b>FIGURE 7</b> : MOYENNES D'OBTURATION RESIDUELLE DE CHAQUE TIERS CANALAIRE POUR LES DENTS AVEC PERMEABILITE RETROUVEE OU NON.....	33
<b>FIGURE 8</b> : ECHANTILLON A7.....	34
<b>FIGURE 9</b> : ECHANTILLON A17.....	34
<b>FIGURE 10</b> : ECHANTILLON B4.....	35
<b>FIGURE 11</b> : ECHANTILLON B6.....	35
<b>FIGURE 12</b> : VUE EN MICROSCOPIE OPTIQUE (6.7X) DES COUPES LONGITUDINALES DES ECHANTILLONS R ET R+L. ....	36
<b>FIGURE 13</b> : VUE EN MEB DU TIERS APICAL D'UN ECHANTILLON DU GROUPE A/R+L .....	36

## Introduction

L'endodontie est une discipline traitant et prévenant les lésions inflammatoires péri-radicales d'origine endodontique (LIPOE) tout en respectant l'anatomie et permettant le maintien de l'organe dentaire sur l'arcade. L'acte endodontique reste une procédure rigoureuse, facilitée grâce à l'avènement des instruments rotatifs en alliage nickel-titane (Ni-Ti). En effet, la rotation continue permet une qualité de soin et une reproductibilité augmentée de l'acte endodontique en comparaison avec l'utilisation de limes manuelles en acier (1).

Dans les années 1990, les ciments minéraux à base de silicates sont venus compléter le plateau technique en endodontie comme matériaux de réparation, puis d'obturation *a retro* ou d'apexification. Aujourd'hui ils sont présentés sous de nouvelles formes afin de répondre aux objectifs de l'obturation endodontique de la dent mature. Avec eux, un changement de paradigme s'est opéré, le ciment s'est transformé en « filler », c'est-à-dire qu'il est devenu le corps de l'obturation, et n'est plus le point fragile de l'obturation canalair. La technique d'obturation s'est simplifiée et pourrait être moins opérateur dépendant.

Pour être recommandés en pratique quotidienne et s'approcher du matériau idéal d'obturation, ces ciments doivent répondre au dernier critère de Grossman, celui de la désobturation. Ils peuvent être cependant moins sensibles aux méthodes conventionnelles de retraitement comme les instruments rotatifs, solvants et ultrasons que les techniques à base de gutta.

Les lasers diode émettant dans l'infrarouge ont démontré leur efficacité dans la désinfection canalair. Nous avons cherché au cours de ce travail à évaluer leur apport à la désobturation des ciments minéraux en termes de perméabilisation. Après une revue de la littérature, une expérimentation *in vitro* visant à comparer la désobturation canalair à l'aide des techniques conventionnelles seules et complétées par un laser diode sera présentée. Nous avons émis comme hypothèse de recherche que les impulsions laser amélioreraient l'élimination canalair des ciments minéraux. Notre objectif principal était de mesurer la désobturation effective des ciments minéraux par étude de la perméabilisation en comparant l'action des rotatifs seuls aux rotatifs associés au laser. L'objectif secondaire était de quantifier cette désobturation par étude de la densité radiographique de chaque tiers canalair avant et après désobturation. Les méthodes et les résultats de cette étude seront détaillés et discutés dans un troisième temps.

## 1. Le retraitement endodontique

Les revues systématiques de la littérature de la procédure endodontique mettent en évidence des taux de succès élevés malgré une grande variabilité des résultats. Ces taux de succès varient de 65 à 90% selon Friedman *et al.* et entre 31% et 96% pour Ng *et al.* (2–5). Trois études sur la qualité des traitements endodontiques (TE) en France rapportent que seulement 19 à 31% des obturations sont adéquates (6–8). Tavares *et al.* rapportent une prévalence de LIPOE de 33% sur les dents traitées endodontiquement de la population étudiée (6). Ainsi la présence de signes persistants ou nouveaux, cliniques et radiographiques de LIPOE sur des dents traitées endodontiquement peuvent justifier la ré intervention.

Le retraitement endodontique (RTE) est une procédure de désinfection, de mise en forme, et d'obturation tridimensionnelle d'une dent préalablement traitée et qui n'a pas montré de signes de guérison. Le retraitement endodontique orthograde, ou non chirurgical, doit être considéré comme le traitement de choix dans la majorité des cas d'échecs du TE lorsque l'accès par voie coronaire est possible (9).

Le but du RTE est le même que celui du TE, c'est-à-dire obtenir une désinfection chimio-mécanique de l'ensemble du système canalaire et le maintien de cette situation par une obturation tridimensionnelle et de longueur adéquate entre 0 et 2mm du foramen (10). Les biofilms présents dans l'environnement intra-canalaire et péri-apical sont alors affaiblis ou détruits, permettant ainsi de recréer un environnement favorable à la cicatrisation apicale.

Dans le cas du RTE, cet objectif induit la dépose complète de l'obturation pré-existante, ciment et corps de l'obturation, et des débris tissulaires. On offre alors un accès direct à la zone infectée à nos manœuvres de mise en forme et d'irrigation, sur une plus grande proportion du système canalaire que lors du TE et/ou au plus proche du foramen (11).

Une étude prospective menée dans le service hospitalo-universitaire de Londres portant sur le taux de guérison apicale rapporte un taux de succès du RTE, de 80%, similaire à celui du TE, de 83% (12). Ng *et al.* ont également identifié onze facteurs de pronostic, dont dix sont communs au TE et au RTE, un est spécifique au RTE ; l'irrigation à l'EDTA. Parmi ces facteurs, on peut citer les manœuvres per-opératoires d'établissement de la perméabilité apicale et l'extension de l'instrumentation, ainsi que de l'irrigation, au plus proche du foramen apical. En effet le regain de la perméabilité apicale permet de doubler les chances de guérison apicale, alors que pour chaque millimètre non instrumenté en-dessous du foramen les chances de guérison sont réduites de 12% (12). Ces facteurs de pronostic sont également identifiés par Rossi-Fedele *et al.* (11). Ainsi un des objectifs majeurs du RTE est de reperméabiliser le canal (9).

La notion de perméabilité apicale fait référence au passage passif d'une lime de cathétérisme de faible diamètre dans le canal principal et au-delà de sa constriction apicale sans nuire à son intégrité (13). Cette manœuvre présente de nombreux avantages. La perméabilité constitue un repère clinique reproductible lors de chaque étape de préparation, d'irrigation et d'obturation. Elle permet de minimiser le risque de perdre la longueur de travail (LT) au cours du traitement, elle favorise la remontée des débris apicaux organiques et inorganiques en direction coronaire, et elle favorise la circulation de la solution d'irrigation au-delà de l'extrémité de l'aiguille d'irrigation (1,13). Pour certains auteurs comme Mounce, elle est une condition opératoire à l'obtention de résultats cliniques prédictibles de l'acte endodontique (13). Pour Machado *et al.*, elle n'est pas strictement nécessaire au succès du TE puisque dans certains cas où elle n'est pas établie la guérison apicale est quand même obtenue (14). La perméabilité apicale n'est valable que pour les canaux principaux et ne l'est pas pour les deltas apicaux ou les canaux latéraux (14).

Dans le cas du RTE des difficultés supplémentaires à l'établissement de la perméabilité existent. Certaines modifications canalaires induites par le TE peuvent compliquer son établissement comme la création de butées dentinaires, de faux canal, de déplacement du trajet canalaire, d'une sous-préparation et la présence d'une obturation tridimensionnelle dense. Cependant, le trajet canalaire d'une dent sous-obturée peut être négocié jusqu'à une longueur adéquate dans 74% des cas, soit autant que pour le TE selon Chevigny *et al.* (15).

Pour améliorer le taux de succès de la procédure endodontique le praticien bénéficie d'avancées technologiques. Les instruments de mise en forme en rotation continue en alliage Ni-Ti mais aussi les aides optiques, les instruments ultrasoniques et de nouveaux matériaux viennent s'ajouter au plateau technique de l'endodontiste. Les ciments de la famille des biocéramiques ont tout d'abord été utilisés pour les obturations *a retro* puis pour les réparations. Aujourd'hui ils sont proposés comme ciments minéraux de scellement avec des modifications de leurs propriétés mécaniques afin de répondre aux spécificités de l'obturation endocanalaire.

## 2. Les ciments minéraux

### 2.1. Propriétés en endodontie

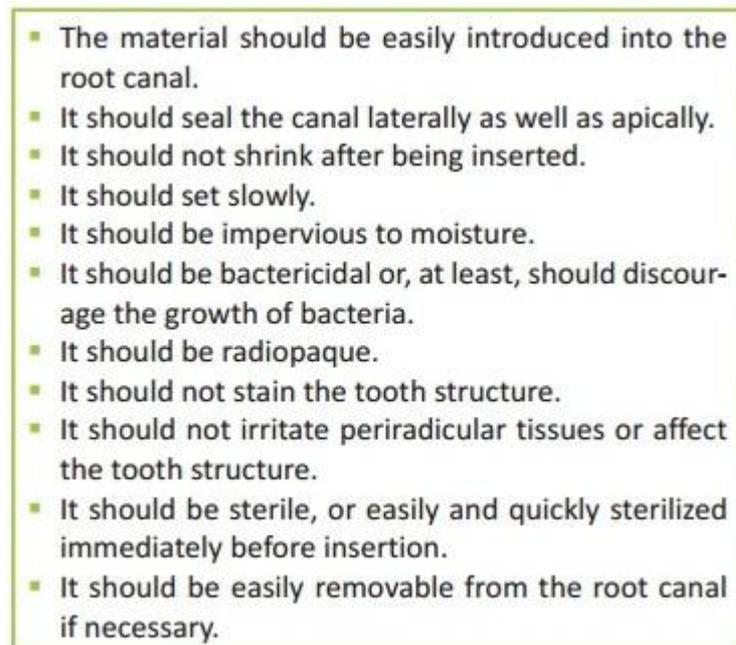
Le développement des ciments minéraux a permis d'offrir de nouvelles possibilités au chirurgien-dentiste en termes de coiffage pulpaire, de réparation, d'obturation rétrograde et d'endodontie sur dents immatures. C'est le seul matériau hydrophile disponible pour l'obturation en endodontie. Il développe ses propriétés dans un milieu humide comme le péri-apex. Ce matériau est initialement

apparu sous le nom commercial ProRoot® MTA en 1998, développé par les Dr. Mahmoud Torabinejad et Dean White. Avec le désir de développer un matériau idéal est apparue la famille des biocéramiques, ciments dérivés du MTA pré-mixés ou non (16,17). Tous les ciments minéraux actuels sont d'une composition similaire, basée sur une association de ciment tri silicate de calcium, de phosphate de calcium monobasique et d'un radio-opacifiant inerte comme l'oxyde de zirconium (16–19).

