

MTA | BIOSEAL

WHITE PAPER

1- Description du produit

Les ciments pour canal radiculaire disponibles dans le commerce sont classés selon leur composition chimique :

Composition chimique	Selon Grossman (1974) [1], le matériau d'obturation canalaire doit posséder les propriétés suivantes :
Oxyde de zinc – eugénol	- Facilité de mise en place dans le canal
Hydroxyde de calcium	- Possibilité de sceller tous les canaux, y compris les canaux accessoires
À base de résine	- Pas de rétraction
À base de verre ionomère	- Entièrement étanche à l'eau
À base de silicone	- Résistant à la prolifération bactérienne
À base de biocéramique	- Radio-opaque
	- Pas de décoloration
	- Non irritant
	- Facile à retirer si nécessaire

Dans ce contexte, le ciment pour canal radiculaire favorise la réparation tissulaire, car les tissus périapicaux peuvent se reposer de l'irritation antérieure, ce qui entraîne la réorganisation du ligament parodontal [2].

MTA BIOSEAL est un ciment pour canal radiculaire endodontique à base d'agrégat de trioxyde minéral. Il s'agit d'un composant à double pâte qui permet l'obturation complète de tous les canaux radiculaires, y compris les canaux accessoires et latéraux.

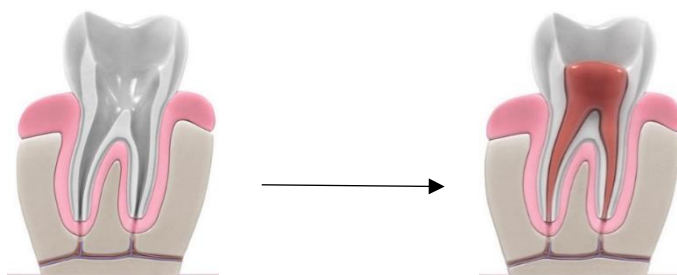
L'agrégat de trioxyde minéral est un matériau réparateur endodontique mondialement connu, plus stable que l'hydroxyde de calcium.

Les ciments à base de MTA sont biocompatibles, stimulent la minéralisation [3] et encouragent les dépôts cristallins de type apatite le long des tiers apical et moyen des parois des canaux [4].

En outre, Parirokh et Torabinejad (2010) [5] ont démontré qu'une liaison chimique est générée entre le MTA et les parois et tubules dentinaires lorsque les ciments MTA sont utilisés comme matériaux d'obturation canalaire en association avec la gutta-percha.

2- Indications

MTA BIOSEAL est indiqué pour l'obturation canalaire des dents définitives avec des points de gutta-percha.



Il est compatible avec les techniques de condensation froide et thermique, car le point d'ébullition de MTA BIOSEAL dépasse 140 °C [6]. La présence de résine salicylate facilite le retraitement si nécessaire.

Principaux ingrédients	Fonction
Agrégat de trioxyde minéral	Composant bioactif
Nanoparticules de silice	Remplisseur
Résine salicylate	Formation d'un complexe
Nanoparticules de silice	Remplisseur
Tungstate de calcium	Radio-opacifiant

3- Composition du produit

MTA BIOSEAL est un système à double pâte composé de résines biocompatibles mélangées à un agrégat de trioxyde minéral.

Les ciments MTA se présentent généralement sous forme de poudre et sont donc difficiles à utiliser pour l'obturation canalaire en raison de leur consistance sableuse, de leurs mauvaises propriétés de manipulation et de l'impossibilité de retraitement.

L'adjonction d'une résine biocompatible dans MTA BIOSEAL permet au produit de conserver les avantages physiques des ciments pâte/pâte combinés à l'extraordinaire bioactivité du MTA [6].

Le MTA (pour Mineral Trioxyde Aggregate : agrégat de trioxyde minéral) est un matériau bioactif qui favorise la guérison des lésions périapicales. Il accélère la formation du ciment, de l'os et, indirectement, du ligament périodontique. C'est le premier matériau connu en endodontie qui permet la formation d'une couche de ciment directement sur sa surface [7]

Agrégat de trioxyde minéral	
Silicate tricalcique (C3S)	Mise en place et force initiale
Silicate dicalcique (C2S)	Force sur le long terme
Aluminate tricalcique (CA3)	Mise en place
Oxyde de calcium (CaO)	Libération d'ions calcium

4- MTA BIOSEAL

A- Propriétés, actions et avantages

Propriété	Avantages
Présence de MTA	Reminéralisation des tissus durs / Action biologique
Biocompatibilité	Intégration totale / Récupération rapide des tissus enflammés Aucune réaction inflammatoire au-delà de l'apex
Radio-opacité	Facilement visualisable aux rayons X
Écoulement	Capable de pénétrer tous les canaux, y compris les canaux

latéraux et accessoires

Dilatation	Assure une parfaite étanchéité biologique
Libération de calcium	Induit des processus physiologiques de cicatrisation des plaies
pH élevé	Prévient la prolifération bactérienne et induit la reminéralisation.
Système de pâtes	Facile à manipuler et à insérer à l'intérieur des canaux

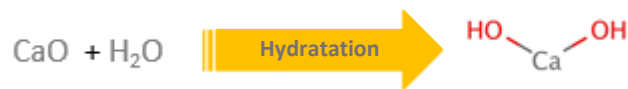
B- Réactions chimiques clés : Hydratation et complexation du calcium

Une réaction de complexation peut être décrite comme une réaction qui forme des complexes de coordination impliquant plus d'une espèce. Un complexe de coordination se compose d'un atome ou d'un ion central, qui est habituellement métallique, et d'un réseau environnant de molécules ou d'ions liés, qui sont à leur tour appelés ligands ou agents complexants.

