



HAL
open science

Évaluation in vitro de la faisabilité de désobturation d'un canal obturé avec un nouveau matériau de la famille des biocéramiques (Bioroot RCS)

Joanna Scheire

► **To cite this version:**

Joanna Scheire. Évaluation in vitro de la faisabilité de désobturation d'un canal obturé avec un nouveau matériau de la famille des biocéramiques (Bioroot RCS). Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-02068213

HAL Id: dumas-02068213

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02068213>

Submitted on 14 Mar 2019

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

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



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

UNIVERSITE PARIS DIDEROT - PARIS 7

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

5, Rue Garancière 75006 PARIS

Année 2017

Thèse N°:5127

N° attribué par la bibliothèque : 2017PA07G052

**THESE pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR
en CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 27 juin 2017

Par **Joanna SCHEIRE**

**EVALUATION *IN VITRO* DE LA FAISABILITE DE DESOBTURATION
D'UN CANAL OBTURE AVEC UN NOUVEAU MATERIAU DE LA
FAMILLE DES BIOCERAMIQUES (BIOROOT RCS®)**

Directeur de thèse: Pr Stéphane SIMON

JURY

M. le Professeur Pierre COLON	Président
Mme le Docteur Julia BOSCO	Assesseur
Mme le Docteur Aline HARTMANN	Assesseur
Mme le Docteur Nelly PRADELLE	Assesseur
M. le Professeur Stéphane SIMON	Assesseur
M. le Docteur Julien THOMAS	Membre Invité

UNIVERSITE PARIS DIDEROT – PARIS 7

Présidente de l'Université :

Mme la Professeure Christine CLERICI

Doyen de l'U.F.R. d'Odontologie :

Mme la Professeure Ariane BERDAL

Directrice Générale des Services :

Madame Pascale SAINT-CYR

JURY

M. le Professeur Pierre COLON

Président

Mme le Docteur Julia BOSCO

Assesseur

Mme le Docteur Aline HARTMANN

Assesseur

Mme le Docteur Nelly PRADELLE

Assesseur

M. le Professeur Stéphane SIMON

Assesseur

M. le Docteur Julien THOMAS

Membre Invité

M. le Professeur Pierre COLON

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence du jury de cette thèse, veuillez trouver ici l'expression de ma plus haute considération. Soyez assuré de ma plus sincère estime et de mon plus profond respect.

Mme le Docteur Julia BOSCO

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de prendre part au jury de cette thèse. Veuillez recevoir l'assurance de mon plus profond respect et de mes sincères remerciements. Soyez assuré de ma plus sincère reconnaissance.

Mme le Docteur Aline HARTMANN

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de prendre part au jury de cette thèse. Veuillez recevoir l'assurance de mon plus profond respect et de mes sincères remerciements. Soyez assuré de ma plus sincère reconnaissance.

Mme le Docteur Nelly PRADELLE

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de prendre part au jury de cette thèse. Veuillez recevoir l'assurance de mon plus profond respect et de mes sincères remerciements. Soyez assuré de ma plus sincère reconnaissance.

M. le Professeur Stéphane SIMON

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplôme de Doctorat
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Merci de m'avoir offert la possibilité de travailler avec vous au long de l'élaboration de cette thèse et de tout le temps que vous m'avez consacré. Vous m'avez été d'une aide précieuse du début à la fin, de par votre expérience professionnelle, votre patience et votre pédagogie. Je vous remercie de m'avoir accordé votre entière confiance pour la réalisation de ce projet. Veuillez recevoir mes sincères remerciements ainsi que ma profonde reconnaissance.

M. le Docteur Julien THOMAS

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistant Hospitalo-Universitaire

*Pour l'honneur que vous me faites de prendre part au jury de cette thèse.
Veuillez recevoir l'assurance de mon plus profond respect et de mes sincères remerciements.
Soyez assuré de ma plus sincère reconnaissance.*

Table des matières

1	Introduction	1
2	Les ciments de scellement endodontiques.....	3
2.1	<i>Cahier des charges d'un ciment d'obturation</i>	4
2.2	<i>Le ciment oxyde de zinc eugéol</i>	5
2.2.1	<i>Composition</i>	5
2.2.2	<i>Réaction de prise</i>	7
2.2.3	<i>Propriétés</i>	9
2.2.4	<i>Un exemple de ciment oxyde de zinc eugéol : le Pulp Canal Sealer (PCS)</i>	13
2.3	<i>Les ciments biocéramiques</i>	14
2.3.1	<i>Composition</i>	15
2.3.2	<i>Propriétés et avantages</i>	15
2.3.3	<i>Réaction de prise</i>	18
2.3.4	<i>Les différentes utilisations cliniques des matériaux biocéramiques</i>	19
2.3.5	<i>Exemple de ciment biocéramique : le BioRoot™ RCS (Septodont)</i>	23
3	Le retraitement endodontique.....	26
3.1	<i>La désobturation de la gutta percha</i>	27
3.2	<i>Les solvants</i>	28
4	Matériels et méthodes.....	29
4.1	<i>Sélection des dents</i>	29
4.2	<i>Réalisation de l'étude</i>	29
4.2.1	<i>La mise en forme</i>	31
4.2.2	<i>L'obturation</i>	36
4.2.3	<i>Stockage des échantillons</i>	37
4.2.4	<i>La désobturation</i>	38
4.3	<i>Méthode d'évaluation</i>	40
4.3.1	<i>Statistiques descriptives</i>	40
4.3.2	<i>Statistiques analytiques</i>	40
4.4	<i>Résultats</i>	42
5	Discussion	44
6	Conclusions	50
7	Bibliographie	51
8	Annexes	54

MATERIAUX D'OBTURATION ENDODONTIQUES ET TECHNIQUES DE DESOBTURATION CANALAIRE

1 INTRODUCTION

Le traitement endodontique, ainsi que son retraitement sont des actes quotidiens et incontournables en odontologie.

L'évolution des techniques de mise en forme et d'obturation ont ainsi permis la sauvegarde sur l'arcade de dents ayant un pronostic incertain.

Les protocoles fastidieux et chronophages sont dorénavant de plus en plus standardisés et simplifiés. Les techniques opératoires dites modernes associent une mise en forme canalaire mécanisée, et plus récemment, une obturation avec des matériaux de la famille des biocéramiques, associés à la présence d'un cône de gutta percha.

Les échecs en endodontie sont fréquents et la reprise du traitement endodontique peut dans ces cas être indiquée. La procédure prévoit alors l'élimination des matériaux d'obturation en place dans le canal, la négociation de la partie apicale non traitée, sa mise en forme, sa désinfection et son obturation.

Dans les techniques d'obturation, le ciment de scellement canalaire joue le rôle d'interface entre la dent et le matériau d'obturation canalaire. Il existe de nombreux types de ciments classés en fonction du constituant principal : les ciments résineux ; ceux à base d'oxyde de zinc eugéol ; de verres ionomères, ou de silicones. Certaines propriétés de ces matériaux rendent leur élimination délicate et dans ce cas, l'accès à la partie apicale se voit compromise. Si lors de la tentative de retraitement il n'est pas possible d'accéder à la zone apicale, la chirurgie endodontique pourra être envisagée.

La mise sur le marché de nouveaux matériaux d'obturation de la famille des biocéramiques semble prometteuse notamment grâce à leurs propriétés permettant de répondre aux problèmes de toxicité, de stabilité et de porosité.

Pour certains, la désobturation de canaux obturés avec ce matériau (associé à un cône de gutta percha) demeure possible. L'objectif de ce travail est d'évaluer cette faisabilité, et d'investiguer l'importance de l'expérience du praticien pour atteindre l'objectif de désobturation. Ce travail expérimental *in vitro* compare donc deux situations cliniques et deux groupes d'opérateurs. Il a été conduit sur des simulateurs dentaires DentAlike™ (Dentsply Maillefer) répliquant une molaire maxillaire en résine composite dont les propriétés mécaniques, notamment la dureté, sont très proches de la dentine.

Les canaux mésio-vestibulaire, disto-vestibulaire et palatin de ces dents ont été préparés avec une même séquence instrumentale en restant à distance du foramen (ceci afin de simuler un échec de mise en forme). Les dents ont été obturées avec un cône de gutta percha F2 (Dentsply Sirona) de conicité 7 % et de diamètre 0.25mm associé à un ciment BioRoot™ RCS (Septodont, France) (groupe A) ou de l'oxyde de Zinc Eugenol (Pulp Canal Sealer (PCS) (Sybronendo, France)(groupe B).

L'objectif de ce travail était.

- 1- D'évaluer la faisabilité de désobturation des canaux obturés avec le BioRoot™ RCS.
- 2- D'évaluer l'importance de l'expérience de l'opérateur en comparant le taux de succès des groupes A et B d'une part ; et en évaluant l'influence de l'expérience de l'opérateur au sein d'un même groupe sur le temps nécessaire pour finaliser la procédure d'autre part.

2 LES CIMENTS DE SCELLEMENT ENDODONTIQUE

Lors du traitement endodontique, l'ensemble du système canalaire doit être nettoyé. Une mise en forme et un nettoyage minutieux sont essentiels pour empêcher les agents bactériens de coloniser le système endodontique.

Bowman et Hill en 1867, ont introduit la gutta percha comme matériaux de remplissage canalaire. Cet hydrocarbure isomère du caoutchouc, originaire de la flore malaysienne, est connu depuis l'antiquité. Elle provient du latex naturel *palaquium gutta*. Sa formule brute est C_5H_8 ou trans-poly-isoprène.

Elle existe aujourd'hui sous différentes formes mais est plus communément utilisée sous forme de cône dont la composition est la suivante : (JORDANA et al. 2010)(Ingle 2008)

- Gutta-percha : 20 % ;
- Oxyde de zinc (antibactérien): 35 à 75 % ;
- Sulfate de baryum (radio-opacité) : 2 à 30% ;
- Cires et résines (plastifiants) : 1 à 4 % ;
- Colorants.

La composition diffère selon les fabricants et la proportion de gutta-percha présente fait varier la plasticité du matériau.

Certains cônes peuvent contenir de l'hydroxyde de calcium, de la Chlorhexidine ou de la iodine-polyvinylpyrrolidone pour potentialiser son action antibactérienne (Podbielski et al. 2000).

Les propriétés physiques et biologiques de la gutta-percha en font un matériau de choix pour l'obturation endodontique notamment grâce à sa biocompatibilité et sa stabilité dimensionnelle.

Cependant, il n'existe pas de matériaux répondant à tous les critères idéaux d'un matériau de remplissage canalaire (Butts et al. 1976), et la gutta percha n'échappe pas à la règle.

Pour pallier les irrégularités canalaires et l'absence d'adhérence de la gutta-percha à la dentine, l'utilisation d'un ciment de scellement est essentielle. En effet, il permet d'établir un joint entre les matériaux d'obturation et la dentine.

2.1 Cahier des charges d'un ciment d'obturation

Un ciment de scellement endodontique doit répondre à des critères stricts afin de pérenniser la qualité de l'obturation.

Cahier des charges selon Grossmann : (Grossman 1976)

- Manipulation facile ;
- Durcissement lent ;
- Stabilité dimensionnelle ;
- Peu résorbable ;
- Antiseptique, bactériostatique ;
- Insolubilité dans les fluides biologiques ;
- Adhésion aux tissus dentaires ;
- Radio-opaque ;
- Biocompatible ;
- Non mutagène non carcinogène ;
- Etanchéité ;
- Tolérance biologique ;
- Temps de travail.

Il est à noter qu'un matériau d'obturation doit aussi permettre le retraitement canalaire en cas d'échec du traitement initial et ne pas entraîner de décoloration des tissus dentaires.

2.2 Le ciment oxyde de zinc eugéol

2.2.1 *Composition*

Les ciments à l'oxyde de zinc eugéol sont les ciments les plus anciens utilisés. Ils étaient utilisés soit seul en matériau de remplissage canalaire, soit avec des cônes d'argents ou en résine. De nos jours, ils sont associés à un cône de gutta percha avec des techniques d'obturation à froid ou à chaud.

Ces ciments sont composés d'une poudre oxyde de zinc et d'un liquide, l'eugéol. La réaction de prise de ces deux constituants est une réaction de chélation entraînant la formation d'un eugéolate de zinc (Simon et al. 2009).

- **Composition de la poudre** : le pourcentage des constituants et la granulométrie changent légèrement en fonction de la formule utilisée (Rickert ou Grossmann). Elle est insoluble dans l'eau et l'alcool.

La Formule de Grossmann :

- Oxyde de zinc (masse) ;
- Résine (stabilité dimensionnelle et adhésion) ;
- Carbonate de bismuth (temps de prise) ;
- Sulfate de baryum (radio-opacité) ;
- Borate de sodium (temps de prise).

La Formule de Rickert :

Ce ciment de scellement a longtemps été considéré comme réunissant la plupart des exigences du cahier des charges d'un matériau de scellement canalaire. L'inconvénient principal de ce produit reste cependant la coloration de la dent due à la présence d'argent utilisé pour la radio-opacité du matériau.

Des modifications ont dû être apportées à la composition afin d'avoir un temps de prise plus long.

- Oxyde de zinc (masse) ;
- Argent (opacité) ;
- Résine (stabilité dimensionnelle et adhésion).

L'oxyde de zinc est le composant majoritaire de la poudre. Il est insoluble dans l'alcool et l'eau. L'oxyde de zinc va réagir avec le CO₂ de l'air et le H₂O présent dans l'humidité ambiante. Deux composés vont ainsi se former : le carbonate de zinc, de par la réaction avec le CO₂ et l'hydroxyde de zinc, de par la réaction avec l'H₂O. Ces deux composés ne réagissent pas avec l'eugénol.

Certains adjuvants peuvent être ajoutés comme le paraformaldéhyde (action antimicrobienne) ou les corticoïdes (action anti-inflammatoire) mais leur utilité controversée fait qu'ils sont généralement évités.

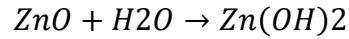
On peut y trouver des accélérateurs de prise favorisant la dissociation ionique de l'oxyde de zinc (chlorure de magnésium...) ; des retardateurs de prises, et des plastifiants.

- **Composition du liquide** : l'eugénol présente un fort pouvoir antiseptique et analgésique. Il est de couleur jaune, peu soluble dans l'eau mais soluble dans les solvants organiques (alcool, éther, acide acétique).

2.2.2 Réaction de prise

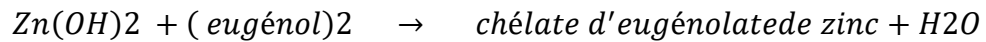
La réaction de prise se produit en deux temps :

1. L'oxyde de zinc réagit avec l'eau pour former un hydroxyde de zinc :



La première réaction est une réaction d'hydrolyse.

2. L'hydroxyde de zinc réagit avec l'eugénol pour former un chélate d'eugénolate de zinc :



S'en suit une réaction acide-base. Le chélate obtenu est un gel amorphe qui tend à cristalliser, conférant ainsi sa solidité au produit. La structure finale après la réaction de prise est composée de particules d'oxyde de zinc emprisonnées dans une matrice d'eugénolate de zinc.

Le temps de prise est compris entre 4 à 10 minutes.

Au contact d'un milieu aqueux tel que la salive ou les fluides dentinaires, on observe une hydrolyse de l'eugénolate de zinc. L'eugénol et l'hydroxyde de zinc vont alors diffuser.(figure 1).