Il a été démontré que comme le MTA ces ciments sont hautement biocompatibles (16,18,20–22). Lors de la réaction de prise du matériau en milieu humide se forme un pont dentinaire dans le temps qui constitue alors une barrière minéralisée étanche à la ré-infiltration de bactéries et de toxines. Ce sont ces propriétés qui en font des matériaux particulièrement intéressants en endodontie (16,18,19,23).

## 2.2. Changement de paradigme

Les critères du matériau idéal n'ont pas changé depuis la publication de Grossman en 1981 avec sa liste de 11 critères (24).

- 
- The material should be easily introduced into the root canal.
  - It should seal the canal laterally as well as apically.
  - It should not shrink after being inserted.
  - It should set slowly.
  - It should be impervious to moisture.
  - It should be bactericidal or, at least, should discourage the growth of bacteria.
  - It should be radiopaque.
  - It should not stain the tooth structure.
  - It should not irritate periradicular tissues or affect the tooth structure.
  - It should be sterile, or easily and quickly sterilized immediately before insertion.
  - It should be easily removable from the root canal if necessary.

**FIGURE 1** : CRITERES DU MATERIAU IDEAL D'OBTURATION SELON GROSSMAN

Pour répondre à l'ensemble de ces critères, l'obturation requerrait l'utilisation combinée de deux matériaux. Un matériau qui constitue le corps de l'obturation et qui remplit le maximum d'espace de façon tridimensionnelle. Le second matériau est un ciment qui produit l'adhésion à la dentine tout en remplissant les manques entre le corps de l'obturation et les parois dentinaires. Le matériau le plus

couramment utilisé comme corps de l'obturation est la gutta-percha (GP) qui ne présente aucun potentiel d'adhésion à la dentine (18,19). Le ciment va produire l'étanchéité ce qui en fait le point critique de l'obturation. Les ciments conventionnels présentent les défauts majeurs de contraction de prise et de dissolution au contact des fluides tissulaires. Afin de limiter l'influence de leurs défauts, ces ciments doivent être appliqués en fine couche (18,20,25).

Le développement de ciments minéraux de scellement canalaire est basé sur l'hypothèse de l'interaction du ciment tricalcique avec la dentine. Un scellement des tubules dentinaires et des canaux latéraux est attendu par le processus de biominéralisation, menant à des brides de matériau de composition proche de la dentine (16). Ces matériaux semblent dépasser les défauts des ciments conventionnels. En effet ils présentent une expansion de prise, un durcissement après prise et ne se dissolvent pas au contact des fluides tissulaires. Ils assurent ainsi un scellement du réseau canalaire sur le long terme (18,23).

Les propriétés citées précédemment amorcent un changement de paradigme dans nos techniques d'obturation. La technique mono cône peut alors être recommandée comme une technique fiable, simple et reproductible par tous. Le ciment minéral devient le corps de l'obturation, stable dans le temps. Le cône de GP n'est utilisé que comme tuteur créant un effet « piston » sur le ciment. Le ciment vient plus aisément sceller les irrégularités du système endocanalaire. Il s'agit d'une obturation avec un seul matériau. Le cône de GP est évoqué comme guide de désobturation dans le cas de préparation interne pour un ancrage radiculaire ou dans le cas de ré-intervention si une infection apicale persiste (16,18,19,25).

### 2.3. Désobturation

Une des propriétés essentielles pour un matériau d'obturation endodontique est d'être déposable lors des manœuvres de retraitement, pour avoir accès aux tissus nécrotiques et aux micro-organismes persistants éventuels. La possibilité de déposer des ciments minéraux est peu renseignée et leur dureté après la prise peut compliquer les manœuvres de retraitement.

Boutsioukis *et al.* rapportent que les canaux obturés au MTA seul sont impénétrables aux instruments rotatifs. Les ultrasons permettent de retrouver la perméabilité apicale 8 fois sur 15 dans des canaux obturés à la GP scellée au MTA (26). Les ultrasons permettent une élimination du MTA supérieure à celui des rotatifs seuls. Cette étude a démontré que les US sont efficaces en termes de dépôt des résidus de MTA mais demandent un temps opératoire non négligeable. L'accès au tiers apical par l'insert US n'est pas toujours possible selon le diamètre apical, limitant ainsi ce protocole.

Sept études *in vitro* ont exploré l'action des manœuvres de retraitement instrumentales conventionnelles sur plusieurs formules de ciments biocéramiques (27–33) . Les manœuvres opératoires portaient sur :

- la comparaison de l'action de limes manuelles et de limes en rotation continue (27),
- une séquence rotative seule (28,29),
- des forêts de Gates et limes en rotation continue (30),
- la comparaison de l'action de quatre solvants (31),
- une séquence rotative et chloroforme comme solvant de la GP (32,33).

Certaines de ces études expérimentales ont évalué la qualité de la désobturation par observation directe sous microscope optique au grossissement 10x (33), sous microscope électronique à balayage au grossissement 50x (32) ou encore à l'œil nu avec une échelle de score qualitative (26). Certaines études ont réalisé une quantification du matériau résiduel. Les taux de matériau résiduel ont été calculés soit à partir de radiographies et exprimés en aire (27), soit à partir de reconstitutions tridimensionnelles et exprimés en volume (28). A notre connaissance, la notion de perméabilité apicale n'a pas été étudiée dans toutes les études.

Les études explorant les manœuvres manuelles et rotatives n'ont pas mis en évidence de différence de dépose entre différents ciments : les résines époxy (AH Plus® et AH 26®), les ciments minéraux (BC sealer ou iRoot SP, MTA Plus, MTA-Fillapex®) et un ciment verre ionomère (Activ GP™) (27–30). Aucun des ciments n'est complètement déposé. Les résidus de ciments sont retrouvés en quantités similaires et concentrés dans le tiers apical. Les variations anatomiques existant dans ce tiers apical peuvent expliquer ces résultats. Kim *et al.* rapportent un regain de la perméabilité apicale dans 100% des échantillons obturés avec BC sealer (30). Dans cette dernière étude toutes les obturations ont été réalisées avec un ajustement adéquat du cône de GP. Aucune différence en terme de temps opératoire de retraitement n'a été enregistrée entre BC sealer et AH PLUS®.

Le chloroforme est un solvant couramment utilisé pour ramollir la GP et d'autres matériaux endodontiques, cependant il est aujourd'hui interdit en France. D'autres solvants peuvent être utilisés pour ramollir les ciments conventionnels comme les huiles essentielles d'eucalyptus, ou les solvants développés par les industriels. Le chloroforme et le solvant Endosolv E (Septodont) semblent ramollir suffisamment la GP et le MTA-Fillapex® (Angelus) pour regagner la perméabilité avec une lime manuelle de diamètre de 10/100mm (31). La désobturation manuelle sans solvant ne permet pas de regagner la perméabilité apicale dans les cas de sous-obturation. Selon Carpenter *et al.* ce solvant a prouvé son efficacité et sa sécurité, Agrafioti ne recommande pas son usage du fait de son potentiel effet cancérigène (31,33).

D. HESS *et al.* ont exploré les possibilités de désobturation du ciment BC sealer (Brasseler). L'étude rapporte que la perméabilité apicale n'est pas retrouvée dans 20% des cas lorsque le cône de GP est correctement ajusté. La LT n'est pas retrouvée dans 70% des cas lorsque le cône de GP est volontairement ajusté à 2mm en deçà, afin de mimer une erreur opératoire (32). Les résultats indiquent que les techniques conventionnelles, solvant et instruments rotatifs, ne sont pas efficaces sur ce ciment. La longueur de travail et la perméabilité ne sont pas toujours retrouvées et le débridement complet du canal n'est jamais obtenu. Cette étude indique la nécessité de développer une autre technique de désobturation spécifique à ces ciments. Contrairement aux résultats de l'étude de D. HESS *et al.* une équipe grecque utilisant les méthodes conventionnelles de retraitement retrouve une perméabilité apicale dans 100% des échantillons obturés au BC sealer et au MTA-Fillapex® (33). Le même protocole d'obturation a été mis en place, avec des sous-groupes obturés de façon adéquate ou en deçà de la LT. Le temps de retraitement le plus long enregistré est celui du groupe GP+BCS avec un cône scellé à LT -2mm. L'observation sous microscope opératoire, au grossissement 10x, rapporte la présence de résidus de ciments dans tous les groupes. Le temps opératoire enregistré pour la désobturation de BCS est le double du temps de désobturation pour le ciment AH PLUS®.

Le succès du RTE orthograde dépend de la mise en forme et du nettoyage adéquat des zones du système canalaire qui n'ont pas été préparées lors du TE initial. Le RTE doit apporter un soin spécifique à la dépose complète du matériau d'obturation utilisé précédemment (29). Si l'opérateur ne peut pas retrouver la longueur de travail et la perméabilité apicale lors du retraitement alors il se retrouve dans l'incapacité de désinfecter et nettoyer le tiers apical concentrant les débris et les bactéries (11,12,32). Ceci met en péril la guérison apicale, il apparaît alors nécessaire d'explorer l'action d'autres outils sur la désobturation de ces matériaux. Les ciments minéraux, répondant aux principales caractéristiques attendues pour un matériau endodontique, sont de composition proche de l'hydroxyapatite ce qui amène à rencontrer des difficultés lors de leur dépose (16,18,23). Parmi les méthodes conventionnelles utilisées lors de l'acte endodontique le laser qui intervient pour la désinfection canalaire peut se révéler intéressant à exploiter aussi lors de l'étape de désobturation d'un ciment minéral.

### 3. Le laser en endodontie

Le laser en endodontie est déjà éprouvé comme technique complémentaire dans la désinfection canalaire. En effet le laser a démontré son efficacité en terme de désinfection endodontique (34–37). L'un des modes décrit permettant ceci est le mode non ablatif dit de « photothérapie dynamique » (36). Le second mode de désinfection possible utilise l'effet photothermique du laser (35,36), en effet il n'y a « pas d'effet laser, sans production de chaleur » (38).

Le LASER, « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation », est une source de lumière stimulée d'onde électromagnétique. Les caractéristiques de cette lumière sont sa très faible divergence, son spectre monochromatique, et surtout sa cohérence spatiale et temporelle. Ainsi la focalisation de cette lumière laser sur une faible surface peut engendrer de grandes puissances, ce qui en fait un outil de précision intéressant en médecine (38,39).

Parmi les différentes sources lasers utilisées en odontologie on retrouve les lasers à semi-conducteur dit laser diode, émettant dans l'infrarouge de 810 à 1064nm. Ils présentent les avantages de leur compacité, de leur faible coût, de leur polyvalence et de leur excellent rendement (38–40).