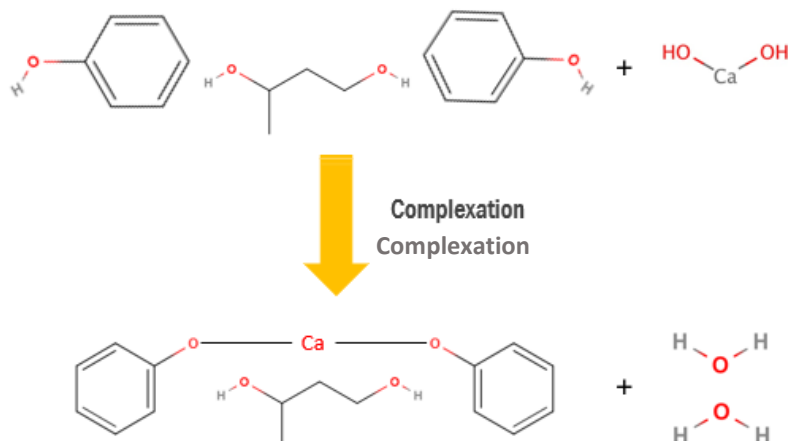
La réaction chimique de MTA BIOSEAL est un processus autocatalytique basé sur cette chimie.

La réaction de MTA BIOSEAL est déclenchée par l'interaction du produit avec les molécules d'eau des tubules dentinaires et des tissus environnants.

Les oxydes de calcium libres (CaO), présents en forte concentration dans la formule s'hydratent au contact des molécules d'eau pour former de l'hydroxyde de calcium (CaOH).



Ensuite, une réaction de chélation, qui est une liaison entre un ion métallique et d'autres ions ou molécules, se produit entre l'hydroxyde de calcium nouvellement formé et la résine salicylate présente dans la formule de MTA BIOSEAL, formant un complexe dans lequel les ions calcium sont emprisonnés.



Cette réaction va libérer une nouvelle molécule d'eau, déclenchant une réaction en chaîne et accélérant automatiquement l'ensemble du processus.

Ainsi, la réaction est déclenchée grâce aux molécules d'eau présentes à l'intérieur des tubules dentinaires qui vont hydrater l'oxyde de calcium libre, formant de l'hydroxyde de calcium, qui à son tour va réagir avec la résine [6].

En fin de compte, la présence d'eau est essentielle pour démarrer le premier processus d'hydratation de MTA BIOSEAL.

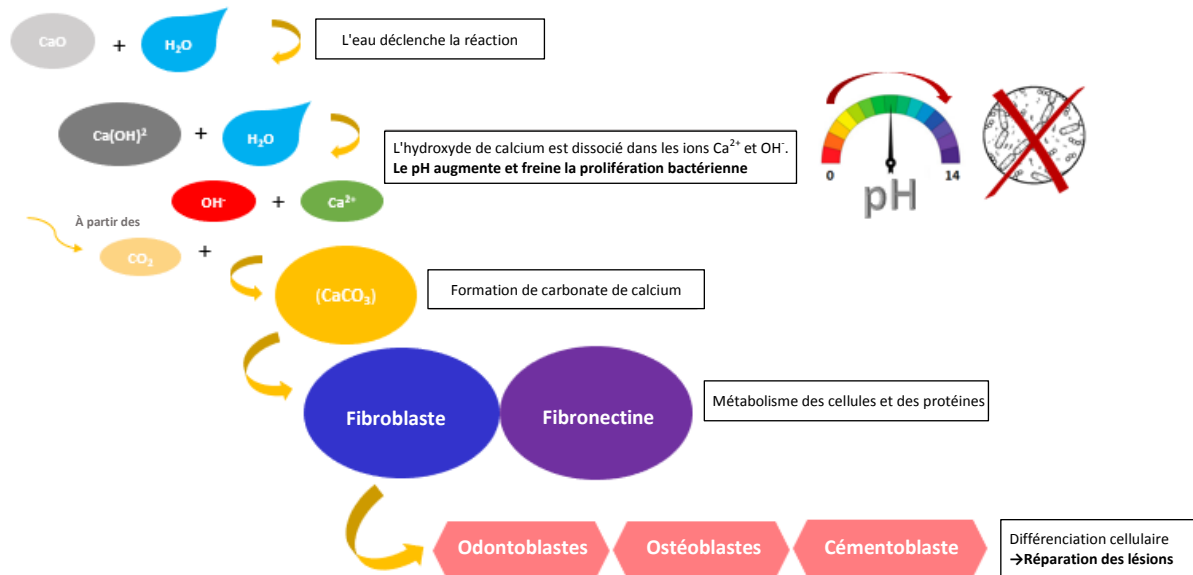
Cette chimie est différente de celle de la plupart des matériaux dentaires à base de résine disponibles sur le marché car la réaction chimique de MTA BIOSEAL ne repose pas sur la polymérisation de ses composants.

Les processus de polymérisation des matériaux dentaires sont connus pour libérer des composés potentiellement toxiques pendant la polymérisation. Ces réactions sont aussi le plus souvent exothermiques et augmentent donc la température locale à l'intérieur de la bouche, ce qui peut être nocif pour les tissus environnants [8].

C- Mécanisme d'action du MTA

MTA BIOSEAL contient 13 % d'agrégat de trioxyde minéral (MTA).

Cette concentration dans la formule est calculée pour conserver l'action biologique de l'agrégat de trioxyde minéral et la facilité de manipulation du matériau dentaire résineux.



Des ions hydroxyde et calcium sont libérés du matériau par dissociation, ce qui crée un environnement au pH hautement alcalin,

connu pour inhiber la prolifération bactérienne.

En outre, Gandolfi *et al.* (2014) ont montré que les ions hydroxyde favorisent l'expression des phosphatases alcalines et des protéines morphogéniques osseuses 2, qui sont des indicateurs du processus de minéralisation [9].

Lorsqu'ils entrent en contact avec les tissus environnants, des minéraux précipités se forment, ce qui engendre la formation d'une couche semblable à de l'hydroxyapatite.

Ce processus engendre la formation d'une interface agrégat de trioxyde minéral-dentine qui renforce le côté étanche du matériau [10].

Cette agrégation provoque également les processus de différenciation et de prolifération cellulaires, responsables de la formation de cément et d'os.

