



HAL
open science

Apport des silicates de calcium en endodontie

Alyzée Briard

► **To cite this version:**

| Alyzée Briard. Apport des silicates de calcium en endodontie . Chirurgie. 2017. dumas-01708454

HAL Id: dumas-01708454

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01708454>

Submitted on 13 Feb 2018

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

Apport des silicates de calcium en endodontie

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 19 décembre 2017

par

BRIARD (AZOU-BRIARD) Alizée

Née le 15 juillet 1991
à Châtenay-Malabry

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président	: Monsieur le Professeur	F. BUKIET
Assesseurs	: Monsieur le Professeur	J. DEJOU
	Monsieur le Docteur	B. JACQUOT
	<u>Madame le Docteur</u>	<u>M. GLIKPO</u>

Apport des silicates de calcium en endodontie

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la

Faculté d'Odontologie de Marseille
(Doyen : Monsieur le Professeur Jacques DEJOU)

Aix Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Yvon BERLAND)

Le 19 décembre 2017

par

BRIARD (AZOU-BRIARD) Alizée

Née le 15 juillet 1991
à Châtenay-Malabry

Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

EXAMINATEURS DE LA THESE :

Président	: Monsieur le Professeur	F. BUKIET
Assesseurs	: Monsieur le Professeur	J. DEJOU
	Monsieur le Docteur	B. JACQUOT
	<u>Madame le Docteur</u>	<u>M. GLIKPO</u>

ADMINISTRATION

(mise à jour décembre 2017)

DOYENS HONORAIRES	Professeur	R. SANGIUOLO
	Professeur	H. ZATTARA
	Professeur	A. SALVADORI
DOYEN	Professeur	J. DEJOU
VICE – DOYEN CHARGÉ DES ENSEIGNEMENTS DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION INITIALE	Professeur	J.D. ORTHLIEB
VICE – DOYEN CHARGÉ DE LA RECHERCHE DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE LA RECHERCHE DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE FORMATION CONTINUE	Professeur	C. TARDIEU
	Professeur	V. MONNET-CORTI
CHARGÉS DE MISSION	Professeur	F. BUKIET
	Professeur	A. RASKIN
RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS	Madame	C. BONNARD
PROFESSEUR ÉMÉRITE	Professeur	O. HUE

LISTE DES ENSEIGNANTS

56^{ème} SECTION : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

56.01 ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE ET ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE

Professeur	C. TARDIEU *	Assistant	I. BLANCHET
Maître de Conférences	D. BANDON	Assistant	V. MAGNAN
Maître de Conférences	A. CHAFAIE	Assistant	N. RENO
Maître de Conférences associé	A. CAMOIN		

ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Maître de Conférences	J. BOHAR	Assistant	M. BARBERO
Maître de Conférences	E. ERARD	Assistant	I. CAMBON
Maître de Conférences	J. GAUBERT	Assistant	L. LEVY
Maître de Conférences	M. LE GALL *	Assistant	R. MATTERA
Maître de Conférences	C. PHILIP-ALLIEZ	Assistant	C. MITTLER
		Assistant	A. PATRIS-CHARRUET

56.02 PRÉVENTION - ÉPIDÉMIOLOGIE - ÉCONOMIE DE LA SANTÉ - ODONTOLOGIE LÉGALE

Professeur	B. FOTI *	Assistant	J. SCIBILIA
Maître de Conférences	D. TARDIVO		

57^{ème} SECTION : CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

57.01 CHIRURGIE ORALE ; PARODONTOLOGIE ; BIOLOGIE ORALE

PARODONTOLOGIE

Professeur	V. MONNET-CORTI *	Assistant	A. BOYER
		Assistant	C. DUMAS
		Assistant	V. MOLL
		Assistant	A. MOREAU

CHIRURGIE BUCCALE – PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE - ANESTHÉSIOLOGIE – RÉANIMATION

Maître de Conférences	D. BELLONI	Assistant	E. QUINQUE
Maître de Conférences	J. H. CATHERINE *		
Maître de Conférences	P. ROCHE-POGGI		
Maître de Conférences associé	F. CAMPANA		

BIOLOGIE ORALE

Maître de Conférences	P. LAURENT	Assistant	C. LE FOURNIS
-----------------------	------------	-----------	---------------

65^{ème} SECTION : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeur	I. ABOUT *	(Responsable de la Biologie orale)	
------------	------------	------------------------------------	--

58^{ème} SECTION : REHABILITATION ORALE
--

58.01 RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTION-DYSFONTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX

ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Professeur	F. BUKIET *	Assistant	B. BALLESTER
Professeur	H. TASSERY	Assistant	H. DE BELENET
Maître de Conférences	G. ABOUDHARAM	Assistant	A. FONTES
Maître de Conférences	C. PIGNOLY	Assistant	M. GLIKPO
Maître de Conférences	L. POMMEL	Assistant	S. MANSOUR
Maître de Conférences	E. TERRER	Assistant	L. ROLLET
Maître de Conférences associé	M. GUIVARC'H		

PROTHÈSE

Professeur	M. RUQUET *	Assistant	M. DODDS
Maître de Conférences	G. LABORDE	Assistant	N. CHAUDESAYGUES
Maître de Conférences	M. LAURENT	Assistant	A. FERDANI
Maître de Conférences	B.E. PRECKEL	Assistant	C. MENSE
Maître de Conférences	G. STEPHAN	Assistant	C. NIBOYET
Maître de Conférences	P. TAVITIAN	Assistant	A. REPETTO
Maître de Conférences	A. TOSELLO	Assistant	A. SETTE
Maître de Conférences associé	R. LAN		
Maître de Conférences associé	G. MAILLE		

SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTOLOGIE, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Professeur	J. DEJOU	Assistant	M. JEANY
Professeur	J. D. ORTHLIEB *		
Professeur	A. RASKIN		
Maître de Conférences	A. GIRAUDEAU		
Maître de Conférences	B. JACQUOT		
Maître de Conférences	J. P. RÉ		
Maître de Conférences associé	T. GIRAUD		

A Monsieur le Professeur Frédéric BUKIET,

Merci d'avoir accepté de présider ce Jury. Veuillez trouver ici l'expression de notre admiration pour votre activité et votre pédagogie, et de notre reconnaissance pour votre regard scientifique et clinique porté à ce travail.

A Monsieur le Professeur Jacques DEJOU,

Merci de nous faire l'honneur de siéger au sein de ce Jury. Recevez ici l'expression de nos sincères remerciements et de notre profonde gratitude pour votre confiance, votre patience et votre écoute dans notre parcours aussi bien à la faculté qu'au pavillon dentaire.

A Monsieur le Docteur Bruno JACQUOT,

Vous nous faites l'honneur de participer à ce Jury de thèse.

Veillez trouver ici l'expression de notre profonde considération et nos remerciements pour l'intérêt porté à ce travail.

A Madame le Docteur Marielle GLIKPO,

Vous nous avez fait l'honneur de diriger ce travail. Trouvez ici notre sincère reconnaissance et notre admiration pour votre implication personnelle d'une grande qualité, pour le temps que vous y avez consacré, ainsi que pour votre patience et votre perfectionnisme qui nous ont permis de réaliser ce travail.

Table des matières :

INTRODUCTION.....	1
I- RAPPELS ET DEFINITIONS SUR LES SILICATES DE CALCIUM UTILISES EN ENDODONTIE	2
1. Définition d'un ciment.....	2
2. Définition d'une « céramique »	2
3. Définition d'une « biocéramique »	3
4. Chronologie d'apparition et composition des ciments silicates de calcium	3
II- PRESENTATION DES CIMENTS DE SCHELLEMENT A BASE DE SILICATE DE CALCIUM ET DE LEURS PRINCIPALES PROPRIETES	5
1. Composition.....	5
2. Formes galéniques, réaction de prise et caractéristiques d'utilisation	7
3. Propriétés biologiques et physico-chimiques	9
3.1 Propriétés biologiques	9
3.2 Propriétés physico-chimiques.....	13
III- APPLICATIONS CLINIQUES DES CIMENTS DE SCHELLEMENT A BASE DE SILICATE DE CALCIUM	30
1. Perforations radiculaires apicales	30
2. Résorptions internes non perforantes.....	33
3. Obturation orthograde.....	34
4. Discussion.....	36
4.1 Ergonomie d'utilisation : technique d'obturation mono-cône.....	36
4.2 Possibilité de réintervention.....	37
4.3 Impact économique.....	38
CONCLUSION.....	39
BIBLIOGRAPHIE	I

Table des illustrations :

Figure 1: Tableau récapitulatif des compositions du ciment de Portland, du MTA, et de la Biodentine®	4
Figure 2: Tableau des ciments de scellement "biocéramiques"	5
Figure 3: Endosequence BC sealer de Brasseler (Savannah, GA, USA).....	6
Figure 4: Réaction d'hydratation des ciments à base de silicates di et tricalciques au contact de l'eau	7
Figure 5: Réaction de précipitation des ciments à base de silicates di et tricalciques	8
Figure 6: BC Points™	8
Figure 7: Angle de contact moyen d'eau stérile sur différents ciments	14
Figure 8: Viscosité des différents ciments testés. Tests réalisés à différentes vitesses d'injection (72mm/min, 10mm/min, 5mm/min) à une température de 23°C ± 2°C).....	15
Figure 9: A gauche : Obturation avec IRoot SP (Innovative Bioceramix) et condensation continue. A droite: Obturation avec IRoot SP (Innovative Bioceramix) et technique mono-cône	17
Figure 10: Temps de prise et de travail de quelques nouveaux ciments de scellement à base de silicate de calcium.....	19
Figure 11: Images reconstruites en 3D par micro-tomodensitométrie assistée par ordinateur	29
Figure 12: Retraitement d'une 46 présentant des perforations au niveau du plancher et latérales.....	31
Figure 13: Retraitement endodontique de la 17 présentant une perforation mésiale apicale accompagnée d'une extrusion d'hydroxyde de calcium	32
Figure 14: Evolution jusqu'à un an de la lésion radioclaire de trois incisives mandibulaires suite à un retraitement à l'Endosequence BC sealer (Brasseler) et gutta-percha, associé à la mise en place de tenons fibrés et résine composite coronairement	34

APPORT DES SILICATES DE CALCIUM EN ENDODONTIE

INTRODUCTION :

Le traitement et la prévention des infections pulpaire et péri-apicales passent par le traitement endodontique canalaire dont l'objectif premier est d'éliminer la charge bactérienne présente ou de maintenir un milieu aseptique (1,2).

Selon Schilder, le succès du traitement endodontique repose sur le respect de la triade endodontique : désinfection, mise en forme, obturation (3).

Aujourd'hui la gutta-percha est le matériau d'obturation le plus largement utilisé. Non irritante et non résorbable, elle ne crée cependant pas d'adhésion avec la dentine. Son association avec un ciment est donc nécessaire pour permettre un scellement hermétique et tridimensionnel du réseau canalaire (4). L'étanchéité de cette obturation est essentielle car elle isole l'endodonte et crée une barrière contre le passage des bactéries (5-8).

Depuis plusieurs années déjà, les silicates de calcium se révèlent très utiles dans de nombreuses situations cliniques endodontiques ou restauratrices (9).

Dérivée du ciment de Portland et dans la continuité du Mineral Trioxide Aggregate (MTA) et de la Biodentine® (Septodont), une nouvelle génération de ciments à base de silicate de calcium, véritables ciments de scellement d'obturation canalaire, est mise sur la marché (10).

L'objectif de cette thèse sera de dégager de la littérature scientifique les éléments permettant de définir les avantages et les inconvénients de l'utilisation de ces ciments de scellement et de déterminer les thérapeutiques endodontiques dans lesquelles ils peuvent être utilisés.

Nous ferons dans un premier temps un rappel sur les silicates de calcium, présenterons ensuite les nouveaux ciments de scellement à base de silicate de calcium et leurs principales propriétés, pour en dégager dans un dernier temps leurs indications cliniques majeures.

I- RAPPELS ET DEFINITIONS SUR LES SILICATES DE CALCIUM UTILISES EN ENDODONTIE

1. Définition d'un « ciment »:

Par définition, un ciment est un « matériau pulvérulent formant avec l'eau une pâte plastique qui fait prise et se solidifie en une matière dure et compacte ». Par analogie, un ciment symbolise « toute matière liante compacte ».

Il existe de nombreux liants appelés « ciments » dont la majorité sont principalement composés d'un mélange d'alumine, de silice et d'eau comme le ciment de Portland (11).

2. Définition d'une « céramique » :

Les céramiques sont des matériaux dont l'organisation cristalline peut varier d'une structure très ordonnée à une structure amorphe vitreuse (11).

Les céramiques dites « techniques » sont des composés non hydratés préparés à partir d'oxydes (oxydes d'aluminium, oxyde de zirconium, ou oxyde de silicium dit « silicate »,...), de non oxydes (carbures, nitrures, borures, phosphates,...) ou d'un mélange des deux (« composites » : oxydes + non oxydes).

Le procédé classique de fabrication de pièces en céramique est le frittage qui inclut une phase de compaction et une phase de cuisson.

Les ciments à base de silicate de calcium, sont souvent appelés « ciments biocéramiques », car leurs compositions les classent dans la catégorie des céramiques.

Cependant ils ne rentrent pas dans la catégorie des céramiques dites « massives » (par ailleurs très utilisées en dentisterie pour les couronnes par exemple) car celles-ci nécessitent un frittage à haute température pour l'obtention de hautes propriétés.

Ces ciments se sont considérablement développés en tant que biomatériaux ces dernières années.

3. Définition d'une « biocéramique » :

Un biomatériau est une « matière destinée à être implantée dans un organisme vivant pour remplacer un organe ou un tissu » (12).

Ce terme évoque donc les matériaux susceptibles d'être utilisés en milieux biologiques sans engendrer de nécrose ou d'irritation des tissus. Ils peuvent être métalliques, plastiques, en verre ou céramiques.

De ce fait les céramiques spécifiquement conçues pour le secteur médical et dentaire sont appelées « biocéramiques ». Elles incluent : l'alumine, la zircone, les verres bioactifs, les verres ionomères, les composites, les hydroxyapatites, les phosphates de calcium résorbables, les silicates de calcium et les verres de radiothérapie. S'il apparaît évident que l'alumine ou la zircone (céramiques « massives ») sont préférentiellement utilisées en prothèse, c'est sous la forme de matériaux de liaison à base de phosphate de calcium et de silicate de calcium (ciments) que les « biocéramiques » sont utilisées en endodontie.

4. Chronologie d'apparition et composition des ciments silicates de calcium :

En 1993, apparaît le Mineral Trioxide Aggregate (MTA) (13).

Dérivé du ciment de Portland, c'est un mélange de silicate de calcium, d'aluminate tricalcique, de gypse, et d'aluminoferrite tetracalcique, auquel est ajouté de l'oxyde de bismuth en tant que radio-opacifiant (14,15).

En 1997, suite à de nombreuses études précliniques concluantes, la Food and Drug Administration (FDA) autorise l'utilisation du MTA chez l'homme dans les cas de chirurgie apicale endodontique, coiffage pulpaire et réparation de perforation (14,16).

En 2010, l'apparition de la Biodentine® (Septodont, Saint Maur des Fossés, France) (17) en tant que substitut dentinaire et contenant des silicates di et tricalciques, accélère l'intérêt de la communauté odontologique pour ces biomatériaux. Dans sa continuité, on voit apparaître aujourd'hui sur le marché une nouvelle génération de ciments de scellement à base de silicate de calcium appelés « sealer ».