Le laser diode émettant à 810 nm est un outil sûr pour un usage endodontique, en mode continu avec  $P = 2.5 \text{ W}$  et en mode pulsé avec  $P = 1.25 \text{ W}$  et  $f = 10 \text{ Hz}$  (41). Ces réglages permettent de rester en-dessous du seuil de sécurité pour les tissus péri apicaux soit une température transmise inférieure à  $47^\circ\text{C}$  (41). Pour cela, des temps de pause sont à respecter entre chaque irradiation quel que soit le mode d'émission. Un temps de 20 secondes est nécessaire pour permettre la dissipation de chaleur (41). A cette longueur d'onde l'absorption de la lumière laser par la dentine est faible, mais l'irradiation provoque par effet thermique une fusion de la dentine et un scellement des tubules dentinaires dans la région apicale, où l'énergie laser est la plus concentrée.

Les facteurs modulant l'absorption d'énergie et permettant la relaxation thermique des tissus sont le diamètre de la fibre optique et sa vitesse de déplacement, la circulation sanguine du péri-apex peut également agir comme agent de dissipation de la chaleur. Les temps de pause appliqués entre chaque impulsion laser sont essentiels au refroidissement des tissus. (40,41)

Les effets morphologiques du laser diode observés à 810nm, une fusion de la dentine inter-tubulaire et une fermeture partielle ou complète des tubulis, sont retrouvés à 980 nm. L'effet photothermique permet de tuer les bactéries y compris celles qui sont présentes dans les canaux latéraux. La fermeture des tubules dentinaires après irrigation permet de réduire les possibilités de recolonisation bactérienne (35).

L'activation de la solution d'irrigation par laser (LAI) est particulièrement étudiée sur l'hypochlorite de sodium (NaOCl) mais aussi sur l'acide éthylène-diamine-tétraacétique (EDTA) (35,42–46). Le but principal de cette procédure est de déloger la boue dentinaire obtenue après la préparation canalaire. Cette boue dentinaire constitue une barrière physique à la pénétration de l'agent d'irrigation. Une excellente dépose de la boue dentinaire est obtenue par LAI avec un laser diode émettant à 980nm, et même une absence complète de cette boue est observée sous microscope électronique à balayage (35). La procédure d'activation de l'hypochlorite la plus efficace en termes de débridement canalaire après préparation selon Deleu et De Moor est la LAI avec le laser Er:YAG. Ces résultats ont été obtenus en comparaison avec l'activation manuelle, ultrasonique et par laser Diode émettant à 980nm (43).

Cette conclusion est en accord avec une autre étude de 2015 faisant intervenir la LAI après désobturation, dont les résultats sont donc exprimés en termes de dépose d'obturation. Les résultats du laser Er : YAG sont attribués à son effet photothermique qui affecte la surface dentinaire ce qui faciliterait le détachement des résidus de ciment (42).

De nouveaux réglages ont été proposés en LAI sur un mode non ablatif menant à ce qui est nommé le phénomène de « photon-initiated photoacoustic streaming » (PIPS) basé sur l'utilisation d'un laser Er : YAG (37,47). Cette méthode utilise les effets photoacoustique et photomécanique. L'irradiation du liquide crée des ondes de choc par implosion de bulles de vapeur au contact de la fibre optique entraînant à leur tour des mouvements de fluide très rapides au sein du canal. Ces réglages de faibles puissances nous préviennent des effets thermiques indésirables tout en maintenant la fibre optique dans la chambre pulpaire pour un débridement jusqu'au tiers apical (36,37,44).

L'absence d'effet thermique dans le canal aboutit à des effets morphologiques contraires à ceux obtenus par la LAI conventionnelle, en effet les échantillons irrigués avec activation PIPS présentent des tubules dentinaires ouverts témoignant de leur nettoyage optimum (36,46).

Cet effet cavitationnel obtenu avec un laser Er : YAG peut aussi être obtenu avec un laser diode émettant à 980nm pour des réglages minimaux de 2,5 W et 25Hz (45). Cet effet observé avec un laser diode par Hmud *et al.* diffère du vrai effet cavitationnel décrit avec le Er : YAG. En effet avec le laser Erbium les bulles de vapeur se forment instantanément et disparaissent en quelques micro-secondes, et créent des mouvements de fluide jusqu'au tiers apical (37). Avec le laser diode ces bulles n'apparaissent qu'après plusieurs secondes et les mouvements de fluide sont limités aux alentours de la fibre optique nécessitant d'amener celle-ci dans le canal. Pour Deleu *et al.* la puissance requise avec le laser diode est de 7W contrairement à ce que rapportait Hmud, réglage qui induit des effets thermiques délétères sur les parois canalaire. Ceci s'explique par la faible absorption des longueurs d'onde du diode par les liquides aqueux, et par l'effet thermique nécessaire pour créer la bulle (43,45).

Les ondes de choc peuvent décoller des parois canalaire les débris de la boue dentinaire lors de l'activation d'un irrigant. Ce phénomène peut être intéressant à exploiter lors de la désobturation canalaire. On peut espérer le même débridement observé sur la boue dentinaire sur des résidus de ciments. A ce jour l'application des lasers lors de la désobturation endodontique se base sur l'effet thermique de la lumière laser. La comparaison de l'action de débridement d'un laser Er : YAG en LAI conventionnelle avec l'action d'un Er : YAG selon les réglages du PIPS montre que l'effet thermique du laser est supérieur à son action photoacoustique (42).

Le laser diode émettant dans l'infrarouge à 810 ou à 1064nm peut déjà faire partie du plateau technique de l'endodontiste pour la désinfection canalaire. L'hypothèse de travail était que les lasers diode pouvaient se révéler pertinents lors de l'étape de la désobturation, après obturation par des ciments biocéramiques.

#### 4. Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude était d'évaluer les possibilités de reperméabilisation d'un canal obturé avec le ciment BioRoot™ RCS (Septodont®) en comparant l'action des rotatifs seuls et associés au laser diode. Cette évaluation a porté sur des TE de longueur adéquate ou trop courte.

L'objectif principal de notre étude était d'évaluer si un laser diode émettant simultanément à 915 et 1064nm permettait d'obtenir une désobturation effective d'un canal obturé par BioRoot™ RCS (Septodont®). Notre analyse se basait sur la capacité à retrouver la perméabilité apicale.

L'objectif secondaire était de quantifier la désobturation, soit les taux de matériau résiduel présents dans les sous-groupes laser et rotatifs seuls. Le critère d'évaluation reposait sur le calcul de la densité radiographique de chaque tiers canalaire avant et après désobturation.

## Matériels et méthodes

### Préparation des échantillons

Les dents sélectionnées pour l'étude étaient des incisives centrales et latérales maxillaires extraites avec apex matures et ne présentant pas de signes d'obturation endodontique ou de résorption. Les dents ont été sectionnées à une longueur standardisée et conservées dans une solution de NaOCl à 0.5%. La perméabilité a été confirmée avant toute préparation par le passage d'une lime de cathétérisme de 10/100mm de diamètre au-delà du foramen apical (K-flexofile, 10/100mm, 2%, Dentsply®). La longueur de travail de chaque canal a été établie avec la même lime de cathétérisme. Celle-ci a été amenée au foramen apical de sorte que son extrémité soit visible à la surface externe de la racine puis retirée d'un millimètre. Des radios pré-opératoires ont été réalisées selon deux incidences pour chaque dent (70kV, 4mA, Kodak RVG 6100).

Les dents ont été divisées en deux groupes de 20 de façon aléatoire pour une préparation soit à la LT (groupe A), soit à LT- 2mm (groupe B).

La préparation canalaire a suivi la méthode du crown-down, descente corono-apicale, avec les limes en rotation continue du système Protaper® Universal Treatment (Dentsply®) à 350rpm jusqu'à la lime de finition F3 (30/0.09) sur le moteur X smart de Dentsply®. L'irrigation canalaire a été assurée par l'apport de NaOCl à 2.5% entre chaque passage d'instrument. La boue dentinaire a été délogée par l'action d'une irrigation à l'EDTA à 17% avec 1mL par canal pendant une minute en fin de préparation et avant un rinçage final avec NaOCl à 2.5%. Une seringue d'irrigation de 30 gauges (Dentsply®) a été utilisée pour toutes les étapes d'irrigation. La perméabilité apicale a été vérifiée avant obturation avec une lime de 10/100mm. Les canaux ont été séchés à l'aide de pointes papier calibrées Protaper F3.

L'obturation a suivi le même protocole pour les deux groupes de préparation, seule la longueur d'ajustage du Maître-cône (MC) a différé. La technique mono cône -un MC de GP non compacté et scellé avec du ciment- a été utilisée selon les recommandations du fabricant du ciment d'obturation BioRoot™ RCS (Septodont®). Le dosage poudre/liquide était d'une cuillère pour cinq gouttes. La durée de spatulation était de 60 secondes. Lors de chaque obturation, une pointe papier a permis l'enduction de ciment sur les parois canalaire. Le MC a ensuite été imprégné de ciment et inséré à la LT selon des mouvements de va-et-vient d'amplitude d'un millimètre. Des MC calibrés F3 ont été utilisés. Dans le groupe A le MC calibré a été ajusté à la LT et dans le groupe B à LT-2mm. Des radios post-opératoires selon deux incidences ont été réalisées afin de juger de la qualité des obturations (présence de bulles ou de vides en apical). L'obturation coronaire a été assurée par un ciment provisoire (Cavit™). Les dents ont ensuite été conservées à 30°C et 88% d'humidité pendant 15 jours, conditions s'approchant de la

situation *in vivo* au niveau du péri apex. Les valeurs d'humidité et de température ont été contrôlées grâce à un hygromètre.



**FIGURE 2 :** PLATEAU TECHNIQUE D'OBTURATION, CIMENT BIOROOT™ RCS.

Un groupe de dents témoins a été constitué. Les témoins négatifs T1 et T3 ont été préparés respectivement à LT et LT-2mm mais non obturés. Les témoins positifs T2 et T4 ont été préparés et obturés respectivement à LT et LT-2mm.

Un groupe de comparaison avec des dents obturées au ciment conventionnel oxyde de zinc-Eugéno (Sealite™) a également été constitué. Ce groupe comprenait quatre dents préparées selon le même protocole déjà décrit et obturées selon la même technique mono cône. A21 et A22 ont été préparées et obturées à la LT, tandis que B21 et B22 ont été préparées et obturées à LT -2mm.

#### Procédure de retraitement

La désobturation a été réalisée selon deux sous-groupes constitués de façon aléatoire. Le premier sous-groupe, nommé R, a bénéficié d'une méthode rotative seule, le seconde sous-groupe nommé R+L a été désobturé avec la même séquence rotative suivie d'impulsions laser.

La séquence rotative utilisée était celle de Micro-Mega® constituée de trois instruments successifs, le système R-Endo® sur le moteur X smart de Dentsply® à 400rpm et 3N.cm<sup>-2</sup>.