D- Changement dimensionnel contrôlé

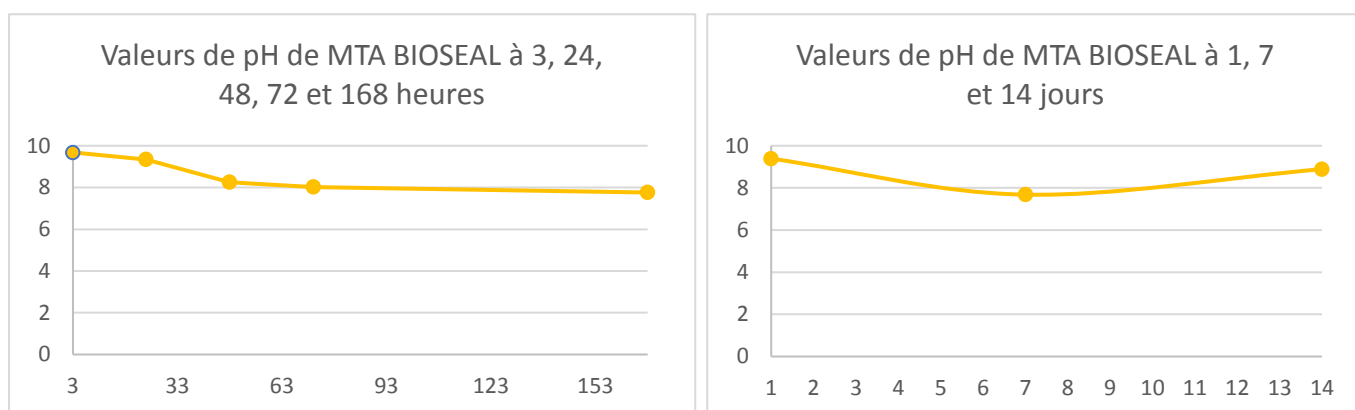
Contrairement aux ciments à base de résine époxy, qui subissent un retrait lors de la polymérisation, MTA BIOSEAL se dilate sous l'effet des différentes réactions chimiques.

MTA BIOSEAL se dilate de 0,088 %.

Cette dilatation contrôlée est due à la réaction d'hydratation qui se produit à l'intérieur du matériau. Elle est optimisée pour une meilleure étanchéité marginale afin d'éviter les fuites bactériennes [6].

E- Propriétés bactériostatiques

MTA BIOSEAL permet une libération constante d'ions hydroxyde dans tout le matériau, générant ainsi des valeurs de pH élevées 3 heures à 2 semaines après la pose du ciment [6] [11].

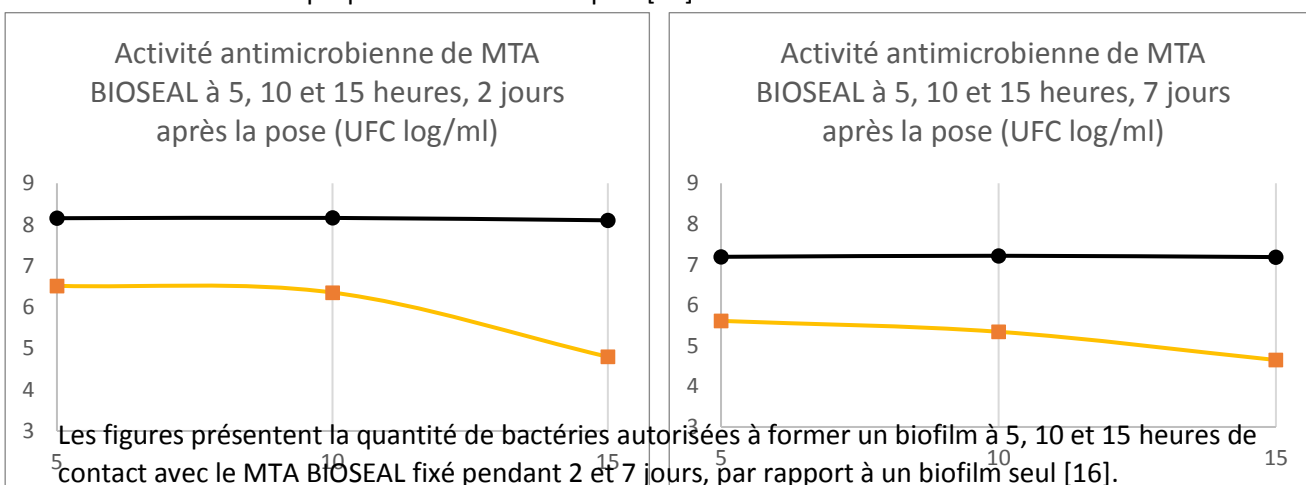


Cette accumulation d'ions hydroxyde crée un milieu très alcalin, résistant à la prolifération bactérienne. Cette caractéristique confère à MTA BIOSEAL ses propriétés bactériostatiques.

De plus, le pH élevé du ciment peut également neutraliser les acides sécrétés par les ostéoclastes, empêchant ainsi la destruction des tissus minéralisés [12].

Au niveau des dents présentant une infection périapicale, des bactéries peuvent être présentes dans les parois de la dentine et à la surface externe de la racine apicale, ce qui rend leur élimination extrêmement difficile lors des traitements de canal radiculaire [13] [14].

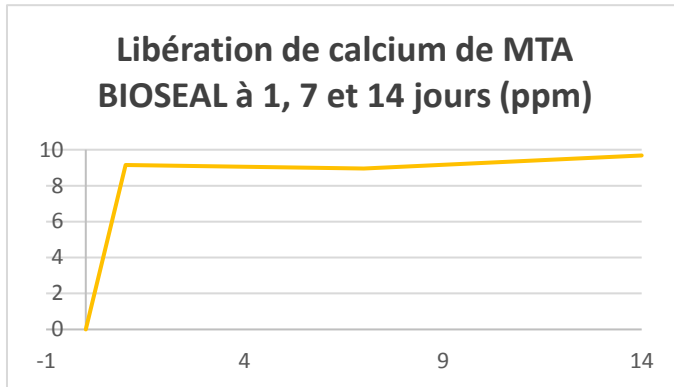
En outre, lorsqu'ils sont organisés en biofilms, les microorganismes présentent une plus grande résistance aux antiseptiques et aux antibiotiques [15].