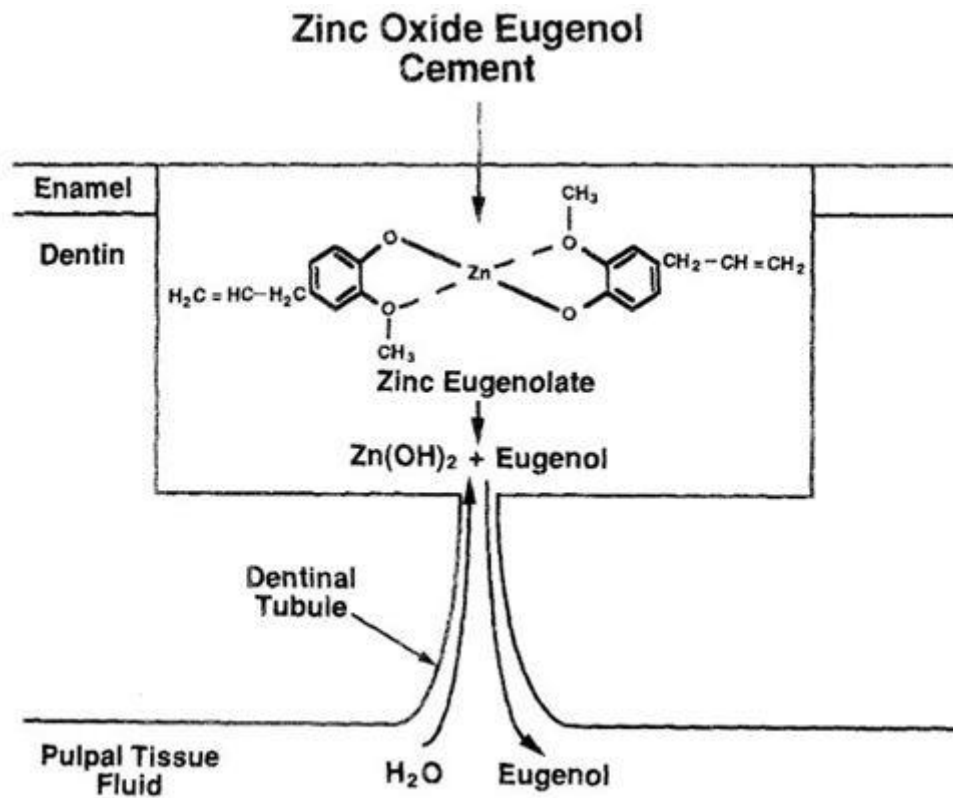


Figure 1 (Markowitz et al. 1992) ce schéma illustre la diffusion de l'eugénol à travers les tubulis dentinaires. « Le mélange d'oxyde de zinc et d'eugénol forme un eugénolate de zinc. L'eau va doucement hydrolyser l'eugénolate de zinc pour permettre la libération d'eugénol qui diffuse vers la pulpe à travers les tubulis dentinaires. »

Le temps de travail du matériau est modulé par :

- La taille des particules : les petites particules prennent plus rapidement ;
- Le ratio poudre/liquide : plus le ratio est élevé plus la prise est rapide ;
- La température de la plaque de verre ;
- Les adjuvants ajoutés par les fabricants : la réaction de prise peut être retardée par le glycol ou la glycérine.

Il est à noter que la vitesse de prise augmente avec la présence d'humidité.

Lors de l'obturation avec la gutta percha, on observe deux types de liaisons. Une liaison forte s'établit entre l'oxyde de zinc de la gutta percha et l'eugénol du ciment ; et une liaison faible aux parois dentinaires, ce qui peut entraîner une perte d'étanchéité de l'obturation à long terme.

2.2.3 Propriétés

Le ciment de scellement endodontique à l'oxyde de zinc eugéol possède les propriétés suivantes :

- Biocompatible ;
- Antifongique ;
- Analgésique ;
- Solubilité faible dans l'acétone et dans l'eau ;
- Anti-inflammatoire ;
- Étanche ;
- Bactéricide ;
- Faible contraction de prise.
- Radio-opaque ;

De nombreuses études ont permis d'investiguer les propriétés des ciments de scellement à l'oxyde de zinc eugéol et de confirmer l'intérêt de ce matériau pour l'obturation en endodontie.

L'étude de Brodin et Roed (Brodin et Røed 1984) (Brodin 1988) sur les effets de l'eugéol et de l'oxyde de zinc eugéol sur le système nerveux, montre qu'à de faibles concentrations, l'eugéol bloque la conduction nerveuse de manière réversible. A contrario, de fortes concentrations provoquent un effet neurotoxique entraînant un blocage irréversible.

Une exposition prolongée à une concentration de 10^{-3} mol/L ; de même qu'une brève exposition à une concentration de 10^{-2} mol/L d'eugéol ; tue les cellules. Les résultats des études de Hume montrent que les concentrations d'eugéol diffusant à travers la dentine ne sont pas cytotoxiques (Hume 1984). De plus faibles concentrations peuvent inhiber la respiration et la division cellulaire.

D'autre part, l'eugénol influence d'autres voies inflammatoires. On constate une similitude entre le mécanisme d'action de l'eugénol et celui des médicaments comme l'ibuprofène ou l'aspirine. Ils entraînent une inhibition de la synthèse de prostaglandines entraînant a fortiori une altération de la fonction des leucocytes (Figure 2).

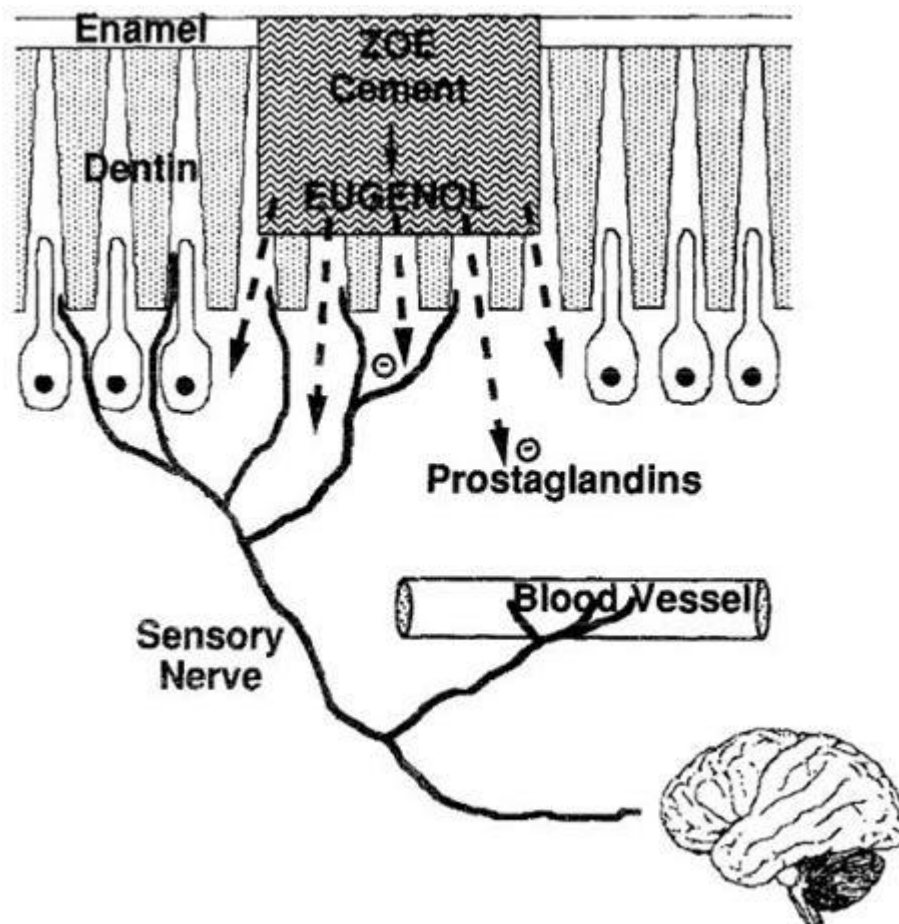


Figure 2 (Markowitz et al. 1992) La libération d'eugénol à partir d'un ciment ZOE peut diminuer une réponse inflammatoire en supprimant les prostaglandines et en ayant une action dépressive sur les nerfs sensoriels.

A des concentrations élevées, l'eugénol stimule la libération de super oxyde par les polynucléaires neutrophiles. Cela augmente les lésions tissulaires sur le site de l'inflammation.

A de faibles concentrations, l'eugénol peut avoir un rôle protecteur des tissus contre les dommages en inhibant la fonction des neutrophiles (cyclo-oxygénases) et en supprimant les radicaux libres (figure 3). Il agit comme un inhibiteur compétitif de la prostaglandine H synthétase, ce qui empêche la liaison de l'acide arachidonique à l'enzyme et ainsi, contrôle le cycle de la douleur (Thompson et Eling 1989) (Markowitz et al. 1992).

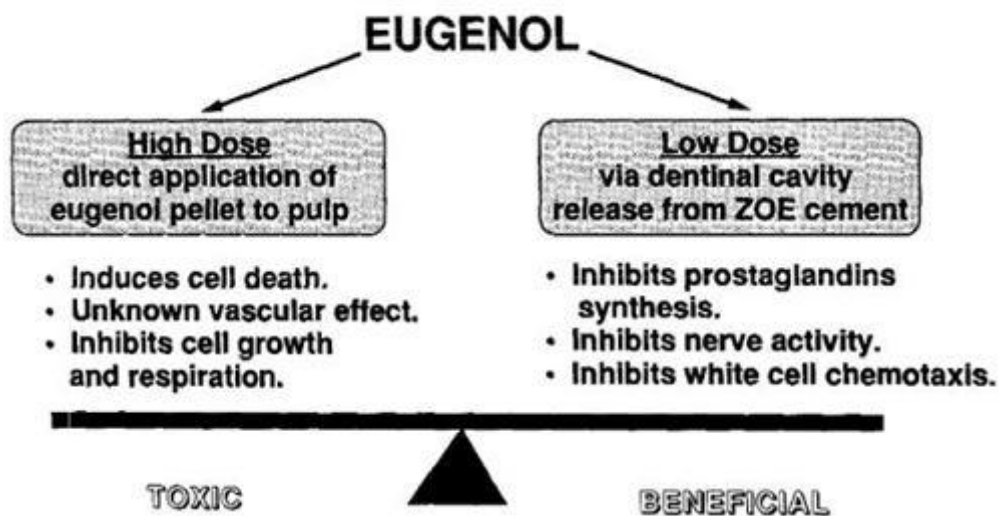


Figure 3 (Markowitz et al. 1992) « les effets de l'eugénol sur les tissus dépendent de la concentration d'eugénol présent . De fortes concentrations ont un effet cytotoxique. De faibles concentrations ont un effet anti-inflammatoire. »

La pose d'un fond de cavité composé d'oxyde de zinc eugénol dans une cavité profonde après éviction du tissu carieux a un effet anti-inflammatoire et sédatif. Cela se traduit cliniquement par une diminution de la sensibilité au chaud et au froid.

Au contraire, le contact direct de l'eugénol avec le tissu pulpaire dans le cas de coiffage direct peut avoir un effet cytotoxique important provoquant une exacerbation des symptômes et entraînant la nécrose pulpaire. Le traitement endodontique devra être réalisé dans les jours suivants (Watts et Paterson 1987).

Les mécanismes expliquant la toxicité de l'eugénol sont nombreux. Des études ont montré que les enzymes peroxydases oxydent l'eugénol ce qui entraîne la libération d'un produit toxique pour les hépatocytes chez le rat (Thompson et al. 1989).

Au niveau cellulaire, d'autres études mettent en évidence l'affinité de l'eugénol pour les membranes plasmiques, ce qui entraîne des dommages cellulaires (Manabe et al. 1987).

Lorsqu'il est utilisé comme ciment de scellement endodontique, l'oxyde de zinc eugénole peut être placé en contact direct avec le tissu péri-apical enflammé ou en bonne santé. Ce type d'interface "humide" entre le ciment et le tissu permet la libération de grandes quantités d'eugénole dans la zone apicale pendant une courte période de temps pouvant entraîner des effets cytotoxiques (Markowitz et al. 1992).

2.2.4 Un exemple de ciment oxyde de zinc eugénol : le Pulp Canal Sealer (PCS)

On peut le retrouver, entre autres, sous le nom commercial du Pulp canal Sealer (PCS)(Kerr sybronEndo), sa formulation est inspirée de celle de Rickert.

Il est composé :

Poudre :

- Oxyde de zinc 34-41.2 % ;
- Précipité d'argent 25-30 % ;
- Oléo résine 30-16 % ;
- Iodure de Thymol 11-12 % ;

Liquide :

- Huile de clou de girofle 78-80 % ;
- Canada balsam 20-22 %.

Les avantages du PCS :

- C'est un excellent lubrifiant ;
- Temps de travail de plus de 30 minutes ;
- La prise complète se fait en 30 minutes et permet de réduire de l'inflammation. Son temps de prise total est estimé à 6 heures ;
- Le PCS est bactéricide ;
- C'est un matériau idéal pour les techniques de condensation.

Les inconvénients principaux sont la coloration de la dent après traitement et la rapidité de prise en milieu humide.

Les utilisations cliniques des ciments oxyde de zinc eugénol sont :

- Ciment temporaire ou permanent ;
- Coiffage pulpaire ;
- Matériaux de remplissage temporaire ;
- Fond de cavité ;
- Ciment endodontique.

2.3 Les ciments biocéramiques

Les biocéramiques sont des matériaux de la famille des céramiques biocompatibles. Elles sont obtenues à partir de produits non métalliques et non organiques cristallisés, en général polycristallins, constitués d'un agglomérat de grains de poudre soudés entre eux par frittage (traitement thermique sans fusion).

Au niveau de la micro-architecture du matériau, on observe deux phases : une phase désordonnée vitreuse, et une phase ordonnée cristalline. Les matériaux biocéramiques présentent une excellente biocompatibilité de par leur similarités avec l'hydroxyapatite (JITARU et al. 2016).

Le premier ciment à base de silicate tricalcique introduit sur le marché a été le Mineral Trioxide Aggregate (MTA) en 1990 à l'université de Loma Linda. C'est un dérivé des ciments de portland faisant partie de la famille des biocéramiques (Camilleri et al. 2005). Il présente des propriétés biologiques qui en font un matériau de choix dans le domaine de l'endodontie. Il est utilisé notamment pour le coiffage pulpaire, les perforations, les procédures d'apexification en tant que matériau de remplissage canalaire.

Beaucoup d'études ont montré les capacités de stimulation de la prolifération, de différenciation cellulaire et de minéralisation induites par ce matériau. Toutefois, malgré tous les avantages que présente ce produit, la difficulté de manipulation, le temps de prise très long, et le coût, ont poussé les laboratoires à concevoir de nouveaux produits pour pallier ces inconvénients.

Plus récemment, la Biodentine introduite par Septodont en 2011, offre des propriétés biologiques similaires au MTA avec un temps de travail moins long et une manipulation moins contraignante. Initialement développé en tant que matériau d'obturation coronaire (substitut dentinaire), ses indications ont été élargies au traitement des résorptions, des perforations, ou encore dans les coiffages pulpaire et apexification... (JITARU et al. 2016).

2.3.1 Composition

Les ciments biocéramiques offrent les mêmes avantages que le MTA avec un temps de travail moins long. Ils sont composés de silicate de calcium, de phosphate d'hydroxyde de calcium, d'oxyde zirconium et de différents adjuvants.

Le phosphate de calcium et l'hydroxyde de calcium sont des matériaux biocompatibles induisant la formation de tissus durs. Ils sont aussi utilisés pour le coiffage pulpaire et l'apexification.

2.3.2 Propriétés et avantages

Les ciments biocéramiques présentent les propriétés suivantes :

- Biocompatible et ostéogénique;
- Analgésique ;
- Anti-inflammatoire ;
- Antibactérien ;
- pH alcalin ;
- Radio-opaque ;
- Hydrophile ;
- Temps de travail ;
- Étanche ;
- Pas de retrait ;
- Facilité d'utilisation ;
- Coût.

Les ciments endodontiques à base de silicate de calcium sont dits **bioactifs**, c'est-à-dire qu'ils induisent des interactions avec les tissus environnants. **Biocompatibles** et **ostéoconducteurs**, ils favoriseraient ainsi la régénération des tissus apicaux. Le recrutement des cellules mésenchymateuses (CAMPS et al. 2015) et des précurseurs ostéoblastiques est essentiel pour la synthèse de la matrice minéralisée et a fortiori la formation de tissus durs (Costa et al. 2016).

L'étude de CAMPS (CAMPS et al. 2015) étudie les interactions du BioRoot™ RCS (Septodont Saint Maur Des Fosses, France) avec les tissus péri-apicaux en comparaison avec un ciment oxyde de zinc eugénol.

Des cellules du ligament parodontal ont été mises au contact direct de BioRoot™ RCS ou de Pulp Canal Sealer (PCS) par des simulations de dépassements d'obturation. La viabilité des cellules et les interactions entre les matériaux et les cellules du ligament parodontal ont été étudiés *in vitro* avec des incisives sectionnées à la jonction émail-cément. Les canaux ont été préparés et obturés avec les deux matériaux, puis immergés dans un milieu de culture pendant 24 heures.