Le delta<sup>3</sup> d'Erma électronique est un laser diode émettant à deux longueurs d'ondes simultanées, 915 et 1064nm, avec des fibres optiques de 300µm. Les réglages de l'irradiation étaient P = 4W et f = 10Hz sur un mode pulsé. Lors des séquences de traitement laser la fibre optique a été amenée à LT -1mm suivie d'une phase de remontée en direction coronaire avec des mouvements de va-et-vient d'amplitude 2mm. Le temps d'application était de 20s, suivi d'un temps de repos de 20s et du renouvellement de l'irrigant, ceci répété trois fois pour chaque canal.



**FIGURE 3** : LASER DIODE DELTA<sup>3</sup> D'ERMA ELECTRONIQUE.

La fin de la désobturation a été déterminée pour le sous-groupe R dès lors que le dernier instrument ressortait avec des spires propres. Pour le sous-groupe R+L, la fin de la désobturation correspondait à la fin de la séquence de traitement d'irradiation défini ci-dessus. L'ensemble des manipulations de désobturation ont été effectuées dans un ordre aléatoire (dcode.fr). Les échantillons obturés au Sealite™ ont été répartis de la façon suivante, A21 et B21 ont été inclus au sous-groupe R de désobturation, les échantillons A22 et B22 au sous-groupe R+L. Le temps de désobturation global pour chaque dent a été chronométré et défini en minutes.

L'ensemble des manipulations de préparation, d'obturation et de désobturation ont été réalisées par le même opérateur.

## Analyse radiographique

Des radiographies ont été réalisées en pré-opératoire, post-opératoire et après désobturation pour chaque dent et ce sous deux incidences. Les radios ont été enregistrées au format JPEG. L'analyse de la densité radiographique de chaque tiers canalaire a été réalisée grâce au logiciel ImageJ 1.38x Image Analysis Software (National Institute of Health). La validité de cet outil a été établie à l'aide de témoins négatifs, préparés mais non obturés, et de témoins positifs, préparés et obturés.

Nous avons découpé les images dans le sens de la largeur en trois parts égales, nommées tiers apical, tiers médian et tiers coronaire. Nous avons travaillé sur une seule incidence, vestibulaire. Les aires d'obturation présentes dans chaque tiers canalaire ont été mises en évidence par la différence de radio opacité. Ces aires ont été calculées et exprimées en pixels au carré par le logiciel. Ensuite les aires d'obturation résiduelles, après manœuvres de désobturation, de chaque tiers canalaire ont été identifiées et mesurées à leur tour. Les pourcentages d'aires de matériau d'obturation résiduelle ont été calculés en divisant l'aire obtenue sur la radio « désobturation » par l'aire obtenue sur la radio « obturation » et multiplié par 100. Nous avons ensuite utilisés les valeurs moyennes d'aires de matériau résiduel de chaque tiers canalaire pour une analyse quantitative des manœuvres de désobturation.

Six échantillons ont été choisis parmi les groupes R et R+L pour être découpés dans le sens de la longueur, afin d'accéder au canal. La découpe a été réalisée dans un premier temps grâce à un disque diamanté (911H/220PM(104), Komet®), de part et d'autre du trajet canalaire, puis une fracture nette a été provoquée avec une spatule à malaxer. L'observation au M.O de ces échantillons a été réalisée au grossissement 6.7x. Seulement un de ces échantillons a été observé sous MEB (FEI®) au grossissement 345x et 570x.

## Analyse statistique

Les moyennes d'obturation résiduelle pour chaque tiers canalaire étaient exprimées en pourcentage de l'obturation totale ( $\pm$  écart type). Le temps global de désobturation était exprimé en minutes ( $\pm$  écart type).

Le test du  $\chi^2$  a été appliqué pour examiner les différences éventuelles entre les groupes pour le critère « perméabilité ». Le test de l'ANOVA a été réalisé, après un test de Levene non significatif, pour l'analyse des critères « temps global », et « pourcentage d'obturation résiduelle » à la recherche de différence intra et intergroupe.

Les données sur les pourcentages moyens d'obturation résiduelle ont été analysées de la façon suivante : le test ANOVA (analyse de variance) a été utilisé afin de déterminer les possibles différences significatives entre les tiers canalaires dans chaque groupe et entre chaque groupe. Si une différence

significative était retrouvée, le test de Tukey post hoc de comparaisons multiples était utilisé afin de déterminer quels groupes étaient significativement différents des autres.

L'analyse des données a été effectuée grâce au logiciel SPSS 19.0 (statistical program for social science) avec un seuil de significativité de 0.05.

## Résultats

### Temps global des manœuvres de désobturation

Les temps pour réaliser les manœuvres de désobturation dans les groupes A/R (4.22 min ± 0.56) et B/R (4.43 min ± 1.29) étaient significativement plus courts que les temps nécessaires pour les groupes A/R+L et B/R+L ( $p < 0.05$ ) (Tableau 1).

Les manœuvres de désobturation des groupes A/R+L et B/R+L, couplant les instruments rotatifs aux impulsions laser, demandaient 3.02 minutes de plus que les manœuvres du groupes A/R et B/R ( $p < 0.05$ ).

Les temps des manœuvres dans le groupe de comparaison où les échantillons étaient obturés au Sealite™ ont été mesurés et exprimés en minutes (Tableau 2).

### Perméabilité

La perméabilité était retrouvée dans 45% des échantillons obturés avec le ciment Bio Root RCS (Septodont®), indifféremment des sous-groupes de traitement ( $n=40$ ). Le test du  $\chi^2$  n'indique aucune différence significative entre les groupes ( $p > 0.05$ ). Dans le groupe de comparaison où les échantillons étaient obturés au Sealite™ ( $n=4$ ) la perméabilité était retrouvée dans 100% des échantillons.

**TABLEAU 1 : PERMEABILITE RETROUVEE ET TEMPS GLOBAL POUR LES GROUPES OBTURES AVEC BIOROOT™ RCS**

	groupe A/R (%)	groupe A/R+L (%)	groupe B/R (%)	groupe B/R+L (%)
perméabilité retrouvée	40	60	40	40
temps global (min)	4,22 ± 0,56	7,50 ± 1,33	4,43 ± 1,29	7,19 ± 0,36

Pour la perméabilité retrouvée il n'existe pas de différence significative entre les groupes  $\chi^2 (3,39) = 1,212, n = 40$  ;  $p$ ns. Pour le temps global, il existe une différence significative entre les groupes A/R et A/R+L ( $p=0.000$ ), A/R et B/R+L ( $p=0.001$ ), A/R+L et B/R ( $p=0.001$ ), et B/R et B/R+L ( $p=0.002$ ) avec  $n = 40$ .

**TABLEAU 2 : PERMEABILITE RETROUVEE ET TEMPS GLOBAL POUR LES ECHANTILLONS OBTURES AVEC SEALITE™**

	Sealite A/R(%)	Sealite A/R+L(%)	Sealite B/R (%)	Sealite B/R+L (%)
perméabilité retrouvée	100	100	100	100
temps global (min)	2,6	5,6	4,8	7,76

$n = 4$ .

### Moyenne d'obturation résiduelle

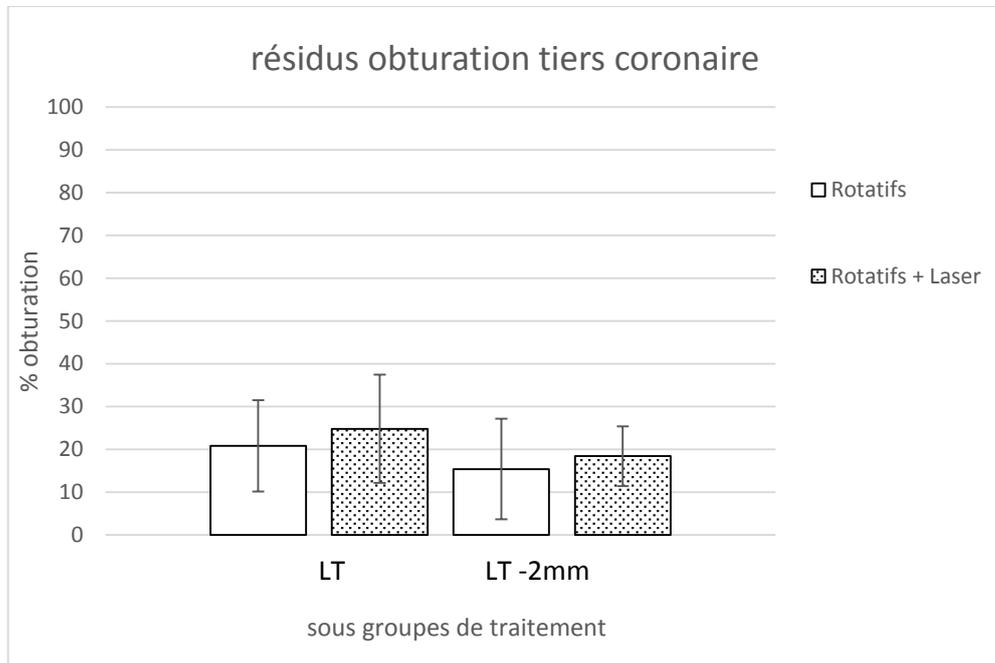
Pour le tiers coronaire il n'existait pas de différence significative des moyennes entre les groupes (Figure 4).

Pour le tiers médian, le pourcentage d'obturation résiduelle était significativement plus bas dans le groupe A/R ( $4.46\% \pm 2.07$ ) que dans les groupes B/R et B/R+L ( $p < 0.05$ ) (Figure 5).

Pour le tiers apical, il restait en moyenne 31.3% de plus d'obturation dans le groupe B/R que dans les groupes A/R et A/R+L ( $p < 0.05$ ). La différence de moyennes d'obturation résiduelle entre les groupes B/R et B/R+L était tendanciellement significative ( $p = 0.057$ ) (Figure 6).