Matériau	Composition
Ciment de Portland	mélange de : Silicate de calcium Aluminate de calcium Aluminoferrite de calcium Sulfate de calcium (10) Oxyde de calcium (15,18) Egalement quelques impuretés métalliques dues aux roches dont sont extraits les composants
MTA	75% en poids de ciment de portland 20% en poids d'oxyde de bismuth (Bi_2O_3) 5% en poids de gypse ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) (10)
Biodentine®	<u>Poudre</u> : Silicates tricalciques principalement Silicates dicalciques Carbonate de calcium et oxyde Oxyde de fer Oxyde de zirconium (radio-opacifiant) <u>Liquide</u> : Chlorure de calcium Polymère hydrosoluble

Figure 1: Tableau récapitulatif des compositions du ciment de Portland, du MTA, et de la Biodentine®

Compte tenu de leur composition, les ciments endodontiques tels que le MTA, la Biodentine® (Septodont, Saint-Maur des Fossés, France) et leurs dérivés actuels sont appelés « ciments biocéramiques » et à plus forte raison, « ciments silicates de calcium ».

Aujourd'hui, la nouveauté est l'apparition au sein de cette catégorie, de véritables ciments de scellement utilisés pour l'obturation canalaire.

Pour éviter toute confusion, la littérature anglophone montre bien la différence entre ces ciments de scellement appelés « bioceramic **sealers** » et les ciments « biocéramiques » tels que le MTA désignés « bioceramic **cements** ».

II- PRESENTATION DES CIMENTS DE SCHELLEMENT A BASE DE SILICATE DE CALCIUM ET DE LEURS PRINCIPALES PROPRIETES

1. Composition :

Libres de toute trace de métaux (19,20), les ciments de scellement « biocéramiques » se composent essentiellement de silicates di ou tricalciques, de phosphate de calcium, d'hydroxyde de calcium, et d'oxyde de zirconium en tant que nouveau radio-opacifiant, exceptés pour le MTA Fillapex (Angelus) et le ProRoot canal sealer (Dentsply) dont les compositions sont très similaires au MTA.

On distingue aujourd'hui 6 principaux ciments de scellement « biocéramiques » :

Nom commercial	Laboratoire	Composition
Endosequence BC sealer	Brasseler	Silicates de calcium Silicates di et tricalciques Phosphate de calcium Hydroxyde de calcium Oxyde de zirconium
Totalfill BC sealer	FKG	Silicates de calcium Silicates di et tricalciques Phosphate de calcium Hydroxyde de calcium Oxyde de zirconium Oxyde de tantale
IRoot SP	Innovative bioceramix	Silicates de calcium Silicates di et tricalciques Phosphate de calcium Hydroxyde de calcium Oxyde de zirconium
MTA Fillapex	Angelus	Dérivé MTA Trioxycide de bismuth Résines Silice Pigments
BioRoot RCS	Septodont	<u>Poudre</u> : Silicates tricalciques Oxyde de zirconium Polymère hydrophile (adhésion) <u>Liquide</u> : eau et chlorure de calcium
ProRoot canal sealer	Dentsply	<u>Poudre</u> : Silicates di et tricalciques Oxyde de bismuth Sulfate de calcium, Aluminate tricalcique (faible) <u>Liquide</u> : Polymères hydrosolubles

Figure 2: Tableau des ciments de scellement "biocéramiques"

- Endosequence BC sealer de Brasseler (Savannah, GA, USA) composé d'oxyde de zirconium, de silicates de calcium, de silicates di ou tricalciques, de phosphate de calcium, d'hydroxyde de calcium et d'agents épaississants (21).



Figure 3: Endosequence BC sealer de Brasseler en seringue (Savannah, GA, USA)

- son équivalent français TotalFill BC sealer de FKG (Suisse) composé des mêmes constituants auxquels est ajouté de l'oxyde de tantale en tant que radio-opacifiant supplémentaire
- IRoot SP (Innovative Bioceramix Inc., Vancouver, Canada) de même composition que l'Endosequence BC sealer (Brasseler) et le Totalfill BC sealer (FKG) (21)
- MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brésil) dérivé du MTA original et composé de trioxyde de bismuth, de différentes résines, de nanoparticules de silice et de pigments (16,21)
- BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, France), ciment de scellement biocéramique récent, basé exclusivement sur le silicate tricalcique avec une absence totale d'aluminate ou de sulfate de calcium. Sa poudre contient également de l'oxyde de zirconium et un polymère hydrophile favorisant l'adhésion. Sa partie liquide contient de l'eau, ainsi que du chlorure de calcium comme accélérateur de prise et un réducteur d'eau (15,22)
- ProRoot canal sealer (peu retrouvé dans la littérature) (Dentsply, Tulsa, Dental Specialties) présenté sous une forme poudre/liquide, avec d'une part une solution aqueuse de polymères hydrosoluble et de l'autre une poudre composée de silicates di et tricalciques, d'oxyde de bismuth, de sulfate de calcium, et d'une faible quantité d'aluminate tricalcique (21).

2. Formes galéniques, réaction de prise et caractéristiques d'utilisation :

Les ciments « biocéramiques » silicates de calcium sont disponibles sous trois formes :

- une forme fluide, pré-mélangée et injectable (Endosequence BC sealer, Totalfill BC sealer, IRoot SP et MTA Fillapex)
- une forme « poudre + liquide » à mélanger (BioRoot RCS, ProRoot canal sealer)
- une forme pré-mélangée plus pâteuse dite « putty » en pot (Totalfill RRM, Endosequence RRM, IRoot BP +) ou en seringue (Fast Set Putty RRM de Endosequence et Totalfill, IRoot FS) (23).

La forme « putty » est destinée aux procédures dites de réparation radiculaire (apexifications, résorptions, perforations, chirurgie rétrograde) et au coiffage pulpaire (24).

Les autres formes sont dites « sealer » et correspondent à des ciments de scellement d'obturation canalaire qui peuvent être utilisés seuls ou avec de la gutta-percha.

Les ciments sous forme pré-mélangée, sont de consistance parfaitement uniforme et ne requièrent aucune préparation manuelle ce qui confère un avantage non négligeable à leur utilisation. Ils peuvent être stockés à température ambiante et leur durée de vie est estimée à deux ans d'après les fabricants (23). Ils présentent également l'avantage de produire moins de déchets, donc plus d'économie matérielle (23). En seringue, ils sont vendus avec des embouts de petits diamètres.

Une fois placé, le matériau absorbe l'eau contenue dans les tubules dentinaires et entame ainsi sa réaction de prise: une réaction d'hydratation des silicates di et tricalciques pour former un gel de silicate de calcium hydraté et de l'hydroxyde de calcium.

En parallèle cet hydroxyde de calcium réagira avec le phosphate de calcium du milieu pour former de l'hydroxyapatite et de l'eau (réaction de précipitation), qui permettra de nouveau la réaction d'hydratation des silicates (24–26).

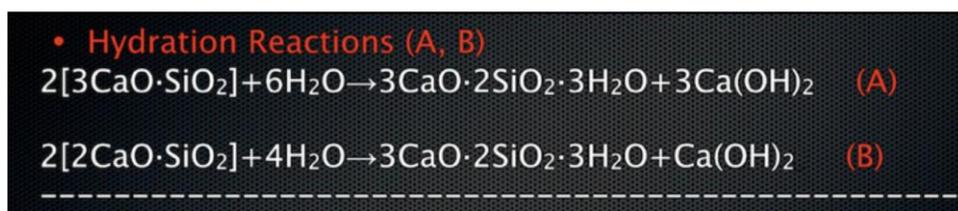


Figure 4: Réaction d'hydratation des ciments à base de silicates di et tricalciques au contact de l'eau (27)



Figure 5: Réaction de précipitation des ciments à base de silicates di et tricalciques (27)

Pour obtenir une obturation canalaire répondant aux objectifs biologiques et mécaniques de Schilder, le canal doit être préalablement préparé et irrigué par les techniques endodontiques standards.

Selon les techniques recommandées par les fabricants, le « sealer » doit être, dans un premier temps, injecté uniquement au niveau du tiers coronaire. On peut utiliser ensuite une lime manuelle de 15/100mm de diamètre (normes ISO), un cône de papier maintenu à l'envers, ou un lentulo pour étaler le ciment sur les parois. Puis un maître cône est inséré avec une fine couche de ciment jusqu'à l'apex.

Des cônes de gutta percha standards peuvent être utilisés, mais pour une utilisation optimale certaines marques mettent à disposition des assortiments de cônes préformés ainsi que des cônes accessoires recouverts de nanoparticules de « biocéramique » (24).



Figure 6: BC Points™ : ils sont disponibles en tailles individuelles et en roues d'assortiment. BC Pellets™ est également disponible pour une obturation verticale chaude. La gutta percha standard peut être utilisée, mais pour un scellement sans espace, BC Points est recommandé

3. Propriétés biologiques et physico-chimiques :

3.1 Propriétés biologiques :

Parmi les propriétés biologiques des ciments « biocéramiques » à base de silicate de calcium, on retrouve : leur biocompatibilité, leur bioactivité associée à la stimulation d'une réaction de biominéralisation, ainsi que leur activité antibactérienne.

3.1.1 Biocompatibilité :

La biocompatibilité est définie comme la capacité d'un matériau à remplir une fonction spécifique avec une réponse appropriée de l'hôte (21,28).

Un matériau est donc dit « biocompatible » lorsqu'il est capable de remplir sa fonction sans effets adverses sur l'environnement biologique dans lequel il est appelé à fonctionner (29) .

Selon le classement des biomatériaux, les biomatériaux dentaires doivent subir des tests de génotoxicité, cytotoxicité, sensibilisation et implantation pour être considérés comme biocompatibles ou non (30).

Plusieurs études concernant la cytotoxicité des ciments « biocéramiques » sont présentes dans la littérature et obtiennent les résultats suivants :

- in vitro, en contact avec des fibroblastes humains ou de souris, IRoot SP (Innovative Bioceramix) présente une cytotoxicité modérée (entre 40 et 60% de cellules viables) quand le matériau est fraîchement mixé ou juste après la prise, mais celle-ci diminue jusqu'à devenir nulle 7 jours après la prise complète du matériau (21,31–34) et dépend grandement de la concentration utilisée.
- dans d'autres études, Endosequence BC sealer (Brasseler) montre une légère toxicité (pourcentage de cellules viables supérieur à 90 %) qui réduit au cours de la prise complète du matériau jusqu'à être considérée comme relativement nulle au bout de 3-4 jours (21,32,34,35).
- BioRoot RCS (Septodont) semble présenter la plus basse cytotoxicité des ciments de scellement endodontique à base de silicate de calcium et celle-ci n'évolue pas au cours de la prise du matériau (36,37).
- concernant le MTA Fillapex (Angelus) , de nombreuses études (34,38–41) ont démontré qu'il a une forte cytotoxicité initiale notamment envers les cellules fibroblastiques et ostéoblastiques, plaçant ainsi son pourcentage de cellules vivantes au plus bas de tous les ciments « biocéramiques » de nouvelle génération (36,42). Ceci est la possible conséquence de la libération de plomb lors de la prise (38) et de la présence de résine salicylate dans ce matériau (16,21,41–43).

D'après la majorité des études, la biocompatibilité des ciments de scellement « biocéramiques » est directement attribuée à la présence de phosphate de calcium dans leur composition (21,31). Le phosphate de calcium étant le principal constituant inorganique des tissus durs dentaires et osseux, il permet aux ciments « biocéramiques » qui en contiennent d'être biocompatibles au milieu canalaire mais également d'engendrer une régénération osseuse (grâce à la formation d'hydroxyapatite en présence d'hydroxyde de calcium) (21,31). Ceci peut s'avérer très utile dans les cas de perforations canalaires et sous-entend son caractère inoffensif en cas de dépassement au-delà de l'apex, lors de l'obturation (44,45).

Il est important de noter que la cytotoxicité in vitro n'est pas nécessairement significative cliniquement, comme c'est le cas pour les ciments à base de zinc eugénol, et que les ciments à base de silicate de calcium présentent une certaine cytotoxicité in vitro, tolérée en situation clinique (21,31–33,35–41,43,46–62).

Cependant, comme le recommandent les normes ISO, des tests supplémentaires de génotoxicité, ainsi que de sensibilisation et d'implantation sont nécessaires pour établir de manière plus générale le réel potentiel biocompatible de ces matériaux (33).

3.1.2 Bioactivité et stimulation de la réaction de biominéralisation :

Selon la conférence de consensus ESB de 1987 (63), un matériau bioactif est « un matériau qui a été conçu pour induire une activité biologique spécifique ».

Au fil du temps, la définition change et selon Kokubo et Takadama, un matériau bioactif est devenu « un matériau sur lequel l'hydroxyapatite osseuse se formera sélectivement » (64,65).

Comme énoncé précédemment, dans le cas des ciments de scellement « biocéramiques », l'humidité dentinaire va permettre d'entamer la réaction d'hydratation. De cette réaction d'hydratation découlera la libération d'hydroxyde de calcium et la formation de nouvelles structures d'hydroxyapatite au contact du phosphate de calcium environnant. Ces structures d'apatite formeront une nouvelle interface entre le matériau et la dentine (42,66,67).

Plusieurs études ont évalué la bioactivité de ces ciments « biocéramiques » en analysant la formation de cristaux d'hydroxyapatite à l'interface ciment-dentine et l'expression des gènes et protéines de la minéralisation au sein de cellules dentaires humaines :

- IRoot SP (Innovative Bioceramix) engendre l'augmentation de l'expression des gènes COL-1, OCN, BSP (respectivement le collagène type I, l'ostéocalcine et la sialoprotéine osseuse : protéines de la matrice

organique du tissu osseux) (62) et DSPP (sialophosphoprotéine dentaire) (68), et des protéines COL-1 et BSP (62). IRoot SP (Innovative Bioceramix) induit donc la différenciation en odontoblastes des cellules souches (16,62,68) découlant sur une biominéralisation à l'interface dentine-ciment. Les dépôts de tissus minéralisés au contact d'IRoot SP (Innovative Bioceramix) semblent moins nombreux qu'en présence de MTA, mais sont plus durs et de meilleure qualité (16).

- BioRoot RCS (Septodont) induit une sécrétion de facteurs de croissance angiogéniques et ostéogéniques au sein des fibroblastes du ligament parodontal (37)
- Endosequence BC sealer (Brasseler), dans une autre étude, libère des ions calcium, phosphate et silicate en faveur de la formation d'apatite, mais en quantité moindre et moins profondément que le MTA et la Biodentine® (Septodont) (69).
- MTA Fillapex (Angelus) aurait la capacité de stimuler les sites de nucléation pour la formation de cristaux d'apatite dans les cultures cellulaires de type ostéoblaste humain (34). Cependant, dans deux autres études (50,70), MTA Fillapex (Angelus) implanté dans le tissu conjonctif sous-cutané de rats a provoqué une réaction inflammatoire sévère à 60 et 90 jours, avec présence de macrophages et de lymphocytes. A l'inverse, Gomes-Filho et al. (49) ont signalé des réactions favorables du tissu conjonctif de rat avec MTA Fillapex (Angelus), démontrant ainsi des propriétés de biocompatibilité et de minéralisation. Tout comme, Assmann et al. (71) qui ont observé une diminution de la réponse inflammatoire dans le tissu osseux lors de l'utilisation de ce ciment de scellement « biocéramique ». Les résultats contradictoires entre les études sont probablement liés à des différences dans les procédures expérimentales et à la classification de l'intensité de la réponse de l'hôte (70).