Les résultats montrent que le nombre de cellules viables est significativement supérieur dans le groupe BioRoot™ RCS par rapport au groupe PCS.

Ils ont aussi constaté une stimulation de la libération de facteurs de croissance par les cellules concernées (VEGF, FGF2, BMP2)

Costa quant à lui (Costa et al. 2016), a comparé les effets de quatre matériaux à base de silicate de calcium sur des cellules ostéogéniques et angiogéniques. Les résultats ont permis de conclure que ces ciments ont chacun un effet inducteur ostéogénique et angiogéniques temps et dose-dépendant.

Les ciments biocéramiques induisent la libération de facteurs de croissance angiogéniques et ostéogéniques permettant ainsi la **régénération cellulaire** (Candeiro et al. 2012). En effet, ils procureraient un environnement plus favorable pour la différenciation de cellules souches et la formation de tissus durs. Le BioRoot™ RCS préserverait la capacité intrinsèque des cellules souches à exprimer le collagène de type 1, le dentin-matrix-protein DMP-1 ou le bone-sialoprotein BSP (Dimitrova-Nakov et al. 2015).

Ces matériaux sont de plus en plus utilisés en endodontie car ils entraîneraient une **diminution de l'inflammation**. Le pH alcalin (>12.5) assure au ciment biocéramique des propriétés antibactériennes. (La diminution du pH se fait les jours suivants le traitement endodontique).

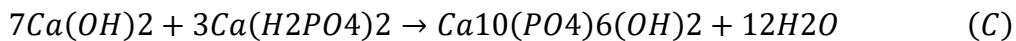
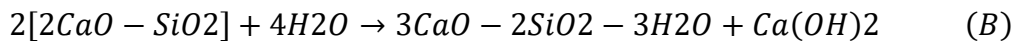
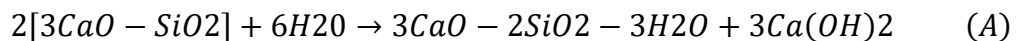
Zhang (Zhang et al. 2010) montre que les ciments biocéramiques ont un effet bactéricide après un contact de 2 minutes. Ils ont conclu que l'effet antibactérien du produit provenait de la combinaison du pH alcalin, du caractère hydrophile et de la diffusion d'hydroxyde de calcium. L'étude de Zarrabi (Hasan Zarrabi et al. 2009) précise l'action **antibactérienne** et **antifongique** sur certains micro-organismes notamment *Candida Albicans* et *Enterococcus faecalis*.

L'étude d'Eldeniz (Eldeniz et al. 2015) montre que les ciments biocéramiques, notamment le BioRoot™ RCS (Septodont®), ne présentent aucune toxicité par rapport à d'autres type de ciment de scellement.

2.3.3 Réaction de prise

Le matériau utilise l'humidité naturellement présente dans le tissu avec lequel il est en contact pour faire sa réaction de prise. La réaction déclenche la formation d'hydroxyapatite et le relargage de calcium et de phosphates (Candeiro et al. 2012) qui vont permettre d'établir une liaison forte avec la dentine d'une part, et avec les pointes de gutta percha dans certaines conditions d'autre part. Il se produit également une légère expansion du ciment et une bonne fluidité ce qui confère au ciment une bonne étanchéité par le comblement de vides.

La réaction de prise des matériaux biocéramiques est la suivante (Brave 2012) :



Dans les réactions A et B ; les silicates de calcium présents dans la poudre réagissent avec de l'eau et entraînent une hydratation pour produire le silicate de calcium en gel et de l'hydroxyde de calcium.

Puis dans la réaction C, l'hydroxyde de calcium réagit avec les ions phosphates et forme ainsi l'hydroxyapatite et l'eau. L'eau présente en excès va continuer de réagir avec le silicate de calcium pour former un gel de silicate de calcium (PRASANAN et al. 2012).

L'eau fournie par cette réaction est un facteur important dans le contrôle du taux d'hydratation et du temps de prise.

2.3.4 Les différentes utilisations cliniques des matériaux biocéramiques

Les matériaux biocéramiques de par leur biocompatibilité et leur étanchéité sont utilisés en tant que ciment endodontique combiné à la gutta-percha. Comme le MTA, ils ont d'autres applications.

De nouvelles études sur l'utilisation des biocéramiques dans les **chirurgies apicales** montrent de bons résultats. Ils entraînent une guérison des lésions et une absence d'inflammation notamment grâce à l'alcalinité du matériau (pH>12,5)(Brave 2012)

Cependant, le site inflammatoire et la baisse du pH peuvent affecter les propriétés des biocéramiques. (Wang et al. 2015) (figure 4). Les propriétés du milieu (Lee et al. 2004b) influencent la réaction d'hydratation nécessaire à la prise du matériau.

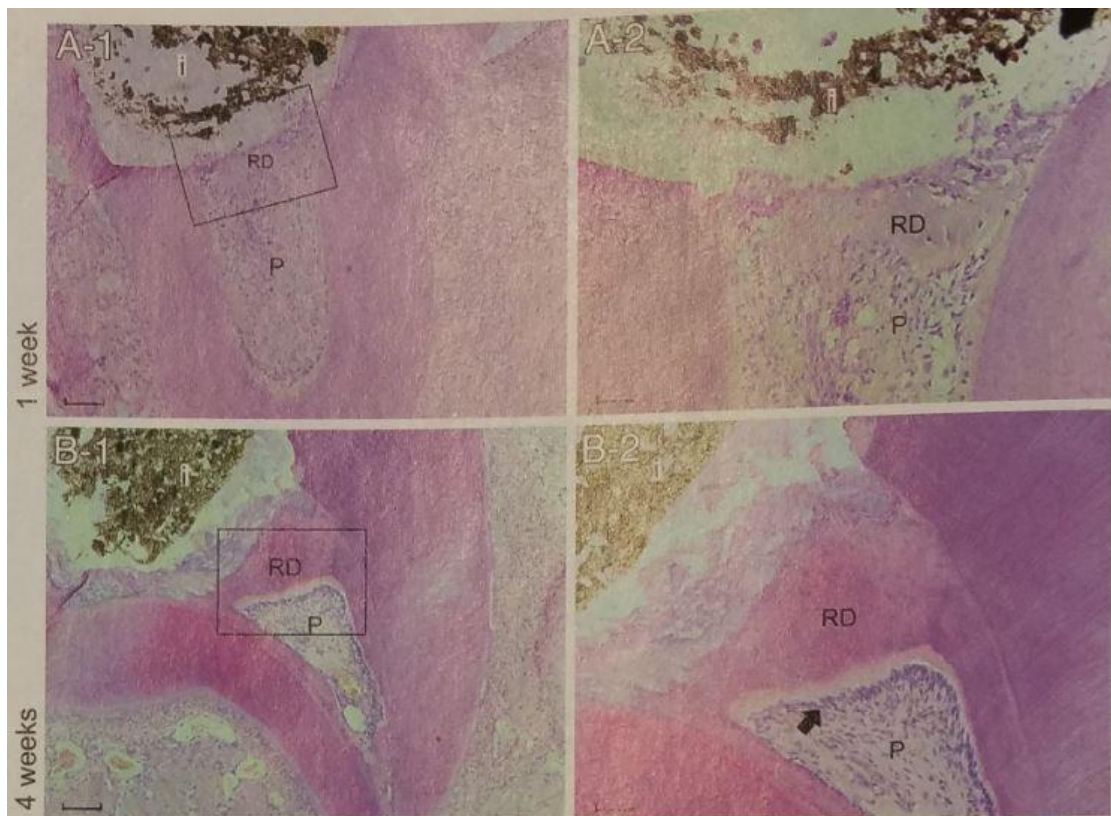


Figure 4 - Coupe histologique d'un coiffage pulpaire direct avec le iRoot BP Plus. A-1 et A-2 sont les images après une semaine et B-1 et B-2 après 4 semaines. A-2 et B-2 représentent des grossissements des images, respectivement, A-1 et B-1. i, iRoot BP Plus ; P, pulpe ; RD, reparative dentin ; flèche, cellules odontoblastique. Echelle A-1 et B-1 = 100µm et pour A-2 et B-2 = 50 µm.

L'étude de Graziella Garrido Mori (Mori et al. 2014) sur l'utilisation de la Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, France) dans **les chirurgies apicales** ne montre pas de différence de succès de façon significative, lorsqu'il est comparé avec l'utilisation du MTA. L'inflammation modérée provoquée par la Biodentine™ à 7 jours devient non significative à 14 puis 30 jours après la chirurgie.

Les biocéramiques sont aussi utilisées comme matériau de **coiffage pulpaire** (figure 4). Au contact du tissu pulpaire, ils induisent la prolifération de cellules pulpaires par l'expression de facteurs de croissance angiogéniques comme le V-EGF, responsable de la réparation pulpaire. On observe aussi l'expression de la phosphatase alcaline (ALP) une enzyme marqueur de la différenciation odontoblastique intervenant dans la formation de tissus durs, et donc la formation d'un pont minéralisé à l'interface pulpe-matériau (LIU et al. 2015) (MACHADO et al. 2016).

L'étude de Zhang (Zhang et al. 2013), visant à comparer les effets de iRoot BP plus avec le MTA sur les cellules pulpaires, montre que iRoot BP plus augmente l'activité de la phosphatase alcaline (ALP) et l'expression de la dentine sialophosphoprotéine (DSP), de la dentine matrice protein-1 (DMP1) et de l'ostéocalcine (OC). Ces gènes sont associés au processus de minéralisation et de différenciation odontoblastique. Ces propriétés de bio-minéralisation peuvent être exploitées aussi dans les cas de perforations.

Les matériaux de la famille des biocéramiques sont également utilisés pour le traitement des **perforations radiculaires**.

Le site et la taille de la perforation sont des éléments à prendre en considération pour le choix de matériau à utiliser (figure 5) (Haapasalo et al. 2015). On distingue trois types de perforations : les perforations supra-**crestales**, les perforations **furcatoires sous-crestales** et les **perforations radiculaires**. Ainsi, une perforation située au niveau de la furcation sera en situation plus adaptée à l'utilisation d'un matériau biocéramique du fait de la présence d'humidité nécessaire à la prise du matériau (figure 5).

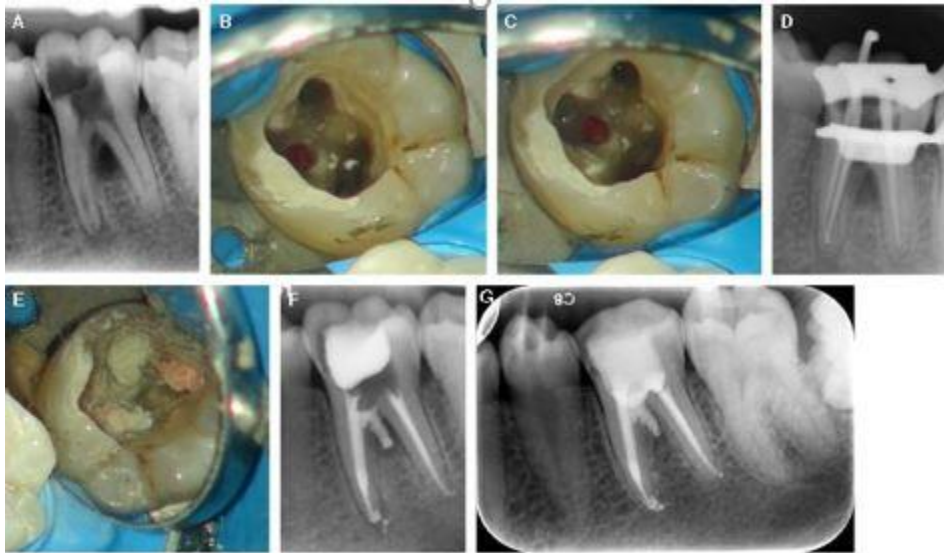


Figure 5 : (Haapasalo et al. 2015) (A) une molaire mandibulaire gauche présentant une perforation au niveau de la furcation réalisée par un dentiste. (B, C) la perforation de la furcation est mise en évidence en prenant comme accès le canal mésio-lingual. (D) une radiographie avec le maître cône est prise après instrumentation et désinfection des canaux et de la chambre pulpaire. (E) la perforation est remplie avec du MTA. (F) une radiographie est prise tout de suite après l'obturation. Une matrice de collagène est utilisée pour prévenir ou réduire l'excès de produit. (G) radiographie de suivi 1 an après montrant une guérison complète de la lésion furcatoire.

Guneser a étudié l'effet de plusieurs solutions d'irrigation endodontique sur la désobturation de la Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, France) par rapport au ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK), amalgam, Dyract AP (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany), et au intermediate restorative material (IRM, Dentsply DeTrey) (Guneser et al. 2013).

Les échantillons ont été immergés pendant 30 minutes dans des solutions à 3.5 % d'hypochlorite de sodium, 2 % de chlorhexidine gluconate et d'une solution saline. Les résultats montrent que la Biodentine™ présente une force de liaison plus importante que le ProRoot MTA avec les parois dentaires. Les études sur le pronostic de l'utilisation des biocéramiques dans le cas de perforations sont encore trop peu nombreuses mais les résultats actuels sont encourageants.

➤ Quelques exemples de produits biocéramiques

La Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, France) est un produit destiné aux actes de restaurations et utilisée dans un but de conservation de la vitalité pulpaire. Un des inconvénients de la Biodentine™ est sa préparation. Le produit se présente sous la forme d'une pipette contenant un liquide et d'une capsule de poudre. Le liquide est composé de chlorure de calcium en solution aqueuse avec un mélange de polycarboxylate modifié. La poudre est composée principalement de silicate dicalcique et tricalcique et de dioxyde de zirconium. Conformément aux instructions d'utilisation de la société distributrice de ce produit, la préparation consiste en l'addition de 5 gouttes de liquide à la poudre contenue dans la capsule, et de mélanger le tout par trituration dans un vibreur.

D'autres produits se présentent dans des seringues pré-mixées et prêt à utilisation (root repair material (RRM) Putty and RRM Paste (Brasseler, Savannah, GA, USA))(Haapasalo et al. 2015) ou encore EndoSequence® (Brasseler USA), iRoot SP® (Innovative Bioceramix, Vancouver, Canada) facilitant l'utilisation et la précision.

2.3.5 Exemple de ciment biocéramique : le BioRoot™ RCS (Septodont)

Le BioRoot™ RCS (Septodont) est issu d'un mélange d'une poudre à base de silicate tricalcique, de carbonate de calcium, d'oxyde de zirconium et de povidone, et d'une solution aqueuse de chlorure de calcium et polycarboxylate. La préparation se fait manuellement avec une cuillère doseuse pour permettre un contrôle de la viscosité finale. Selon le fabricant Septodont, le BioRoot™ RCS présente les caractéristiques suivantes :

1. L'étanchéité est évaluée grâce à la pénétration d'un colorant à l'intérieur du canal par capillarité ou par diffusion. Les dents immergées dans le colorant sont ensuite coupées pour visualiser la longueur de pénétration (figure 6). Le BioRoot™ RCS présente une **haute étanchéité** permettant une excellente adhésion à la fois à la dentine et aux pointes de gutta percha (figure 6). La cristallisation du matériau, par la formation d'hydroxyapatite et la technique d'obturation à froid promet une meilleure résistance aux micro-infiltrations.

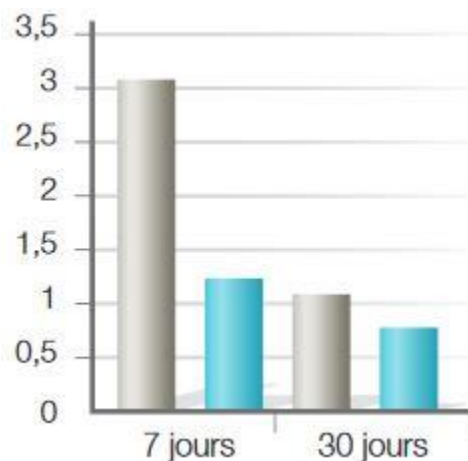


Figure 6 : graphique issu de la brochure de Septodont. Ce graphique nous illustre la profondeur de pénétration apicale d'un colorant avec le BioRoot RCS en combinant la technique de compactage à froid (ici en bleu) ; et le PCS en utilisant le compactage à chaud (en gris sur le graphique). En ordonné, la profondeur de pénétration est reportée (en mm). On constate qu'à 7 et 30 jours, la pénétration apicale du colorant après immersion des dents à 37°C avec 100 % d'humidité reste aux alentours de 1 mm entre 7 et 30 jours pour les dents obturées au BioRoot RCS utilisant la compactage à froid.