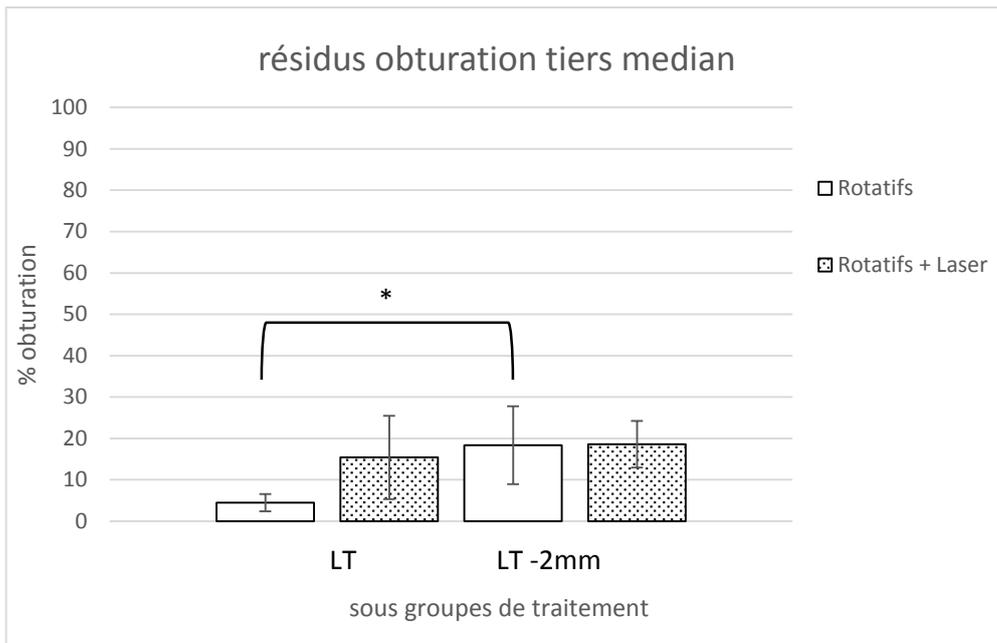
Dans le tiers apical, la moyenne d'obturation résiduelle du groupe B/R était proche du double des autres groupes ( $m_{B/R} = 64.24\%$ ).

**Figure 4** : moyennes d'obturation résiduelle (%) dans le tiers coronaire des différents groupes



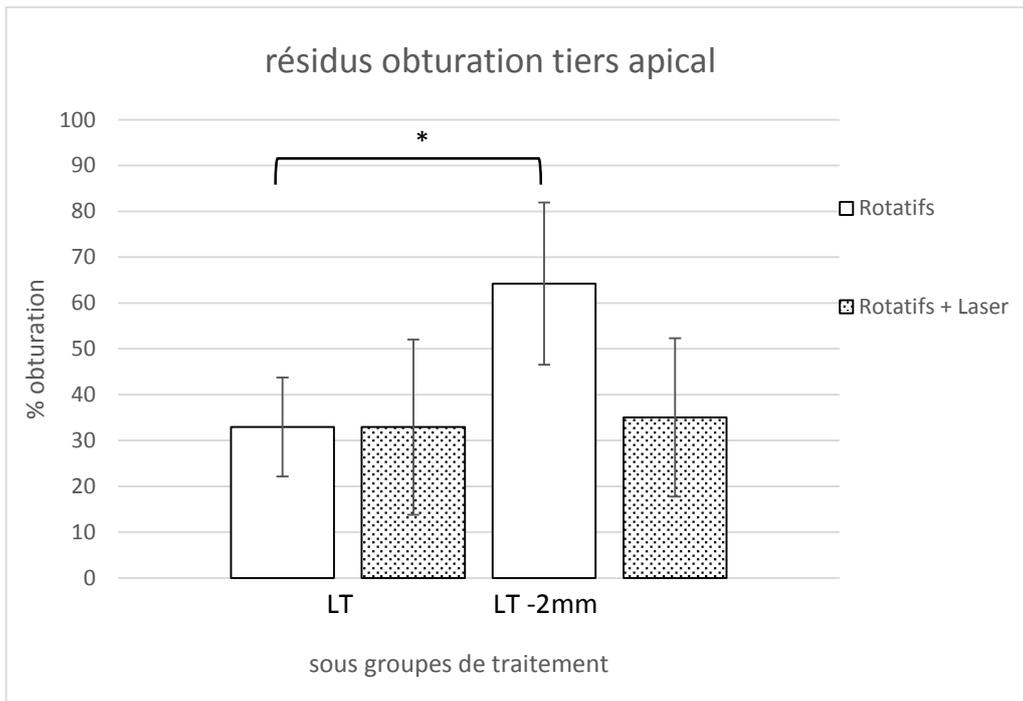
Test ANOVA, Obturation tiers coronaire  $F(3,16) = 0,687$  ;  $p$  ns. Test de Tukey Post hoc de comparaisons multiples,  $n=20$ , avec  $p$  ns.

**Figure 5 :** moyennes d'obturation résiduelle (%) pour le tiers médian des différents groupes



Test ANOVA, Obturation tiers médian  $F(3,16) = 3,931$  ;  $p < ,05$  ;  $\eta^2 = ,424$ . Test de Tukey Post hoc de comparaisons multiples,  $n = 20$ . Il existait une différence de moyennes significative entre les groupes A/R et B/R ( $p = 0.044$ ).

**Figure 6 :** moyennes d'obturation résiduelle (%) pour le tiers apical des différents groupes



Test ANOVA, Obturation tiers apical  $F(3,16) = 4,302$  ;  $p < ,05$  ;  $\eta^2 = ,447$ . Test de Tukey Post hoc de comparaisons multiples,  $n = 20$ . Il existait une différence de moyennes significative entre les groupes A/R et B/R ( $p = 0.039$ ).

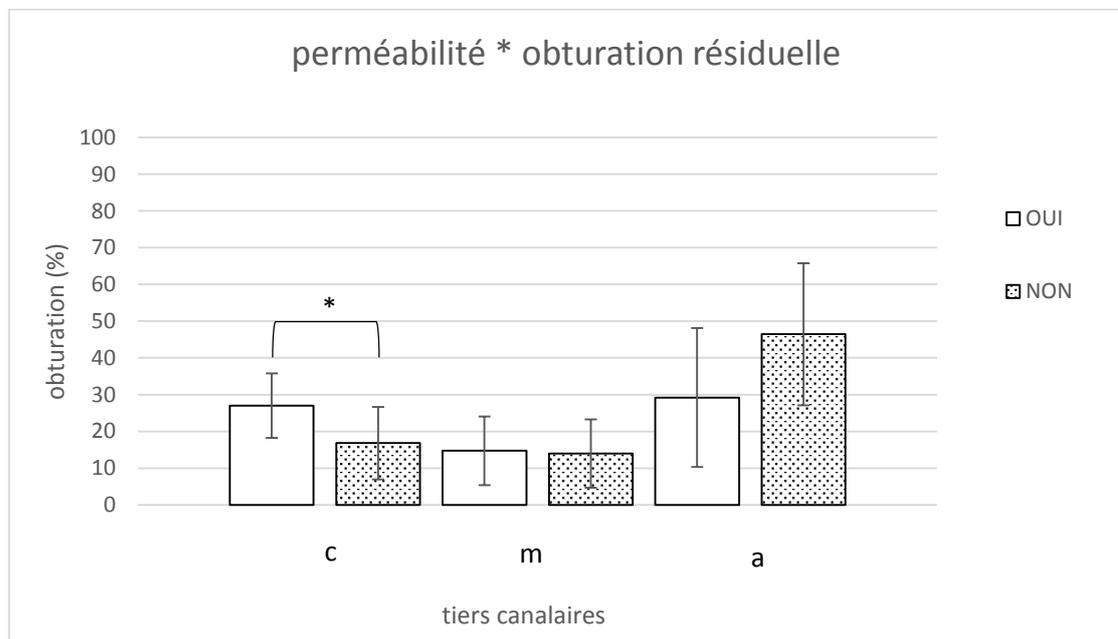
### Temps global et moyenne d'obturation résiduelle

Un test de corrélation de Pearson a été réalisé entre le temps global (min) et les moyennes d'obturation résiduelle (%) pour chaque tiers canalaire. Une corrélation négative significative existait entre le temps de travail global et la moyenne d'obturation résiduelle en apical avec  $r(19) = -,520$  ;  $p < ,05$ . Plus le temps de travail global sur l'ensemble du canal est élevé et moins la moyenne d'obturation résiduelle en apical est importante ( $p < 0.05$ ).

### Perméabilité et moyenne d'obturation résiduelle

Parmi les dents où la perméabilité était retrouvée, la moyenne d'obturation résiduelle en apical ( $29.22 \pm 18.9$ ) était tendanciellement inférieure à celle des dents où la reperméabilisation du canal n'était pas obtenue ( $46.45 \pm 19.35$ ) avec  $p = 0.083$ . (Figure 7).

**Figure 7** : moyennes d'obturation résiduelle de chaque tiers canalaire pour les dents avec perméabilité retrouvée ou non.



Test ANOVA,  $n = 20$ . Pour la moyenne d'obturation résiduelle, dans le tiers coronaire il existait une différence significative entre le groupe oui et le groupe non,  $F(1,19) = 4,8$ ,  $p < 0,05$ . Dans le tiers apical (a), il existait une différence entre les groupes oui et non avec une tendance à la significativité,  $F(1,19) = 3,375$ ,  $p = 0,083$ .

## Observation des échantillons

Les radiographies post opératoires, réalisées sous deux incidences ont permis de juger de la densité des obturations.

**FIGURE 8 : ECHANTILLON A7.**



RADIO POST OP, INCIDENCE VESTIBULAIRE.



RADIO POST OP, INCIDENCE PROXIMALE.

**FIGURE 9 : ECHANTILLON A17.**



RADIO POST OP, INCIDENCE VESTIBULAIRE.



RADIO POST OP, INCIDENCE PROXIMALE.

Dans le groupe B, les radiographies post opératoires de certains échantillons ont mis en évidence une obturation canalaire au-delà de la longueur d'ajustage du MC (LT-2mm).

**FIGURE 10 : ECHANTILLON B4.**



RADIO POST OP, INCIDENCE VESTIBULAIRE.  
LA LIGNE HORIZONTALE REPRESENTE LE NIVEAU D'AJUSTAGE DU MC.



RADIO APRES DESOBTURATION,  
INCIDENCE VESTIBULAIRE.

**FIGURE 11 : ECHANTILLON B6.**



RADIO POST OP, INCIDENCE VESTIBULAIRE.



RADIO DESOBTURATION, INCIDENCE V.



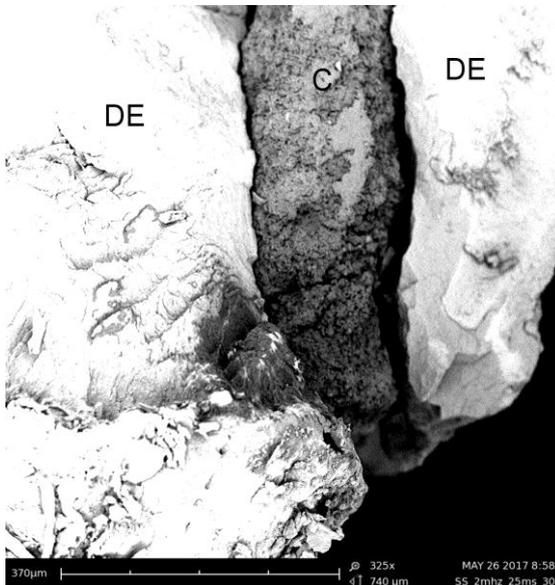
IMAGE EN M.O (6.7x), VUE V. LA LIGNE HORIZONTALE REPRESENTE LE NIVEAU D'AJUSTAGE DU MC. ON PEUT NOTER L'OBTURATION D'UN CANAL LATERAL NON INSTRUMENTE.