Les études de Wang et al. et de nombreuses observations microscopiques ont également permis d'identifier visuellement le phénomène de biominéralisation de ces ciments de scellement « biocéramiques » (16).

En conclusion, il apparaît que les ciments de scellement « biocéramiques », stimulent une réaction de biominéralisation au niveau de l'interface ciment-dentine (et dans certains cas au niveau de l'interface ciment-os) en induisant une formation de cristaux d'hydroxyapatite associée à une augmentation de l'expression de gènes et protéines responsables de la minéralisation, au sein des cellules dentaires.

3.1.3 Propriété antibactérienne :

Le mot « antibactérien » (du latin *anti* : « contre » et *bacteria* : « bactérie ») qualifie tout ce qui sert à lutter contre les bactéries, soit en les tuant (bactéricide), soit en empêchant leur développement (bactériostatique).

Nous savons que la mise en forme et l'irrigation, lors d'un traitement endodontique, réduisent considérablement la charge bactérienne présente dans le réseau canalaire mais n'élimine pas la totalité des bactéries : en effet, selon Nair et al. (6), des micro-organismes persistent dans les tubules dentinaires ainsi que les canaux latéraux et les ramifications apicales.

L'activité antimicrobienne du ciment d'obturation a donc un rôle contre les bactéries intra radiculaires mais aussi dans la prévention de la réinfection (1,21,72).

Parmi les bactéries persistantes, on retrouve souvent *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*). Cette bactérie est donc communément utilisée pour tester le pouvoir antibactérien des ciments (73,74).

On sait d'*E. faecalis* qu'il ne résiste pas dès un pH alcalin de 11. L'analyse du pH pendant la prise est donc un bon moyen pour prédire l'effet antimicrobien d'un matériau (75).

Des tests de diffusion sur gélose (agar) et des tests de contact direct entre les micro-organismes et le matériau testé permettent aussi de mettre en avant un effet antibactérien (21).

Zhang et al.(76) évaluent ainsi l'activité antibactérienne de IRoot SP (Innovative Bioceramix). IRoot SP (Innovative Bioceramix) présente un pH élevé d'une valeur de 11,5 ce qui lui confère un effet antibactérien lorsque l'échantillon est frais. Cet effet diminue dès les premiers jours de prise jusqu'à devenir nul après une semaine. Cette étude révèle aussi que le caractère hydrophile et la diffusion d'ions hydroxyde améliorent l'efficacité antibactérienne d'IRoot SP (Innovative Bioceramix), lui permettant d'accéder aux zones les plus difficiles du réseau canalaire.

Morgental et al.(77) se sont penchés sur l'effet antibactérien de MTA Fillapex (Angelus). Leurs études démontrent que malgré un pH élevé (environ 10,5), l'activité antibactérienne de MTA Fillapex (Angelus) n'est pas maintenue après la prise du matériau (77,78). La résine libérée par MTA Fillapex (Angelus) pourrait jouer un rôle dans la destruction temporaire de *E. Faecalis* (43).

Wang et al. (79) ont étudié l'activité antibactérienne d'Endosequence BC sealer (Brasseler) sur *E. faecalis*. Endosequence BC sealer (Brasseler) a montré un pH

entre 10,30 et 11,20 (80) et une activité antibactérienne continue, qui augmente même après 30 jours (79). Cet effet prolongé serait dû à la libération de composants (notamment des ions calcium et hydroxyde de calcium) dans les tubules dentinaires, lors de la prise du matériau (79,80).

D'autres micro-organismes ont également été testés pour démontrer l'effet antibactérien des ciments de scellement « biocéramiques » (21,81,82).

L'ensemble des études révèlent donc un vrai pouvoir antimicrobien initial des ciments de scellement « biocéramiques » dans des conditions d'infection dentinaire standard. Il apparaît que ces ciments ont une action antibactérienne (particulièrement contre *E. faecalis*), par combinaison de leur pH alcalin (aux alentours de 11), de leur caractère hydrophile et de la libération de composants minéraux (76).

Cependant, cette action semble limitée dans le temps, excepté pour Endosequence BC sealer (Brasseler) qui maintient son pouvoir antibactérien jusqu'à 30 jours après sa prise du fait de sa plus forte libération d'ions minéraux (79).

3.2 Propriétés physico-chimiques :

3.2.1 Propriétés de scellement :

3.2.1.1 Mouillabilité / « Flow » :

La mouillabilité est une propriété essentielle puisqu'elle permet au ciment d'obturation de pénétrer des zones difficiles d'accès telles que les canaux accessoires, les isthmes, et d'éviter les vides entre le maître cône et les cônes accessoires ou toutes autres irrégularités du réseau canalaire (16,21,80).

Les facteurs connus influençant cette propriété sont entre autres: la taille des particules (plus les particules sont petites, plus grande est la mouillabilité) (83), la température et le temps de préparation (84,85).

Aujourd'hui, la mouillabilité minimum requise pour les ciments canalaires, par les recommandations ISO, est de 20 mm (30). Une mouillabilité excessive aurait pour conséquence de diffuser au-delà de l'apex ce qui risquerait de causer des dommages péri-apicaux (80).

La mouillabilité d'Endosequence BC sealer (Brasseler) varie de $26,96 \pm 0,68$ mm, au-delà des recommandations ISO demandées, en étant tolérée (80).

Camilleri et al. (86), montrent que BioRoot RCS (Septodont) présente une mouillabilité (aux alentours de 16 mm donc inférieure à 20 mm) ainsi qu'une épaisseur de film (supérieure à 50 μm) toutes les deux non conformes aux normes ISO 6876 (30).

Cette non-conformité serait cependant bien tolérée concernant ce récent ciment silicate tricalcique, car il se lie à la dentine principalement grâce à sa bioactivité. Ainsi, former un film plus épais ne compromet pas la capacité du remplissage du canalaire.

L'étude de Zhang et al. (76), analysant l'angle de contact du ciment avec de l'eau stérile pour prédire la mouillabilité de celui-ci face à l'humidité dentinaire, a prouvé qu'IRoot SP (Innovative Bioceramix) a un angle de contact, beaucoup plus faible que les autres ciments canalaires testés. Plus l'angle de contact est faible, plus le ciment est alors en contact avec le milieu. IRoot SP (Innovative Bioceramix) montre donc une forte capacité d'étalement au contact de l'eau stérile et donc à priori face la dentine radiculaire humide.

Sealer	Fresh	1 Day	3 Days	7 Days
iRootSP	25	<5	<5	<5
Epiphany non-light-cured	50	40	35	35
EndoRez non-light-cured	50	40	37	37
AH Plus	66	80	83	83
Apexit Plus	75	80	80	83
Tubli Seal	45	80	80	83
Sealapex	80	90	88	75

Figure 7: Angle de contact moyen d'eau stérile sur différents ciments (76)

Les trois ciments de scellement « biocéramiques » à base de silicate de calcium étudiés (Endosequence BC sealer de Brasseler, IRoot SP de Innovative Bioceramix et BioRoot RCS de Septodont) donnent tous des mouillabilités conformes voire supérieures aux normes ISO demandées. Cette forte mouillabilité s'explique en partie grâce à leurs particules de petites tailles et à leur caractère hydrophile attiré par l'eau des tubules dentinaires, qui leur permettent de s'infiltrer dans tous les aspects du réseau canalaire. De plus, ces ciments présentent une telle biocompatibilité avec les tissus environnants qu'un excès de ciment dans le péri-apex lié à une mouillabilité excessive serait sans conséquences délétères.

Cette forte mouillabilité et la création de nouveaux cônes de gutta percha possédant un revêtement auquel les ciments « biocéramiques » vont adhérer, permettraient de former une obturation mono-bloc tridimensionnelle.

3.2.1.2 Viscosité :

Lorsque l'on parle de viscosité il est important de définir ce qu'est la rhéologie. La rhéologie est l'étude des changements de forme et de l'écoulement de la matière, comprenant l'élasticité, la viscosité et la plasticité (87,88) .

Les données rhéologiques nous aident à comprendre les fluides et à prédire leur comportement.

La viscosité peut être définie comme l'ensemble des phénomènes de résistance à l'écoulement se produisant dans la masse d'une matière, pour un écoulement uniforme et sans turbulence. Plus la viscosité augmente, et plus la capacité du fluide à s'écouler facilement diminue (87,88) .

Dans notre cas, la viscosité va permettre de quantifier les propriétés rhéologiques des ciments endodontiques et ainsi de prédire leur capacité d'écoulement, un des facteurs déterminant la réussite de l'obturation (89).

Il existe de nombreuses techniques différentes pour mesurer la viscosité, chacune adaptée à des cas et matériaux spécifiques.

Zhou et al.(90) ont étudié la viscosité de ciments endodontiques à différentes rapidités d'injection (en mm/min) en utilisant un viscosimètre à capillaire avec une seringue pour simuler les canaux de l'endodonte.

Cette expérience démontre que la viscosité des ciments testés augmente lorsque la vitesse d'injection diminue (vitesse d'injection la plus lente : 5mm/min).

Comme on peut le voir sur le graphique suivant, les deux ciments de scellement à base de silicate de calcium Endosequence BC sealer (Brasseler) et MTA Fillapex (Angelus) ont les deuxième et troisième plus fortes viscosités des ciments testés derrière le Pulp canal sealer (ciment à base d'oxyde de zinc-eugénol).

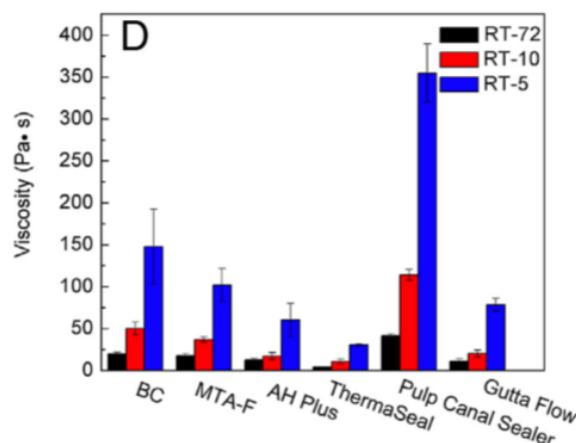


Figure 8: Viscosité des différents ciments testés. Tests réalisés à différentes vitesses d'injection (72 mm/min, 10 mm/min, 5 mm/min) à une température de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (90)

Cette étude conclue également que ces ciments ont un comportement pseudoplastique.

Par définition un fluide de type pseudoplastique présente une viscosité décroissante lorsque le taux de cisaillement augmente. Ce cisaillement est présent et augmenté, quand le fluide est « physiquement déplacé » comme par exemple lorsqu'il est versé, pulvérisé ou compacté.

C'est-à-dire que la viscosité diminue et que la capacité d'écoulement augmente lorsque le taux de cisaillement augmente lors de la compaction par exemple (90).

Une étude de Pitt Ford et al. (89) a également montré que la viscosité des ciments endodontiques dépendait du débit volumétrique lui-même dépendant du diamètre des capillaires, ainsi que du rapport poudre/liquide du mélange. De plus, la présence de boue dentinaire en situation clinique, modifierait également in vivo la mesure de la viscosité.

En conclusion, les nouveaux ciments à base de silicate de calcium testés ont une viscosité forte, mais celle-ci diminue quand la vitesse d'injection augmente (90).

Ils ont aussi un comportement pseudoplastique, avec une viscosité qui diminuerait lors de la compaction, facilitant l'écoulement. Mais cette viscosité peut être modifiée en situation clinique par l'étranglement des canaux à obturer, la présence ou non de boue dentinaire et le rapport poudre/liquide du ciment utilisé (89).

3.2.1.3 Etanchéité (absence de microfuites) :

Pour cette propriété, la littérature recense quelques études sur la forme « sealer »:

- Zhang et al. (91) et Ersahan et al. (92), en utilisant une méthode de filtration des fluides et deux méthodes d'obturation (91), démontrent qu'IRoot (Innovative Bioceramix) ne présente aucune différence significative d'étanchéité apicale par rapport au ciment résineux existant AH + (Dentsply) et que cette différence non significative n'est pas modifiée par le temps (91).
- Viapiana et al. (67), montrent microscopiquement qu'une obturation au ciment silicate tricalcique BioRoot RCS (Septodont) présente un pourcentage de vides supérieur à celle avec le ciment résineux AH+ (Dentsply). Cependant le modèle de pénétration et d'interaction de

BioRoot RCS (Septodont) avec les murs dentinaires est différent, de sorte que ces deux ciments ne diffèrent pas dans leur capacité de scellement finale.

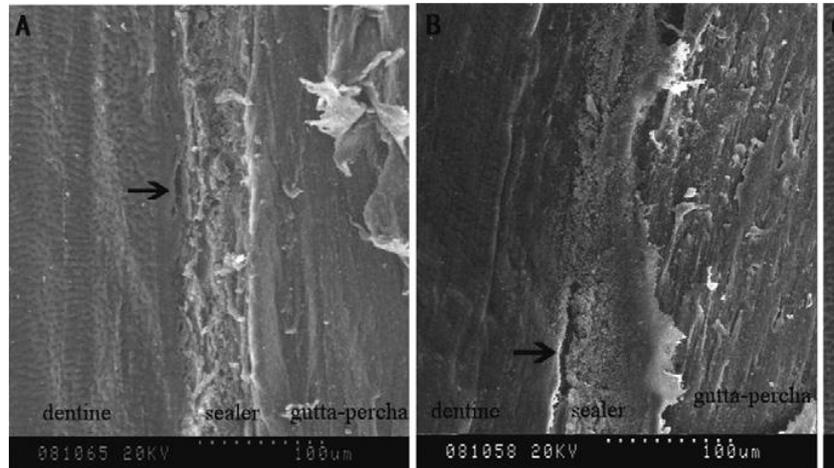


Figure 9: A gauche : Obturation avec IRoot SP (Innovative Bioceramix) et condensation continue. A droite: Obturation avec IRoot SP (Innovative Bioceramix) et technique mono-cône (91)

En conclusion, il apparaît que les obturations avec les ciments « biocéramiques » à base de silicate de calcium présentent des microfuites au même titre que les obturations avec les ciments résineux AH+ (Dentsply), mais moins que celles avec des ciments à base d'hydroxyde de calcium (tel que Sealapex (Kerr Dental)). La présence de vides semble toutefois être compensée par la capacité d'interaction et de pénétration de ces ciments avec les murs dentinaires canalaires, en particuliers avec les ciments tricalciques comme BioRoot RCS (Septodont).

Cependant, la littérature recense de nombreuses incohérences de résultats dans les différentes études menées. Ces études mériteraient d'être étendues à plus long terme afin de prédire de manière la plus exacte possible la capacité d'étanchéité de ces nouveaux ciments de scellement endodontique.

3.2.2 Temps de prise et temps de travail :

Le temps de prise d'un ciment est défini comme le temps permettant un temps de travail et de manipulation adéquat (21). Il dépend des constituants du ciment, de la taille des particules, de la température ambiante et du taux d'humidité du milieu (93,94).

Comme évoqué précédemment, les ciments à base de silicate de calcium procurent une cytotoxicité cellulaire modérée lorsqu'ils sont fraîchement mixés ou à l'initiation de leur prise.