2. **Propriétés anti-microbiennes** : le BioRoot™ RCS maintient un pH élevé au cours du temps grâce à la libération d'hydroxyde de calcium (figure 7). Ceci va créer un environnement alcalin (pH > 11) empêchant la croissance bactérienne.

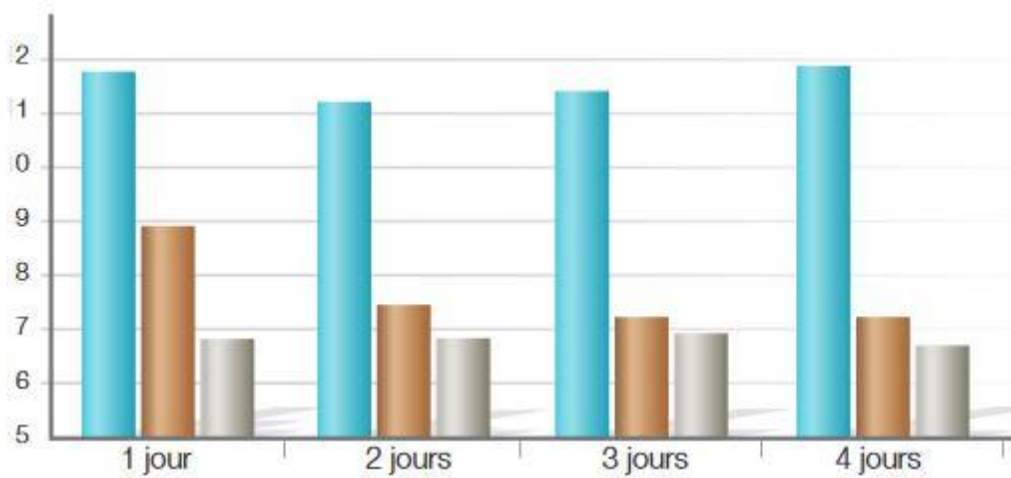


Figure 7 : graphique issu de la brochure Septodont nous illustrant l'évolution du pH de trois matériaux (de gauche à droite : en bleu le BioRoot RCS ; en marron le AH Plus Jet ; en gris le Pulp Canal Sealer (PCS)). On constate que le BioRoot RCS maintient un pH élevé (aux alentours de 11) au cours du temps. Le pH du PCS oscille autour de 7 tandis que le pH du AH Plus Jet chute de 9 à 7 entre le premier et le deuxième jour pour rester aux alentours de 6 les jours suivants.

3. Le BioRoot™ RCS est **biocompatible et ostéogénique** :

L'étude de Diminotrova-Nakov (Dimitrova-Nakov et al. 2015) a démontré la biocompatibilité du BioRoot™ RCS par une mise en culture des lignées de cellules dérivées de pulpe dentaire dans un milieu contenant du BioRoot™ RCS et un autre contenant du Pulp Canal Sealer (PCS).

Les résultats montrent que le BioRoot™ RCS n'altère pas les capacités intrinsèques des cellules, et induit même une libération de facteurs de croissances ostéogéniques et angiogéniques (CAMPS et al. 2015).

La composition minérale à base de silicate de calcium du BioRoot™ RCS permet de réduire les sensibilités post-opératoires et de stimuler la régénération osseuse. Ceci permet de favoriser la cicatrisation du parodonte et d'éviter le retrait lors de la prise du matériau.

De plus, le BioRoot™ RCS ne présente pas de cytotoxicité ni de génotoxicité sur le ligament parodontal (Eldeniz et al. 2015) en comparaison à d'autres ciment de scellement endodontique lors d'une extrusion de ciment au-delà du péri-apex.

4. L'utilisation du BioRoot permet une **obturation simplifiée** :

L'obturation avec une technique utilisant un seul cône de gutta percha noyé dans du ciment est couramment utilisée par les praticiens. Néanmoins, de nombreuses études démontrent qu'elle n'est pas appropriée. En effet, la dissolution avec le temps des ciments de scellement utilisés en gros volume (qui n'ont pas vocation à être utilisés comme des produits de remplissage), implique la création de vides intra canalaires dans lesquels les bactéries résiduelles peuvent proliférer et provoquer ainsi une infection secondaire d'un canal pourtant préalablement désinfecté.

La préparation et la composition du BioRoot™ RCS permettent une mise en place rapide avec un temps de travail supérieur à 10 minutes et un temps de prise inférieur à 4 heures (figure 8).

Ses propriétés lui permettent ainsi d'occuper les espaces non préparés lors de la mise en forme (par exemple une mise en forme à distance de l'apex ou les canaux latéraux). Le fabricant promet un retraitement simple et classique.

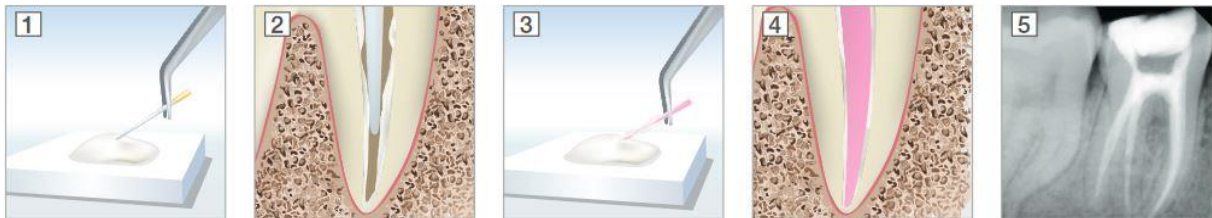


Figure 8 : image illustrant le protocole de mise en place du BioRoot RCS. (Issu de la brochure de Septodont.) « Étape 1 : prélever du BioRoot™ RCS mélangé avec une pointe de papier. Étape 2 : recouvrir les parois canalaires avec le BioRoot™ RCS. Étape 3 : recouvrir le cône ajusté apicalement avec le BioRoot™ RCS. Étape 4 : Introduire délicatement le cône dans le canal radiculaire. Étape 5 : radiographie post-opératoire immédiate. »

3 LE RETRAITEMENT ENDODONTIQUE

Le retraitement endodontique est un acte quotidien souvent redouté par les praticiens au cabinet dentaire car très chronophage et sans certitude de succès. La généralisation de l'obturation aux cônes de gutta percha facilite la reprise du traitement par rapport aux anciennes techniques (cônes d'argent...).

Même si de nombreuses techniques de retraitement existent, la nature du matériau d'obturation, l'anatomie radiculaire, sont autant d'éléments pouvant influencer la faisabilité du retraitement (Uzunoglu et al. 2015) (Garg et Garg 2010)(Figure 9).

En fonction des praticiens et de la présence d'une lésion apicale d'un certain diamètre, il a été évalué que seul 39 % des dents présentant une radio clarté apicale diagnostiquée est suivie d'un retraitement endodontique(Kvist et al. 1994).

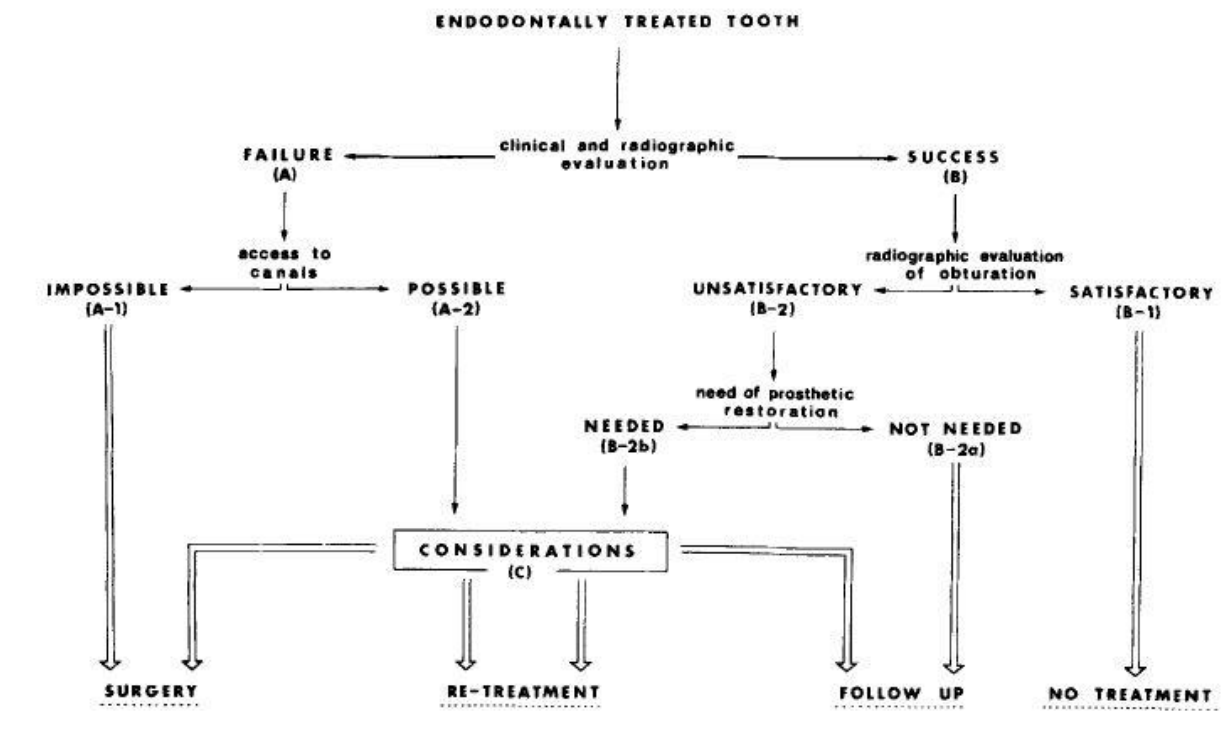


Figure 9 arbre décisionnel sur la prise de décision de réaliser un retraitement endodontique. (Friedman et Stabholz 1986)

Les ciments biocéramiques promettent de meilleures propriétés et une facilité de désobturation lorsqu'ils sont utilisés avec de la gutta percha. Le praticien peut, dans certain cas, se retrouver confronté à une obturation courte et observer la fusée de ciment au niveau du tiers apical non obturé par le cône de gutta percha. Les fabricants omettent de préciser la technique à utiliser dans ce cas.

L'aptitude à l'élimination de ces matériaux n'a à ce jour jamais été évaluée. Il est pourtant nécessaire d'évaluer la faisabilité technique de cette étape du retraitement.

3.1 La désobturation de la gutta percha

Il existe un grand nombre de techniques pour la désobturation du système canalaire.

Classiquement, on observe deux techniques de désobturation :

- La désobturation manuelle, utilisant des limes en acier Hedström.
- La désobturation par instrumentation rotative, utilisant généralement le nickel-titane comme alliage. (R-Endo (Micro-Mega, Besançon, France), ProTaper Universal Retreatment system (PTU-R) (Dentsply Sirona)

Aujourd'hui, l'obturation endodontique se fait majoritairement grâce à la combinaison d'un cône de gutta percha et de ciment de scellement. Cette technique d'obturation offre une meilleure obturation tridimensionnelle mais aussi une facilité d'élimination.

L'instrumentation manuelle avec ou sans solvant est chronophage et considérée comme moins efficace que l'instrumentation rotative en nickel-titane pour la désobturation (Rödig et al. 2012), notamment quand les matériaux d'obturation sont très denses.

L'instrumentation rotative, combinée à une technique de retraitement progressive, permet une meilleure élimination de matériau résiduel intra-canalaire (Taşdemir et al. 2008) ; et d'éviter l'extrusion de solvant et de gutta percha (Kaşıkçı Bilgi et al.) (Dincer et al. 2015) par rapport à l'instrumentation manuelle. Elle présente aussi un gain de temps considérable pour le praticien et est plus agréable pour le patient.

L'étude de Marfisi (Marfisi et al. 2015) comparant l'efficacité de la désobturation de la gutta percha, nous indique que la désobturation en utilisant le Reciproc® est significativement plus rapide par rapport à l'utilisation de ProFile® pour des canaux courbes et droits.

Les ciments de scellement biocéramiques entraînent la formation de cristaux d'hydroxyapatite à l'interface dentine-ciment de scellement. Le type de liaison entre les différents matériaux, ainsi que la profondeur de pénétration du matériau dans les tubulis dentinaires, peut rendre le retraitement difficile.

Hyunsuk (HYUNSUK et al. 2015) évalue l'efficacité et la quantité de ciment résiduel dans un canal obturé avec EndoSequence BC ou AH Plus. Les résultats ne montrent pas de différences significatives entre l'EndoSequence BC et le AH Plus en ce qui concerne la pénétration de la dentine, la quantité de débris extrudés ou le temps de retraitement.

Les résultats de Hess (Hess et al. 2011) montrent que les techniques de retraitement conventionnelles ne permettent pas l'élimination complète des ciments biocéramiques.

3.2 Les solvants

La gutta percha est soluble dans beaucoup de solvants : chloroforme, carbone disulfide, benzène, xylène, eucalyptol (Friedman et al. 1990).

Le chloroforme était autrefois le solvant le plus communément utilisé. Il agit et s'évapore rapidement ce qui le rend facile d'utilisation. Cependant, c'est un solvant carcinogène et toxique pour les tissus péri-apicaux donc interdit aujourd'hui.

Même si l'utilisation de solvant peut présenter un atout pour le retraitement endodontique, l'étude de Wilcox (Wilcox et al. 1987) montre que leur utilisation peut laisser une mince couche de matériau d'obturation sur les murs dentinaires radiculaires et rendre leur élimination difficile. Une autre étude (Gu et al. 2008) évaluant l'efficacité de l'instrumentation rotative pour la désobturation de canaux obturés avec de la gutta percha montre que l'utilisation de solvant ne permet pas d'obtenir un nettoyage optimal des canaux radiculaires.

ETUDE EXPERIMENTALE

4 MATERIEL ET METHODE

4.1 Sélection des dents

Pour l'étude, 40 dents en résines DentAlike™ (Dentsply ® Maillefer) sont utilisées. Les dents sont fabriquées industriellement grâce à une imprimante 3D à partir d'un fichier numérique capturé par la technologie micro-CT (micro-computed tomography) d'une dent naturelle (26) dont la cavité d'accès est déjà réalisée.

La technologie 3D permet de recréer l'architecture canalaire pour l'entraînement à la pratique de l'endodontie. La dureté du matériau utilisé est proche de celle de la dentine.

4.2 Réalisation de l'étude

Quarante dents, divisées en deux échantillons de vingt dents pour chaque opérateur sont utilisées.

Ainsi on obtient :

- Groupe A = ciment Biocéramique BioRoot™ RCS + Gutta percha : 20 dents
- Groupe B = ciment oxyde de zinc eugénol (PCS) + Gutta percha : 20 dents

La mise en forme canalaire est effectuée de manière à reproduire une situation clinique fréquente de traitement endodontique insuffisant. Le canal MV2 n'est pas instrumenté.

Dans un premier temps, les canaux mésio-vestibulaires, disto-vestibulaires et palatins sont mis en forme en utilisant l'instrumentation Wave One Gold® avec un mouvement dit de réciprocité. On utilise un WaveOne ® PRIMARY pour trois dents.

On procède à une irrigation avec de l'eau entre chaque passage d'instrument.

La racine palatine est préparée à la longueur de travail, les racines mésio et disto-vestibulaires sont préparées avec une longueur de travail diminuée de 3 mm par rapport à la longueur canalaire.

L'échantillon initial est divisé en deux groupes de vingt dents chacun.

Vingt dents sont ainsi obturées avec du BioRoot™ RCS et vingt dents avec du Pulp Canal Sealer couplés avec un cône WaveOne ou F2. Les cônes sont sectionnés à l'entrée du canal et condensés avec un plugger numéro 4 (Dentsply Sirona).

Chaque dent est ensuite refermée avec un coton. Les radiographies post-obturation sont prises. La conservation se fait en milieu humide pendant une semaine.

Deux sous-groupes constitués d'opérateurs d'expériences différentes (spécialiste et praticien débutant respectivement nommés A et B se sont vus attribués chacun 10 échantillons de chaque groupe PCS et BioRoot™ RCS .