**FIGURE 12** : VUE EN MICROSCOPIE OPTIQUE (6.7X) DES COUPES LONGITUDINALES DES ECHANTILLONS R ET R+L.

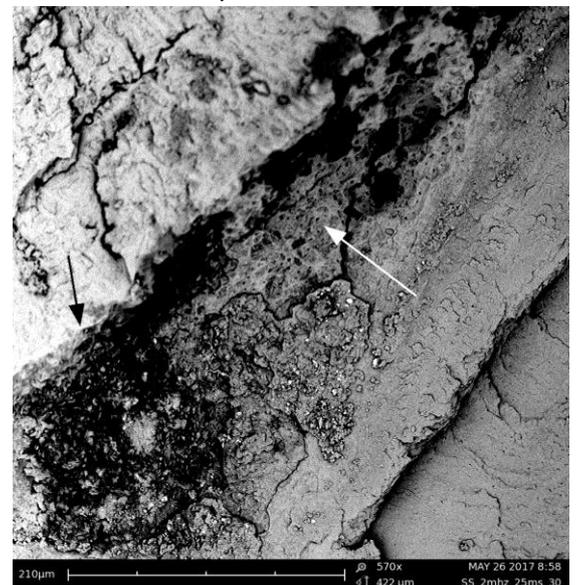


Les échantillons de gauche à droite : B4/R ; B5/R ; B15/R+L ; B3/R+L.

**FIGURE 13** : VUE EN MEB DU TIERS APICAL D'UN ECHANTILLON DU GROUPE A/R+L



Des résidus de ciment (C) sont mis en évidence sur les parois de dentine (DE) au grossissement 325x.



Des tubulis ouverts (flèche blanche) et une fusion de dentine (flèche noire) sont observés (570x).

## Discussion

Notre étude avait pour objectif de comparer l'action des rotatifs seuls aux rotatifs associés au laser diode sur la désobturation effective d'un ciment minéral, BioRoot™ RCS (Septodont®), par étude de la perméabilisation canalaire. Les résultats de notre étude montrent qu'une obturation avec le ciment minéral BioRoot™ RCS en technique mono cône peut aboutir à des obstructions, et à la perte de la perméabilité apicale lors du RTE.

Nous avons comparé les résultats des groupes obturés avec BioRoot™ RCS avec quatre échantillons obturés avec un ciment conventionnel oxyde de zinc-eugéno, le Sealite™ (Pierre Rolland), mis en œuvre selon la même technique mono cône.

Notre étude reposait sur l'étude de trois critères, le temps global de désobturation, la capacité à établir une perméabilité apicale après désobturation et la quantification d'obturation résiduelle après désobturation dans chaque tiers canalaire. Deux méthodes de désobturation ont été confrontées, une séquence rotative seule vs une séquence rotative suivie d'impulsions d'un laser diode.

Les ciments biocéramiques sont des matériaux en développement et présentent de nombreuses indications pour l'endodontie. Une de ces indications concerne le scellement endocanalaire. Les propriétés de ces matériaux sont avantageuses pour un usage en endodontie, ils sont hydrophiles, sont hautement biocompatibles et induisent la création d'une barrière minéralisée étanche à la réinfiltration bactérienne (16,18,20–22). Le BioRoot™ RCS récemment mis sur le marché par Septodont® se veut à la portée de l'omnipraticien, avec une technique de mise en œuvre non opérateur dépendant. Le BioRoot™ RCS est compatible avec la technique d'obturation mono cône ou la technique de condensation latérale à froid (16).

Dans notre étude nous avons mis en œuvre la technique mono cône comme dans les articles de Hess *et al.* et Ersev *et al.* (32,33). Nous avons suivi les recommandations du fabricant en réalisant l'enduction des parois canalaires avec des pointes papier calibrées. Les études de Hess et Ersev avaient réalisé les obturations au ciment BC sealer de Brasseler qui recommande l'injection du ciment directement dans le tiers coronaire grâce à un embout fin, puis d'enduire les parois canalaires avec une lime de 15/100mm avant de venir sceller le MC. L'usage d'une pointe papier comme recommandé pour le BioRoot™ RCS, semble provoquer une absorption d'une partie de l'eau du ciment. Lors de l'enduction des parois une partie du ciment apporté reste sur la pointe papier au lieu de rester sur les parois canalaires. L'enduction des parois avec des limes manuelles comme recommandé par Brasseler peut permettre de s'affranchir de ce problème. L'utilisation d'un lentulo à basse vitesse comme utilisé lors de la technique mono cône avec un ciment conventionnel ne semble pas recommandé car il existe un

risque d'échauffement du matériau et de cassure des liaisons moléculaires, ceci pouvant altérer ses propriétés. Viapiana *et al.*, a mis en évidence la présence de vides significativement plus importants dans les obturations au BioRoot™ RCS mis en œuvre avec un lentulo (48).

Neelankatan *et al.* mettent en œuvre une technique de condensation latérale à froid (28), or ces techniques de compactage de GP avec un ciment minéral semblent contradictoires. En effet avec ces matériaux est apparu un changement de paradigme, le ciment est devenu le corps de l'obturation et la GP sert uniquement de tuteur. Contrairement à la mise en œuvre des ciments conventionnels où l'on cherchait à n'utiliser qu'un film de ciment, on veut un maximum de ciment minéral pour sceller le système canalaire.

Dans d'autres études, l'obturation canalaire se fait avec un ciment minéral et une technique de condensation verticale à chaud (30,31,33). Ces techniques ne sont pas recommandées car elles peuvent créer un échauffement et entraîner des modifications des propriétés du ciment qui se retrouve déshydraté (16).

Les limites de mise en œuvre de la technique mono cône apparaissent sur les dents d'anatomie canalaire allongée en vestibulo-lingual, et les canaux en « C ». En effet le MC ne sera pas suffisant pour créer un effet piston et repousser le ciment dans l'ensemble du système canalaire sur un canal qui n'a pas une section circulaire proche de celle du MC (figures 8 et 9).

La comparaison des deux ciments, BioRoot™ RCS et Sealite™, n'était pas statistiquement suffisamment puissante (n=4) mais permettait d'obtenir un résultat subjectif. Pour le groupe Sealite™, la perméabilité a été retrouvée dans 100% des échantillons. La sensation tactile lors de la recherche manuelle de la perméabilité apicale donnait une impression de dureté moindre du ciment Sealite™ et un regain de cette perméabilité plus aisée pour ce même ciment. Pour le critère temps, il n'est pas apparu à l'opérateur une différence notable du temps des manœuvres de désobturation entre les deux matériaux. L'ensemble des manipulations a été réalisé par un seul et même opérateur, non expérimenté. Pour obtenir des résultats comparables, ce groupe de comparaison aurait dû être constitué de quarante échantillons.

### **Temps**

Le temps global des manœuvres a été mesuré et exprimé en minutes pour chaque groupe. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les échantillons préparés et obturés à la LT et ceux qui ont été sous-préparés. Ce résultat est en désaccord avec l'étude d'Agrafioti *et al.* qui retrouve une différence significative entre les échantillons obturés avec BC Sealer à la LT et à LT-2mm (+ 2.09min) (33).

Dans notre étude parmi les groupes obturés au BioRoot™ RCS, le traitement additionnel par irradiation laser ajoute un temps significatif et non négligeable aux manœuvres de désobturation (+ 3.02min). Le laser diode doit donc apporter un gain à la qualité de désobturation pour justifier ce temps de manipulation plus long et son investissement pour un usage clinique dans cette indication. C'est ce que nous avons étudié avec les moyennes d'obturation résiduelle pour chaque tiers canalair.

### **Perméabilité**

L'un des objectifs du TE du RTE est de perméabiliser le canal (9). La perméabilité apicale constitue un repère clinique fiable au cours du traitement, elle permet d'établir une LT, elle favorise la circulation de l'irrigant jusqu'au tiers apical et favorise la remontée des débris de préparation (1,13).

L'incapacité de perméabiliser le canal lors du RTE peut compromettre les chances de succès (12). Un nettoyage et une mise en forme adéquate du tiers apical, qui peut abriter des bactéries responsables d'une infection endodontique, ne peuvent être assurés sans l'établissement de la perméabilité (13).

La perméabilité était retrouvée dans 45% des échantillons obturés avec le ciment BioRoot™ RCS, sans aucune différence significative selon les groupes. Nous n'avons pas pu conclure sur un apport ou non de l'irradiation laser au regain de la perméabilité apicale lors de la désobturation de ce ciment.

Dans la littérature, pour la question du regain de la perméabilité lors du RTE de canaux obturés avec un ciment minéral les résultats sont contradictoires. HESS *et al.* ont retrouvé une perméabilité apicale dans 30% des cas seulement où l'ajustage du cône de GP est inadéquat, sous-obturation. Or ils travaillaient sur des canaux mésiaux de molaires mandibulaires. Ces canaux sont fins et d'anatomie plus complexe que les canaux de monoradiculées, droit et larges, utilisés dans les études d'Agrafioti *et al.* ou de Kim *et al.* qui retrouvent une perméabilité dans 100% de leurs échantillons.

Dans notre étude, les manipulations ont été réalisées sur des dents extraites monoradiculées d'anatomie simple, canaux larges et rectilignes. Ce choix permet de s'affranchir de la difficulté d'une anatomie plus complexe pour se concentrer sur les possibilités de perméabilisation à travers le ciment. Cependant plus un canal est large plus la quantité de ciment sera importante, ceci peut ajouter des difficultés aux manœuvres de désobturation. Les échantillons ont été préparés avec le système de préparation en rotation continue, Protaper® Universal de conicité variable, jusqu'à la lime F3 (30, 0.09). Cette séquence est adaptée à la préparation de canaux larges, et est connue et maîtrisée de l'opérateur.

Lors de nos manipulations nous avons créé un groupe où les échantillons sont intentionnellement préparés et obturés à LT-2mm, ce qui correspond à un mésusage des techniques de préparation et d'obturation endodontique. Un TE « trop court » peut correspondre à une situation clinique où une erreur opératoire est intervenue au moment de l'établissement de la LT, et ce type d'erreur opératoire lors du TE peut motiver le RTE (32). Dans l'étude de Hess *et al.* les échantillons sous-obturés montraient un taux de perméabilisation (30%) très en deçà de ceux des échantillons avec une obturation de longueur adéquate (80%). Agrafioti *et al.* rapportaient 100% de perméabilisation de leurs échantillons préparés et obturés à la LT et à LT-2mm. Dans notre étude, les taux de perméabilisation entre les groupes préparés et obturés à la LT et à LT-2mm ne montraient pas de différence significative. Notre taux de perméabilisation (45%) plus bas peut s'expliquer par un manque d'expérience de l'opérateur mais aussi par le choix de la séquence rotative de désobturation.