La quantité de bactéries est plus faible dans le groupe MTA BIOSEAL, et tend à diminuer régulièrement à mesure que le temps de contact augmente.

Cela signifie que MTA BIOSEAL présente une bonne action bactériostatique contre le biofilm par rapport au groupe témoin, même 7 jours après la pose.

F- Libération d'ions calcium

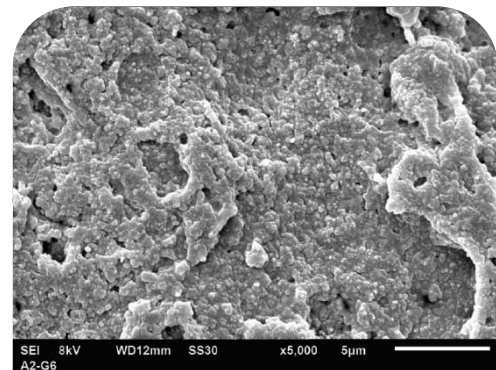


Adjacent aux ions hydroxyde, MTA BIOSEAL libère également des ions calcium au fil du temps [6].

Holland *et al.* (1999) ont démontré que les ions calcium réagissaient avec le dioxyde de carbone des tissus environnants et formaient des granulations de type cristal de carbonate de calcium [17].

Ces nucléations mèneront à la formation d'un gel de silicate de calcium hydraté collant qui améliorera la capacité d'étanchéité du MTA au fil du temps [18].

On dit aussi que ce phénomène réduit les interstices marginaux et les porosités et qu'il augmente la rétention du ciment [19].

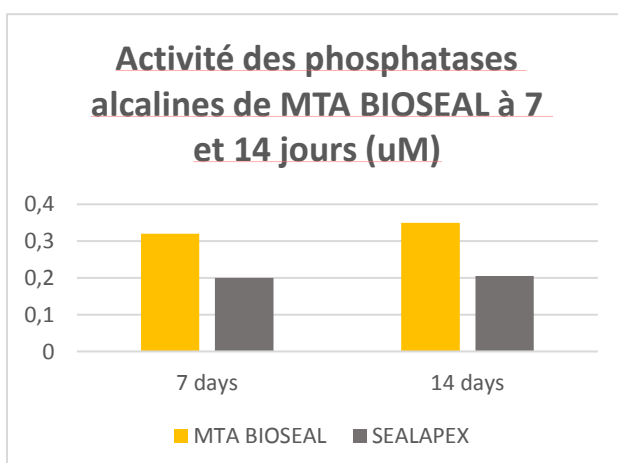


Microscopie électronique à balayage de MTA BIOSEAL (x5000) [21]

G- Propriétés biologiques

Au contact de l'eau, le CaO présent dans la formule de MTA BIOSEAL est converti en hydroxyde de calcium et dissocié en ions calcium et hydroxyde.

La diffusion d'ions hydroxyde à partir du canal radiculaire augmente le pH à la surface de la racine adjacente aux tissus parodontaux, ce qui peut interférer avec l'activité ostéoclastique et favoriser l'alcalinisation des tissus adjacents, ce qui favorise la guérison [20] [21].



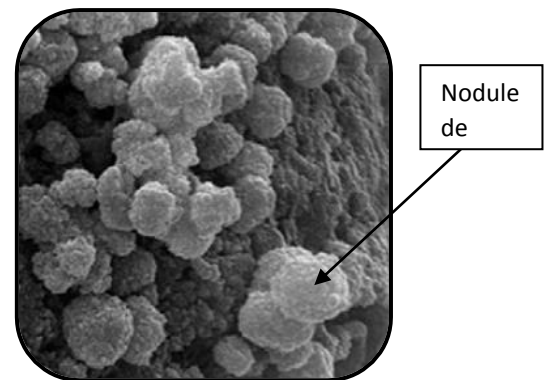
Un pH élevé active également la phosphatase alcaline, enzyme strictement impliquée dans les processus de minéralisation et de nucléation de l'hydroxyapatite [12][22][23].

MTA BIOSEAL présente une activité des phosphatases alcalines accrue par rapport à un autre ciment à base d'hydroxyde de calcium,

jusqu'à deux semaines après la pose du ciment [24].

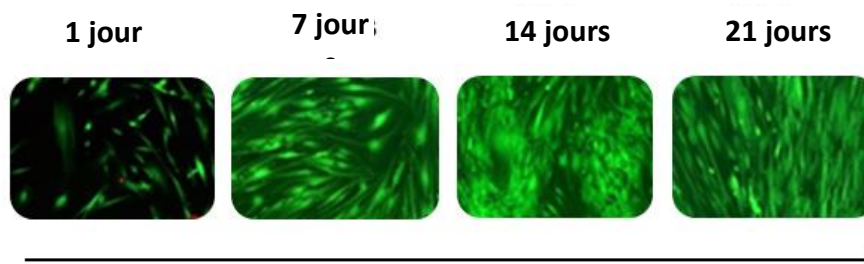
La diffusion des ions calcium participe à l'activation de l'ATP dépendant du calcium et réagit avec le CO₂ pour former des cristaux de carbonate de calcium qui servent de site de nucléation pour la calcification [25].

De plus, Salles et al. (2012) [26] ont démontré que MTA BIOSEAL a un effet stimulant significatif sur la formation d'un grand nombre de cristaux minéralisés de type hydroxyapatite de 0,2 µm à 0,8 µm.



Micrographie électronique à balayage (x20 000) [26]

Les ions calcium sont également nécessaires à la migration et à la différenciation des cellules, car un riche réseau extracellulaire de fibronectine entre en contact étroit avec le cristal nouvellement formé et déclenche l'étape de formation d'un tissu dur [27] [28].