Le temps de désobturation (mesuré en secondes) est chronométré pour chaque opération dans chacun des canaux. Il a été décidé que si le temps de désobturation dépassait les 7 minutes (soit 420 secondes) par canal sans obtenir la perméabilité, alors la procédure était considérée comme un échec. Aucun solvant n'est utilisé lors du retraitement. On réalise ensuite des radiographies avec une lime K15.

4.2.1 La mise en forme

Dans un premier temps, les quarante dents (figure 10 et 11) sont mises en forme en utilisant l'instrumentation manuelle et la rotation continue WaveOne® PRIMARY.



Figure 10 photographie de la DentAlike (Dentsply Maillefer)

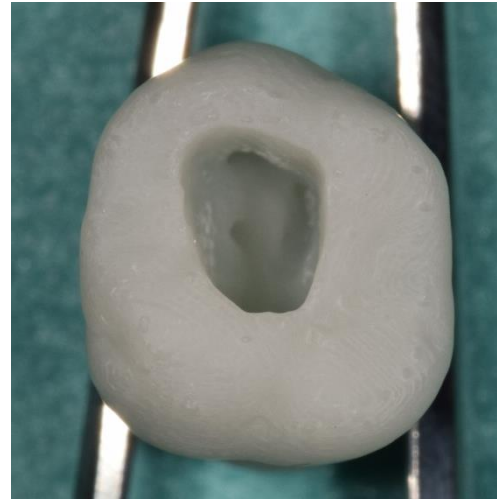


Figure 11 photographie de la cavité d'accès

- **Protocole instrumental (figures 12 et 13):**

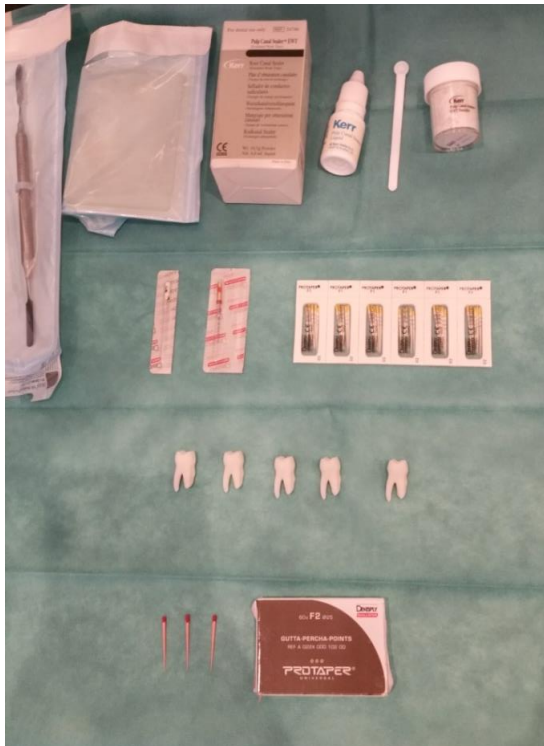


Figure 11 photographie du matériel nécessaire à la préparation et à l'obturation avec le Pulp Canal Sealer.



Figure 12 photographie du matériel nécessaire à la préparation et à l'obturation avec le BioRoot RCS.

La racine palatine est préparée à la longueur de travail, les racines mésio et disto-vestibulaires sont préparées à 3mm de la longueur de travail.

La longueur des racines est préalablement mesurée en introduisant une lime K-file 6.

- La racine mésio-vestibulaire (MV1) mesure 21,5 mm. La mise en forme est effectuée à 18,5 mm avec comme indicateur le « stop » de la lime au niveau de la cuspide mésio-vestibulaire.
- La racine disto-vestibulaire mesure 20,5 mm. La mise en forme est effectuée à 17,5 mm avec comme indicateur le « stop » de la lime au niveau de la cuspide disto-vestibulaire.
- La racine palatine mesure 22 mm et est mise en forme à 22 mm avec comme indicateur le « stop » de la lime au niveau de la cuspide palatine.

L'appareil utilisé pour l'instrumentation rotative est le moteur X-smart IQ de Dentsply (figure 14). Le moteur est accompagné d'un logiciel installé sur un iPad et permet de réaliser les mises en forme soit en rotation continue, soit en réciprocité.

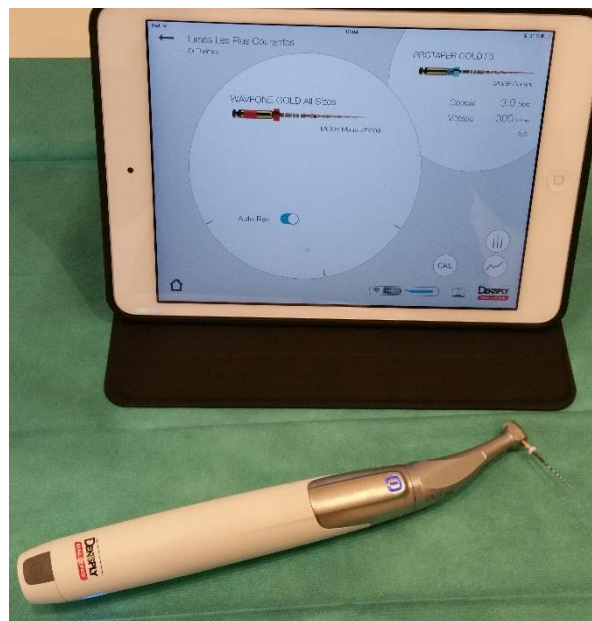


Figure 14 photographie du moteur X-smart IQ Dentsply

Pour l'irrigation, on utilise une seringue Monoject® (figure 15) de 27 Gauge x 1-1/4". Lors de l'irrigation intra canalaire, la seringue est animée d'un mouvement de va et vient. Un volume de 2 mL d'eau est utilisé entre chaque passage d'instrument (Lee et al. 2004). Une fois la mise en forme réalisée, l'irrigation finale est effectuée avec un volume de 5 mL.



Figure 15 photographie de la seringue Monoject

On utilise un WaveOne® primary (figure 17) pour trois dents selon le protocole d'utilisation du fabricant.



Figure 16 photographie d'une lime K10 (Dentsply)



Figure 17 photographie d'un wave one PRIMARY (Dentsply)

- Une exploration initiale est réalisée avec une lime K10 (Dentsply® Maillefer) (figure 16) à la longueur de travail – 3 mm.
- Irrigation à l'eau utilisant un volume de 2 mL.

Les 120 canaux sont irrigués avec une seringue d'irrigation de 3 mL de 31,7 mm, avec une aiguille de 27 gauges à ouverture latérale (Monoject ®) de 1 mm contenant de l'eau.

Cliniquement on utiliserait une solution stabilisée d'hypochlorite de sodium à 3 % (Parcan® Septodont) utilisée en instillation lente afin d'éliminer les débris dentinaires entre chaque passage d'instruments.

Au total 30 mL d'eau ont été utilisés dans chaque dent.

- Puis, une lime K15 (Dentsply® Maillefer) de longueur de 21 mm est utilisée pour évaluer la longueur de travail (LT – 3mm).

La mise en forme mécanisée à mouvement alternatif non symétrique et à instrument unique en nickel-titane (Wave One® Gold Primary), de diamètre 0.25 mm et de conicité 7 %, est utilisée tous les 2 mm avec une irrigation entre chaque passage, jusqu'à la longueur de travail – 3 mm.

- Passage WaveOne® PRIMARY à longueur de travail – 3mm en appliquant une légère pression en direction apicale et laisser la lime progresser de manière passive sur une portion canalaire de 2-3 mm.
- Irrigation abondante à l'eau utilisant un volume de 2 mL.
- En cas d'incapacité à atteindre la longueur recherchée dès le premier passage, la perméabilité canalaire est réévaluée avec une lime K 015.
- Irrigation de nouveau avec un volume de 2 mL d'eau.
- Passage de nouveau du WaveOne® PRIMARY en effectuant un mouvement de brossage au retrait pour éliminer les interférences.
- Irrigation abondante à l'eau utilisant un volume de 2 mL.
- Confirmer la longueur avec une lime K015.
- Irrigation abondante à l'eau (volume de 2 mL).
- Passage de l'instrument WaveOne® Gold PRIMARY à la longueur de travail -3 mm pour les canaux mésio-vestibulaire et disto-vestibulaire et à la longueur de travail pour le canal palatin.
- Irrigation à l'eau (volume de 5mL)

- Séchage des canaux avec des cônes de papier stériles.
- Essayage du cône de gutta percha (figure 18) à longueur de travail – 3 mm pour les racines mésio-vestibulaire et disto-vestibulaire et à la longueur de travail pour la racine palatine.

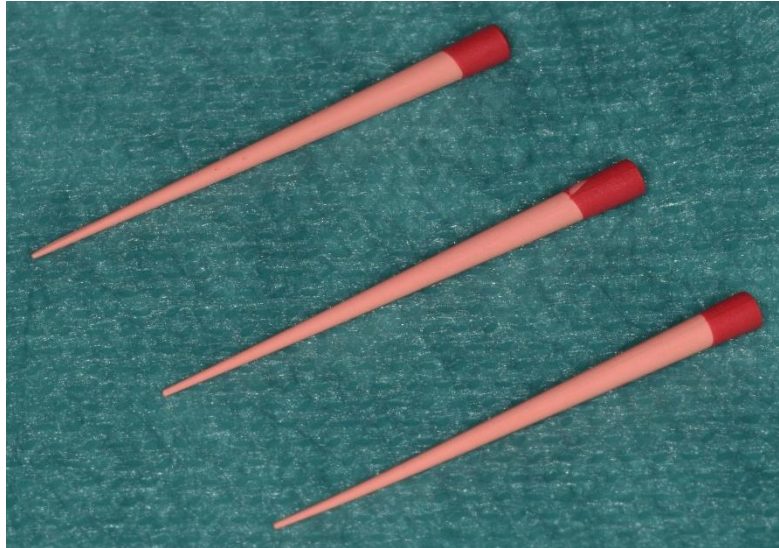


Figure 18 photographie des cônes de gutta percha

4.2.2 L'obturation

Une fois la mise en forme effectuée, chaque canal est obturé avec un cône de gutta percha de conicité 7 %.

Les deux groupes sont divisés en deux sous-groupes en fonction du ciment de scellement utilisé.

- Groupe A = ciment Biocéramique BioRoot + gutta percha : 20 dents

o N1 = 10 dents : praticien expérimenté

O N2 = 10 dents : praticien non expérimenté

- Groupe B = ciment oxyde de zinc eugéno (PCS) + gutta percha : 20 dents

o N3 = 10 dents : praticien expérimenté

O N4 = 10 dents : praticien non expérimenté

Les dents du groupe B sont obturées avec un ciment de scellement à l'oxyde de zinc eugéno (PCS®) et les dents du groupe A sont obturées avec un ciment biocéramique (Bioroot® RCS, (Septodont, Saint-Maur-des Fossés) selon les instructions des fabricants. Les canaux sont préalablement séchés avant obturation avec des pointes de papiers stériles standardisés Wave One® pour le ciment à l'oxyde de zinc eugéno. Pour le ciment biocéramique, la prise se faisant en milieu humide, il convient de ne pas trop sécher les canaux avant obturation.

Chaque canal est obturé à la longueur de travail – 3 mm avec des cônes de gutta percha calibrés de conicité 7 % suivant la technique mono-cône. L'excès de gutta percha est retiré à l'aide d'un fouloir chauffant et la partie coronaire est condensée.

La temporisation se fait avec un coton remplissant la cavité d'accès.

4.2.3 Stockage des échantillons

Pour les dents obturées avec la GP + BioRoot, la période minimale d'incubation est de 4 heures, temps de prise du matériau.

Pour les dents obturées avec le couple GP + PCS la période minimale d'incubation est supérieure à 6 heures à 37 degrés (notice du fabricant).

Voir les radiographies de l'obturation dans le chapitre « annexes ».

4.2.4 La désobturation

Après obturation, les dents ont été réparties en deux sous-groupes (praticien expérimenté et praticien non expérimenté). La désobturation des dents est réalisée au microscope pour le praticien expérimenté, et dans des conditions classiques pour le praticien non expérimenté.

Pour la désobturation, les ProTaper® Universal de désobturation D1, D2 et D3 (Dentsply) sont utilisés en respectant le protocole du fabricant.

Le temps de nettoyage de la cavité d'accès et le temps de désobturation (mesuré en secondes) pour chaque canal sont enregistrés et les valeurs consignées dans un tableau. Si le temps de désobturation est supérieur à 7 minutes par canal et que la perméabilité n'est pas obtenue, alors la procédure est considérée comme un échec.

- **Protocole instrumental** : (Ruddle 2007)
 - Le protocole commence par un nettoyage la cavité d'accès pour avoir un accès direct aux entrées canalaires.
 - Utilisation du ProTaper® Universal D1 de retraitement dans le tiers coronaire par légères pressions apicales afin de faire pénétrer la pointe active dans l'obturation coronaire. La lime est retirée et inspectée après chaque passage.
 - Irrigation à l'eau utilisant un volume de 2 mL.
 - Passage du ProTaper® Universal D2 de retraitement pour la désobturation du 1/3 médian en exerçant de légères pressions apicales. La lime est retirée et inspectée après chaque passage.
 - Irrigation à l'eau utilisant un volume de 2 mL.
 - Passage du ProTaper® D3 de retraitement pour la désobturation du 1/3 apical. En effectuant de légères pressions apicales.

- Irrigation à l'eau utilisant un volume de 2 mL.
- Passage de limes C+ pour progresser en apical et rechercher la perméabilité.
- Irrigation à l'eau entre chaque passage d'instruments.
- On réalise ensuite des radiographies de face et de profil avec une lime K15 en place.

Voir les radiographies de la désobturation et les tableaux de valeurs de désobturation pour chaque groupe dans le chapitre « annexes ».

4.3 Méthode d'évaluation

L'analyse statistique a été effectuée en collaboration avec l'équipe du laboratoire EURAXI PHARMA (JOUE LES TOURS)

Le temps de désobturation est chronométré et mesuré en secondes pour chaque opérateur et pour chaque canal. Dans un premier temps, la cavité d'accès est nettoyée pour mettre en évidence les entrées canalaires.

(Rappel : groupe 1 : BioRoot RCS + GP et groupe 2 : PCS + GP)

4.3.1 Statistiques descriptives

Les variables quantitatives seront décrites par les effectifs de données renseignées et des données manquantes, la moyenne, l'écart-type, la médiane, le 1^{er} et 3^{ème} quartile, le minimum et le maximum.

Les variables qualitatives seront décrites par les effectifs de données renseignées et des données manquantes, la fréquence et le pourcentage par modalité.

4.3.2 Statistiques analytiques

Les comparaisons entre groupe seront réalisées par des tests de Mann et Whitney (normalité non respectée- cf. test de Shapiro Wilks en annexe) pour comparer les sous-groupes suivant :

- Analyses poolées :
 - A vs. B, sous-groupe praticien confondu ;
 - A vs. B, pour le sous-groupe praticien expérimenté ;
 - A vs. B, pour le sous-groupe praticien non expérimenté.

- Analyses par sous-groupe :
 - Expérience vs. Sans expérience, sous-groupe matériau expérimental confondu ;
 - Expérience vs. Sans expérience, sous-groupe A ;
 - Expérience vs. Sans expérience, sous-groupe B.

Le risque de première espèce (α) est fixé à 5 % en situation bilatérale pour l'ensemble de l'étude.

Les analyses seront réalisées sous SAS 9.4®.

4.4 Résultats

L'ensemble des tableaux de résultats de l'analyse statistique se trouve dans la rubrique « annexe ».

❖ Analyses poolées

➤ Effet de l'expérience du praticien sur le temps de désobturation

Le temps de désobturation est significativement diminué dans le groupe des praticiens expérimentés vs. Non expérimentés quel que soit la racine (p-value <0.01 ; Test de Mann-Whitney). Le nettoyage de la cavité d'accès est significativement plus faible pour le groupe non expérimenté (p<0.01 ; Test de Mann Whitney).

➤ Effet du matériau sur le temps de désobturation

Le temps de désobturation du canal P est significativement plus faible pour le groupe B (p-value <0.05 ; Test de Mann-Whitney). On n'observe pas de différence significative entre les groupes A et B pour le canal MV1 et le canal DV (p>0.1). Le nettoyage de la cavité d'accès est significativement plus faible pour le groupe B (p<0.01 ; Test de Mann Whitney).