En effet la séquence de désobturation utilisée dans notre étude, le R-Endo® se constitue de trois instruments rotatifs successifs (R1 ; R2 ; R3). Les instruments sont de conicité 6 et 4%, le dernier instrument R3 est d'un diamètre 25/100mm. Le dernier instrument de la séquence de désobturation est donc moins conique et de diamètre plus faible que le dernier instrument de préparation Protaper® Universal. Ainsi lors de la désobturation rotative, les spires des instruments travaillent principalement de la GP et n'engagent pas les parois dentinaires. Ce choix de séquence moins conique permettait d'étudier l'effet du laser directement sur le ciment et non l'effet du laser sur les parois canalaires.

La méthode d'obturation de condensation verticale à chaud mise en œuvre dans les études de Kim et Agrafioti pourrait également expliquer leur taux de perméabilisation plus élevé. Le ciment minéral qui est chauffé lors de l'obturation peut voir ses propriétés en être altérées.

Les ciments minéraux sont très durs après prise et sont plus résilients à l'action des méthodes conventionnelles de retraitement mais ne sont pas impénétrables. Ils requièrent plus de temps opératoire (26,27,30–33). Aucune valeur de dureté à comparer avec celles de la dentine (50 à 87 VHN) n'a été retrouvée dans la littérature. La résistance à la compression du ciment BioRoot™RCS est de 10MPa, valeur très éloignée de celles de la dentine (297MPa) et de la Biodentine™ (200MPa). En effet ce matériau ne requiert pas les mêmes propriétés mécaniques que celles d'un matériau de restauration coronaire.

Selon la littérature les méthodes conventionnelles de désobturation, rotatifs (30), solvants (31,33), peuvent être actifs sur les ciments minéraux pour des anatomies simples et pour des temps opératoires augmentés par rapport aux ciments plus conventionnels (32).

Dans notre étude, nous avons cherché à explorer l'action d'impulsions d'un laser sur la dépose des ciments minéraux comme outil de désobturation. Notre choix s'est porté sur le laser diode pour son coût abordable, et sa polyvalence.

L'usage du laser demande une courbe d'apprentissage pour l'opérateur. Nos résultats démontrent un temps additionnel qui est significatif (+ 3.02min) au traitement de désobturation lors de l'emploi du laser après le passage des instruments rotatifs. Ce temps additionnel ne peut être cliniquement acceptable que si la qualité de désobturation apportée par le laser est significative. L'activation de l'irrigant par laser Er : YAG permet un nettoyage canalaire supérieur à l'action des rotatifs seuls sur des canaux ovalaires (42). Il faut pouvoir obtenir les mêmes résultats avec le laser diode.

Cette étude ne nous permet pas de conclure sur le mode d'action du laser Diode sur la dépose d'un ciment minéral. Selon Keleş *et al.* l'effet thermique d'un laser Er : YAG est supérieur à son effet acoustique. Les résultats de la même étude sur le laser Er : YAG en terme de dépose du ciment AH PLUS® (Dentsply®) sont attribués à son effet photo thermique qui affecte la surface dentinaire, ce qui faciliterait le détachement des résidus de ciment (42).

Une étude de 2003 a étudié les possibilités de dépose de la GP par irradiation laser (Nd : YAG, 20Hz et 1.5W) (49). Les échantillons étaient des incisives centrales préparées jusqu'à un diamètre apical de 50/100mm par ampliation manuelle et obturées avec un ciment résine (Diaket sealer, ESPE) et de la GP par condensation latérale à froid. L'étude a confronté l'effet thermique du laser seul, et du laser couplé à des solvants de la GP (eucalyptus, DMF). Les résultats ont mis en évidence que le laser seul était capable de ramollir la GP jusqu'à atteindre la LT (49). L'addition de solvant n'améliorait pas le RTE en termes de temps opératoire ou de volume de GP résiduelle.

Aucune étude n'a été trouvée sur l'effet thermique du laser diode dans la désobturation canalaire.

### **Moyenne d'obturation résiduelle**

La qualité de la désobturation a été étudiée pour chaque tiers canalaire sur des radiographies. Les moyennes d'obturation résiduelles ont été analysées par un logiciel informatique et exprimées en pourcentage pour pouvoir être comparées par analyse statistique.

L'évaluation radiographique de la désobturation ne fournit qu'une vision en 2D du système canalaire et ne révèle pas la totalité des résidus d'obturation présents (27). De nombreuses autres méthodologies ont été proposées comme l'échelle visuelle(26), la microscopie optique (33), le MEB (32) ou la reconstruction tridimensionnelle (CBCT) (28).

L'analyse radiographique est un biais connu, et une analyse en 3D est plus précise. Cependant l'utilisation d'un logiciel informatique (image J) renforce l'analyse radiographique réalisée. Elle permet de quantifier par une méthode automatisée de calcul d'aire des taux de résidus d'obturation. Cette méthode est supérieure à une simple observation d'images ou à une échelle de score visuel.

L'observation sous MEB de l'ensemble des échantillons de notre étude aurait peut-être permis de visualiser une meilleure qualité de désobturation du tiers apical dans les groupes laser. Cette manipulation n'a pas été conduite par manque de moyen (figure 12). L'observation d'un échantillon du groupe A/R+L a permis de mettre en évidence les résidus de ciment à l'échelle micrométrique, et le phénomène de fusion de dentine par irradiation laser (figure 13).

Les résultats nous montrent que le matériau n'est jamais complètement déposé quel que soit la longueur de l'obturation ou la méthode de désobturation. Ce résultat est en accord avec les résultats de la littérature (27,28). Que ce soit avec la méthode manuelle ou rotative des résidus de ciment sont retrouvés. Ceux-ci se concentrent significativement dans le tiers apical (27).

Aucune différence significative n'est apparue dans nos résultats pour le tiers coronaire entre les groupes R et R+L. Au niveau du tiers médian, le groupe présentant le pourcentage d'obturation résiduelle le plus faible était le groupe A/R, significativement inférieur aux pourcentages des groupes B/R et B/R+L. Ces résultats permettent de dire que les résidus d'obturation après désobturation sont plus importants dans les groupes où l'ajustage du MC était trop court.

Au niveau du tiers apical, le groupe présentant le plus d'obturation résiduelle était le groupe B/R pour lequel l'obturation était trop courte et qui a été retraité par une séquence rotative seule. La moyenne d'obturation résiduelle de ce groupe est proche du double des autres groupes. Il s'agit d'un groupe où les échantillons sont sous-préparés et sous-obturés. Le ciment peut alors fuser par effet piston au-delà du MC qui ne peut pas assurer dans les derniers millimètres apicaux le rôle de tuteur lors de la désobturation rotative (figures 10 et 11).

Les moyennes d'obturation résiduelles du tiers apical étaient significativement moindres pour les échantillons préparés et obturés à une longueur adéquate quel que soit la méthode de désobturation. Ceci peut s'expliquer par le guidage des instruments assuré par le cône de GP jusqu'aux derniers millimètres apicaux.

La différence entre les groupes B/R et B/R+L, sous-préparés et sous-obturés, en apical tend à être significative. Ceci laisse penser que laser peut apporter un gain de qualité dans la désobturation du tiers apical obturé avec du ciment seul.

Plusieurs auteurs ont mis en évidence que les valeurs d'obturation résiduelle sont significativement plus élevées dans le tiers apical que dans les tiers médian et coronaire (27,29). Les auteurs expliquent cela par les variations anatomiques du tiers apical et par l'utilisation d'instruments de désobturation de diamètre et de conicité plus faible que ceux des instruments de préparation utilisés lors du TE. Ersev *et al.* suggèrent l'utilisation d'instruments de diamètre supérieur afin de préparer à nouveau les parois canalaires et optimiser leur nettoyage dans la portion apicale (27). Dans notre étude nous n'avons pas cherché à comparer les moyennes d'obturation résiduelle entre chaque tiers. On observe tout de même des moyennes de 30 à 60% d'obturation résiduelle dans le tiers apical, contre des moyennes autour de 20% d'obturation résiduelle dans les tiers médian et coronaire. Cette observation va dans le sens des conclusions de la littérature (27,29).

### **Perméabilité et moyenne d'obturation résiduelle**

Lorsque l'on croise les données de perméabilité et de moyennes d'obturation résiduelle on observe des taux de résidus apicaux moindres pour les dents avec une perméabilité retrouvée que pour les dents non perméables. Un nettoyage canalaire de meilleure qualité au niveau du tiers apical semble permettre de retrouver plus aisément la perméabilité.

### **L'hypothèse de travail**

Nous avons émis comme hypothèse que le traitement additionnel avec irradiation d'un laser diode ( $P = 4W$ ,  $f = 10Hz$ ) permettait une meilleure élimination d'un ciment minéral des parois canalaires. Les résultats n'indiquent pas de différence significative entre les groupes R et R+L en termes de regain de la perméabilité et de moyennes d'obturation résiduelle.

Dans le tiers apical pour les groupes préparés et obturés à LT-2mm, on met en évidence une moyenne d'obturation résiduelle moindre dans le groupe R+L que dans le groupe R. Cette différence de moyennes est proche de la significativité. Une étude avec des groupes d'effectifs plus importants serait nécessaire pour confirmer ou infirmer cette tendance.

### **Perspective**

Notre étude ne nous permet pas de conclure sur le mode d'action du laser diode sur la dépose d'un ciment minéral.

Dans la littérature les études sur l'activation d'une solution d'irrigation par irradiation d'un laser diode décrivent les effets morphologiques de l'effet thermique du laser. Les résultats démontrent une élimination complète de la boue dentinaire en LAI conventionnelle (35), mais aussi des tubules partiellement ou complètement fermés avec une fusion de la dentine inter tubulaire.

L'activation laser sur le mode PIPS est recherchée car les mouvements de fluide obtenus permettent de maintenir la fibre optique dans la chambre pulpaire tout en obtenant des tubules ouverts et en prévenant les effets thermiques délétères sur les parois canalaire et le péri apex, contrairement à la LAI conventionnelle. Des tubules ouverts sont préférables puisqu'ils sont alors nettoyés par l'irrigant.

A ce jour il n'existe pas de consensus sur les réglages nécessaires pour faire du PIPS-like avec un laser diode (43,45).

L'action du laser diode en terme de dépose de la boue dentinaire peut être attendue sur la dépose des résidus de ciment, pour une irradiation après le travail des instruments rotatifs (35).

Pour comprendre comment le laser diode fonctionne dans cette indication une étude sur un modèle *in vitro* de recherche appliquée serait nécessaire. L'action du laser diode sur le ciment est-il en lien avec un effet thermique, un effet acoustique ou les deux effets se combinent-ils ?