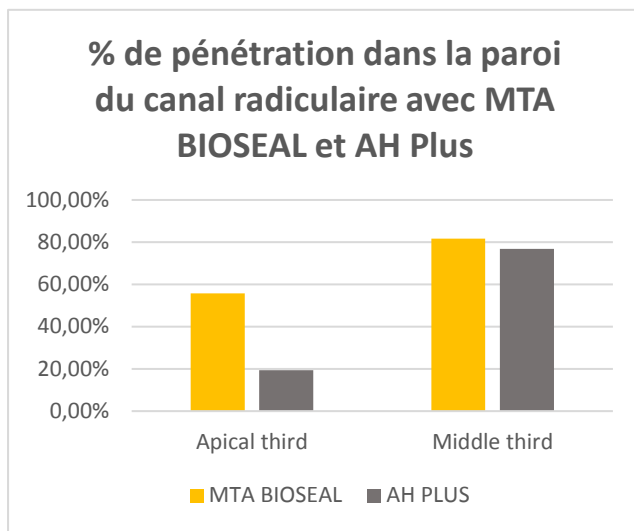
Prolifération cellulaire des ostéoblastes en contact avec MTA BIOSEAL jusqu'à 21 jours [29]

H- Pénétration des tubules dentinaires

L'échec courant des processus d'obturation canalaire est dû à la présence d'espaces et de porosités à l'interface ciment/dentine [30].

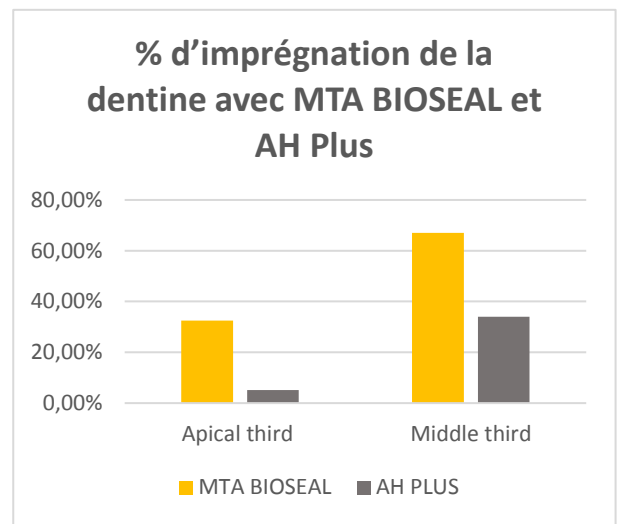
De plus, la pénétration du ciment dans les tubules dentinaires est nécessaire afin de former une barrière étanche avec les bactéries résiduelles et d'inhiber leur croissance pour prévenir une réinfection après le traitement [31].

La pénétration du ciment à l'intérieur des tubules améliore également l'adaptation et la rétention du matériau et assure un verrouillage mécanique entre le ciment et la dentine radiculaire. Silva RV *et al.* 2015 – [32] [33]



Tiers apical

Tiers moyen



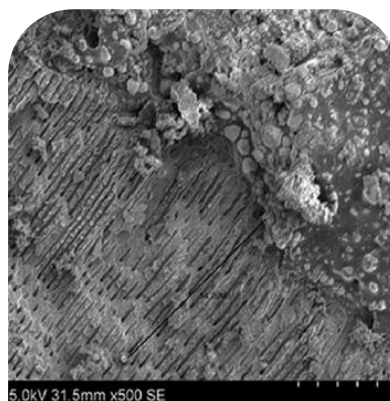
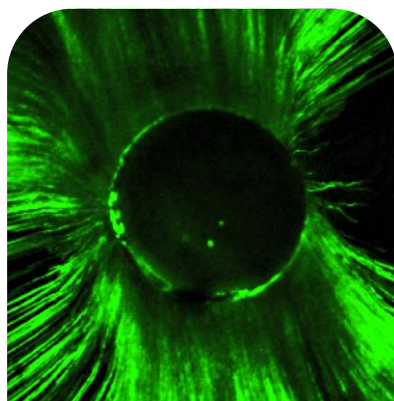
Tiers apical

Tiers apical

Mamootil *et al.* [34] ont démontré que la profondeur de pénétration était influencée par les caractéristiques chimiques et physiques des composants du ciment.

De plus, en raison des différences anatomiques, la pénétration du ciment varie entre le tiers apical, qui a des tubules de diamètre inférieur, et le tiers cervical.

Grâce à sa capacité d'écoulement, MTA BIOSEAL présente une grande et homogène pénétration des tubules au tiers apical et cervical du canal, par rapport à un ciment classique à base de résine époxy [35].



Pénétration des tubules dentinaires de MTA BIOSEAL

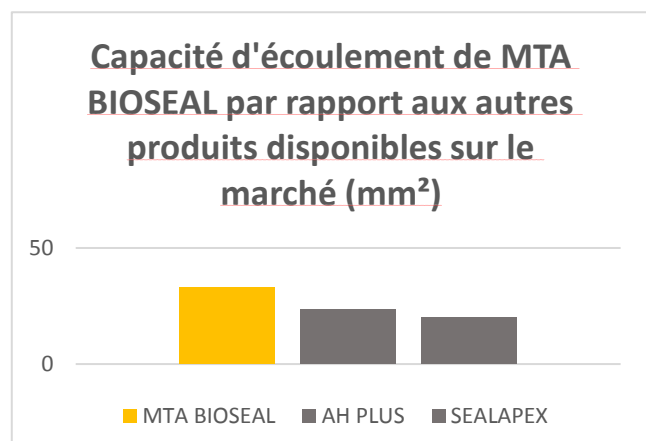
Microscope confocal à balayage laser (x10) [35] (x500) [36]

Microscope électronique à balayage

2- Propriétés techniques / Marché

A- Capacité d'écoulement

La valeur d'écoulement des ciments pour canal radiculaire doit être adaptée à la pénétration dans les canaux accessoires et les irrégularités de l'anatomie radiculaire.



MTA BIOSEAL présente les valeurs d'écoulement les plus élevées par rapport aux autres produits ci-dessus [37].

Zhou *et al.* (2013) [38] ont démontré que l'écoulement des ciments endodontiques a un effet sur l'obturation des canaux accessoires et des micro-espaces. Grâce à ses valeurs d'écoulement élevées, MTA BIOSEAL est capable de remplir tous les canaux, même les canaux accessoires et latéraux.