Leur temps de prise doit donc être ni trop court ni trop long. Un temps de prise trop lent engendrerait des difficultés à maintenir une consistance idéale du mélange et pourrait, une fois le biomatériau inséré encore frais dans le canal, engendrer une irritation des tissus environnants. A l'opposé, un temps de prise trop court faciliterait la création d'un joint d'étanchéité entre le système canalaire et les tissus péri apicaux, mais offrirait moins de temps à la manipulation (21,95).

Le temps de travail est défini par la période pendant laquelle il est possible de manipuler le ciment, depuis le début du mélange, sans provoquer d'effets néfastes sur ses propriétés (90).

Pour évaluer les temps de prise de chacun des nouveaux ciments silicate de calcium, les études ont utilisé des expérimentations conformes aux normes ISO 6876-2012 (30) et ASTM C266-03 (96).

Les résultats obtenus par différentes études présentes dans la littérature ainsi que les temps de prise et de travail déterminés par les fabricants sont résumés dans le tableau récapitulatif suivant :

Matériau	Temps de prise donné par le fabricant	Temps de travail évalué par le fabricant	Temps de prise obtenu par les différentes études	Temps de travail obtenu par les différentes études
Endosequence BC sealer (Brasseler)	*4 heures *10 heures (dans les canaux très secs)	* supérieur à 4 heures * formule prémixée disponible	*2,7 heures (26,90) *19 heures dans le sérum physiologique (26) *7 jours (26,56)	pas de données
MTA Fillapex (Angelus)	pas de données	pas de données	*66 minutes (97) *2 heures (90,98) *entre 2,27 (temps initial) et 4,55 heures (temps final) (98) *9 heures (99) *supérieur à 7 jours (100)	*30 minutes (98)
BioRoot RCS (Septodont)	*moins de 4 heures	*15 minutes	*27 minutes (86) *5 heures et 24 minutes (temps final) (100)	pas de données

Figure 10: Temps de prise et de travail de quelques nouveaux ciments de scellement à base de silicate de calcium

Les études portant sur l'évaluation des temps de prise et des temps de travail de ces ciments de scellement sont rares et donnent des résultats très variables malgré la même méthodologie. Ces ciments semblent cependant présenter des temps de travail et de prise plus courts que les autres ciments endodontiques (notamment AH+ (Dentsply)) (86,90,100) mais suffisants pour permettre leur utilisation et l'atteinte de l'ensemble du réseau canalaire.

3.2.3 Résistances mécaniques : résistance à la dislocation et force d'adhésion, et résistance à la fracture radiculaire:

Comme pour tout biomatériau, il est important de connaître les capacités de résistance des ciments de scellement silicate, afin de pouvoir prévoir leur comportement mécanique une fois insérés dans l'environnement biologique.

De plus, tout traitement endodontique, aussi bien réalisé soit-il, génère des fragilités au sein de la dent traitée, liées à l'instrumentation mécanique, l'irrigation et l'obturation (101). Le renforcement de la structure dentaire après le traitement endodontique est alors nécessaire.

3.2.3.1 Résistance à la dislocation et force d'adhésion :

L'adhésion d'un ciment de scellement canalaire est définie comme sa faculté à se lier à la dentine et à lier les cônes de gutta percha entre eux et à la dentine.

La capacité de scellement d'un ciment se juge donc par la force de sa liaison à la dentine et aux cônes d'obturation (30).

Cette force d'adhésion a été évaluée en utilisant entre autres des tests de résistance à la dislocation par poussée ou « push-out test » (102). Ce test « push-out » est facile à reproduire et à interpréter et fournit une évaluation réaliste de la force d'adhérence à la dentine, même à des niveaux faibles (103). Cependant il présente de nombreux inconvénients et limites (104). Sousa-Neto et al. (105) en 2005 ont donc proposé une méthode plus adaptée où le ciment testé est en contact direct avec la dentine radiculaire.

C'est en utilisant cette méthode qu'Ersahan et al. (102) ont calculé la résistance à la dislocation de quatre ciments endodontiques. Il ressort de cette étude que le ciment « biocéramique » IRoot SP (Innovative Bioceramix) a montré une résistance à la dislocation ($1,32 \pm 0,83$ MPa) supérieure à celle des autres ciments endodontiques testés et significativement non différente de celle du ciment résineux AH+ (Dentsply), comme l'ont également démontré aussi Zhang et al. (91) et Shokouhinejad et al. (106).

Concernant BioRoot RCS (Septodont), Viapiana et al. (67) ont démontré que son adhésion dentinaire était identique à celle de AH+ (Dentsply).

Il a également été démontré que MTA Fillapex (Angelus) a une résistance mécanique basse. Cette faible résistance peut être liée à la composition de ce matériau qui n'est pas seulement composé de MTA, mais contient également des additifs tels que des résines et des pigments (97).

Naser et al. (107) en testant un « sealer » à base de silicate de calcium ont aussi montré que celui-ci présentait une résistance à la dislocation forte et non significativement différente de celle de AH+ (Dentsply). En sectionnant leurs racines testées en trois portions, ils démontrent également que cette résistance diminue corono-apicalement.

Pour conclure, cette forte force de liaison de ces ciments de scellement s'explique par leur composition en silicate de calcium, qui utilise, comme évoqué précédemment, l'humidité naturellement présente dans les tubules dentinaires pour leur réaction de prise (102).

Malgré un manque considérable d'informations dans la littérature concernant la capacité de liaison à long terme, et l'absence de recul clinique, plusieurs études in vitro ont déterminé d'autres facteurs modifiant possiblement cette force d'adhésion :

- Nagas et al. (108) ont notamment démontré qu'IRoot SP (Innovative Bioceramix) avait une adhésion à la dentine radiculaire quelque soient les conditions d'humidité, une forte humidité augmentant évidemment cette adhésion. Et que MTA Fillapex (Angelus) présente la plus faible adhésion des ciments testés.
- Selon Wanees Amin et al. (109), l'utilisation préalable d'hydroxyde de calcium dans le canal, augmente aussi l'adhésion d'IRoot SP (Innovative Bioceramix) à la dentine et n'a aucun effet sur l'adhésion dentinaire des ciments contenant de la résine (AH+ (Dentsply) et MTA Fillapex (Angelus)). Cette adhésion augmentée s'explique par les interactions chimiques entre l'hydroxyde de calcium placé dans le canal et IRoot SP (Innovative Bioceramix) qui en contient.
- Shakouie et al. (110) ont étudié la résistance à la dislocation du MTA Fillapex (Angelus) et ont démontré que celui-ci a une force de liaison plus faible que le ciment résineux testé, quel que soit le médicament intracanalair utilisé préalablement (hydroxyde de calcium, pâte antibiotique et gel Chlorhexidine).

D'après l'ensemble des études sur le sujet (109–111), la force d'adhésion des ciments « biocéramiques » dépend donc :

- du degré d'humidité (108)
- de l'utilisation préalable d'hydroxyde de calcium (109),
- de la composition de base du matériau (ciment de scellement contenant de la résine comme le MTA Fillapex (Angelus) ou ciment à base de silicate de calcium sans résines)

Cette force d'adhésion dépendrait également de la présence d'un milieu riche en phosphate (111).

A l'inverse elle ne dépend pas de la présence ou non de boue dentinaire (106) et de la méthode d'irrigation utilisée (112).

En conclusion, les nouveaux ciments de scellement « biocéramiques », excepté le MTA Fillapex (Angelus), présentent une force de liaison supérieure à celle d'autres ciments endodontiques existants et identique à celle du ciment résineux AH (Dentsply). Cette liaison est une véritable liaison physico-chimique à la dentine, du fait de la composition en silicate de calcium de ces ciments, et peut être modifiée par différents facteurs.

3.2.3.2 Résistance à la fracture radiculaire :

L'une des complications du traitement endodontique est la fracture radiculaire qui peut apparaître avant, pendant, ou après l'obturation.

Quelques raisons contribuent à cette vulnérabilité des dents dévitalisées :

- la perte de structure dentaire (113,114)
- un élargissement excessif lors de l'instrumentation (115)
- une pression excessive lors de l'obturation (116,117)
- une déshydratation de la dentine suite au traitement endodontique (116)

Des études in vitro ont étudié la résistance à la fracture de différentes dents obturées avec des ciments de scellement « biocéramiques ».

Selon ces études, IRoot SP (Innovative Bioceramix) et MTA Fillapex (118,119), augmentent la résistance à la fracture des dents dévitalisées comparativement aux dents non obturées.

Cependant il n'existe pas de différence de résistance à la fracture avec les dents obturées au ciment AH+ (Dentsply) (101,118).

Ghoneim et al.(119) montrent également que le type de fracture le plus souvent constaté est une fracture verticale mais que le ciment utilisé n'a aucune influence sur le type de fracture.

Selon Ulusoy et al.(120), IRoot SP (Innovative Bioceramix) augmenterait aussi la résistance à la fracture des dents immatures traitées par bouchons apicaux de MTA.

Comme énoncé précédemment, les fabricants ont mis à disposition des cônes spécifiques enrobés afin de favoriser une obturation mono-bloc tridimensionnelle et de diminuer ainsi le risque de fracture radiculaire post-opératoire.

Comme le montre l'expérience de Ghoneim et al. (119), IRoot SP (Innovative Bioceramix) serait en effet un ciment endodontique prometteur dans la diminution des risques de fracture radiculaire, en particuliers lorsqu'il est utilisé avec ces cônes de gutta-percha dits « ActiV GP».

On peut conclure que les ciments « biocéramiques » à base de silicate de calcium ont une résistance à la dislocation et à la fracture identiques aux ciments résineux déjà existants. Cependant la nature de leur liaison avec la dentine (chimique et non uniquement mécanique comme avec les ciments résineux) et l'utilisation possible de cônes d'obturation spécifiques, permettrait de former un véritable bloc d'obturation en trois dimensions, augmentant considérablement les résistances mécaniques de la dent traitée.

3.2.4 Solubilité :

La solubilité est un autre facteur important pour les biomatériaux utilisés en dentisterie conservatrice et restauratrice (16). Le manque de solubilité est une caractéristique souhaitée pour les matériaux de remplissage des racines pour favoriser leur maintien sur le long terme à l'intérieur du réseau canalaire (121).

La solubilité est définie par la quantité maximale en masse perdue du matériau testé au cours d'une période d'immersion dans l'eau. Elle s'exprime en mole/L ou g/L.

Un matériau est dit soluble lorsque sa solubilité est supérieure à 0,1 g/L.

Selon la spécification ANSI / ADA n°57 (122) la solubilité d'un ciment de scellement canalaire ne doit pas dépasser 3% en masse.

Certaines études ont d'abord mis en avant le caractère extrêmement soluble des ciments de scellement « biocéramiques » en utilisant une méthodologie spécifique recommandée par l'ANSI/ ADA (122) : les résultats de solubilité obtenus étaient d'environ 20,64% pour IRoot SP (Innovative Bioceramix) et 14,89% pour le MTA Fillapex (Angelus), bien au-delà des normes demandées (97,123).

Ces solubilités excessives seraient liées à une libération importante d'ions calcium et carbone à la surface des matériaux comme le décrit l'analyse des surfaces internes et externes de Borges et al.(123) après test de solubilité.

Cependant des études plus récentes ont montré que ces deux nouveaux ciments présentaient des solubilités en accord avec les recommandations : 0,09 à 0,25 % du premier au 28^{ème} jour pour Vitti et al. (98) et $1,10 \pm 0,15$ % pour Zhou et al. (90).

Ces contradictions présentes dans la littérature seraient dues aux variations des méthodes utilisées pour sécher les échantillons entre chaque test (21).

Concernant Endosequence BC sealer (Brasseler) sa solubilité est la plus élevée des « sealers biocéramiques » ($2,9 \pm 0,5$ %), mais est cohérente avec les recommandations ISO 6876/2001 (30,90). Cette solubilité est compensée par l'expansion de prise que subit le matériau et n'a aucun impact sur la capacité d'étanchéité de ce ciment (90).

Selon Ersahan et al. (92), en utilisant un test de solubilité conforme aux normes ISO 4049 plus appropriées, la solubilité d'IRoot SP (Innovative Bioceramix) est en accord avec les recommandations ADA, bien que peu élevée (0,90 %) et n'est pas significativement différente de celle du ciment AH+ (Dentsply).

Quant à la solubilité de BioRoot RCS (Septodont), elle est supérieure à celle de MTA Fillapex (Angelus) et reste aussi en accord avec les recommandations. Cependant elle diminue en présence d'un milieu phosphate (100).

3.2.5 Variation dimensionnelle :

La variation dimensionnelle des ciments de scellement à base de silicate de calcium est très peu évoquée dans la littérature.

Cependant Zhou et al. (90) ont tenté de la déterminer dans l'eau et sur une période de 30 jours : ils montrent qu'Endosequence BC sealer (Brasseler) ne présente pas de contraction de prise à l'inverse de nombreux ciments endodontiques, mais plutôt une légère expansion en accord avec la norme ISO 6876/2001 (inférieure à 0,1 %). Cette expansion de prise est le résultat d'une absorption d'eau favorisant une meilleure étanchéité entre le matériau et la dentine comme pour le ciment de même composition IRoot SP (Innovative Bioceramix) (92).

Concernant MTA Fillapex (Angelus) une légère rétraction a été obtenue, elle aussi acceptable par la norme ISO (90).

Les ciments endodontiques, MTA Fillapex (Angelus) et Endosequence BC sealer (Brasseler), possèdent donc chacun une stabilité dimensionnelle acceptable.

3.2.6 Radio-opacité :

Selon les normes internationales ISO 6876/2001 et ANSI/ADA 57/2008 (30,122), la radio-opacité minimale requise pour un ciment de scellement canalaire doit être équivalente à 3 mm d'aluminium (mm d'Al) (124). Cette valeur est déterminée en fonction de la densité radiographique et est convertie en millimètres d'aluminium selon la conversion décrite par Duarte et al (125).

La radio-opacité doit permettre aux ciments d'obturation d'être facilement distinguables des autres structures anatomiques adjacentes afin de pouvoir contrôler la qualité de l'obturation lors d'un examen radiologique (80,124,126).

Pour atteindre cet objectif, les fabricants ont toujours rajouté dans la composition des ciments « biocéramiques » des agents radio-opacifiants tel que l'oxyde de bismuth par exemple pour le MTA.

Or l'utilisation de cet oxyde a de nombreuses fois été controversée.

En effet, des études montrent qu'il serait responsable de la coloration dentaire engendrée par le MTA lorsqu'il est associé à une irrigation au NaOCl (127) et qu'il pourrait même diffuser dans le sang et les fluides tissulaires (20,128).

Afin d'éviter au mieux ces effets indésirables, les fabricants ont inclus d'autres radio-opacifiants dans la composition des nouveaux ciments silicates (à part dans le MTA Fillapex (Angelus) et le ProRoot canal sealer (Dentsply)) qui ne diffusent pas (20) et semblent stables dans les tissus :

- l'oxyde de zirconium pour l'Endosequence BC sealer (Brasseler), l'IRoot SP (Innovative Bioceramik) et le BioRoot RCS (Septodont)
- l'oxyde de tantale pour les formes « putty » de ces mêmes marques

Comme l'indique l'unité de mesure, l'aluminium est le matériau de contrôle de référence utilisé dans les tests de radio-opacité conformes aux normes internationales.

A l'aide de ces tests, Candeiro (80) rapporte la radio-opacité de l'Endosequence BC Sealer (Brasseler) à 3,83mm d'Al.