➤ Comparaisons entre les groupes A et B en fonction du sous-groupe expérience

Le temps de nettoyage de la cavité d'accès (90.5±23.5 sec vs. 57.5±20.6 sec pour le sous-groupe expérimenté et 59.7±20.6 sec vs. 32.8±13.0 sec pour le sous-groupe non expérimenté) est très significativement réduit dans le groupe B (p<0.01) quel que soit l'expérience du praticien.

Pour le praticien expérimenté, le temps de désobturation du canal P (55.8±20.58 sec pour PCS vs. 102.4±68.2 sec pour BioRoot) est significativement différent entre les 2 matériaux utilisés (p<0.05).

➤ Comparaisons expérimenté vs. non expérimenté en fonction du sous-groupe matériau

On observe une différence statistiquement très significative entre les groupes expérimenté et non expérimenté quel que soit le matériau utilisé ($p < 0.01$).

Les graphiques de la distribution des temps de désobturation de chaque canal se trouvent dans le chapitre « annexes ».

5 DISCUSSION

Les objectifs de ce travail étaient :

- D'évaluer la possibilité de désobturer des canaux obturés avec un matériau de la famille des biocéramiques et de retrouver la perméabilité canalaire ;
- D'évaluer l'influence de l'expérimentation de l'opérateur sur cette faisabilité.

Pour mener à bien cette expérimentation, le groupe expérimental (BioRoot™ RCS) a été comparé à un groupe contrôle (obturation en monocône avec un ciment Oxyde de Zinc Eugénol). Toutes les expérimentations ont été faites sur des modèles DentAlike™ (Dentsply-Sirona).

Avant de conclure sur les résultats, plusieurs points doivent être discutés.

❖ A propos du modèle expérimental choisi :

Pour mener cette expérimentation, plusieurs modèles ont été envisagés ; les trois principaux considérés étaient :

- 1- des dents naturelles ;
- 2- des simulateurs en résine type Endo training block ;
- 3- des simulateurs en résine obtenus par impression 3D de fichiers issus d'un scanner tridimensionnel d'une dent naturelle. Plusieurs modèles sont actuellement disponibles sur le marché.

➤ *Les dents naturelles*

Les dents naturelles ont l'avantage de reproduire de façon fidèle la situation clinique. Elles ont cependant trois inconvénients majeurs :

- a- De plus en plus difficiles à trouver, les dents sont en général très délabrées ; le milieu de conservation dans lequel elles sont gardées en attendant l'expérimentation peut provoquer des modifications intrinsèques de la dentine susceptibles de modifier les résultats finaux des expérimentations (hydratation notamment).

- b- Les dents naturelles ont toutes des anatomies différentes. A moins de sélectionner des incisives ou quelques prémolaires mandibulaires dont les racines sont rectilignes, les courbures et variations anatomiques des dents naturelles introduisent un biais dans les expérimentations comparatives en endodontie.

Le modèle de dents à racine rectiligne n'est pas fidèle aux réalités cliniques rencontrées quotidiennement et auxquelles ces résultats expérimentaux sont dédiés. De plus, une expérimentation comparable sur des dents rectilignes a déjà été réalisée. Celle-ci concluait que la désobturation des canaux obturés avec un matériau de la famille des biocéramiques était possible dans les cas simples (Boutsioukis 2016). Notre travail s'est intéressé quant à lui à des canaux de difficulté « normale », à savoir des courbures inférieures à 60 degrés de rayon et avec un diamètre de canal comparable à celui des dents naturelles non « calcifiées ».

- c- Les collections des dents nécessitent dorénavant une approbation d'un comité d'éthique autorisant l'utilisation de ces organes extraits pour l'expérimentation in vitro. L'obtention d'une telle approbation aurait allongé et compliqué l'aboutissement de ce travail.

Pour ces trois raisons, le modèle « dent », bien que le plus couramment utilisé dans les protocoles expérimentaux en endodontie, n'a pas été retenu.

➤ *Endo Training blocs*

Les training blocks en plastique transparent sont également couramment utilisés pour ce genre d'expérimentation. Ils ont l'avantage de proposer un modèle identique pour tous les échantillons et suppriment ainsi le biais imposé par l'anatomie dentaire naturelle.

De longueur constante de 16 mm et de courbure d'environ 40 degrés, ils reproduisent de façon assez fidèle les difficultés cliniques.

Leur transparence présente l'avantage de permettre des mesures simples, mais l'inconvénient de laisser la possibilité au praticien de voir ce qui se passe lors de ses manœuvres instrumentales, et éventuellement de corriger une erreur en cours ; ce qui représente un biais à l'expérimentation. Néanmoins, l'utilisation d'un masque opaque (type scotch), permet de s'affranchir de ce dernier risque.

Ces blocs sont fabriqués en plastique. Aucune information n'est actuellement disponible sur l'éventuelle adhésion des matériaux sur les parois du canal simulé. La qualité de ce joint étant importante à prendre en considération pour l'aptitude à désobturer le canal, ce facteur présente un risque important de créer un biais pour l'expérimentation considérée.

Pour ces raisons, le simulateur training bloc n'a pas été retenu pour ce travail

➤ *Les simulateurs 3D*

Depuis quelques années, de nombreux simulateurs reproduisant des dents ont été mis sur le marché de l'éducation. Fabriqués par impression 3D d'un fichier obtenu par scannage d'une dent naturelle, ces modèles constituent des simulateurs très fidèles à la réalité.

En 2014, Dentsply Sirona a proposé à la commercialisation des simulateurs DentAlike. Fabriqués en résine dont la dureté est très proche de la dentine naturelle, les sensations tactiles ressenties par l'opérateur sont très fidèlement reproduites (en comparaison avec celles ressenties en situation clinique). Les images étant obtenues à partir d'une dent naturelle, l'anatomie canalaire est bien meilleure que celle proposée par les training blocs conventionnels.

La taille des canaux est celle d'une dent naturelle adulte, sans calcification particulière, ni complications anatomiques spécifiques (en ce qui concerne les modèles utilisés). L'objectif de ce travail était de vérifier la possibilité de désobturer un canal. L'obtention d'une nouvelle perméabilité était le moyen de contrôle positif de la procédure. La prise d'un cliché radiographique lime en place a permis de confirmer le succès ou l'échec. La radio-opacité de la DentAlike étant comparable à celle de la dentine, elle reproduisait, à nouveau, une situation très proche de la réalité.

L'utilisation d'un même modèle, nous a permis de nous affranchir des variations anatomiques, (courbure, diamètre canalaire, etc.) qui auraient pu influencer les résultats de manières significatives et aléatoires.

Malgré tous ces avantages, un inconvénient a été considéré. Ces simulateurs sont fabriqués en résine. L'adhésion des matériaux d'obturation ou ciments de scellement aux parois du canal reproduit est probablement différent de celui obtenu au contact de la dentine, notamment avec les matériaux de la famille des biocéramiques. Une éventuelle adhésion de faible valeur sur les simulateurs pourrait influencer les résultats. En l'absence d'eau, les matériaux de la famille des biocéramiques ont un comportement perturbé ou en tout cas différent qu'en présence de cet élément.

Considérant que de toute façon, cet inconvénient aurait été rencontré avec les endo training blocs et, dans une moindre mesure sur des dents extraites (en fonction de la durée écoulée depuis l'extraction), le choix du modèle s'est ainsi reporté sur le DentAlike, pour tous les avantages que ce modèle présentait au moment du choix.

❖ **Nettoyage de la cavité d'accès.**

Parmi les étapes chronométrées, la durée de nettoyage de la cavité d'accès avant de commencer la désobturation canalaire a été calculée et enregistrée. La différence entre le sous-groupe expérimenté (moyenne (moy) = 74 sec, Ecart Type (ET) = 27,36) et le sous-groupe non expérimenté (moy = 46,25 sec, ET = 24,72) est importante et statistiquement significative ($p=0,001$). Malgré son expérience et l'utilisation d'un plateau technique plus sophistiqué (microscope), le praticien expérimenté met 1,6 fois plus de temps à nettoyer la cavité d'accès que le praticien non expérimenté.

Alors que le protocole de désobturation était clairement énoncé, aucune recommandation sur la préparation à l'accès aux canaux n'avait été donnée. Grâce à son expérience, le praticien expérimenté est conscient que le nettoyage de la cavité coronaire avant d'accéder aux canaux est primordiale et conditionne la suite du traitement.

Dans notre expérimentation, cette différence n'a pas eu d'influence sur la qualité du travail à suivre (il n'y a pas eu plus de canaux non désobturés à terme), mais elle pourrait avoir influencé les durées de désobturation pour lesquelles les différences sont considérables entre les deux sous-groupes.

Il est à noter également que la nature du matériau influence la durée de nettoyage de cette cavité (moy BioRoot = 75,10 sec ; moy PCS = 45,15 sec ; $p=0,003$). La différence de dureté des matériaux pourrait être à l'origine de la prolongation de cette étape.

❖ **Nombre de canaux désobturés**

Sur les 120 canaux traités, cinq canaux n'ont pas pu être désobturés dans le temps imparti (inférieur à 420 secondes) : un pour le praticien expérimenté, et quatre pour le praticien non expérimenté. Tous ces échecs ont été constatés dans le groupe BioRoot RCS. Ainsi, nous pouvons considérer que les canaux ont pu être désobturés dans 100 % des cas dans le groupe PCS, et dans 91, 16 % des cas dans le groupe BioRoot RCS.

Parmi ces échecs, deux perforations ont été réalisées (une dans chaque sous-groupe praticien). Ces erreurs ont d'ailleurs été commises dans les premiers échantillons traités (pour les deux sous-groupes). Elle confirme ainsi qu'une période d'apprentissage est nécessaire, même si la courbe d'apprentissage s'avère être particulièrement courte, que le praticien soit expérimenté ou non.

Ceci représente une des conclusions majeures de ce travail. Des canaux obturés avec une biocéramique utilisée avec une technique monocône, peuvent être désobturés dans le cadre d'un retraitement dans 91,16 % des cas. Ce résultat est important car la crainte de ne pas pouvoir réintervenir dans des canaux obturés avec ce matériau est un frein majeur à son utilisation.

❖ **Durée de désobturation en fonction du matériau**

Contrairement à l'hypothèse émise au départ, le matériau présent dans les canaux n'influence pas la durée requise pour désobturer un canal et retrouver la perméabilité. Et ce, quel que soit le canal.

Il est cependant intéressant de noter que le traitement du canal palatin est systématiquement plus long (moy = 130,78 sec) que pour les autres canaux (moy (MV) = 62,34 sec ; moy (DV) = 65,28 sec). Cette différence se confirme dans les deux groupes de matériaux avec une différence plus marquée dans le groupe expérimental BioRoot.

Alors qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes de matériaux sur la durée de désobturation des canaux MV et DV, la nature du matériau influence par contre la durée de traitement du canal Palatin (moy BioRoot = 174,25 sec ; moy PCS = 887,30 sec) de façon significative ($p=0,038$). Cette différence n'est d'ailleurs significative que pour le praticien expérimenté.

Ceci laisse supposer que ce qui requiert du temps dans une telle procédure est plus l'élimination du matériau (en quantité plus importante dans le canal palatin) que la recherche de la perméabilité, ou le franchissement des butées créées par une instrumentation inadéquate au moment de la mise en forme.

❖ **Durée de désobturation en fonction de l'expérience du praticien**

La différence du nombre d'échecs (1 versus 4) n'est pas suffisante pour considérer qu'un praticien moins expérimenté ne peut pas retraiter un canal obturé avec un matériau de la famille des biocéramiques.

Les résultats semblent montrer de façon assez nette l'influence de l'expérience du praticien sur les procédures de désobturation. Cette différence est statistiquement significative quel que soit le canal considéré, et le matériau. En résumé, le praticien expérimenté met beaucoup moins de temps pour désobturer les canaux, qu'ils soient obturés avec du BioRootRCS ou du PCS. L'expérience et la sophistication du plateau technique pourrait expliquer cette différence. Rappelons cependant que le praticien expérimenté met plus de temps à nettoyer la cavité d'accès que le praticien non expérimenté

6 CONCLUSION

Avec toutes les limites que présente ce type d'expérimentation *in vitro*, nos résultats nous autorisent de tirer les conclusions suivantes

- Les canaux obturés avec une technique monocône peuvent être désobturés en cas de retraitement, et ce, quel que soit le matériau utilisé en complément. Qu'il s'agisse d'un ciment à base d'oxyde de zinc eugénol ou un ciment de la famille des biocéramiques.
- Quel que soit l'expérience de l'opérateur, ces procédures restent possibles. Il est donc tout à fait possible pour un omnipraticien, de prendre en charge ces retraitements.
- L'expérience de l'opérateur et l'accès à un plateau technique sophistiqué, permet de réduire le temps des procédures.
- Bien que le BioRoot RCS est un dérivé de la Biodentine, ses propriétés mécaniques sont différentes, notamment la dureté puisque le cahier des charges est différent de celui d'un matériau de restauration coronaire. De dureté plus faible que la dentine, il est donc possible de l'éliminer et ainsi de retraiter des canaux obturés avec ce matériau.
- La courbe d'apprentissage est courte, mais non nulle. Il est donc conseillé aux praticiens souhaitant mettre en œuvre ces procédures de s'entraîner sur des modèles non cliniques, afin d'appréhender correctement les sensations différentes inhérentes au matériau lui-même.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Brave AD. A review of bioceramic technology in endodontics. *Roots*. 2012;4(4):6–12.
- Brodin P. Neurotoxic and analgesic effects of root canal cements and pulp-protecting dental materials. *Dent Traumatol*. 1 févr 1988;4(1):1-11.
- Brodin P, Røed A. Effects of eugenol on rat phrenic nerve and phrenic nerve-diaphragm preparations. *Arch Oral Biol*. 1 janv 1984;29(8):611-5.
- Butts HC, Goetz JB, Konstant M, Morrey LW, Grossman LI. Endodontics 1776–1976: a bicentennial history against the background of general dentistry. *J Am Dent Assoc*. 1 juill 1976;93(1):78-87.
- Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Ford TRP. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater*. 1 avr 2005;21(4):297-303.
- CAMPS J, JEANNEAU C, EL AYACHI I, LAURENT P, ABOUT I. bioactivity of a calcium silicate based endodontic cement (BioRoot RCS): interactions with human periodontal ligament cells in vitro. sept 2015;41(9).
- Candeiro GT de M, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. *J Endod*. juin 2012;38(6):842-5.
- Costa F, Sousa Gomes P, Fernandes MH. osteogenic and angiogenic response to calcium silicate-based endodontic sealers. janv 2016;42(1).
- Dimitrova-Nakov S, Uzunoglu E, Ardila-Osorio H, Baudry A, Richard G, Kellermann O, et al. In vitro bioactivity of Bioroot™ RCS, via A4 mouse pulpal stem cells. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater*. nov 2015;31(11):1290-7.
- Dincer AN, Er O, Canakci BC. Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. *Int Endod J*. déc 2015;48(12):1194-8.
- Eldeniz AU, Shehata M, Högg C, Reichl FX. DNA double-strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers. *Int Endod J*. déc 2015;n/a-n/a.
- Friedman S, Stabholz A. Endodontic retreatment—case selection and technique. Part 1: Criteria for case selection. *J Endod*. 1986;12(1):28–33.
- Friedman S, Stabholz A, Tamse A. Endodontic retreatment—Case selection and technique. Part 3. Retreatment techniques. *J Endod*. 1 nov 1990;16(11):543-9.
- Garg N, Garg A. Textbook of endodontics. 2nd ed. New Delhi ; St. Louis: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2010.
- Grossman LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod*. 1 juin 1976;2(6):166-75.
- Gu L-S, Ling J-Q, Wei X, Huang X-Y. Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. *Int Endod J*. 1 avr 2008;41(4):288-95.