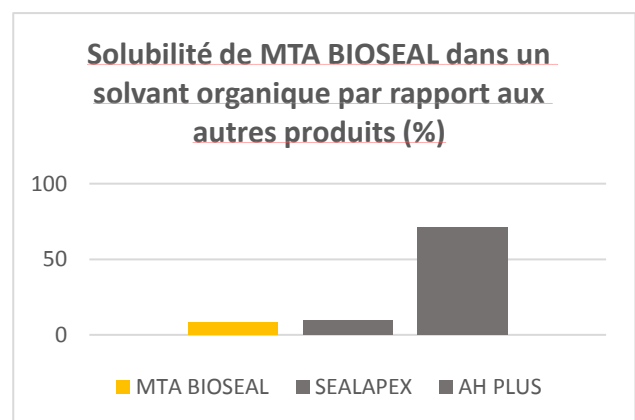
En raison de leur capacité d'écoulement, les ciments pour canal radiculaire fuient au-delà de l'apex de la dent pendant le traitement et provoquent des lésions au niveau des tissus parodontaux (phénomène fréquent).

MTA BIOSEAL étant chargé en composants biocéramiques, il n'induit pas de réactions inflammatoires si le ciment fuit au niveau du foramen apical de la dent.

B- Solubilité

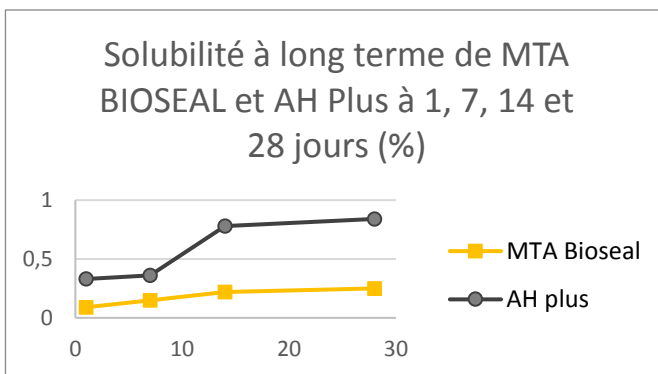
En général, la solubilité des ciments endodontiques doit être faible lorsqu'ils sont en contact avec des liquides tissulaires afin de prévenir la libération de composés chimiques dans la région périapicale, susceptible de déclencher une réaction inflammatoire [39].

Par rapport à d'autres produits, la solubilité de MTA BIOSEAL est plus faible dans les solvants organiques [40].

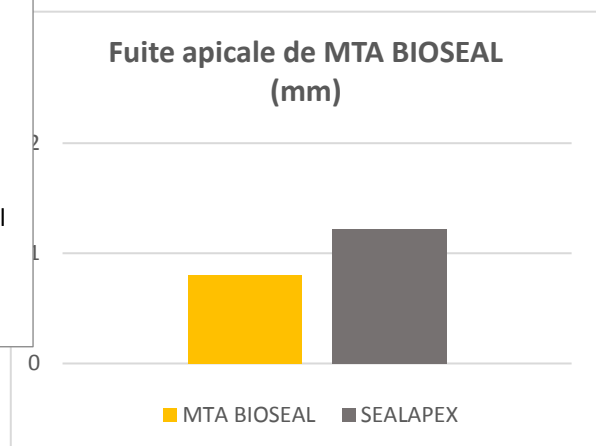


De plus, la solubilité à long terme augmente la possibilité de formation d'espace entre la dentine radiculaire et le matériau d'obturation, augmentant ainsi le risque de fuites bactériennes et de fractures à l'interface.

MTA BIOSEAL n'est pas soluble dans le temps par rapport à un ciment à base de résine époxy, ce qui garantit sa stabilité dans le temps [39].



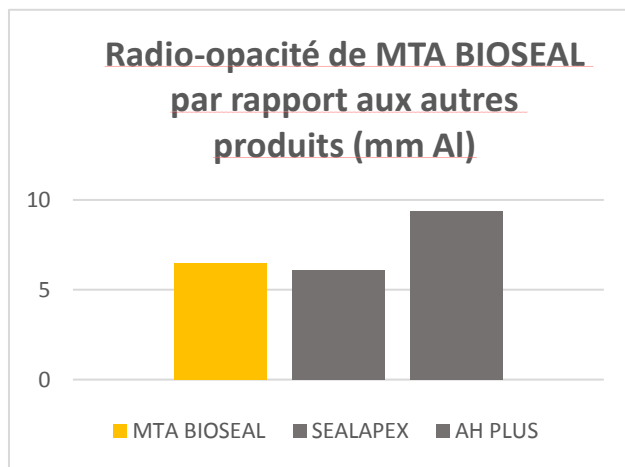
C- Fuite apicale



En plus des propriétés de solubilité, la dilatation contrôlée de MTA BIOSEAL permet au matériau de réduire le risque de fuite apicale par rapport à un autre produit à base d'hydroxyde de calcium [6].

D- Radio-opacité

Selon la norme ISO 6876, les ciments endodontiques pour canal radiculaire doivent être suffisamment radio-opaques pour permettre leur visualisation à côté des tissus anatomiques adjacents tels que les dents et les os, et autres éléments de restauration.



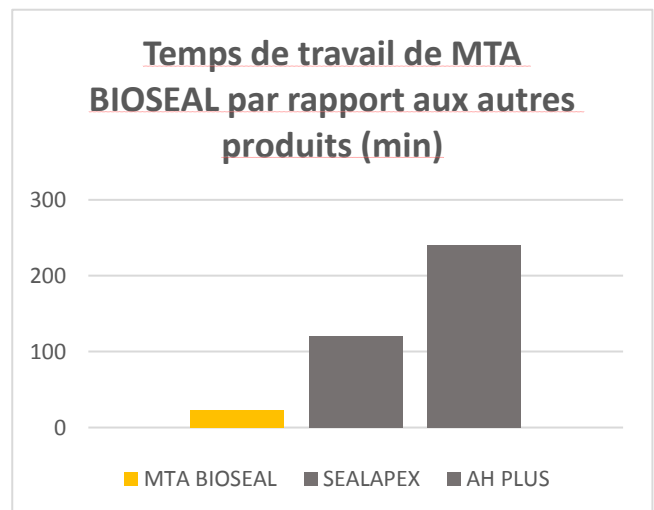
MTA BIOSEAL présente des valeurs élevées de radio-opacité pour une visualisation facile.