La radio-opacité du MTA Fillapex (Angelus), quant à elle, est plus élevée : entre 3,9 mm d'Al (129), 6,73 mm d'Al (100), 7,06 mm d'Al (124), 7,11 mm d'Al (97) selon l'étude menée. Cette radio-opacité supérieure à celle de l'Endosequence BC sealer (Brasseler) est due à la présence de trioxyde de bismuth, radio-opacifiant plus puissant que l'oxyde de zirconium selon le classement de Candeiro et al. (80). Une étude rapporte cependant la radio-opacité d'Endosequence BC sealer (Brasseler) comme étant supérieure à celle du MTA Fillapex (Angelus) (26).

BioRoot RCS (Septodont) présente selon certaines études une radio-opacité de 6,85 mm d'Al (100), 8,3 mm d'Al (86) et même 8,9 mm d'Al (26), différentes de celle exprimée par le fabricant de 5 mm d'Alu (100) et bien supérieures à celle de l'Endosequence BC sealer (Brasseler).

D'après l'ensemble des études établies, les ciments silicates de calcium testés (Endosequence BC sealer (Brasseler), MTA Fillapex (Angelus) et BioRoot RCS (Septodont)) contenant pour certains des nouveaux radio-opacifiants tel que l'oxyde de zirconium, présentent tous des valeurs de radio-opacité qui répondent aux normes internationales demandées (> 3 mm d'Al).

Ces radio-opacités sont toutefois inférieures à celle des ciments résineux AH+ (Dentsply) pour les trois ciments testés, bien que deux études prétendent qu'il n'existe aucune différence significative entre celles-ci (100,124).

3.2.7 Coloration dentaire :

La coloration dentaire après traitement endodontique est un problème esthétique commun, en particulier sur les dents antérieures (130). Un ciment de scellement canalaire idéal devrait, entre autre, ne pas colorer les tissus (dentaires) tout en étant radio-opaque (131).

Toute modification des propriétés optiques et chromatiques de la structure dentinaire est susceptible de provoquer une altération de l'apparence extérieure de la couronne dentaire, causée par ses propriétés de transmission et de réflexion de la lumière (132,133).

Les principales causes intrinsèques connues de la coloration dentaire sont:

- la décomposition du tissu pulpaire nécrotique,
- l'hémorragie dans la chambre pulpaire
- certains radio-opacifiants présents dans la composition des ciments endodontiques (comme l'association d'oxyde de bismuth et de NaOCl (127,134)
- les médicaments endodontiques et matériaux d'obturation (cause la plus fréquente) (135)

Concernant les nouveaux radio-opacifiants utilisés (oxyde de zirconium et oxyde de tantale), ces derniers semblent maintenir une couleur dentaire stable, même en présence d'hypochlorite (134,136).

Cependant, si les excès de ces matériaux de scellement ne sont pas bien enlevés de la chambre pulpaire après l'obturation, des colorations peuvent toutefois se produire ultérieurement (137). Or, ces restes de ciments ne peuvent pas toujours être complètement enlevés de la chambre pulpaire et sont parfois présents en raison de manipulations inappropriées et iatrogènes (132,133,138). Outre un débridement complet de la pulpe, une réduction du remplissage de la partie coronaire du canal radiculaire jusqu'au-dessous du collet clinique est nécessaire pour prévenir la coloration de la couronne dans la zone esthétique.

Sur ce point, bien qu'aucune étude ne le prouve, il apparaît en pratique clinique que les excès de ciments de scellement silicates de calcium sont très facilement retirables après obturation et avant leur prise complète.

Plusieurs études ont évalué le potentiel de coloration des ciments de scellement canalaire (139,143–145) et ont montré que certaines catégories de ciments, y compris ceux à base d'oxyde de zinc eugénol et ceux à base de résine époxy, sont capables d'induire une coloration modérée à sévère de la couronne (133,135,140,142).

Partovi et al.(142) ont également démontré, avec une analyse par ordinateur, que cette coloration touchait dans la majorité des cas le tiers cervical coronaire.

Concernant les nouveaux ciments à base de silicate de calcium, peu d'étude dans la littérature actuelle recense leur potentiel chromatique.

Cependant, Konstantinos et al.(138), par spectrophotométrie, ont montré que la coloration dentaire était moindre lorsqu'un ciment de scellement « biocéramique » était utilisé. En effet, le MTA Fillapex dans cette étude, n'a pas induit de coloration coronaire cliniquement perceptible par l'œil humain bien que contenant du trioxyde de bismuth. On peut donc suggérer qu'en termes d'esthétique, l'utilisation de MTA Fillapex semble être favorable (138).

En conclusion, les ciments de scellement à base de silicate de calcium, semblent favorables en termes d'esthétique puisqu'ils n'induisent pas de coloration dentaire perceptible à l'œil humain. Ceci est favorisé par leurs radio-opacifiants différents de l'oxyde de bismuth, et par le fait que les excès semblent facilement éliminables après obturation. Des études in vitro et in vivo sont cependant nécessaires pour confirmer cette hypothèse et déterminer précisément le pouvoir chromatique de chacun de ces nouveaux ciments de scellement.

3.2.8 Capacité de retraitement :

Lors d'un traitement endodontique initial, les matériaux d'obturation forment une barrière mécanique permettant d'isoler les tissus nécrotiques et les bactéries persistants dans le réseau canalaire après l'instrumentation et l'irrigation. Or les échecs des traitements canaux sont une partie importante de la pratique endodontique.

Plusieurs explications de ces échecs ont été proposées :

- la percolation apicale
- la perforation radiculaire
- les canaux non obturés
- les lésions parodontales coexistantes
- la surtension et la sous-extension des matériaux d'obturation (143,144)
- les micro-fuites coronales liées à la perte d'une restauration
- la désintégration récurrente des matériaux d'obturation (136)

La plupart de ces causes d'échec peuvent être éliminés en réalisant un retraitement canalaire (145,146), évitant ainsi la nécessité d'une intervention chirurgicale plus invasive et moins confortable pour le patient.

Il existe aujourd'hui peu d'informations sur les techniques de retraitement des ciments de scellement à base de silicate de calcium.

Wilcox et al. observent dès 1987 (147), que le matériau d'obturation restant dans la plupart des retraitements est le ciment de scellement. Or, lors d'un retraitement, la totalité du matériel d'obturation doit être retiré pour favoriser les chances de cicatrisation et de guérison. Il est donc important que ces ciments endodontiques puissent être facilement retirés si besoin.

Selon l'étude de Hess et al. (148), retrouver la longueur de travail et la perméabilité apicale après une obturation monocône verticale à chaud à la gutta-percha et Endosequence BC sealer (Brasseler) est impossible dans 70% des cas. Aucune des techniques de retraitement conventionnelles ne semble en mesure d'éliminer la totalité de l'Endosequence BC sealer (Brasseler).

Selon Ersev et al. (149) cette quantité de matériau d'obturation restante se retrouve principalement au tiers apical des racines traitées.

Une autre étude montre par micro-tomodensitométrie, qu'IRoot SP (Innovative Bioceramix) associé à de la gutta-percha ne peut être complètement retiré des canaux de forme ovale lors d'un retraitement. Cette étude montre cependant que la longueur de travail peut être facilement retrouvée avec l'utilisation d'un solvant chloroforme, mais que la gutta-percha est plus rapidement éliminée dans les groupes non-solvants que dans les groupes de solvants (150).

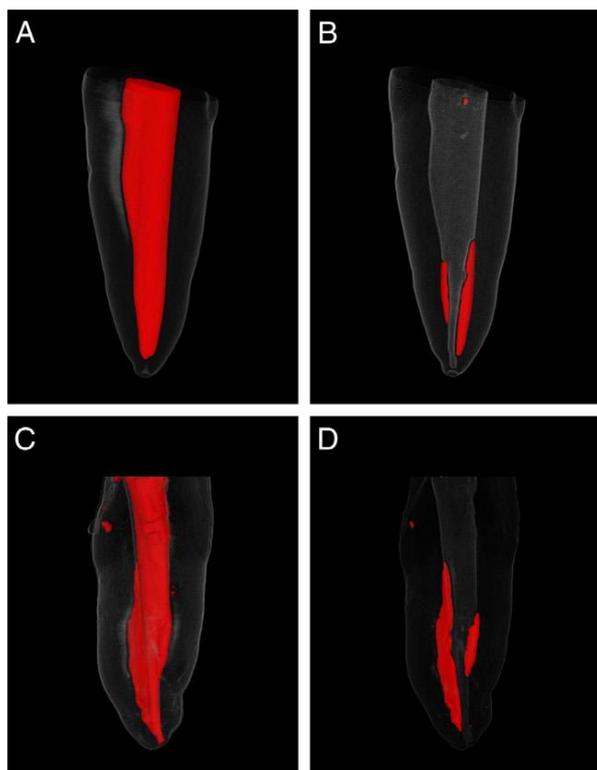


Figure 11: Images reconstruites en 3D par micro-tomodensitométrie assistée par ordinateur (A et B) Remplissage du canal radiculaire par technique de condensation continue (variation de la technique de compactage vertical à chaud), avant (A) et après désobturation sans solvant. (C et D) Remplissage du canal radiculaire par technique de condensation continue également avant (C) et après désobturation avec solvant (D) (150)

Une autre étude concernant le MTA Fillapex (Angelus) (151), a démontré également que les techniques de retraitement connues n'éliminent pas la totalité de ce matériau (1,8 % restant). Cependant la récupération de la longueur de travail est plus rapide avec ce nouveau ciment qu'avec des ciments déjà existants (MTA Angelus (Angelus) ou AH+ (Dentsply)).

En conclusion et d'après l'ensemble des études, le retraitement des dents traitées avec les ciments de scellement à base de silicate de calcium semble compliqué. Retrouver la longueur de travail et la perméabilité apicale est possible selon la technique employée ; mais c'est surtout l'incapacité d'éliminer la totalité du matériau d'obturation, quel que soit la technique utilisée, qui rend alors impossible le nettoyage complet de l'espace canalaire et donc la réalisation d'un retraitement efficace.

L'incapacité à retraiter de manière convenable les dents obturées avec ces nouveaux ciments de scellement constitue un inconvénient majeur.

III- APPLICATIONS CLINIQUES DES CIMENTS DE SCELLEMENT A BASE DE SILICATE DE CALCIUM

Les ciments de scellement à base de silicate de calcium présentent des propriétés biologiques et physico-chimiques rendant leur utilisation intéressante dans de nombreuses situations cliniques endodontiques.

Les études relatant des cas cliniques sont encore rares et les résultats montrant leur efficacité à long terme sont quasiment inexistant compte tenu du caractère relativement récent de leur création. Cependant les quelques cas présents dans la littérature montrent que ces nouveaux ciments de scellement répondent favorablement à quelques indications endodontiques.

1. Perforations radiculaires apicales:

Les perforations accidentelles sont des complications malheureuses qui se produisent au cours du traitement endodontique, même pour les cliniciens les plus qualifiés (152,153). Les difficultés de traitement d'une perforation sont de réaliser la désinfection complète et un scellement permanent et étanche du site aux bactéries.

On distingue trois types de perforations :

- les perforations coronaires supra crestaes
- les perforations du plancher
- les perforations radiculaires

La taille et le site de la perforation vont guider le choix du matériau à utiliser (152).

Les perforations radiculaires peuvent également affecter différents niveaux du canal:

- perforations les plus coronaires : ces perforations sont généralement les plus faciles à restaurer car la perforation et le canal radiculaire peuvent être obturés séparément. (la perforation peut être obturée par exemple avec une forme plus consistante « RRM Putty ») (152).
- perforations du tiers radiculaire : la partie apicale du canal est habituellement remplie en premier. Il faut prendre soin que le ciment ne se propage pas accidentellement dans la zone de perforation, en particulier si un ciment « non biocéramique » est utilisé. Lorsque les canaux sont étroits, la partie apicale peut être remplie à l'aide de gutta-percha et d'un

« sealer » à base de silicate de calcium. Pour les grandes perforations et / ou les perforations présentant des infections on utilisera préférentiellement une forme « putty » (152).

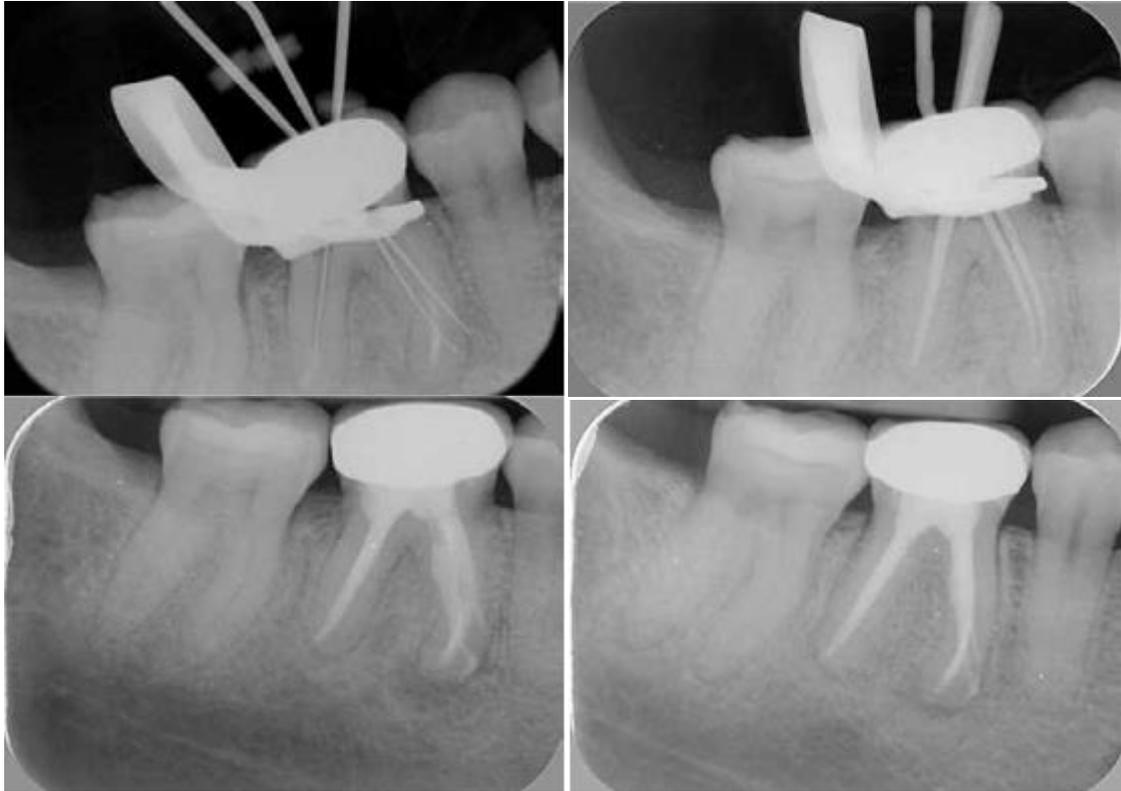


Figure 12: Retraitement d'une 46 présentant des perforations au niveau du plancher et latérales : la perforation du plancher a été obturée avec Endosequence RRM Putty (Brasseler) et le tout a été obturé avec Endosequence BC sealer (Brasseler) (y compris les perforations latérales) associé à de la gutta-percha. A un an la taille de la lésion a significativement diminué. (23)

- perforations du tiers apical: les perforations dans le tiers apical posent un défi particulier car il peut être difficile voire impossible d'accéder au canal original au-delà de la perforation. Le remplissage peut être effectué par la technique verticale chaude classique en utilisant de la gutta-percha et un ciment quelconque, ou bien la perforation peut être remplie de ciment de scellement à base de silicate de calcium. Un lentulo peut être utilisé pour être sûr de déposer une quantité suffisante de sealer dans le canal. La qualité de l'obturation de la perforation est contrôlée radiographiquement.