- Guneser MB, Akbulut MB, Eldeniz AU. Effect of various endodontic irrigants on the push-out bond strength of biodentine and conventional root perforation repair materials. *J Endod.* mars 2013;39(3):380-4.
- Haapasalo M, Parhar M, Huang X, Wei X, Lin J, Shen Y. Clinical use of bioceramic materials. *Endod Top.* 1 mai 2015;32(1):97-117.
- Hasan Zarrabi M, Javidi M, Naderinasab M, Gharechahi M. Comparative evaluation of antimicrobial activity of three cements: new endodontic cement (NEC), mineral trioxide aggregate (MTA) and Portland. *J Oral Sci.* sept 2009;51(3):437-42.
- Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod.* nov 2011;37(11):1547-9.
- Hume WR. Basic Biological Sciences Effect of Eugenol on Respiration and Division in Human Pulp, Mouse Fibroblasts, and Liver Cells in vitro. *J Dent Res.* 11 janv 1984;63(11):1262-5.
- HYUNSUK K, EUISEONG K, SEUNG-JONG L, SU-JUNG S. comparisons of the retreatment efficacy of calcium silicate and epoxy resin-based sealers and residual sealer in dentinal tubules. *déc 2015;41(12).*
- Ingle JI. *Ingle's Endodontics 6.* PMPH-USA; 2008.
- JITARU S, HODISAN I, TIMIS L, LUCIAN A, BUD M. The use of bioceramics in endodontics - literature review. *Clujul Med.* 2016;89(4):470-3.
- JORDANA F, CHOSSAT P, COLAT-PARROS J. La gutta-percha. 2010 [cité 11 juill 2016]; Disponible sur: <http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap20/site/html/cours.pdf>
- Kaşıkçı Bilgi İ, Köşeler İ, Güneri P, Hülsmann M, Çalışkan MK. Efficiency and apical extrusion of debris: a comparative ex vivo study of four retreatment techniques in severely curved root canals. *Int Endod J.* :n/a-n/a.
- Kvist T, Reit C, Esposito M, Mileman P, Bianchi S, Pettersson K, et al. Prescribing endodontic retreatment: towards a theory of dentist behaviour. *Int Endod J.* 1 nov 1994;27(6):285-90.
- Lee S-J, Wu M-K, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 1 oct 2004a;37(10):672-8.
- Lee Y-L, Lee B-S, Lin F-H, Yun Lin A, Lan W-H, Lin C-P. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials.* févr 2004b;25(5):787-93.
- LIU S, WANG S, DONG Y. evaluation of a bioceramic as a pulp capping agent In vitro and in Vivo. *mai 2015;41(5).*
- MACHADO Jesus, D.JOHNSON James, PARANJPE avina. the effects of endosequence root repair material on differentiation of dental pulp cells. *janv 2016;42(1).*
- Manabe A, Nakayama S, Sakamoto K. Effects of Essential Oils on Erythrocytes and Hepatocytes from Rats and Dipalmitoyl Phosphatidylcholine-Liposomes. *Jpn J Pharmacol.* 1987;44(1):77-84.
- Marfisi K, Mercadé M, Plotino G, Clavel T, Duran-Sindreu F, Roig M. Efficacy of Reciproc(®) and Profile(®) Instruments in the Removal of Gutta-Percha from Straight and Curved Root Canals ex Vivo. *J Oral Maxillofac Res.* sept 2015;6(3):e1.

- Markowitz K, Moynihan M, Liu M, Kim S. Biologic properties of eugenol and zinc oxide-eugenol. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1 juin 1992;73(6):729-37.
- Mori GG, Teixeira LM, Louzada de Oliveira D, Jacomini LM, Rodrigues da Silva S. Biocompatibility Evaluation of Biodentine in Subcutaneous Tissue of Rats. *J Endod.* sept 2014;40(9):1485-8.
- Nair PNR. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J.* 1 avr 2006;39(4):249-81.
- Podbielski A, Boeckh C, Haller B. Growth Inhibitory Activity of Gutta-Percha Points Containing Root Canal Medications on Common Endodontic Bacterial Pathogens as Determined by an Optimized Quantitative In Vitro Assay. *J Endod.* juill 2000;26(7):398-403.
- PRASANNAN R, PILLAI R, VARGHESE. Bioceramic sealers - game changer in endodontic obturation. *avr 2012;2(1).*
- Rödig T, Hausdörfer T, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M. Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals - a micro-computed tomography study. *Int Endod J.* juin 2012;45(6):580-9.
- Ruddle CJ. protaper retreatment kit: clinical directions for use. 2007.
- Simon S, Machtou P, Lumley P. *Endodontie.* Rueil Malmaison, France: Éditions Cdp; 2009.
- Taşdemir T, Er K, Yildirim T, Çelik D. Efficacy of three rotary NiTi instruments in removing gutta-percha from root canals. *Int Endod J.* 1 mars 2008;41(3):191-6.
- Thompson D, Eling T. Mechanism of inhibition of prostaglandin H synthase by eugenol and other phenolic peroxidase substrates. *Mol Pharmacol.* 11 janv 1989;36(5):809-17.
- Thompson D, Norbeck K, Olsson LI, Constantin-Teodosiu D, Zee JV der, Moldéus P. Peroxidase-catalyzed oxidation of eugenol: formation of a cytotoxic metabolite(s). *J Biol Chem.* 15 janv 1989;264(2):1016-21.
- 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.
- Wang Z, Ma J, Shen Y, Haapasalo M. Acidic pH weakens the microhardness and microstructure of three tricalcium silicate materials. *Int Endod J.* 1 avr 2015;48(4):323-32.
- Watts A, Paterson RC. Pulpal response to a zinc oxide-eugenol cement. *Int Endod J.* 1 mars 1987;20(2):82-6.
- Wilcox LR, Krell KV, Madison S, Rittman B. Endodontic retreatment: Evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation. *J Endod.* 1 sept 1987;13(9):453-7.
- Zhang S, Yang X, Fan M. BioAggregate and iRoot BP Plus optimize the proliferation and mineralization ability of human dental pulp cells. *Int Endod J.* 1 oct 2013;46(10):923-9.
- Zhang W, Li Z, Peng B. Ex vivo cytotoxicity of a new calcium silicate-based canal filling material: Cytotoxicity of iRoot SP. *Int Endod J.* 8 juin 2010;43(9):769-74.

8 ANNEXES

8.1 Tableau de valeurs indiquant le temps nécessaire à la désobturation des dents du groupe 1 et 2

8.1.1 Praticien expérimenté

Groupe A : BioRoot + Gutta Percha.

dent	canal	temps de désobturation (sec)	TPS CA (S)
1	MV1	36	110
	DV	57	
	P	275	
2	MV1	131	130
	DV	31	
	P	113	
3	MV1	33	108
	DV	65	
	P	88	
4	MV1	33	97
	DV	48	
	P	54	
5	MV1	PERFORATION	103
	DV	35	
	P	146	
6	MV1	21	79
	DV	26	
	P	50	
7	MV1	21	76
	DV	23	
	P	108	
8	MV1	25	75
	DV	25	
	P	57	
9	MV1	14	48
	DV	17	
	P	58	
10	MV1	27	79
	DV	22	
	P	75	

Groupe B : PCS + Gutta Percha.

dent	canal	temps de désobturation (sec)	TPS CA (S)
1	MV1	21	41
	DV	28	
	P	68	
2	MV1	25	75
	DV	29	
	P	88	
3	MV1	39	86
	DV	27	
	P	48	
4	MV1	24	40
	DV	33	
	P	65	
5	MV1	28	55
	DV	39	
	P	33	
6	MV1	22	38
	DV	24	
	P	68	
7	MV1	19	82
	DV	25	
	P	73	
8	MV1	23	52
	DV	20	
	P	54	
9	MV1	22	76
	DV	29	
	P	24	
10	MV1	19	30
	DV	14	
	P	37	

8.1.2 Praticien non expérimenté

Groupe A : BioRoot + Gutta Percha.

dent	canal	temps de désobturation (sec)	TPS CA (S)
11	MV1	157	65
	DV	63	
	P	>420 sec	
12	MV1	126	84
	DV	186	
	P	244	
13	MV1	168	80
	DV	136	
	P	>420 sec	
14	MV1	54	36
	DV	123	
	P	214	
15	MV1	104	64
	DV	121	
	P	165	
16	MV1	82	49
	DV	136	
	P	197	
17	MV1	71	47
	DV	148	
	P	135	
18	MV1	PERFORATION	41
	DV	127	
	P	>420 sec	
19	MV1	69	38
	DV	55	
	P	116	
20	MV1	75	93
	DV	75	
	P	130	

Groupe B : PCS + Gutta Percha.

dent	canal	temps de désobturation (sec)	temps CA
11	MV1	260	30
	DV	145	
	P	124	
12	MV1	50	16
	DV	84	
	P	106	
13	MV1	89	40
	DV	62	
	P	60	
14	MV1	62	23
	DV	67	
	P	197	
15	MV1	91	50
	DV	72	
	P	132	
16	MV1	70	55
	DV	70	
	P	231	
17	MV1	78	40
	DV	69	
	P	120	
18	MV1	55	30
	DV	95	
	P	74	
19	MV1	52	24
	DV	80	
	P	70	
20	MV1	73	20
	DV	80	
	P	74	

8.2 Radios des dents obturées avec le PCS®

- Dent n°1 PCS



- Dent n°2 PCS



- Dent n°3 PCS



- Dent n°4 PCS



- Dent n°5 PCS



▪ Dent n° 6



▪ Dent n° 7



▪ Dent n° 8



▪ Dent n° 9



▪ Dent n° 10



▪ Dent n° 11



▪ Dent n° 12



▪ Dent n° 13



▪ Dent n° 14



▪ Dent n° 15



▪ Dent n° 16



▪ Dent n° 17



▪ Dent n° 18



▪ Dent n° 19



▪ Dent n° 20



8.3 Radios des dents obturées avec le BioRoot® RCS

- Dent n°1 BR



- Dent n°2 BR



- Dent n°3 BR



- Dent n° 4 BR



- Dent n°5 BR



▪ Dent n° 6



▪ Dent n° 7



▪ Dent n° 8



▪ Dent n° 9



▪ Dent n° 10



▪ Dent n° 11



▪ Dent n° 12



▪ Dent n° 13



▪ Dent n° 14



▪ Dent n° 15



▪ Dent n° 16



▪ Dent n° 17



▪ Dent n° 18



▪ Dent n° 19



▪ Dent n° 20



8.4 Radios de la désobturation des dents obturées avec le PCS® : praticien expérimenté)

- Dent n°1 PCS



- Dent n°2 PCS



- Dent n°3 PCS



- Dent n°4 PCS



- Dent n°5 PCS



▪ Dent n° 6



▪ Dent n° 7



▪ Dent n° 8



▪ Dent n° 9



▪ Dent n° 10



8.5 Radios de la désobturation des dents obturées avec le BioRoot® RCS : praticien expérimenté

- Dent n°1 BR



- Dent n°2 BR



- Dent n°3 BR



- Dent n° 4 BR



- Dent n°5 BR



▪ Dent n° 6



▪ Dent n° 7



▪ Dent n° 8



▪ Dent n° 9



▪ Dent n° 10



8.6 Radios de la désobturation des dents obturées avec le PCS® : praticien non expérimenté

- Dent n°11 PCS



- Dent n°12 PCS



- Dent n°13 PCS



- Dent n°14 PCS



- Dent n°15 PCS



▪ Dent n° 16



▪ Dent n° 17



▪ Dent n° 18



▪ Dent n° 19



▪ Dent n° 20



8.7 Radios de la désobturation des dents obturées avec le BioRoot® RCS : praticien non expérimenté

- Dent n°11



- Dent n°12



- Dent n°13



- Dent n°14



- Dent n°15



▪ Dent n° 16



▪ Dent n° 17



▪ Dent n° 18



▪ Dent n° 19



▪ Dent n° 20



8.8 Tableaux des résultats de l'analyse statistique

8.8.1 Analyse poolée

8.8.1.1 Effet de l'expérience du praticien sur le temps de désobturation

Variables		Expérimenté (N=20)	Non expérimenté (N=20)	Total (N=40)	p-value test de Mann Whitney
Temps de désobturation / canal MV1	N	19	19	38	1.6675E-6***
	Missing	1	1	2	
	Moyenne (écart-type)	30.68 (25.10)	94.00 (52.14)	62.34 (51.56)	
	Q1 ; Médiane ; Q3	21 ; 24 ; 33	62 ; 75 ; 104	24 ; 51 ; 78	
	Minimum ; Maximum	14 ; 131	50 ; 260	14 ; 260	
Temps de désobturation / canal DV	N	20	20	40	1.228E-7***
	Missing	0	0	0	
	Moyenne (écart-type)	30.85 (12.84)	99.70 (37.20)	65.28 (44.38)	
	Q1 ; Médiane ; Q3	24 ; 28 ; 34	70 ; 82 ; 132	28 ; 60 ; 82	
	Minimum ; Maximum	14 ; 65	55 ; 186	14 ; 186	
Temps de désobturation / canal P	N	20	20	40	0.000482***
	Missing	0	0	0	
	Moyenne (écart-type)	79.10 (54.50)	182.45 (115.50)	130.78 (103.37)	
	Q1 ; Médiane ; Q3	52 ; 67 ; 88	111 ; 134 ; 223	63 ; 97 ; 156	
	Minimum ; Maximum	24 ; 275	60 ; 420	24 ; 420	
Temps de nettoyage de la cavité d'accès	N	20	20	40	0.0011075**
	Missing	0	0	0	
	Moyenne (écart-type)	74.00 (27.36)	46.25 (21.72)	60.13 (28.14)	
	Q1 ; Médiane ; Q3	50 ; 76 ; 92	30 ; 41 ; 60	39 ; 54 ; 80	
	Minimum ; Maximum	30 ; 130	16 ; 93	16 ; 130	

Note : Une perforation est notée pour les dents #05 et #18, le temps de désobturation est considéré comme une donnée manquante pour les analyses.

*p<0.05 ; **p<0.01 ; ***p<0.001.

8.8.1.2 Effet du matériau sur le temps de désobturation

Variables		Groupe A - BioRoot	Groupe B - PCS	Total (N=40)	p-value test de Mann Whitney
		+ Gutta percha (N=20)	+ Gutta percha (N=20)		
Temps de désobturation / canal MV1	N	18	20	38	0.2923728
	Missing	2	0	2	
	Moyenne (écart-type)	69.28 (49.29)	56.10 (54.00)	62.34 (51.56)	
	Q1 ; Médiane ; Q3	27 ; 62 ; 104	23 ; 45 ; 72	24 ; 51 ; 78	
	Minimum ; Maximum	14 ; 168	19 ; 260	14 ; 260	
Temps de désobturation / canal DV	N	20	20	40	0.401632
	Missing	0	0	0	
	Moyenne (écart-type)	75.95 (51.92)	54.60 (33.30)	65.28 (44.38)	
	Q1 ; Médiane ; Q3	29 ; 60 ; 125	28 ; 51 ; 76	28 ; 60 ; 82	
	Minimum ; Maximum	17 ; 186	14 ; 145	14 ; 186	
Temps de désobturation / canal P	N	20	20	40	0.0381733*
	Missing	0	0	0	
	Moyenne (écart-type)	174.25 (123.26)	87.30 (52.53)	130.78 (103.37)	
	Q1 ; Médiane ; Q3	82 ; 133 ; 229	57 ; 72 ; 113	63 ; 97 ; 156	
	Minimum ; Maximum	50 ; 420	24 ; 231	24 ; 420	
Temps de nettoyage de la cavité d'accès	N	20	20	40	0.0026599**
	Missing	0	0	0	
	Moyenne (écart-type)	75.10 (26.68)	45.15 (21.01)	60.13 (28.14)	
	Q1 ; Médiane ; Q3	49 ; 78 ; 95	30 ; 40 ; 55	39 ; 54 ; 80	
	Minimum ; Maximum	36 ; 130	16 ; 86	16 ; 130	

Note : Une perforation est notée pour les dents #05 et #18, le temps de désobturation est considéré comme une donnée manquante pour ces 2 cas. Les 2 cas de perforation sont dans le groupe A – BioRoot.

*p<0.05 ; **p<0.01 ; ***p<0.001.