Il est formulé à partir de tungstate de calcium, un radio-opacifiant de haute qualité qui n'est pas associé à une décoloration des dents [6].

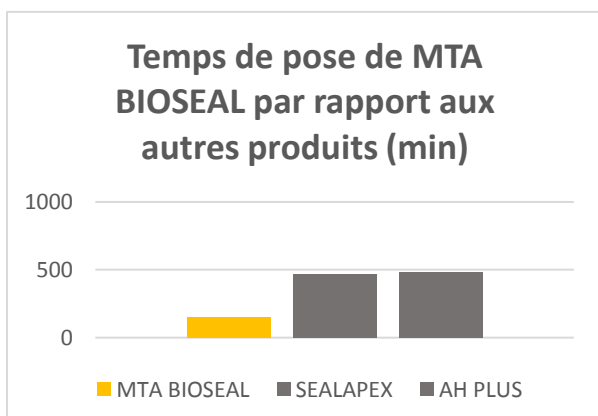
E- Temps de travail

Le temps de travail est le temps qui s'écoule entre le début du mélange et le moment où il n'est plus possible de manipuler le ciment sans provoquer d'effets néfastes sur ses propriétés.

Le temps de travail de MTA BIOSEAL est de 23 minutes. Il est adapté à la séance d'endodontie tout en étant plus court que les autres produits disponibles sur le marché [6].



F- Temps de pose



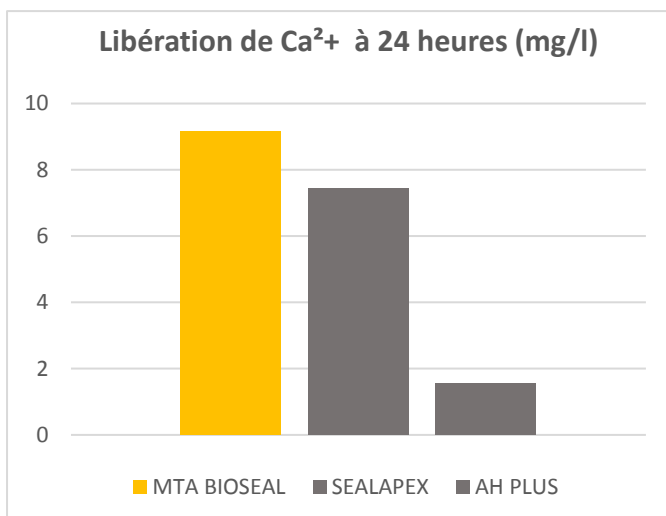
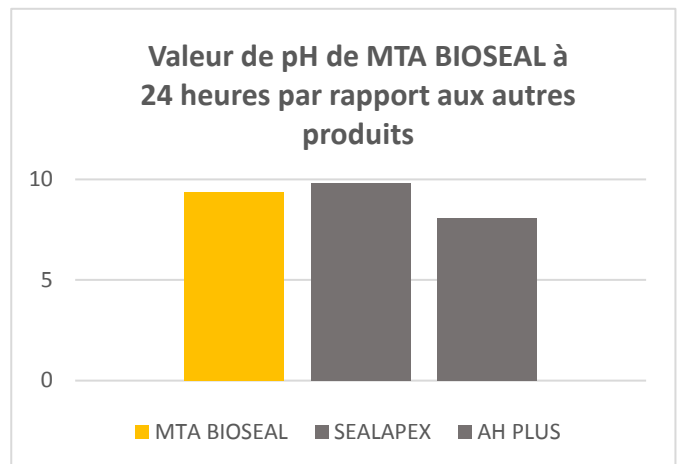
Les ciments pour canal radiculaire sont connus pour présenter des valeurs élevées de temps de pose.

Le temps de pose de MTA BIOSEAL est de 2 heures. Il est inférieur à celui des autres produits disponibles sur le marché [6].

G- Libération d'ions

Les valeurs de pH de MTA BIOSEAL sont élevées en raison de la libération d'ions hydroxyde dans le matériau.

Ces valeurs sont stables dans le temps (fig. pH) et parmi les plus élevées du marché [41].

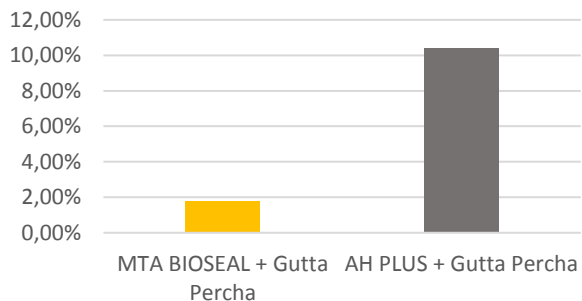


MTA BIOSEAL libère plus d'ions calcium que les autres produits disponibles sur le marché, ce qui lui confère d'excellentes propriétés de reminéralisation et de réparation tissulaire [41].

H- Retraitement

Le retraitement des dents obturées endodontiquement vise à retirer complètement le matériau d'obturation canalaire pour retrouver l'accès au foramen apical afin de faciliter le nettoyage et le façonnage du système canalaire [42].

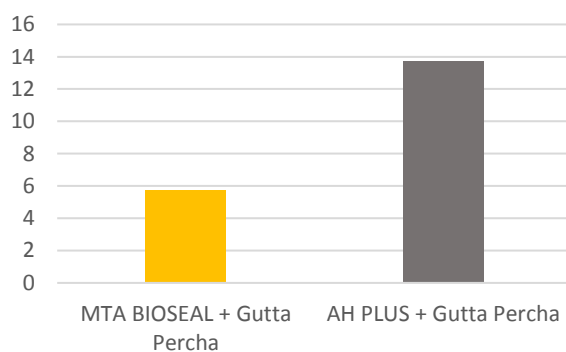
Matériau d'obturation canaire résiduel après retraitement (%)



Par rapport à un ciment à base de résine époxy standard, MTA BIOSEAL présente moins de résidus après retraitement, ce qui souligne la facilité de retrait du produit [43].