Figure 13: Retraitement endodontique de la 17 présentant une perforation mésiale apicale accompagnée d'une extrusion d'hydroxyde de calcium: compte tenu de la proximité du sinus maxillaire et du risque d'extrusion à nouveau du matériau d'obturation employé, l'Endosequence BC sealer (Brasseler) a été choisi en raison de sa biocompatibilité et de son absence de sensibilité à l'humidité (23).

A ce jour il n'existe pas de lien démontré entre le type de ciment de scellement choisi et le pronostic à long terme du traitement. La littérature sur ce sujet contient principalement soit des études in vitro des caractéristiques biologiques et mécaniques des ciments de scellement à base de silicate de calcium, soit des rapports de cas avec peu de cas et un temps de suivi habituellement inférieur à 3 ans.

2. Résorptions internes non perforantes:

Le traitement de ces résorptions est peu différent d'un traitement canalaire classique. Le canal est nettoyé par instrumentation et irrigué. Une inter-séance à l'hydroxyde de calcium est généralement réalisée afin d'éliminer les déchets organiques présents dans la résorption. Puis le canal est obturé avec de la gutta-percha et du ciment de scellement.

L'utilisation ici d'un ciment de scellement à base de silicate de calcium n'est pas spécifique. Cependant il semble fortement conseillé, du fait de ses propriétés biologiques favorisant et stimulant une biominéralisation, de son activité antimicrobienne et de ses caractéristiques mécaniques proches de celles de la dentine, évoquées précédemment.

Aujourd'hui aucune étude ne montre une meilleure efficacité des « sealers biocéramiques » comparativement aux autres ciments de scellement (152).

Cependant il est certain que leur utilisation permet de répondre aux principaux facteurs clés de réussite du traitement d'une résorption décrits par Haapsalo et al. (152) :

- nettoyer tout le tissu de résorption ; mécaniquement mais aussi grâce à leur activité antibactérienne liée à la libération des ions hydroxyde lors de leur réaction de prise
- renforcer la structure dentaire ; grâce à leur bioactivité et à la véritable formation d'hydroxyapatite qu'ils induisent, mais aussi à leur capacité de résistance mécanique semblable à celle de la dentine
- empêcher toute récurrence ; la biominéralisation de ces ciments à base de silicate de calcium, leur expansion de prise et leur capacité à s'infiltrer et à pénétrer véritablement les tubules dentinaires forment, à l'interface matériau-dentine, un bloc étanche et hermétique à toutes ré-infiltrations possibles et donc récurrences

De plus les radio-opacifiants présents dans leur composition, procurent un contrôle radiographique facilité permettant d'apprécier l'ensemble et la qualité du scellement (26,80,100).

Dans le cas où la résorption interne perce la racine, le MTA est depuis longtemps le matériau de choix utilisé pour le remplissage (154–156). Aucune étude n'a aujourd'hui étudié les effets d'un traitement aux nouveaux ciments à base de silicate de calcium (forme « sealer » ou « putty ») dans le cas de résorptions internes perforantes. Cependant compte tenu de leurs propriétés physico-chimiques et mécaniques semblables voire meilleures à celles du MTA et de leur excellente tolérance à l'humidité et au sang, les nouveaux ciments « biocéramiques » semblent être des biomatériaux intéressants dans cette situation thérapeutique (152).

3. Obturation orthograde :

L'utilisation de la gutta-percha accompagnée d'un ciment de scellement est la méthode d'obturation la plus commune.

Les ciments de scellement à base de silicate de calcium peuvent être utilisés pour l'obturation orthograde canalaire :

- en combinaison avec la gutta-percha lors de traitements canalaires initiaux
- dans les traitements des résorptions ou des perforations : pour que le reste du canal soit obturé avec le même « type » de ciment « biocéramique » que la cavité de résorption/ perforation
- dans les cas qui nécessiteront dans un second temps d'être traités chirurgicalement à rétro, dans le but de faciliter ce temps chirurgical
- dans les retraitements de cas présentant des symptômes persistants même après un traitement initial : excellentes propriétés antibactériennes et bonne étanchéité de ces « sealers biocéramiques ».

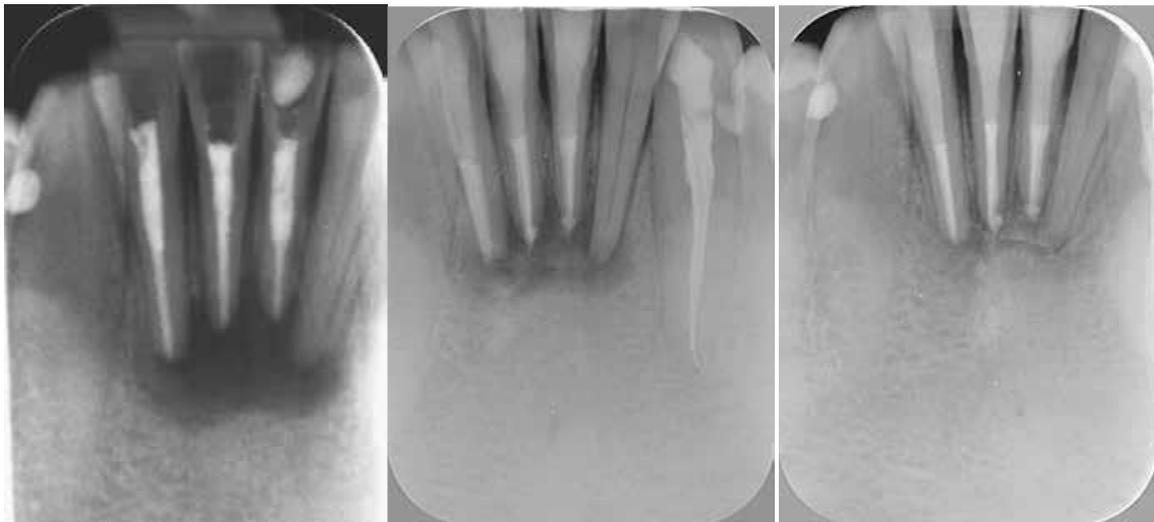


Figure 14: Evolution jusqu'à un an de la lésion radio claire de trois incisives mandibulaires suite à un retraitement à l'Endosequence BC sealer (Brasseler) et gutta-percha, associé à la mise en place de tenons fibrés et résine composite coronairement (23)

- pour l'obturation des canaux où le séchage est délicat : la tolérance à l'humidité et aux liquides des ciments à base de silicate de calcium permet d'obturer efficacement (23)

Toutes ces indications sont basées sur l'expérience de cas cliniques et la connaissance des propriétés biologiques et physico-chimiques des ciments à base de silicate de calcium, puisqu'aucune étude à court ou long terme n'existe à ce jour (23,152).

D'un point de vue clinique encore, la technique la plus décrite pour obturer avec ces ciments de scellement, est d'utiliser des pointes de papier de taille adaptée afin de repousser lentement le ciment vers l'apex. Le ciment ne doit pas être trop liquide lors de l'insertion, sinon il sera absorbé en totalité par les pointes de papier utilisées du fait de son caractère très hydrophile (d'où l'intérêt d'utiliser des formules pré-mélangées) (152). Des « tips » (embouts) de différentes tailles, vendus par certaines marques de « sealer », sont également disponibles pour insérer au mieux le ciment dans le canal.

Pour perfectionner cette obturation, les praticiens peuvent utiliser les cônes spécifiques mis à disposition dits « ActiV GP » qui permettent une véritable infiltration du ciment entre les particules de silice présentes sur le cône et de former un véritable bloc tridimensionnel d'obturation.

En conclusion, depuis l'introduction du premier matériau « biocéramique » MTA, les ciments à base de silicate de calcium ont pris de plus en plus d'importance en endodontie. Sous leur récente forme de ciment de scellement (« sealer »), ils sont devenus des matériaux intéressants pour les traitements initiaux comme pour certains cas complexes. Ces matériaux dits « biocéramiques » sont également un bon choix pour les cas où les risques d'extrusion dans les tissus péri apicaux risquent d'endommager les structures vitales, telles que le sinus maxillaire ou le nerf alvéolaire inférieur.

Alors que la coloration de la structure dentaire et le temps de prise lent ont été quelques-uns des inconvénients constatés du MTA, les nouveaux ciments de scellement à base de silicate de calcium proposés pré-mélangés, semblent apporter une amélioration par rapport aux nombreux défis rencontrés.

Dans chaque cas présenté, le traitement aux nouveaux ciments silicates de calcium a entraîné l'élimination des symptômes et la guérison de l'os péri radiculaire. Il a été également démontré que ces ciments peuvent être utilisés en combinaison avec de la gutta-percha ou de manière autonome.

Alors que la recherche expérimentale a produit des données encourageantes concernant les caractéristiques biologiques, physico-chimiques et mécaniques de ces nouveaux ciments, des études cliniques à long terme sont nécessaires pour confirmer leur potentiel dans l'utilisation clinique.

4. Discussion :

4.1 Ergonomie d'utilisation : technique d'obturation mono-cône :

Aujourd'hui le principal argument de vente des fabricants des ciments de scellement à base de silicate de calcium, est la possibilité d'utiliser ces ciments avec une technique d'obturation mono-cône, ergonomique pour le praticien.

Or il convient de rappeler que depuis 2001, cette technique d'obturation bien que rapide et facile, est fortement déconseillée avec les ciments de scellement conventionnels (157,158).

En effet la technique d'obturation mono-cône présente de nombreux désavantages (5):

- absence d'obturation tridimensionnelle
- rétraction de prise du ciment utilisé créant des manques
- mauvais étalement du ciment
- trop de ciment par rapport au volume du cône favorisant la formation de vide et réduisant la qualité du scellement (or la définition même d'une obturation parfaite est de combiner une quantité maximale de gutta-percha non résorbable avec une quantité minimale de ciment de scellement résorbable (4)).

Cependant, l'apport des ciments de scellement à base de silicate de calcium semble compenser favorablement ces désavantages : leur bioactivité les rend ostéoconducteurs, hydrophiles et permet une véritable adhésion chimique aux parois canalaire (80), ce qui éviterait la formation de micro-espaces sur le long terme entre la dentine et le cône de gutta-percha (8). Associée à une adhésion aux nouveaux cônes de gutta-percha mis à disposition, cette adhésion dentinaire permettrait d'obtenir une obturation tridimensionnelle monobloc.

Cette technique d'obturation serait également possible grâce à leur propriété d'étalement, leur capacité d'étanchéité et à leur viscosité adaptées de telle sorte qu'ils se propageraient même dans les espaces libres qui n'auraient pas été préparés mécaniquement. Cependant il ne faut pas oublier l'importance du rôle de l'instrumentation mécanique dans la désinfection bactérienne canalaire (3).

De plus lorsque l'on analyse de plus près les propriétés de ces nouveaux ciments, on remarque que ceux-ci présentent une mouillabilité conforme aux recommandations internationales (bien qu'inférieure concernant le BioRoot RCS (Septodont)) (86) et autant de pourcentage de microfuites que des ciments de scellement déjà existants (91,92).

Ces caractéristiques semblent toutefois être compensées par leur bioactivité.

Egalement ces ciments présentent une solubilité excessive (97,123) compensée par une légère expansion du matériau lors de sa prise contrairement à tous les autres types de ciments qui présentent une rétraction de prise.

Il ne faut pas oublier que ces ciments ont aussi un comportement pseudo-plastique, c'est-à-dire que leur viscosité initiale forte diminue pour permettre l'infiltration dans tout le réseau canalaire, lors d'une augmentation de vitesse d'injection ou d'une compaction (90). Il est donc préférable qu'ils soient insérés avec un cône de gutta-percha (plutôt qu'utilisés de manière autonome) pour obtenir une compaction et ainsi une viscosité plus faible permettant un meilleur étalement dans tous les canaux. Un compactage vertical (à chaud ou à froid) serait également préférable pour les mêmes raisons.

De nombreuses propriétés sont favorables à l'utilisation en technique mono-cône des ciments à base de silicate de calcium. Cependant cette obturation doit respecter un protocole rigoureux encore incomplètement décrit dans la littérature, et l'utilisation impérative de cônes spécifiques pour permettent aux matériaux d'exercer pleinement leurs capacités biologiques et physico-chimiques.

On se retrouve aujourd'hui face à des ciments qui présentent toutes les caractéristiques nécessaires pour une obturation mono-cône de qualité mais dont on ne connaît pas précisément la technique pour la réaliser.

4.2 Possibilité de réintervention :

Lors d'un retraitement, la totalité du matériel d'obturation doit être retiré pour favoriser les chances de cicatrisation et de guérison des lésions. Il est donc important que les ciments endodontiques utilisés puissent facilement être retirés en cas de ré intervention.

Or comme l'ont démontré de nombreuses études (148–151), la totalité des ciments de scellement à base de silicate de calcium ne peut être éliminée par les techniques de retraitement conventionnelles. En effet le matériau est très dur une fois sa prise terminée ; il est fortement imbriqué dans les tubules dentinaires et aucun des solvants utilisés à ce jour ne permet de le ramollir (23). Les études et rapports de cas cliniques présentent des suivis à court terme, ne permettant pas de conclure que les propriétés biologiques et physico-chimiques de ces nouveaux ciments dispenseraient de la nécessité d'un retraitement futur. D'autant plus que l'apparition de symptômes et de lésions met en cause plusieurs autres facteurs que l'infiltration canalaire, comme par exemples une infiltration coronaire due à une restauration prothétique tardive, une fracture, une résorption, un traumatisme, et bien d'autres.

Dans les années futures, les praticiens devront faire face à des dents douloureuses ou présentant des lésions péri apicales, qu'ils ne pourront retraiter correctement sans passer par une option chirurgicale (chirurgie rétrograde voire même extraction).

La possibilité de retrait de ces nouveaux ciments « sealer », est une véritable inquiétude pour les praticiens (en particulier lorsque le cône de gutta-percha est plus court que la longueur de travail) (148).

Aujourd'hui, les fabricants ont la nécessité de trouver un solvant et une technique de retraitement adaptés à l'élimination de ces nouveaux ciments de scellement.

4.3 Impact économique :

C'est sûrement un des principaux facteurs qui freinent aujourd'hui les praticiens dans le passage à l'utilisation des ciments de scellement à base de silicate de calcium. En effet, les laboratoires fabricants sont encore peu nombreux et les ciments proposés restent coûteux.

Cependant ils semblent plus facilement conservables et, proposés sous forme pré-mélangée, ils induiraient moins de perte au moment du mélange (23), ce qui sous-entend des réapprovisionnements possiblement moins fréquents. De plus leurs indications sont larges puisqu'ils sont utilisés pour l'obturation orthograde, les perforations et les résorptions, ce qui permet de remplacer plusieurs matériaux en un seul et de limiter ainsi des frais. Egalement, si la possibilité d'une technique d'obturation mono-cône associée à des cônes spécifiques s'avère réelle et satisfaisante sur le long terme, leur utilisation permettrait de s'affranchir de systèmes de compactage vertical à chaud et à froid parfois coûteux (exemple du système B, système Calamus de Dentsply, Gutta-condensor, Finger Spreader, etc...). La balance bénéfice/perte devra alors être calculée dans chaque cabinet afin de permettre au mieux l'insertion de ces nouveaux biomatériaux dans la pratique quotidienne.