8.8.2 *Analyse par sous-groupe*

8.8.2.1 *Statistiques descriptive par sous-groupe*

Variables		Groupe A BioRoot + Gutta percha - Experimenté (N=10)	Groupe B PCS + Gutta percha - Experimenté (N=10)	Groupe A BioRoot + Gutta percha - Non expérimenté (N=10)	Groupe B PCS + Gutta percha - Non expérimenté (N=10)	Total (N=40)
Temps de désobturation / canal MV1	N	9	10	9	10	38
	Missing	1	0	1	0	2
	Moyenne (écart-type)	37.89 (35.61)	24.20 (5.87)	100.67 (40.97)	88.00 (62.14)	62.34 (51.56)
	Q1 ; Médiane ; Q3	21 ; 27 ; 33	21 ; 23 ; 25	71 ; 82 ; 126	55 ; 72 ; 89	24 ; 51 ; 78
	Minimum ; Maximum	14 ; 131	19 ; 39	54 ; 168	50 ; 260	14 ; 260
Temps de désobturation / canal DV	N	10	10	10	10	40
	Missing	0	0	0	0	0
	Moyenne (écart-type)	34.90 (16.29)	26.80 (6.83)	117.00 (40.99)	82.40 (24.01)	65.28 (44.38)
	Q1 ; Médiane ; Q3	23 ; 29 ; 48	24 ; 28 ; 29	75 ; 125 ; 136	69 ; 76 ; 84	28 ; 60 ; 82
	Minimum ; Maximum	17 ; 65	14 ; 39	55 ; 186	62 ; 145	14 ; 186
Temps de désobturation / canal P	N	10	10	10	10	40
	Missing	0	0	0	0	0
	Moyenne (écart-type)	102.40 (68.24)	55.80 (20.18)	246.10 (126.27)	118.80 (56.69)	130.78 (103.37)
	Q1 ; Médiane ; Q3	57 ; 82 ; 113	37 ; 60 ; 68	135 ; 206 ; 420	74 ; 113 ; 132	63 ; 97 ; 156
	Minimum ; Maximum	50 ; 275	24 ; 88	116 ; 420	60 ; 231	24 ; 420

Variables		Groupe A BioRoot + Gutta percha - Experimenté (N=10)	Groupe B PCS + Gutta percha - Experimenté (N=10)	Groupe A BioRoot + Gutta percha - Non expérimenté (N=10)	Groupe B PCS + Gutta percha - Non expérimenté (N=10)	Total (N=40)
Temps de nettoyage de la cavité d'accès	N	10	10	10	10	40
	Missing	0	0	0	0	0
	Moyenne (écart-type)	90.50 (23.49)	57.50 (20.58)	59.70 (20.59)	32.80 (13.03)	60.13 (28.14)
	Q1 ; Médiane ; Q3	76 ; 88 ; 108	40 ; 54 ; 76	41 ; 57 ; 80	23 ; 30 ; 40	39 ; 54 ; 80
	Minimum ; Maximum	48 ; 130	30 ; 86	36 ; 93	16 ; 55	16 ; 130

Note : Une perforation est notée pour les dents #05 et #18 (canal MV1), le temps de désobturation est considéré comme une donnée manquante pour ces 2 cas. Les 2 cas de perforation sont dans le groupe A – BioRoot.

8.8.2.2 Comparaisons entre les groupes A et B en fonction du sous-groupe expérience

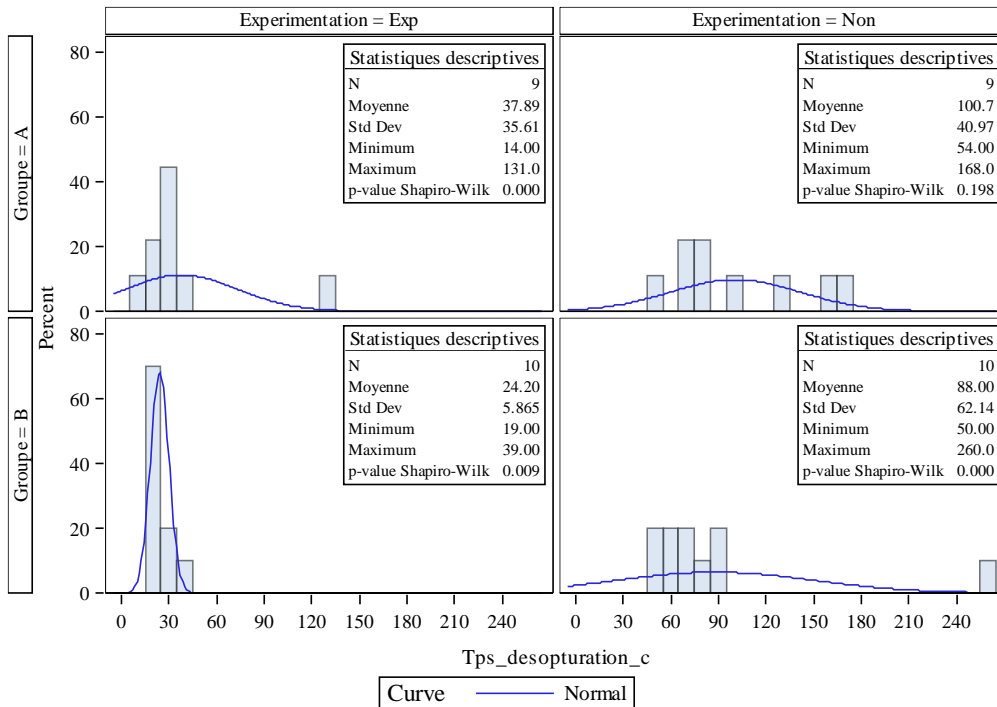
	Groupe A vs. B Expérimenté	Groupe A vs. B Non expérimenté
Canal MV1	0.3254834	0.2364447
Canal DV	0.4959676	0.1209446
Canal P	0.0449123*	0.050678
CA	0.0112376*	0.0072407**

Note : *p<0.05 ; **p<0.01 ; ***p<0.001.

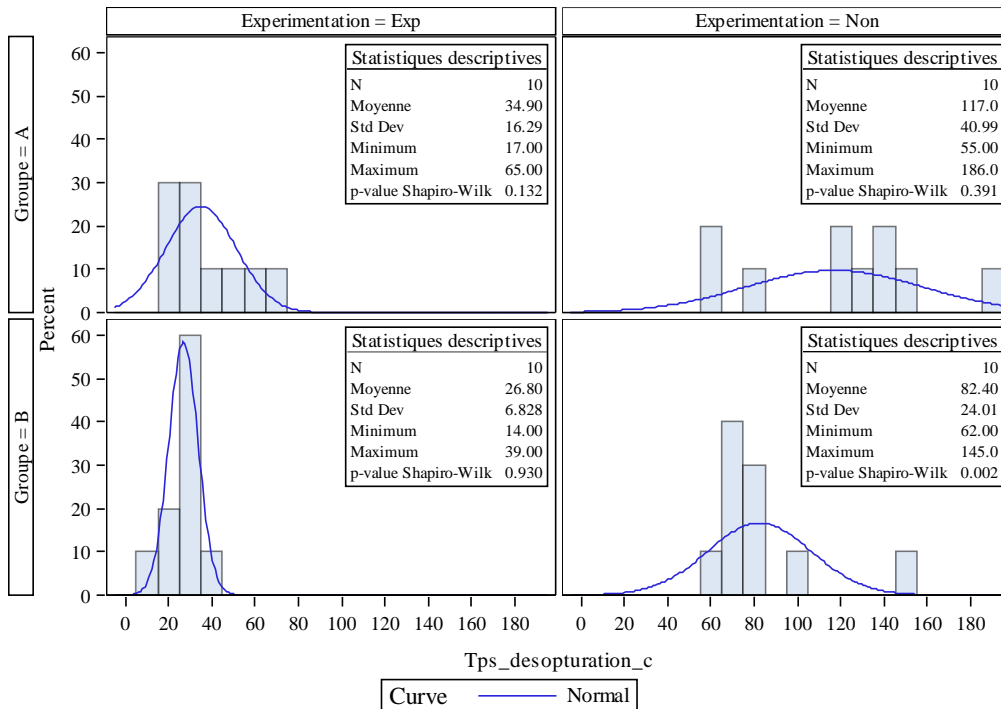
8.8.2.3 Comparaisons expérimenté vs. Non expérimenté en fonction du sous-groupe matériau

	Groupe A Expérimenté Vs. Non expérimenté	Groupe B Expérimenté Vs. Non expérimenté
Canal MV1	0.0035343	0.0001806
Canal DV	0.0004375	0.0001806
Canal P	0.0449123	0.0021853
CA	0.0172155	0.0099116

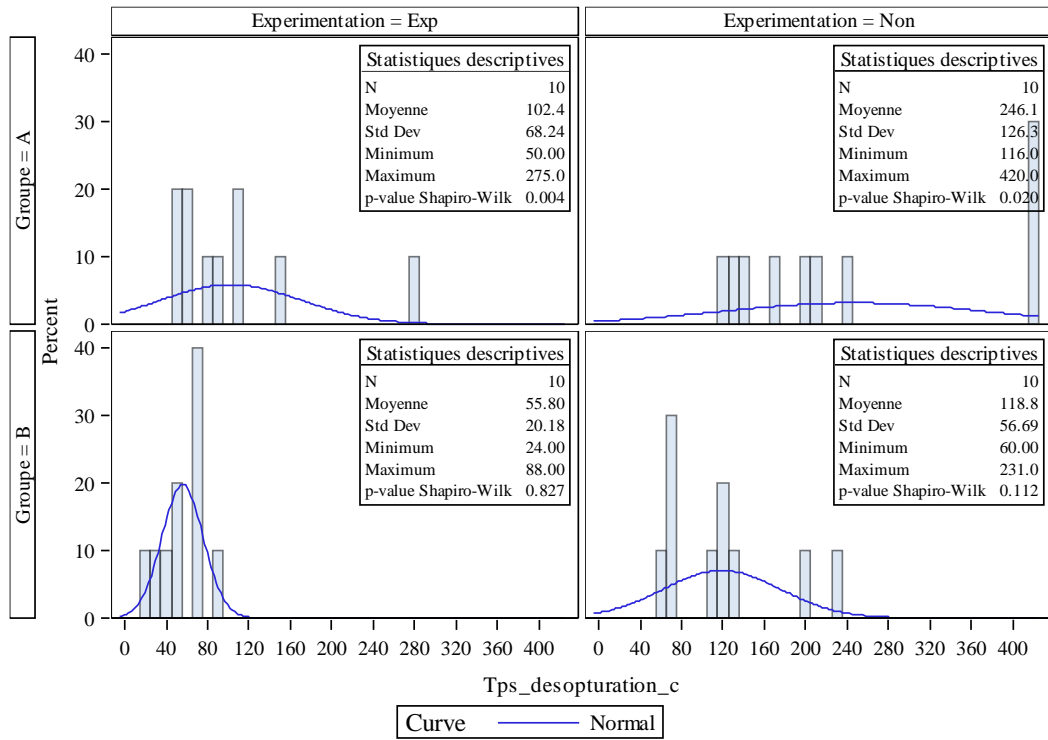
8.8.3 *Graphiques illustrant la distribution du temps de désobturation canal MVI*



8.8.4 *Graphiques illustrant la distribution temps de désobturation canal DV*



8.8.5 *Graphiques illustrant la distribution temps de désobturation canal P*



8.9 Annexe illustrations

Figure 1, 2 et 3: Markowitz, Kenneth, Michael Moynihan, Mintsai Liu, et Syngcuk Kim. « Biologic properties of eugenol and zinc oxide-eugenol ». Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology 73, n° 6 (1 juin 1992): 729-37. doi:10.1016/0030-4220(92)90020-Q.

Figure 4 : Siyi Liu, Sainan Wang et Yanmei Dong. “Evaluation of a bioceramic as a pulp capping agent *In Vitro* and *In Vivo*” Journal of endodontics, may 2015;41(5).

Figure 5 : Haapasalo M, Parhar M, Huang X, Wei X, Lin J, Shen Y. Clinical use of bioceramic materials. Endod Top. 1 mai 2015;32(1):97-117.

Figure 6, 7 et 8 : graphique et protocole issu de la brochure Septodont. Site internet : [http://www.septodont-fr.be/sites/be/files/2016-10/brochure %20BioRoot %20FR.pdf](http://www.septodont-fr.be/sites/be/files/2016-10/brochure%20BioRoot%20FR.pdf).

Figure 9 : Shimon Friedman and Adam Stabholz. « Endodontic Retreatment Case Selection and Technique. Part 1: Criteria for Case Selection » Journal of endodontics. January 1986 ;12(1) :28-33.

Figure 10 : photographie d'une dent DentAlike.

Figure 11 : photographie de la cavité d'accès d'une dent DentAlike.

Figure 12 : photographie du matériel nécessaire à la préparation et l'obturation des dents avec le Pulp Canal Sealer.

Figure 13 : photographie du matériel nécessaire à la préparation et l'obturation des dents avec le BioRoot™ RCS.

Figure 14 : photographie du moteur IQ ayant servi pour la mise en forme des dents DentAlike.

Figure 15 : photographie d'une seringue d'irrigation Monoject®.

Figure 16 : photographie d'une lime K10 (Dentsply, Maillefer)

Figure 17 : photographie du Wave-one® PRIMARY (Dentsply, Maillefer)

Figure 18 : photographie des cônes de gutta percha conicité 7 % (Dentsply Maillefer)

**Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être
considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation de la
Faculté de Chirurgie Dentaire.**

SCHEIRE Joanna. EVALUATION *IN VITRO* DE LA FAISABILITE DE DESOBTURATION D'UN CANAL OBTURE AVEC UN NOUVEAU MATERIAU DE LA FAMILLE DES BIOCERAMIQUES (BioRoot RCS®). 2017. 81 p. : ill., graph., tabl. Réf. Biblio. : 51-53

Sous la direction du Dr Stéphane SIMON

Th : Chir Dent. : Paris 7 : 2017

RESUME :

Le but de cette thèse est d'évaluer le temps et la faisabilité de désobturation d'un canal obturé avec un matériau de la famille des biocéramiques (BioRoot RCS®). Pour ce faire, deux groupes de dents obturées au mono-cône avec deux matériaux différents sont comparés: un matériau à base de silicate tricalcique, le BioRoot™ RCS (BRCS) (Septodont, France) versus un matériau à l'oxyde de zinc eugénol (Pulp Canal Sealer (PCS) (Sybron Endo, USA)). L'influence de l'expérience de l'opérateur et le temps de désobturation sont analysés.

Dans un premier temps, un échantillon de 40 dents (120 canaux) en résine DentAlike™ (Dentsply Sirona) répliquant une molaire maxillaire (26) sont mise en forme à 3 mm de la longueur de travail afin de simuler un échec de traitement. L'instrumentation utilisée est le WaveOne® (Dentsply Sirona). L'échantillon initial est divisé en deux groupes. Les dents du groupe A sont obturées avec du BRCS combiné à un cône de Gutta percha (GP), les dents du groupe B sont obturées avec le PCS combiné à un cône de GP. Dans un second temps, 10 dents de chaque groupe ont été désobturées par un spécialiste de l'endodontie et par un praticien non expérimenté. Le temps nécessaire à la désobturation a été enregistré pour chaque sous-groupe et une analyse statistique a été menée. (Test de Mann et Whitney).

Dans une première partie nous étudierons les deux familles de produits utilisés ainsi que les différentes techniques de désobturation ; puis, dans une deuxième partie nous réaliserons une étude expérimentale sur des dents en résine DentAlike™ (Dentsply Sirona).

Les résultats nous permettent de conclure que quel que soit l'expérience de l'opérateur et quel que soit le matériau utilisé, la désobturation est possible.

TITRE en anglais : In vitro evaluation of root canal desobturation when filled with a tricalcium Silicate based material (BioRootRCS).

DISCIPLINE : odontologie conservation-endodontie

MOTS-CLES Français : (dont plusieurs mots Fmesh obligatoires à signaler en tant que tels)

Matériaux biocompatibles (Fmesh) ; matériaux dentaires (Fmesh) ; reprise du traitement (Fmesh) ; obturation de canal radiculaire (Fmesh) ; biocéramiques ; ciment eugénol-oxyde de zinc (Fmesh) ; matériau obturation endocanalaire (Fmesh)

MOTS-CLES Anglais : (dont plusieurs MESH obligatoires à signaler en tant que tels)

Biocompatible materials (Mesh) ; dental materials (mesh) ; retreatment (Mesh) ; root canal obturation (Mesh) ; bioceramics ; zinc oxide eugenol cement (Mesh) ; root canal filling materials (Mesh)