De plus, MTA BIOSEAL présente moins de perte de dentine après retraitement que le ciment à base de résine époxy, ce qui indique que son retrait est moins traumatisant pour les tissus résiduels [43].

Retrait de la dentine après retraitement (mm³)



Documentation scientifique

- [1] Endodontic Practice – L. I. Grossman - 10th Edition - 1981
- [2] Physicochemical properties and surfaces Morphologies evaluation of MTA Fillapex and AH Plus – Borges *et al.* – The scientific world Journal – 2014
- [3] A mineral trioxide aggregate sealer stimulated mineralization – Gomes-Filho *et al.* – Journal of Endodontics – 2009
- [4] Microscopic appearance and apical seal of root canals filled with gutta-percha and ProRoot Endo Sealer after immersion in a phosphate-containing fluid – Weller *et al.* – International Endodontic Journal – 2008
- [5] Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action - Parirokh M, Torabinejad M – Journal of Endodontics - 2010
- [6] Internal documentation – ITENA CLINICAL
- [7] Investigation of Mineral Trioxide Aggregate for root end filling in dogs, Torabinejad et al. – Journal of Endodontics – 1995
- [8] Biototoxicity of commonly used root canal sealers: a meta-analysis – Kaur *et al.* – Journal of Conservative Dentistry – 2015
- [9] Ion Release, Porosity, Solubility, and Bioactivity of MTA Plus Tricalcium Silicate, Gandolfi *et al.* – Journal of Endodontics – 2014
- [10] Chemical characteristics of mineral trioxide aggregate and its hydration reaction – Chang – Restorative Dentistry and Endodontics - 2012
- [11] Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex - Silva *et al.* – Journal of Endodontics – 2013
- [12] Cellular mechanisms of bone remodelling – Erik Fink Eriksen – Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders – 2010
- [13] EM evaluation of bacterial biofilm and microorganisms on the apical external root surface of human teeth – Leornado *et al.* – Journal of Endodontics – 2002
- [14] Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures – Critical Reviews in Oral Biology and Medicine Nair PN – 2004
- [15] Dental biofilm: difficult therapeutic targets - Socransky and Haffajee – Periodontology 2000 – 2002
- [16] Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers – Faria-Júnior *et al.* – International Endodontic Journal – 2013
- [17] Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide – Holland *et al.* – Journal of Endodontics – 1999
- [18] MTA and F-doped MTA cements used as sealers with warm gutta-percha. Long term study of sealing ability - Gandolfi and Prati – International Endodontic Journal – 2010

- [19] Push-out strength of modified Portland cements and resins – Ianoco *et al.* – American Journal of Dentistry – 2010
- [20] Effect of MTA-based sealer on the healing of periapical lesions – Gomes-Filho *et al.* – Journal of Applied Oral Science – 2013
- [21] pH changes in dental tissues after root canal fillin with calcium hydroxide – Tronstad *et al.* – Journal of Endodontics – 1981
- [22] Characterization of calcium oxide in root perforation sealer materials – Estrela *et al.* – Brazilian Dental Journal – 2012
- [23] Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratios – Fridland and Rosado – Journal of Endodontics – 2003
- [24] *In Vitro* Biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, Sankin Apatite Root Sealer, MTA Fillapex and Iroot SP root canal sealer – Chang *et al.* – Journal of Endodontics – 2014
- [25] Odontoblast-like cytodifferentiation of human dental pulp cells in vitro in the presence of a calcium hydroxide-containing cement – Seux *et al.* – Archive of Oral Biology - 1991
- [26] Mineral Trioxide Aggregate-based endodontic seamer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture – Salles *et al.* – Journal of Endodontics – 2012
- [27] Rat tissue reaction to MTA Fillapex – Gomes-Filho *et al.* – Dental Traumatology – 2011
- [28] Effects of calcium hydroxide-containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation, and differentiation – Schröder U. – Journal of Dental Research – 1985
- [29] Cytotoxic effects of four different root canal sealers on human osteoblasts – Jung *et al.*- PLOS One – 2018
- [30] Interfacial adaptation of adhesive materials to root canal dentin – Perdigao *et al.* – Journal of Endodontics – 2007
- [31] Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study – Ordinola-Zapata *et al.* – Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics – 2009
- [32] Filling effectiveness and dentinal penetration of endodontic sealers: a stereo and confocal laser scanning microscopy study – Silva RV *et al.* – Brazilian Dental Journal – 2015
- [33] The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study – Kokkas *et al.* – Journal of Endodontics – 2004
- [34] Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo – Mamootil and Messer – International Endodontic Journal – 2007
- [35] Influence of the calcium hydroxide intracanal dressing on dentinal tubule pentration of two root canal sealers – Cruz *et al.*- European Endodontic Journal – 2017

- [36] Comparative evaluation of dentinal penetration of three different endodontic sealers with and without smear layer removal – scanning electron microscopic study – Sonu *et al.* – Saudi Endodontic Journal – 2016
- [37] Radiopacity and flow of different endodontic sealers – Tanomaru-Filho *et al.*- Acta Odontologica Latinoamericana – 2013
- [38] Physical properties of 5 root canal sealers – Zhou *et al.* – Journal of Endodontics – 2013
- [39] Physical properties of MTA Fillapex sealer – Vitti *et al.*- Journal of Endodontics – 2013
- [40] Dissolution of a Mineral Trioxide Aggregate sealer in endodontic solvents compared to conventional sealers – Alzraikat *et al.* – Original Research Dental Materials – 2015
- [41] Evaluation of the pH, calcium release and antibacterial activity of MTA Fillapex – Kuga *et al.*- Revista de Odontologia Da Unesp – 2013
- [42] Removing root canal obturation materials: a comparison of rotary file systems and re-treatment agents – Ring *et al.* – Journal of the American dental association – 2009
- [43] Retreatability of 2 Mineral Trioxide Aggregate-based root canal sealers: a cone-beam computed tomography analysis – Neelakantan *et al.* – Journal of Endodontics – 2013