CONCLUSION :

L'objectif de notre travail était de définir les propriétés ainsi que les avantages et les inconvénients des ciments de scellement à base de silicate de calcium et de déterminer les thérapeutiques endodontiques dans lesquels ils peuvent être utilisés. Notre analyse de la littérature a montré que ces ciments de scellement dits « biocéramiques » ont des propriétés biologiques, physico-chimiques et mécaniques originales qui se rapprochent de celles d'un ciment idéal décrit par Grossman (159) :

- Réaction de prise en environnement humide
- Biocompatibilité due à la présence de phosphate de calcium dans leur composition
- Bioactivité et stimulation d'une biominéralisation grâce aux dépôts d'hydroxyapatite et à l'activation de l'expression des gènes responsables de la différenciation odontoblastique
- Bonnes capacités d'étalement et de scellement liées à son interaction avec la dentine, compensant l'absence de compactage
- Résistances mécaniques, en particulier à la fracture
- Conditionnement sous pâte pré mixée avec temps de prise et de travail courts mais suffisants facilitant la manipulation
- Absence de rétraction de prise
- Aucune coloration dentaire engendrée
- Activité antibactérienne résultat d'un pH alcalin, d'une libération d'ions hydroxyde et de leur caractère hydrophile
- Solubilité excessive compensée par une légère expansion de prise
- Tolérance vis-à-vis des tissus péri apicaux et des zones anatomiques à risques
- Possibilité de créer une obturation monobloc avec des cônes spécifiques
- Radio-opacifiants non toxiques et rendant le ciment visible à la radiographie

Compte tenu de ces propriétés et des avantages qu'ils offrent, ces ciments de scellement, sont apparus rapidement comme les matériaux de choix pour l'obturation en endodontie.

Cependant les divergences de résultats dans les études in vitro, le manque d'études in vivo et le peu de recul sur les rapports de cas, demandent discussion et ne permettent pas d'évaluer l'efficacité de ces ciments sur le long terme, ni de clarifier les résultats cliniques associés à leur utilisation.

De plus, l'inquiétude sur l'incapacité à éliminer ces ciments canaux lors d'un retraitement est réelle et représente le principal inconvénient de l'utilisation de ces nouveaux ciments.

En effet ces nouveaux ciments ne semblent pas satisfaire au dernier critère de Grossman : « être soluble dans les solvants courants s'il est nécessaire qu'il soit retiré » (159) .

Egalement l'oxyde de bismuth présent comme radio-opacifiant notamment dans le MTA Fillapex (Angelus) est de plus en plus controversé pour son instabilité dans le corps humain (20).

Les traitements endodontiques devront donc éventuellement se tourner vers l'utilisation de ciments silicates de plus en plus « épurés » (sans composants résineux) et avec des radio-opacifiants tolérés comme c'est déjà le cas avec le récent BioRoot RCS (Septodont).

Néanmoins, plusieurs autres points spécifiques supplémentaires restent encore à étudier en particulier leur action antigénique/mutagénique et leur efficacité sur le long terme.

A l'avenir, plus d'investigations cliniques seront donc nécessaires pour que ces nouveaux biomatériaux soient modifiés et développés afin de surmonter les quelques défis restants dans la recherche du ciment idéal.

BIBLIOGRAPHIE :

1. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997;30(5):297–306.
2. Siqueira JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J O E.* 2008;34(11):1291–1301.
3. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18:269–296.
4. Li G, Niu L, Zhang W, Olsen M, De-Deus G, Eid AA, et al. Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: a review. *Acta Biomaterialia.* 2014;10(3):1050–1063.
5. Simon S, Machtou P, Pertot W-J. *Endodontie : Retraitements.* 2009.
6. Nair PNR, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Patho Oral Radio and Endo.* 2005;99(2):231–52.
7. Wu M-K, Bud MG, Wesselink PR. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Patho Oral Radio and Endo.* 2009;108(6):946–951.
8. Kossev AD. *Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers.* 2009.
9. O’Brien WJ. *Dental materials and their selection.* 4th éd. Quintessence Publ. Chicago. 2008.
10. Torabinejad M. *Mineral Trioxide Aggregate: Properties and Clinical Applications.* John Wiley & Sons. 2014. 362 p.
11. Brugère-Trélat V and others. *Dictionnaire Hachette: langue, encyclopédie, noms propres.* Hachette. 1982. 1408 p.
12. Larousse É. *Dictionnaire de français Larousse.* 2017.
13. Jordana F, Choussat PH, Colat-Parros J. *Les ciments de scellement canalaire.* Univ Médicale Virtuelle Francoph. 2009. 10 p.

14. Von Arx T. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) eine Erfolgsgeschichte in der apikalen Chirurgie. *Swiss Dental J.* 2016. 6 p.
15. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J.* 2006;39(10):747-54.
16. Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Top.* 2015;32(1):3–30.
17. ANSM .Biodentine™ : Scientific File.2012.
18. Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spångberg LSW. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radio and Endo.* 2003;95(4):483-9.
19. Camilleri J, Kralj P, Veber M, Sinagra E. Characterization and analyses of acid-extractable and leached trace elements in dental cements. *Int Endod J.* 2012;45(8):737-43.
20. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Characterization of un-hydrated and hydrated BioAggregate™ and MTA Angelus™. *Clin Oral Investig.* 2015;19(3):689-98.
21. AL-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater.* 2016;2016:1-10.
22. Orstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endod Top.* 2005;12(1):25-38.
23. Marga Ree, Richard Schwartz. Applications cliniques de matériaux biocéramiques prémélangés en endodontie. *Quintessence Endo.* 2017;
24. Koch K, Brave D. The increased use of bioceramics in endodontics. *Dentaltown.* 2009;33–43.
25. Bioceramic Technology: Closing the Endo-Restorative Circle, Part 2. *Dentistry Today.* 2010 .
26. Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut CV, Camilleri J. In Situ Assessment of the Setting of Tricalcium Silicate-based Sealers Using a Dentin Pressure Model. *J O E.* 2015;41(1):111-24.
27. Trope M, Bunes A, Debelian G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endod Top.* 2015;32(1):86–96.

28. Grainger DW. The Williams dictionary of biomaterials. Liverpool Univ Press. 1999;2(3):29.
29. Lemons JE, Schoen FJ, Hoffmann AS, Rater BD. Biomaterials science: An introduction to materials in medicine. Academic Press, San Diego, CA; 1996.
30. International Organization for Standardization. Dentistry--Root canal sealing materials. ISO 6876:2012 International Organization for Standardization; 2012.
31. 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*. 2010;43(9):769-74.
32. Willershausen I, Callaway A, Briseño B, Willershausen B. In vitro analysis of the cytotoxicity and the antimicrobial effect of four endodontic sealers. *Head Face Med*. 2011;7(1):15.
33. Mukhtar-Fayyad D. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surg Oral Med Oral Patho Oral Radio and Endo*. 2011;112(6):137-142.
34. Salles LP, Gomes-Cornélio AL, Guimarães FC, Herrera BS, Bao SN, Rossa-Junior C, et al. Mineral Trioxide Aggregate-based Endodontic Sealer Stimulates Hydroxyapatite Nucleation in Human Osteoblast-like Cell Culture. *J O E*. juill 2012;38(7):971-6.
35. Zoufan K, Jiang J, Komabayashi T, Wang Y-H, Safavi KE, Zhu Q. Cytotoxicity evaluation of Gutta Flow and Endo Sequence BC sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Patho Oral Radio and Endo*. 2011;112(5):657-61.
36. Eldeniz AU, Shehata M, Högg C, Reichl FX. DNA double-strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers. *Int Endod J*. 2016;49(12):1141-51.
37. 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. *J O E*. 2015;41(9):1469-73.
38. Zhou H, Du T, Shen Y, Wang Z, Zheng Y, Haapasalo M. In Vitro Cytotoxicity of Calcium Silicate-containing Endodontic Sealers. *J O E*. 2015;41(1):56-61.

39. Scelza MZ, Linhares AB, da Silva LE, Granjeiro JM, Alves GG. A multiparametric assay to compare the cytotoxicity of endodontic sealers with primary human osteoblasts. *Int Endod J.* 2012;45(1):12-8.
40. Silva EJNL da, Santos CC, Zaia AA. Long-term cytotoxic effects of contemporary root canal sealers. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(1):43-7.
41. Bin CV, Valera MC, Camargo SEA, Rabelo SB, Silva GO, Balducci I, et al. Cytotoxicity and Genotoxicity of Root Canal Sealers Based on Mineral Trioxide Aggregate. *J O E.* 2012;38(4):495-500.
42. Simon S, Flouriot AC. BioRoot™ RCS a new biomaterial for root canal filling. *J Case Stud Collect.* 2016;13:4-11.
43. Evans M, Davies JK, Sundqvist G, Figdor D. Mechanisms involved in the resistance of *Enterococcus faecalis* to calcium hydroxide. *Int Endod J.* 2002;35(3):221-8.
44. Bae W-J, Chang S-W, Lee S-I, Kum K-Y, Bae K-S, Kim E-C. Human Periodontal Ligament Cell Response to a Newly Developed Calcium Phosphate-based Root Canal Sealer. *J O E.* 2010;36(10):1658-63.
45. Bryan TE, Khechen K, Brackett MG, Messer RLW, El-Awady A, Primus CM, et al. In Vitro Osteogenic Potential of an Experimental Calcium Silicate-based Root Canal Sealer. *J O E.* 2010;36(7):1163-9.
46. Coomaraswamy KS, Lumley PJ, Hofmann MP. Effect of Bismuth Oxide Radiopaque Content on the Material Properties of an Endodontic Portland Cement-based (MTA-like) System. *J O E.* 2007;33(3):295-8.
47. Ma J, Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Biocompatibility of Two Novel Root Repair Materials. *J O E.* 2011;37(6):793-8.
48. Zhou H, Shen Y, Wang Z, Li L, Zheng Y, Häkkinen L, et al. In Vitro Cytotoxicity Evaluation of a Novel Root Repair Material. *J O E.* 2013;39(4):478-83.
49. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Lodi CS, Cintra LTA, Nery MJ, Filho JAO, et al. Rat tissue reaction to MTA Fillapex®. *Dent Traumatol.* 2012;28(6):452-6.
50. Zmener O, Martinez Lalis R, Pameijer CH, Chaves C, Kokubu G, Grana D. Reaction of Rat Subcutaneous Connective Tissue to a Mineral Trioxide Aggregate-based and a Zinc Oxide and Eugenol Sealer. *J O E.* 2012;38(9):1233-8.

51. Ciasca M, Aminoshariae A, Jin G, Montagnese T, Mickel A. A Comparison of the Cytotoxicity and Proinflammatory Cytokine Production of EndoSequence Root Repair Material and ProRoot Mineral Trioxide Aggregate in Human Osteoblast Cell Culture Using Reverse-Transcriptase Polymerase Chain Reaction. *J O E*. 2012;38(4):486-9.
52. Hirschman WR, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. Cytotoxicity Comparison of Three Current Direct Pulp-capping Agents with a New Bioceramic Root Repair Putty. *J O E*. 2012;38(3):385-8.
53. Damas BA, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. Cytotoxicity Comparison of Mineral Trioxide Aggregates and EndoSequence Bioceramic Root Repair Materials. *J O E*. 2011;37(3):372-5.
54. De-Deus G, Canabarro A, Alves GG, Marins JR, Linhares ABR, Granjeiro JM. Cytocompatibility of the ready-to-use bioceramic putty repair cement iRoot BP Plus with primary human osteoblasts: Cytocompatibility of iRoot BP Plus and MTA. *Int Endod J*. 2012;45(6):508-13.
55. Willershausen I, Wolf T, Kasaj A, Weyer V, Willershausen B, Marroquin BB. Influence of a bioceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts. *Arch Oral Biol*. 2013;58(9):1232-7.
56. Loushine DMD, Bethany A. Setting Properties and Cytotoxicity Evaluation of a Premixed Bioceramic Root Canal Sealer. *J O E*. 2011.
57. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization Ability and Interaction of Mineral Trioxide Aggregate and White Portland Cement with Dentin in a Phosphate-containing Fluid. *J O E*. 2009;35(5):731-6.
58. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption – diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol*. 2003;19(4):175-82.
59. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J O E*. 1981;7(1):17-21.
60. McHugh CP, Zhang P, Michalek S, Eleazer PD. pH Required to Kill *Enterococcus faecalis* in Vitro. *J O E*. 2004;30(4):218-9.
61. Güven Ep, Yalvaç Me, Kayahan Mb, Sunay H, Şahin F, Bayirli G. Human tooth germ stem cell response to calcium-silicate based endodontic

- cements., Human tooth germ stem cell response to calcium-silicate based endodontic cements. *J Appl Oral Sci.* 2013;21, 21(4, 4):351, 351-7.
62. Zhang W, Li Z, Peng B. Effects of iRoot SP on Mineralization-related Genes Expression in MG63 Cells. *J O E.* 2010; 36(12): 1978-1982.
 63. Donaruma LG. Definitions in biomaterials, D. F. Williams, Ed. Elsevier. *J Polym Sci Polym Lett Ed.* 1988;26(9):414-414.
 64. Kokubo T, Takadama H. How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity? *Biomaterials.* 2006;27(15):2907-15.
 65. Kokubo T. Bioactive glass ceramics: properties and applications. *Biomaterials.* 1991;12(2):155-63.
 66. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement Interfacial Interaction: Calcium Silicates and Polyalkenoates. *J Dent Res.* 2012;91(5):454-9.
 67. Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J.* 2016;49(8):774-82.
 68. Güven EP, Taşlı PN, Yalvac ME, Sofiev N, Kayahan MB, Sahin F. In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *Int Endod J.* 2013;46(12):1173-82.
 69. Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J.* 2013;46(9):808-14.
 70. Tavares CO, Böttcher DE, Assmann E, Kopper PMP, de Figueiredo JAP, Grecca FS, et al. Tissue Reactions to a New Mineral Trioxide Aggregate-containing Endodontic Sealer. *J O E.* 2013;39(5):653-7.
 71. Assmann E, Böttcher DE, Hoppe CB, Grecca FS, Kopper PMP. Evaluation of bone tissue response to a sealer containing mineral trioxide aggregate. *J O E.* 2015;41(1):62-66.
 72. Cheung GS. Endodontic failures-changing the approach. *Int Dent J.* 1996;46(3):131-8.

73. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. Enterococcus faecalis: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J O E.* 2006;32(2):93-8.
74. Pinheiro ET, Gomes BPF, Ferraz CCR, Sousa ELR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *Int Endod J.* 2003;36(1):1-11.
75. Stevens RH, Grossman LI. Evaluation of the antimicrobial potential of calcium hydroxide as an intracanal medicament. *J O E.* 1983;9(9):372-4.
76. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test Against Enterococcus faecalis. *J O E.* 2009;35(7):1051-5.
77. Morgental RD, Vier-Pelisser FV, Oliveira SD, Antunes FC, Cogo DM, Kopper PMP. Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers: MTA-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2011;44(12):1128-33.
78. Faria-Júnior NB, Tanomaru-Filho M, Berbert FLCV, Guerreiro-Tanomaru JM. Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. *Int Endod J.* 2013;46(8):755-762.
79. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Dentin Extends the Antibacterial Effect of Endodontic Sealers against Enterococcus faecalis Biofilms. *J O E.* 2014;40(4):505-8.
80. 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 O E.* 2012;38(6):842-5.
81. M. Tanomaru-Filho, J. M. G. Tanomaru, D.B. Barros, E. Watanabe, and I.Y. Ito. In vitro antimicrobial activity of endodontic sealers, MTA-based cements and Portland cement. *Journal of Oral Science.* 2007;41-5.
82. Mohammadi Z, Giardino L, Palazzi F, Shalavi S. Antibacterial activity of a new mineral trioxide aggregate-based root canal sealer: Antibacterial activity of MTA-based sealer. *Int Dent J.* 2012;62(2):70-3.
83. Weisman MI. A study of the flow rate of ten root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Patho Oral Radio and Endo.* 1970;29(2):255-261.
84. Vermilyea SG, De Simon LB, Huget EF. The rheologic properties of endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Patho Oral Radio and Endo.* 1978;46(5):711-716.

85. Watts DC, Combe EC, Greener EH. The rheological properties of polyelectrolyte cements. *J Oral Rehabil.* 1981;8(1):61–67.
86. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. *J O E.* 2016;42(10):1529-35.
87. Burrows H, Weir R, Stohner J. Terminology and Symbols in Colloid and Surface Chemistry Part 1.13. Definitions, Terminology and Symbols for Rheological Properties. *Pure Appl Chem.* 1979;51(5).
88. Office québécois de la langue française. *Le grand dictionnaire terminologique.* 1997.
89. Lacey S, Pitt Ford TR, Watson TF, Sherriff M. A study of the rheological properties of endodontic sealers. *Int Endod J.* 2005;38(8):499–504.
90. Zhou H, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y, Haapasalo M. Physical Properties of 5 Root Canal Sealers. *J O E.* 2013;39(10):1281-6.
91. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer’s apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Patho Oral Radio and Endo.* 2009;107(6):e79–e82.
92. Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(3-4):857-62.
93. McMichen FRS, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J.* 2003;36(9):629-35.
94. Marin-Bauza GA, Rached-Junior FJA, Souza-Gabriel AE, Sousa-Neto MD, Miranda CES, Silva-Sousa YTC. Physicochemical Properties of Methacrylate Resin-based Root Canal Sealers. *J O E.* 2010;36(9):1531-6.
95. Santos AD, Araújo EB, Yukimitu K, Barbosa JC, Moraes JCS. Setting time and thermal expansion of two endodontic cements. *Oral Surg Oral Med Oral Patho Oral Radio and Endo.* 2008;106(3):e77-9.
96. Standard A. Standard test method for time of setting of hydraulic cement paste by Gilmore needles. 2002.

97. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J.* 2014;47(5):437-48.
98. Vitti RP, Prati C, Silva EJNL, Sinhoreti MAC, Zanchi CH, de Souza e Silva MG, et al. Physical Properties of MTA Fillapex Sealer. *J O E.* 2013;39(7):915-8.
99. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J O E.* 2015;41(1):72-78.
100. Prüllage R-K, Urban K, Schäfer E, Dammaschke T. Material Properties of a Tricalcium Silicate-containing, a Mineral Trioxide Aggregate-containing, and an Epoxy Resin-based Root Canal Sealer. *J O E.* 2016;42(12):1784-8.
101. Hülsmann M. Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues: Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin. *Endod Top.* 2013;29(1):55-86.
102. Ersahan S, Aydin C. Dislocation Resistance of iRoot SP, a Calcium Silicate-based Sealer, from Radicular Dentine. *J O E.* 2010;36(12):2000-2.
103. Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *J O E.* 2007;33(7):856-858.
104. Williams C, Loushine RJ, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. A comparison of cohesive strength and stiffness of Resilon and gutta-percha. *J O E.* 2006;32(6):553-555.
105. Sousa-Neto MD, Silva Coelho FI, Marchesan MA, Alfredo E, Silva-Sousa YTC. Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er: YAG and Nd: YAG lasers. *Int Endod J.* 2005;38(12):866-870.
106. Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA, Hoseini A, Mohammadi M, Shamshiri AR. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer: Bond Strength of a Bioceramic Sealer. *Aust Endod J.* 2013;39(3):102-6.
107. Naser SH, Al-Zaka IM. Push-out bond strength of different root canal obturation materials. *J Baghdad Coll Dent.* 2013;25(1):14-20.

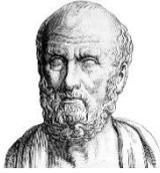
108. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LVJ, et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *J O E*. 2012;38(2):240-4.
109. Wanees Amin SA, Seyam RS, El-Samman MA. The Effect of Prior Calcium Hydroxide Intracanal Placement on the Bond Strength of Two Calcium Silicate-based and an Epoxy Resin-based Endodontic Sealer. *J O E*. 2012;38(5):696-9.
110. Shakouie S, Shahi S, Samiei M, Milani A-S, Reyhani M-F, Paksefat S, et al. Effects of different intra canal medicaments on the push out bond strength of endodontic sealers. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(3): 443-7.
111. Shokouhinejad N, Hoseini A, Gorjestani H, Raof M, Assadian H, Shamshiri AR. Effect of phosphate-buffered saline on push-out bond strength of a new bioceramic sealer to root canal dentin. *Dent Res J*. 2013 ;9(5).
112. Shokouhinejad N, Hoseini A, Gorjestani H, Shamshiri AR. The effect of different irrigation protocols for smear layer removal on bond strength of a new bioceramic sealer. *Iran Endod J*. 2013;8(1):10–13.
113. Oliveira F de C, Denehy GE, Boyer DB. Fracture resistance of endodontically prepared teeth using various restorative materials. *J Am Dent Assoc*. 1987;115(1):57–60.
114. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J O E*. 1989;15(11):512–516.
115. Karapinar Kazandag M, Sunay H, Tanalp J, Bayirli G. Fracture resistance of roots using different canal filling systems. *Int Endod J*. 2009;42(8):705–710.
116. Helfer AR, Melnick S, Schilder H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Patho Oral Radio and Endo*. 1972;34(4):661–670.
117. Sornkul E, Stannard JG. Strength of roots before and after endodontic treatment and restoration. *J O E*. 1992;18(9):440–443.
118. SağSen B, üStüN Y, Pala K, DemirbuğA S. Resistance to fracture of roots filled with different sealers. *Dent Mater J*. 2012;31(4):528-32.
119. Ghoneim AG, Lutfy RA, Sabet NE, Fayyad DM. Resistance to Fracture of Roots Obturated with Novel Canal-filling Systems. *J O E*. 2011;37(11):1590-2.

120. Ulusoy ÖİA, Nayır Y, Darendeliler-Yaman S. Effect of different root canal sealers on fracture strength of simulated immature roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112(4):544-7.
121. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Ford TP. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J O E.* 1995;21(7):349-353.
122. Association AD. ANSI/ADA specification no. 57: Endodontic sealing material. Chic ADA. 2000.
123. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Júnior FA, De-Deus G, Miranda CES, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test: Solubility of root canal filling materials. *Int Endod J.* 2012;45(5):419-28.
124. Silva EJNL, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BPFA, Zaia AA. Evaluation of Cytotoxicity and Physicochemical Properties of Calcium Silicate-based Endodontic Sealer MTA Fillapex. *J O E.* 2013;39(2):274-7.
125. Duarte MAH, D'arc de Oliveira El G, Vivan RR, Tanomaru JMG, Tanomaru Filho M, de Moraes IG. Radiopacity of Portland cement associated with different radiopacifying agents. *J O E.* 2009;35(5):737-740.
126. Baksı BG, Eyüboğlu TF, Şen BH, Erdilek N. The effect of three different sealers on the radiopacity of root fillings in simulated canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103(1):138-141.
127. Marciano MA, Duarte MAH, Camilleri J. Dental discoloration caused by bismuth oxide in MTA in the presence of sodium hypochlorite. *Clin Oral Investig.* 2015;19(9):2201-2209.
128. Wismayer PS, Lung CYK, Rappa F, Cappello F, Camilleri J. Assessment of the interaction of Portland cement-based materials with blood and tissue fluids using an animal model. *Sci Rep.* 2016;6:34547.
129. Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru JM, Hungaro-Duarte MA, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Chemical characterization and bioactivity of epoxy resin and Portland cement-based sealers with niobium and zirconium oxide radiopacifiers. *Dent Mater.* 2014;30(9):1005-20.
130. Sheets CG, Paquette JM, Wright RS. Tooth-whitening modalities for pulpless and discolored teeth. *Pathw Pulp.* 2002;8:755.

131. Branstetter J, Von Fraunhofer JA. The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements: a review of the literature. *J O E.* 1982;8(7):312–316.
132. Ioannidis K, Beltes P, Lambrianidis T, Kapagiannidis D, Karagiannis V. Crown discoloration induced by endodontic sealers: spectrophotometric measurement of Commission International de l’Eclairage’s L*, a*, b* chromatic parameters. *Oper Dent.* 2013;38(3):91–102.
133. Ioannidis K, Beltes P, Lambrianidis T, Kapagiannidis D, Karagiannis V. Validation and spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by root canal sealers. *Clin Oral Investig.* 2013;17(6):1525–1533.
134. Camilleri J. Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine® Used for Pulpotomy Procedures. *J O E.* 2015;41(7):1139-45.
135. Van der Burgt TP, Mullaney TP, Plasschaert AJM. Tooth discoloration induced by endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endo.* 1986;61(1):84–89.
136. Madison S, Swanson K, Chiles S. Comparison of coronal microleakage in endodontically treated teeth obturated with gutta percha and various sealers. *Journal of Dental Research.* 1986.
137. Walton RE, Torabinejad M. *Principles and practice of endodontics.* 1996.
138. Ioannidis K, Mistakidis I, Beltes P, Karagiannis V. Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by MTA- and ZnOE-based sealers., Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by MTA- and ZnOE-based sealers. *J Appl Oral Sci.* 2013;21, 21(2, 2):138, 138-44.
139. Van der Burgt TP, Plasschaert AJM. Tooth discoloration induced by dental materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endo.* 1985;60(6):666–669.
140. Parsons JR, Walton RE, Ricks-Williamson L. In vitro longitudinal assessment of coronal discoloration from endodontic sealers. *J O E.* 2001;27(11):699–702.
141. Davis MC, Walton RE, Rivera EM. Sealer distribution in coronal dentin. *J O E.* 2002;28(6):464–466.
142. Partovi M, Al-Havvaz AH, Soleimani B. In vitro computer analysis of crown discoloration from commonly used endodontic sealers. *Aust Endod J.* 2006;32(3):116-9.

143. Bergenholtz G, Lekholm U, Milthon R, Engstrom B. Influence of apical overinstrumentation and overfilling on re-treated root canals. *J O E.* 1979;5(10):310–314.
144. Bergenholtz G, Lekholm U, Milthon R, Heden G, Odesjo B, Engstrom B. Retreatment of endodontic fillings. *Eur J Oral Sci.* 1979;87(3):217–224.
145. Ingle JJ, Baumgartner JC. *Endodontics* 3rd ed. PMPH-USA; 1983. 1588 p.
146. Allen DE. Hermetic sealing of root canals. *Dent Radiogr.* 1964;37:85–87.
147. Wilcox LR, Krell KV, Madison S, Rittman B. Endodontic retreatment: evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation. *J O E.* 1987;13(9):453–457.
148. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J O E.* 2011;37(11):1547-9.
149. Ersev H, Yilmaz B, Dinçol ME, Dağlaroğlu R. The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers: Removal of four types of sealer during retreatment. *Int Endod J.* 2012;45(8):756-62.
150. Ma J, Al-Ashaw AJ, Shen Y, Gao Y, Yang Y, Zhang C, et al. Efficacy of ProTaper Universal Rotary Retreatment System for Gutta-percha Removal from Oval Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study. *J O E.* 2012;38(11):1516-20.
151. Neelakantan P, Grotra D, Sharma S. Retreatability of 2 Mineral Trioxide Aggregate-based Root Canal Sealers: A Cone-beam Computed Tomography Analysis. *J O E.* 2013;39(7):893-6.
152. Haapasalo M, Parhar M, Huang X, Wei X, Lin J, Shen Y. Clinical use of bioceramic materials. *Endod Top.* 2015;32(1):97–117.
153. Ree M, Schwartz R. Management of Perforations: Four Cases from Two Private Practices with Medium- to Long-term Recalls. *J O E.* 2012;38(10):1422-7.
154. Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *J O E.* 2004;30(2):80–83.
155. Nilsson E, Bonte E, Bayet F, Lasfargues J. Management of Internal Root Resorption on Permanent Teeth. *International Journal of Dentistry.* 2013;13:7.

156. Meire M, De Moor R. Mineral Trioxide Aggregate Repair of a Perforating Internal Resorption in a Mandibular Molar. *J O E*. 2008;34(2):220-3.
157. Beatty RG. The effect of standard or serial preparation on single cone obturations. *Int Endod J*. 1987;20(6):276–281.
158. Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J O E*. 2001;27(7):449–451.
159. Grossman LLI, Oliet S, Del Rio CE. « Obturation of root canal » in *Endodontic practice*. 10th éd. Lea & Febiger; 1982.



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

BRIARD (AZOU-BRIARD) Alizée – Apport des silicates de calcium en endodontie

Th. : Endodontie : Marseille : Aix-Marseille Université : 2017

Rubrique de classement : Odontologie Endodontique

Résumé :

Selon Schilder, le succès du traitement endodontique repose sur le respect de la triade : désinfection, mise en forme, obturation. Aujourd'hui la gutta-percha est le matériau d'obturation le plus largement utilisé. Non irritante et non résorbable, elle doit cependant être associée à un ciment de scellement pour permettre une obturation hermétique et tridimensionnelle. Dans la recherche perpétuelle d'un ciment de scellement idéal, les ciments de scellement à base de silicate de calcium sont récemment apparus en endodontie. La littérature scientifique permet aujourd'hui de définir les avantages et les inconvénients de ces nouveaux ciments et de présenter les situations thérapeutiques dans lesquelles ils peuvent être utilisés.

La première partie présentera des rappels sur les biocéramiques existants en endodontie.

La deuxième partie détaillera les propriétés biologiques et physico-chimiques des ciments de scellement à base de silicate de calcium.

Enfin la troisième partie abordera les diverses indications dans lesquelles ces ciments de scellement peuvent être utilisés.

Mots clés : Ciments de scellement, Biocéramiques, Silicate de calcium, Obturation.

BRIARD (AZOU-BRIARD) Alizée – Contribution of calcium silicates in endodontics

Abstract :

According to Schilder, the success of endodontic treatment depends on the respect of the triad: cleaning, shaping, filling. Today, gutta-percha is the most widely used filling material. Non-irritating and non-resorbable, it must be associated with a sealer to allow a hermetic and three-dimensional filling. In perpetual research for an ideal root canal sealer, calcium silicate-based sealers have recently appeared in endodontics. Scientific literature allows to define the advantages and disadvantages of these new sealers and present the therapeutic situations in which they can be used.

The first part will present reminders about bioceramics in endodontics.

The second part will detail biological and physico-chemical properties of new calcium silicate-based sealers.

Finally, the third part will address various indications in which these sealers can be used.

MESH : Sealers, Bioceramics, Calcium silicate, Filling.

Adresse de l'auteur :

12 rue Castel
83000 TOULON