## Conclusion

Les ciments minéraux, répondant aux principales caractéristiques attendues pour un matériau endodontique, sont de composition proche de l'hydroxyapatite ce qui amène à rencontrer des difficultés lors de leur dépose. Les possibilités de dépose des ciments minéraux sont à ce jour insuffisamment renseignées et les résultats disponibles sont contradictoires.

Le laser en endodontie est déjà éprouvé comme technique complémentaire dans la désinfection canalaire et pourrait se révéler intéressant à exploiter aussi lors de l'étape de désobturation d'un ciment minéral.

Au moyen d'une étude expérimentale *in vitro* nous avons cherché à établir les possibilités de perméabilisation d'un canal obturé avec un ciment minéral. L'étude a porté sur l'action d'une séquence rotative seule comparée à l'action d'impulsions d'un laser diode appliquées après la séquence rotative. La désobturation a été qualifiée par le regain ou non de la perméabilité apicale, et a été quantifiée par l'analyse radiographique de chaque tiers canalaire. Le temps global des manœuvres de désobturation a été mesuré en minutes.

L'incapacité de perméabiliser le canal lors du RTE peut compromettre les chances de succès de la procédure endodontique. Dans notre étude la perméabilité était retrouvée dans 45% des échantillons, indépendamment de la longueur d'obturation et de la méthode de désobturation. Aucun apport du protocole combinant le laser aux rotatifs sur la désobturation d'un ciment minéral n'a été mis en évidence, lors de notre analyse statistique.

Ce protocole nous apporte peu d'éléments de compréhension sur les phénomènes physiques engendrés par le laser diode lors de la dépose d'un ciment minéral.

L'identification du mode d'action du laser dans cette indication, serait bénéfique. Elle passe par l'étude sur un modèle *in vitro* de recherche appliquée.

## Bibliographie

1. GUIGAND M, MARTIN D, PERTOT W. Préparation canalaire. 2014. (Dossiers de l'ADF).
2. Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endod Top.* 1 juill 2002;2(1):59-88.
3. Ng Y-L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J.* déc 2007;40(12):921-39.
4. Ng Y-L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J.* janv 2008;41(1):6-31.
5. MEDIONI E, RICCI C. L endodontie fondée sur la preuve au quotidien. *Réalités cliniques*; 2011; vol. 22.
6. 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.* juin 2009;35(6):810-3.
7. Lupi-Pegurier L, Bertrand M-F, Muller-Bolla M, Rocca JP, Bolla M. Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. *Int Endod J.* août 2002;35(8):690-7.
8. 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.* mars 2002;35(3):229-38.
9. Mandel E, Friedman S. Endodontic retreatment: A rational approach to root canal reinstrumentation. *J Endod.* nov 1992;18(11):565-9.
10. Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S, Toronto Study. Treatment outcome in endodontics-the Toronto Study. Phase II: initial treatment. *J Endod.* mai 2004;30(5):302-9.
11. Rossi-Fedele G, Ahmed HMA. Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *J Endod.* avr 2017;43(4):520-6.
12. Ng Y-L, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J.* juill 2011;44(7):583-609.
13. Mounce R. Achieving and maintaining apical patency in endodontics: optimizing canal shaping procedures. *Gen Dent.* févr 2015;63(1):14-5.

14. Machado R, Ferrari CH, Back E, Comparin D, Tomazinho LF, Vansan LP. The Impact of Apical Patency in the Success of Endodontic Treatment of Necrotic Teeth with Apical Periodontitis: A Brief Review. *Iran Endod J.* 2016;11(1):63-6.
15. de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, et al. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3 and 4: orthograde retreatment. *J Endod.* févr 2008;34(2):131-7.
16. Camilleri J. Mineral trioxide aggregate: present and future developments. *Endod Top.* 1 mai 2015;32(1):31-46.
17. Shen Y. Editorial: evolution of bioceramic cements in endodontics. *Endod Top.* 1 mai 2015;32(1):1-2.
18. Trope M, Bunes A, Debelian G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endod Top.* 1 mai 2015;32(1):86-96.
19. SIMON S, FLOURIOT A-C. Bio Root RCS un nouveau biomatériau pour l'obturation canalair. *Septodont;*
20. Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Top.* 1 mai 2015;32(1):3-30.
21. Torabinejad M, Parioikh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod.* févr 2010;36(2):190-202.
22. Parioikh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. *J Endod.* mars 2010;36(3):400-13.
23. Kossev D, Stefanov V. Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers. *ResearchGate.* 1 janv 2009;1:42-8.
24. GROSSMAN L. Grossman's endodontic practice - 13th edition. 2014.
25. CLAISSE A, BARRIL-COCHET I, COCHET J-Y. Obturation canalair. 2014. (Dossiers de l'ADF).
26. Boutsioukis C, Noura G, Lambrianidis T. Ex vivo study of the efficiency of two techniques for the removal of mineral trioxide aggregate used as a root canal filling material. *J Endod.* oct 2008;34(10):1239-42.
27. Ersev H, Yilmaz B, Dinçol ME, Dağlaroğlu R. The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers. *Int Endod J.* août 2012;45(8):756-62.
28. Neelakantan P, Grotra D, Sharma S. Retreatability of 2 Mineral Trioxide Aggregate-based Root Canal Sealers: A Cone-beam Computed Tomography Analysis. *J Endod.* juill 2013;39(7):893-6.

29. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. *Iran Endod J.* 2015;10(2):93-8.
30. Kim H, Kim E, Lee S-J, Shin S-J. Comparisons of the Retreatment Efficacy of Calcium Silicate and Epoxy Resin-based Sealers and Residual Sealer in Dentinal Tubules. *J Endod.* déc 2015;41(12):2025-30.
31. Carpenter MT, Sidow SJ, Lindsey KW, Chuang A, McPherson JC. Regaining Apical Patency after Obturation with Gutta-percha and a Sealer Containing Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod.* avr 2014;40(4):588-90.
32. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod.* nov 2011;37(11):1547-9.
33. Agrafioti A, Koursoumis A, Kontakiotis E. Re-establishing apical patency after obturation with Gutta-percha and two novel calcium silicate-based sealers. *Eur J Dent.* 2015;9(4):457.
34. Pirnat S, Lukac M, Ihan A. Study of the direct bactericidal effect of Nd:YAG and diode laser parameters used in endodontics on pigmented and nonpigmented bacteria. *Lasers Med Sci.* nov 2011;26(6):755-61.
35. Jhingan P, Sandhu M, Jindal G, Goel D, Sachdev V. An in-vitro evaluation of the effect of 980 nm diode laser irradiation on intra-canal dentin surface and dentinal tubule openings after biomechanical preparation: Scanning electron microscopic study. *Indian J Dent.* juin 2015;6(2):85-90.
36. BRULAT N, ROCCA J-P, MEDIONI E. *laser et endodontie.* 2016. 2-8 p. (Information Dentaire; vol. 98).
37. De Moor RJG, Meire MA, Verdaasdonk RM. The power of the bubble: comparing ultrasonic and laser activated irrigation. In: Todea C, Podoleanu AG, Duma V-F, éditeurs. 2014 [cité 20 nov 2016]. p. 892504.
38. Rocca J-P. *Les lasers en odontologie.* Rueil-Malmaison: Éditions Cdp; 2008.
39. REY G, GIRARD J-L, PARA A, LAMOURET B, MISSIKA P. *Utilisation des lasers en endodontie.* Editions CdP; 2014. (JPIO).
40. PIRNAT S. versatility of an 810nm diode laser in dentistry : an overview. *Journal of Laser and Health Academy;* 2007;4.
41. Dacostaribeiro A, Nogueira G, Antoniazzi J, Moritz A, Zzell D. Effects of Diode Laser (810 nm) Irradiation on Root Canal Walls: Thermographic and Morphological Studies. *J Endod.* mars 2007;33(3):252-5.
42. Keleş A, Arslan H, Kamalak A, Akçay M, Sousa-Neto MD, Versiani MA. Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* févr 2015;41(2):219-24.

43. Deleu E, Meire MA, De Moor RJG. Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. *Lasers Med Sci.* févr 2015;30(2):831-5.
44. Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, Divito E. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod.* juill 2011;37(7):1008-12.
45. Hmud R, Kahler WA, George R, Walsh LJ. Cavitation effects in aqueous endodontic irrigants generated by near-infrared lasers. *J Endod.* févr 2010;36(2):275-8.
46. Miletić I, Chieffi N, Rengo C, Ferrari M, Nathanson D, Baraba A. Effect of photon induced photoacoustic streaming (PIPS) on bond strength to dentine of two root canal filling materials. *Lasers Surg Med.* 2 juin 2016;
47. De Moor RJG, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med.* sept 2009;41(7):520-3.
48. Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J.* août 2016;49(8):774-82.
49. Vidučić D, Jukić S, Karlović Z, Božić Ž, Miletić I, Anić I. Removal of gutta-percha from root canals using an Nd:YAG laser. *Int Endod J.* oct 2003;36(10):670.
50. BioRoot RCS, Bioactive Root Canal Sealer, Scientific File. Septodont; 2015.

Vu, le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, le Directeur de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

**Discipline** : Endodontie

## **Evaluation de la perméabilisation après désobturation endodontique d'un ciment minéral par une technique combinée : séquence rotative et laser diode**

**Résumé**

Les techniques de perméabilisation des canaux obturés avec un ciment minéral sont peu étudiées et les résultats disponibles sont contradictoires. Le laser diode, à la portée de l'omnipraticien, pourrait se montrer utile dans cette indication notamment par effet thermique. Nous avons comparé l'action des rotatifs seuls, et combinés avec le laser, en enregistrant le temps global des manœuvres (trois minutes plus long avec le laser) et le taux de perméabilité (45% indépendamment des groupes). Notre étude ne permet pas de conclure à une supériorité du protocole avec laser en termes de qualité de la désobturation ; cependant, une tendance à sa supériorité apparaît pour le tiers apical. Des études spécifiques aux interactions laser-matières seront nécessaires afin d'appréhender le mode d'action du laser diode.

**Mots-clés**

Endodontie, Produits d'obturation des canaux radiculaires, Reprise du traitement, Laser

## **Evaluation of rotating files combined with a diode laser device, as a technique to regain apical patency after the removal of a bioceramic root canal sealer :**

**Summary**

There is only little information on the available methods to regain apical patency in root canals filled with a bio ceramic sealer, and the available studies present conflicting results. A pertinent device may be the diode laser, which a general practitioner can use. Our study compared the results on the sealer removal with rotating files alone, or combined with laser irradiation. We did so by recording the procedure time (3 minutes longer with the laser), and the rate of regained patency (45% for both groups). The laser technique did not prove superior for the sealer removal, though it tended to show better results for the apical third. Applied research about the interactions between laser and filling materials would be required to conclude on the efficiency of the laser device.

**Key-words**

Endodontics, Root canal filling materials, Retreatment, Laser

Université de Bordeaux – Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

16 - 20 Cours de la Marne

33082 BORDEAUX CEDEX